



A XIX-A SESIUNE NAȚIONALĂ DE COMUNICĂRI ȘTIINȚIFICE STUDENTEȘTI

Cluj-Napoca, 14-15 Mai 2021

Editori:

Conf. dr. ing. Hortensiu-Liviu CUCU

Prof. dr. ing. Daniela-Lucia MANEA

Conf. dr. ing. Nicoleta-Maria ILIEȘ

Conf. dr. ing. Gavril HODA



U.T. PRESS

Cluj-Napoca, 2021

ISBN 978-606-737-532-9



A XIX-A SESIUNE NAȚIONALĂ DE COMUNICĂRI ȘTIINȚIFICE STUDENTEȘTI

Cluj-Napoca, 14-15 Mai 2021

Editori:

Conf. dr. ing. Hortensiu-Liviu CUCU

Prof. dr. ing. Daniela-Lucia MANEA

Conf. dr. ing. Nicoleta-Maria ILIEȘ

Conf. dr. ing. Gavril HODA



U.T. PRESS
Cluj-Napoca, 2021

ISBN 978-606-737-532-9



*Editura U.T.PRESS
Str. Observatorului nr. 34
400775 Cluj-Napoca
Tel.: 0264-401.999
e-mail: utpress@biblio.utcluj.ro
<http://biblioteca.utcluj.ro/editura>
Director: Ing. Călin D.Câmpean*

Toate drepturile și responsabilitățile asupra conținutului lucrărilor publicate aparțin exclusiv autorilor. Se consideră că autorii lucrărilor trimise sunt, în mod implicit, de acord cu publicarea lor. Reproducerea integrală sau parțială a textului sau a ilustrațiilor este posibilă numai cu acordul prealabil al autorilor.

Copyright © 2021 Editura U.T.PRESS

Reproducerea integrală sau parțială a textului sau a ilustrațiilor din această carte este posibilă numai cu acordul prealabil scris al editurii U.T.PRESS.

ISBN 978-606-737-532-9



COMITETUL ȘTIINȚIFIC

ABRUDAN Ancuța, UTCN
ACIU Claudiu, UTCN
BABOR Traian, UT Iași
BECA Ilinca, UTCN
BESOIU Teodora, UTCN
BOITOR Melania, UTCN
BONDREA Mircea, UTCN
BURU Marius, UTCN
CADAR Rodica, UTCN
CHENDES Remus, UPT
CHIOREAN Cosmin, UTCN
CHIOREAN Vasile, UTCN
CHIRA Nicolae, UTCN
CIONT Nicolae, UTCN
CIPLEA Sorina, UTCN
CIUGUDEAN Călin, UTCN
CLITAN Andrei, UTCN
COBÎRZAN Nicoleta, UTCN
CONSTANTIN Anca, Ovidius C-ța
CONSTANTINESCU Horia, UTCN
CRIȘAN Minerva, APDP
CUCU Liviu, UTCN
DANCIU Alexandra, UTCN
DOMNIȚA Florin, UTCN
DRAGOMIR Mihai, UTCN
FAUR Andrei, UTCN
FĂRCAȘ Vasile, UTCN
GÂLGĂU Raluca, UTCN
GLIGOR Emil, Univ. Oradea
GOBESZ Zsongor, UTCN
GUȚIU Ștefan, UTCN
HODA Gavril, UTCN
HOȚUPAN Anca, UTCN
IERNUȚAN Răzvan, UTCN
ILIEȘ Nicoleta, UTCN
IȘTOAN Raluca, UTCN
JUMATE Elena, UTCN
MANEA Daniela, UTCN
MARSUCEAC Vladimir, UTCN
MAXINEASA Sebastian, UT Iași

MÂRZA Carmen, UTCN
MIRCEA Călin, UTCN
MOGA Ligia, UTCN
MOLNAR Luminița, UTCN
NAGY Zsolt, UTCN
NAȘ Sanda, UTCN
NEDELICU Mihai, UTCN
NERIȘANU Raluca, UTCN
NUȚIU Carmen, UTCN
PERICLEANU Mihaela, Ovidius C-ța
PLEȘA Luminița, UTCN
POP Maria, UTCN
POP Octavian, UTCN
POPA Anca, UTCN
PUSKAS Attila, UTCN
RĂDULESCU Adrian, UTCN
RUS Tania, UTCN
SESTRAȘ Paul, UTCN
SUCALĂ Dorina, UTCN
ȘOFLETE Marius, www.soflete.ro
ȘOIMOȘAN Teodora, UTCN
ȘOȘA Ion, UTCN
ȘTEFAN Lucian, UTCN
TĂMAȘ-GAVREA Roxana, UTCN
TOADER Nicu, UTCN
TOMA Ionuț, UT Iași
VARVARA Dana, UTCN
VENGHIAȘ Mircea, UT Iași
VEREȘ Ioel, UTCN



COMITETUL DE ORGANIZARE

Conf. dr. ing. CUCU Hortensiu-Liviu, UTCN
Prof. dr. ing. MANEA Daniela-Lucia, UTCN
Conf. dr. ing. ILIEȘ Nicoleta-Maria, UTCN
Conf. dr. ing. HODA Gavril, UTCN

Stud. VINCZELLER Alina-Ioana
Stud. PODAR Ioana-Teodora

Ing. LUPOU Marius



MINISTERUL EDUCAȚIEI



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA

FACULTATEA DE
construcții
CLUJ NAPOCA



ASCUT
CONSTRUIM ÎMPREUNĂ!
Asociația Studenților Constructori
din Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca



AGI
CLUJ

THE WAY TO BUILD ON!
www.agi.ro

W/

WINCON
DESIGN BUILD COMPANY

Newamport
CONSTRUCȚII DRUMURI CIVILE ȘI INDUSTRIALE



KESZ



ASOCIAȚIA PROFESIONALĂ
DE DRUMURI ȘI PODURI

FILIALA TRANSILVANIA

soflete.ro

Împreună construim mai bine!

Sesiunea Națională de Comunicări Științifice Studențești

14-15 Mai 2021

Ediția a XIX-a

Cluj-Napoca



Comisia 1

- **“Inginerie civilă - IC”**
- **„Inginerie și management – I&M”**
(anii I și II)

1. **Conf. dr. ing. Zsongor GOBESZ - președinte**
 2. Conf. dr. ing. Sorina CIPLEA
 3. Conf. dr. ing. Ligia MOGA
 4. Șef lucr. dr. ing. Nicu Traian TOADER
 5. Asist. dr. ing. Vasile CHIOREAN
 6. Student Cristina VASILE
 7. Student Flavia SĂLĂJAN
- Membri supleanți:
 1. Șef lucr. dr. ing. Raluca NERIȘANU
 2. Asist. dr. ing. Maria POP



BETONUL REGENERANT

Autor/autori

Marian-Claudiu M. Lupancu, Iunia-Elena M. Botezatu, Paul M. Dîscă

Facultatea de Construcții și Instalații, Universitatea tehnică „Gheorghe Asachi”, , iunia-elena.botezatu@student.tuiasi.ro , marian-claudiu.lupancu@student.tuiasi.ro , paul.discă@student.tuiasi.ro.

Îndrumător/îndrumători

Șef lucr. Dr. Ing. Traian-Dănuț Babor

Facultatea de construcții și instalații, Universitatea tehnică „Gheorghe Asachi”, traian-danut.babor@academic.tuiasi.ro

Betonul regenerant

Betonul se poate adapta la cerințele inginerilor pe scară largă, acestea sunt necesare pentru dezvoltarea construcțiilor, și are multe avantaje cum ar fi: rezistența ridicată, stabilitatea bună, durata lungă de viață și costurile reduse de întreținere. Un material neomogen fragil poate genera cu ușurință microfisuri în interiorul componentei sub influența unor factori externi. Fisuri care devin macroscopice și vor reduce considerabil durabilitatea și siguranța betonului. În prezent, metodele de reparare a fisurilor utilizate în mod obișnuit includ metoda de reparare a suprafeței, metoda de armare structurală, metoda de înlocuire a betonului, protecția electrochimică și alte metode de reparare pasivă, în timp ce metoda de auto-vindecare este o metodă de reparare activă, care poate repara în timp util fisuri de beton și care poate restabili caracterul compact și proprietățile mecanice ale acestora.

În prezent, metoda betonului vindecător este utilizată pentru a repara fisuri din beton, este încă în etapa primară a betonului inteligent. Mulți cercetători, printre care dr. Henk Jonkers, au efectuat diverse încercări și cercetări pe tehnologia aceasta, chiar și așa tehnologia betonului inteligent este abia la început de drum.

Betonul vindecător are capacitatea de a se repara de unul singur, se află încă în faza de testare la Universitatea Tehnică Delf din Olanda. Mecanismul de funcționare este bazat pe o bacterie producătoare de calcar, activându-se în contact cu unul din cei mai importanți factori externi ce duc la coroziune betonului și mai exact, apa de ploaie. Materialul este rezultatul muncii microbiologului Henk Jonkers și specialistului în materiale de construcție Eric Schlangen. Potrivit acestora, dacă testele vor avea rezultate bune, comercializarea acestui tip de beton ar putea începe în maxim 2 – 3 ani. În prezent, betonul este cel mai folosit material de construcție din lume, însă tendința sa de a crăpa face necesară întărirea compoziției cu ajutorul oțelului. Micile crăpături care apar în beton sunt permise de normele de construcție din industrie (este vorba de crăpături de 0,2 milimetri), dar, în timp, apa și diverse chimicale care ajung în astfel de mici fisuri corodează betonul, măresc fisurile și creează probleme construcției. În compoziția betonului sunt adăugate bacterii sub formă de granule, însă și nutrienții necesari să se poată hrăni, mai exact substanțe găsite în lapte bogate în calciu. Sporii în contact cu apa de ploaie produc calcarul menit să umple crăpăturile. Acestea în laboratoare au ajuns să repare fisuri de 0,5 milimetri grosime, acestea fiind peste limitele admise din industria construcțiilor. Principala provocare a testelor este ca agentul curativ (mixul de bacterii și nutrienți) să reziste procesului prin care se face betonul folosit în construcții. Granulele cu bacterii trebuie să fie învelite într-o folie protectoare, pentru aceasta, ridicând costurile de producție. Echipa de inventatori lucrează, în prezent, la a găsi soluții prin care să reducă tocmai aceste costuri și speră ca în șase luni să vină cu o propunere viabilă. Imediat după aceea, vor demara testele de exterior: deja mai multe firme de construcție și-au anunțat

intenția de a participa la experimente. Betonul nou va fi monitorizat timp de doi ani, pentru ca eficiența sa să poată fi complet demonstrată.



Figura 1- Betonul vindecător

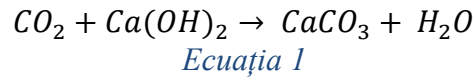
Atunci când apar fisuri în beton, bacteriile și nutrienții selectați special vor facilita un sistem de reparații autonom. Tehnica și timpul de adăugare a bacteriilor depind de produsul ales. Bacteriile sunt declanșate atunci când intră în contact cu apa și oxigenul, care vor fi prezente datorită formării mai precoce a fisurilor. Bacteriile au nevoie de o anumită alcalinitate care este asigurată fie de betonul însuși. Când se află în apă, oxigen și substanțe nutritive, bacteriile vor începe să se înmulțească. Acest lucru va asigura o dispersie largă de bacterii în întreaga fisură. Bacteriile dispersate pe scară largă vor începe să transforme nutrienții prezenți în carbonat de calciu (calcar), care în cele din urmă va sigila fisura. Datorită formării calcarului, fisura este reparată autonom, crescând durabilitatea structurii de beton.

Rezultatul acestui studiu arată că vindecarea fisurilor de beton bacterian bazat pe particule de argilă poroasă expandată încărcate cu bacterii și lactat de calciu, de exemplu un produs organic compusul precursor bio-mineral, este mult mai eficient decât din beton de aceeași compoziție, cu toate acestea, cu particule goale argilă expandată.

Particule de ciment nehidratate expuse la fisură pe suprafața betonului vor fi supuse unei hidratări secundare și, în plus, în probele de control, dioxidul de carbon prezent în apa va reacționa cu portlanditul prezent (calciu hidroxid) particule pentru producerea de precipitate minerale pe bază de carbonat de calciu. Ultimele precipitatele minerale se vor forma în special în apropierea marginii. Aici se presupune că particulele de hidroxid de calciu prezente la suprafața interiorului fisurilor vor curăța mai întâi tot dioxidul de carbon disponibil de la pătrunderea fisurilor în apă, unde după ce hidroxidul de calciu rămas, se va dizolva și difuzează din fisura în apă în vrac. Odată ajuns în apă în vrac va reacționa cu carbon dioxidul prezent în imediata apropiere a marginii fisurii, rezultând producerea și precipitarea unor cantități mai mari de carbonat de calciu solubil mult mai mic. Motiv probabil pentru precipitarea masivă a carbonatului de calciu în apropierea marginii fisurii este că atât concentrația reactivilor hidroxid de calciu, cât și cea a dioxidului de carbon sunt relativ mare aici din cauza gradientilor de difuzie opuse ale reactanților respectivi. Hidroxidul de calciu difuzează departe de interiorul crăpăturii către apa acoperitoare în timp ce dioxidul de carbon se propagă din apa în vrac spre interiorul fisurii unde se află curățat de concentrații mari de hidroxid de calciu. Procesul de calciu chimic

reacția carbonatului din hidroxidul de calciu dizolvat se produce în conformitate cu următoarea

reacție:



Procesul de auto-vindecare în beton bacterian este mult mai eficientă datorită conversiei metabolice active a lactatului de calciu de către bacterii prezente:

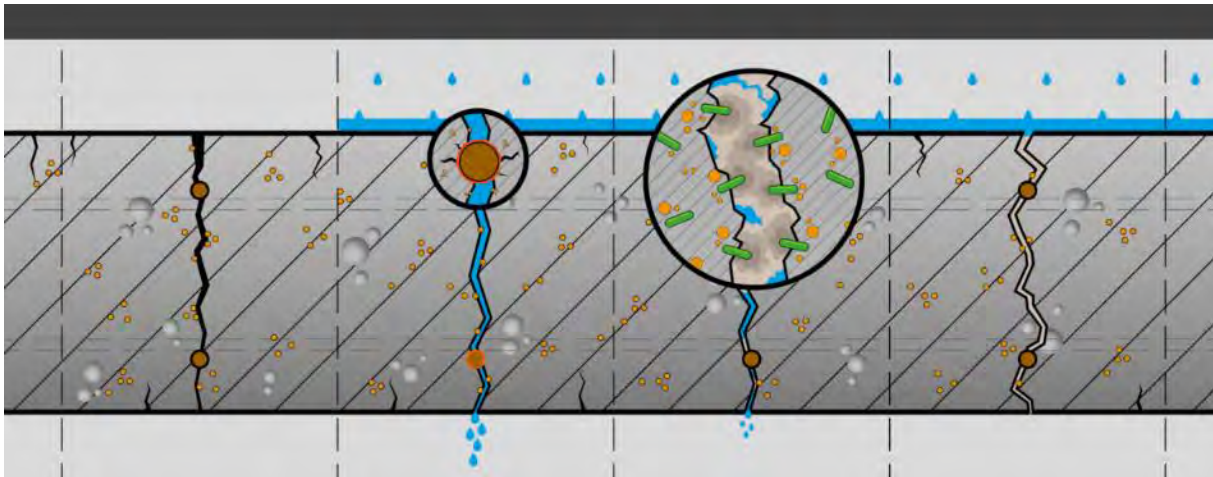
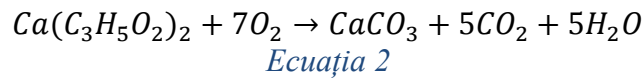


Figura 2

Epruvetele ranforsate de mortar au fost preparate cu ciment Portland obișnuit (CEMI 42.5N, ENCI, Țările de Jos), agregate fine (nisip) și LWA fie impregnate cu spori bacterieni și lactat de calciu (epruvete pe bază de bacterii), fie neimpregnate (epruvete de control). Tabelul 1 prezintă proporțiile de amestecare aplicate.

Ingrediente	Greutate (g)
Ciment	384
Apa	192
Agregate fine (nisip) (0.125-1mm)	929
LWA (1-4 mm)	292
W/C ratio (ratia de ciment)	0.5

Tabel 1

Au fost turnate epruvete prismatice armate cu dimensiuni de $4 \times 4 \times 16$ cm. În fiecare epruvetă, o bară din oțel placată cu zinc (diametru de 4 mm, lungime de 26 cm) a fost plasată în axa orizontală de mijloc a matriței, ambele capete ale barei prelungindu-se cu 5 cm. După 24 de ore de întărire, speciamentele au fost cu grijă neturnate, închise etanș în folie de plastic pentru a evita evaporarea apei și păstrate la temperatura camerei pentru o întărire ulterioară. După 56 de zile de întărire bara de armare din oțel încorporat-specimen a fost întinsă prin aplicarea controlată de calculator a forței de tracțiune care rezultă în formarea de fisuri multiple, 12-14, în speciamentul de mortar. Lățimea fisurilor induse a variat de la 0,05 la 1 mm.

Fig. 1 prezintă observarea stereoscopică directă a fisurilor de la probele de control și cele pe bază de bacterii înainte și după 100 de zile de imersie în apă de la robinet. Lățimea crăpăturilor complet vindecate a fost semnificativ mai mare la eșantioanele pe bază de bacterii (0,46 mm) în comparație cu eșantioanele de control (0,18 mm).

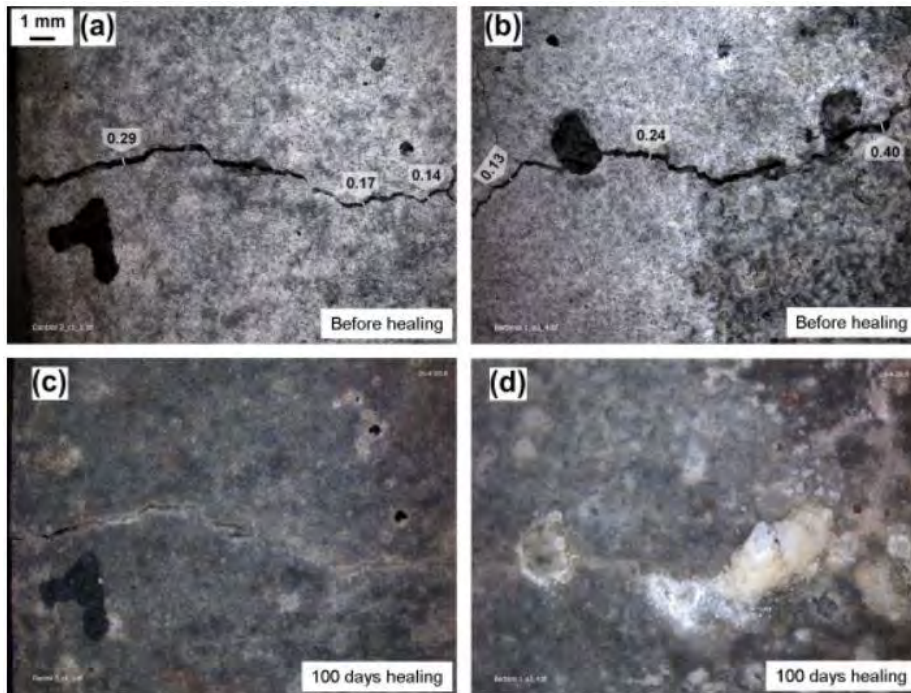


Figura 3

Analiza compoziției elementelor utilizând spectroscopia de dispersie a energiei (EDAX) a arătat că precipitatul format masiv pe suprafețele fisurilor de specimene bacteriene a fost în esență o asocieră a atomilor de calciu, oxigen și carbon, ceea ce sugerează că precipitatele minerale s-au bazat pe carbonatul de calciu (CaCO_3). Diferitele morfologii cristaline observate cu microscopia electronică de scanare a mediului (ESEM) diferă însă de cea rombohedrică tipică a calcitului (Fig. 2c-e). S-au observat două morfologii principale: Romb lamelar „deformat” și clustere asemănătoare acelor, asamblate în forme de gantere, posibil polimorfe de CaCO_3 . Deoarece cantitatea de cantități substanțiale din aceste polimorfe aparente de CaCO_3 a fost observată doar pe suprafețele fisurilor ale speciimenelor pe bază de bacterii, sugerează că formarea sa a fost legată de activitatea bacteriană.

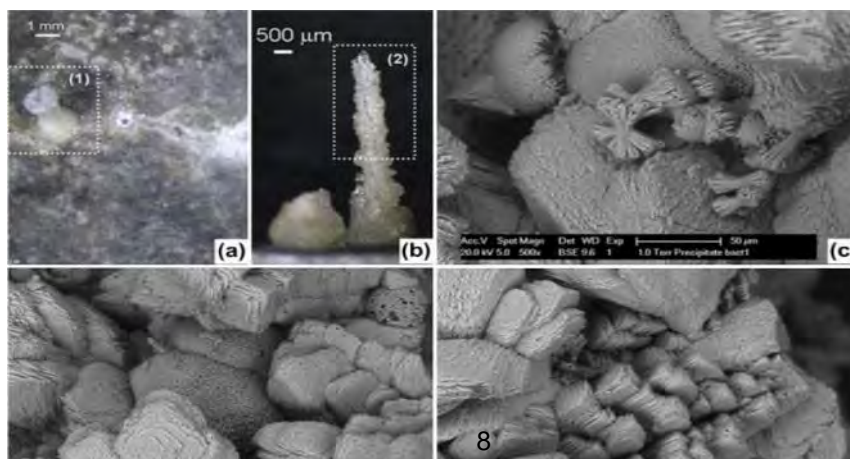


Figura 4

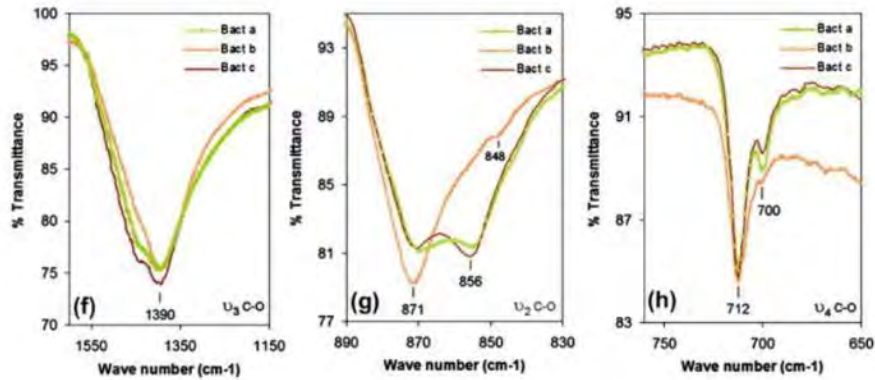


Figura 5

Spectrele Fourier-Transform InfraRed obținute din trei probe diferite ale acestui precipitat mineral sunt reprezentative pentru prezența calcitului și a aragonitului. Spectrele FT-IR ale polimorfismelor CaCO_3 au fost raportate pe larg în literatura de specialitate. Datorită structurii lor diferite de cristal, ele pot fi discriminate folosind FT-IR; se observă un spectru diferit pentru fiecare dintre formele structurale. Astfel, principalele benzi vibraționale pentru calcit sunt identificate în spectrul „Bact b” (Fig. 2f-h): C-O vibrația de întindere asimetrică a carbonaților, C-O vibrația de îndoire în afara planului (ν_2) a carbonaților, vibrația de îndoire plană C-O (ν_4) a carbonaților, centrată la 1390, 871 și respectiv 712 cm^{-1} . Modificările spectrale induse de prezența aragonitului se observă pe spectrele „Bact a” și „Bact c”: lărgirea vibrației de îndoire asimetrică ν_3 (1500-1300 cm^{-1}) (fig. 2f), vibrația de întindere simetrică ν_1 devine aparentă (1040-1120 cm^{-1}) și vibrațiile ν_2 (fig. 2g) și ν_4 (fig. 2h) sunt împărțite. Spre deosebire de mostra de mortar pe bază de bacterii, precipitatele formate la crăpături, suprafețele epruvetei de control erau mici și nu ieșeau din suprafețele fisurilor. Acest din urmă aspect a împiedicat colectarea unor cantități substanțiale necesare pentru analizele respective, care, prin urmare, nu au fost posibile pe precipitatele formate la suprafața fisurilor a eșantioanelor de control.

Betonul regenerant este un beton care se repară singur cu ajutorul unor bacterii, acestea pot aștepta, în inactivitate, până la 200 de ani. De exemplu, dacă apar fisuri pe suprafața betonului, la primul contact cu apa de ploaie bacteria „*Bacillus alkalinitrilicus*” împreună cu nutrienți, va reacționa activ și va „vindeca”, refăcând structura. Bacteria proliferază în medii alcaline și produc spori care supraviețuiesc zeci de ani. Acest beton poate să fie folosit în restaurările istorice chiar și la micile crăpături ale unui pod, la orice tip de construcție, acesta fiind o inovație în tehnologia materialelor de construcții și viitorul acestora. Deși este la început de drum tehnologia betonului reparator este un fenomen științific al noii generații de ingineri, punând prima cărămidă în clasa betonului inteligent.



Surse bibliografice

1. Magazine of Civil Engineering. 2019. 88(4). Pp. 52–59
2. https://aditivi.afacereamea.ro/betonul-care-se-repara-singur-689/?fbclid=IwAR0srTpZsNaaEivWazesn_XC21nN0iQ5y8DQtv6sKgAGpM6hhK_Sxuab7II
3. <https://www.basiliskconcrete.com/en/how-does-it-work/>
4. <https://heronjournal.nl/56-1a2/1.pdf?fbclid=IwAR1eaM5KwJ8KC3FsrHdFGJL3oKodFN4k5MDW9AsdyVYUmii0I4Zh1WyjX7k>-H. M. Jonkers Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Department of Materials and Environment – Microlab, Delft, the Netherlands
5. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946511000618?casa_token=COwN_hjiEJUAAAAA:Q62ZdsnCP-RDJUDkka8SatAg8RpquWfu2u6o6SYdwuMTfrLIP0aKd8kBKpUIPHAH2wj_0V02yw



METODE UTILIZATE PENTRU REDUCEREA EFECTELOR SEISMELOR ASUPRA STRUCTURILOR DE CONSTRUCȚII

Alexandru-Ionuț MANDACHE¹, Adrian ILUCĂ², Vlad-George DABIJA³

¹ Facultatea de Construcții și Instalații, Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, alexandru-ionut.mandache@student.tuiasi.ro

² Facultatea de Construcții și Instalații, Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, adrian.iluca@student.tuiasi.ro

³ Facultatea de Construcții și Instalații, Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, vlad-george.dabija@student.tuiasi.ro

Îndrumător

Șef lucr.dr.ing. Ionuț-Ovidiu TOMA⁴

⁴ Facultatea de Construcții și Instalații, Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, ionut.ovidiu.toma@tuiasi.ro

REZUMAT: Creșterea spectaculoasă a populației din zonele urbane a atras după sine o dezvoltare și o extindere a fondului construit. O mare parte din zonele urbane la nivel mondial sunt situate în zone cu risc seismic ridicat. Cutremurele de pământ pot produce pagube materiale însemnate și chiar pierderi de vieți omenești. Oamenii de știință au depus eforturi pentru dezvoltarea unor sisteme care să permită structurilor de construcții să facă față până și celor mai intense mișcări tectonice. Lucrarea de față își propune să prezinte o parte din metodele utilizate în practica curentă pentru reducerea efectelor seismelor asupra structurilor de construcții. Sunt prezentate avantajele și dezavantajele fiecărei metode precum și domeniul optim de aplicare.

Cuvinte cheie

Seism, izolarea bazei, disipatori seismici, structuri de construcții

1. Introducere

Zonele urbane continuă să atragă tot mai mulți locuitori datorită condițiilor mai bune de trai în ceea ce privește confortul și ușurința accesului la diferite bunuri sau servicii. Acest lucru a atras după sine o creștere spectaculoasă a fondului construit atât în ceea ce privește locuințele (individuale sau colective) cât și a spațiilor comerciale sau a clădirilor de birouri [1, 2]. Foarte multe din zonele urbane aglomerate la nivel mondial sunt situate în zone active din punct de vedere al cutremurelor de pământ, cum ar fi: Atena (Grecia), Istanbul (Turcia), București (România), Tokyo (Japonia), Mexico-City (Mexic), etc. iar crearea unor baze de date cu privire la fondul construit poate fi de un real folos pentru factorii de decizie la nivel local [3], regional sau național în cazul producerii unui dezastru natural. Structurile de construcții din aceste zone sunt supuse în mod frecvent acțiunilor seismice de intensitate joasă și medie și, cu totul excepțional, la intensități mari ce pot produce importante pagube materiale, Figura 1, și pierderi de vieți omenești [4-6].

Chiar dacă o construcție a fost proiectată și executată pentru a asigura siguranța ocupanților pe întreaga durată de viață a acesteia, fiind supusă la acțiuni seismice repetate coroborate cu alți factori de mediu ce pot produce degradări, aceasta își pierde, parțial, capacitatea de a asigura nivelul de siguranță inițial sau conform noilor normative în vigoare, din ce în ce mai restrictive. Astfel se impun intervenții asupra structurii de rezistență a construcției fie pentru a o consolida și a o aduce la condițiile inițiale [7, 8], fie pentru a-i spori capacitatea de disipare a energiei induse de cutremurele de pământ [9]. Consolidarea structurilor de construcții se poate face cu materiale tradiționale (beton, oțel, etc.) sau cu materiale compozite [10]. Reabilitarea seismică unei structuri de construcții presupune refacerea capacității de disipare a energiei seismice a



acelei structuri prin diferite procedee cum ar fi instalarea unor disipatori seismici (vezi Figura 2).

Structurile de construcții atât cele noi cât și cele existente pot fi prevăzute fie cu un sistem de izolare a bazei fie cu un sistem de amortizare a vibrațiilor cu masă acordată (tuned mass damper, TMD).

Lucrarea de față își propune să prezinte o parte din metodele utilizate în practica curentă pentru reducerea efectelor seismelor asupra structurilor de construcții.



a. Zagreb, Croația, 2020



b. Puerto Rico, 2020



Nepal, 2015



Chile, 2010

Figura 1. Pagube produse de cutremure de pământ



Amortizor seismic cu frecare

<https://www.damptech.com/dampers-for-buildings>



Amortizor seismic hidraulic (amortizare vâscoasă)

<https://www.taylordevices.com/products/fluid-viscous-dampers/>

Figura 2. Tipuri de amortizori seismici

2. Metode utilizate pentru reducerea efectelor seismelor asupra structurilor de construcții

2.1 Izolarea bazei

Reprezintă cea mai des utilizată metodă pasivă privind protejarea clădirilor de efectele devastatoare ale unui seism. Principiul metodei constă în decuplarea supra-structurii de la terenul de fundare prin intermediul unor dispozitive numite izolatori seismici. Astfel, vibrațiile terenului în timpul mișcării seismice sunt foarte mult sau chiar complet atenuate. Izolatorii seismici pot fi de mai multe feluri: elastomerici, cu frecare, de tip resort sau role (Figura 3).

Prin metoda izolării seismice, datorită reducerii semnificative a nivelului accelerațiilor structurii, se reduc efectele acțiunii seismice și implicit cantitatea de materiale folosită. Cu toate acestea, metoda are și un dezavantaj major, care limitează utilizarea acesteia, și anume faptul că lucrează cu deplasări laterale foarte mari. Pe întreaga durată a acțiunii seismice trebuie asigurată deformarea liberă a sistemului de izolare. În plus, trebuie acordată o atenție deosebită amplasării sistemului de izolare, astfel încât efectele de torsiune să fie eliminate complet.

Metoda izolării seismice implică un cost inițial mai mare însă intervenția post-cutremur este mult mai simplă, rapidă și se limitează numai la nivelul sistemului de izolare, permițând astfel utilizarea continuă a clădirii. Metoda este cu precădere folosită în cazul structurilor rigide sau amplasate pe un strat de fundare rigid.



a. Elastomeric

<http://www.dis-inc.com/products.html>



b. Cu frecare

<https://www.damptech.com/-rubber-bearing-friction-damper-rbfd>



c. Resort

<https://civildigital.com/base-isolation-system-outline-on-principles-types-advantages-applications/>



d. Role

<https://civildigital.com/base-isolation-system-outline-on-principles-types-advantages-applications/>

Figura 3. Tipuri de izolatori seismici



2.2 Amortizori seismici

Această metodă de reducere a efectelor seismelor asupra structurilor de construcții face parte tot din categoria protecției pasive (Figura 2). Metoda este una relativ nouă introdusă și de aceea încă nu există o metodă, general acceptată, de proiectare a reabilitării seismice a structurilor de construcții [11].

Comparativ cu metodele tradiționale, de creștere a rigidității laterale a structurii, utilizarea amortizorilor seismici este una minim invazivă în ceea ce privește întreruperea fluxului tehnologic sau utilizarea clădirii ce urmează a fi reabilitată. Mai mult decât atât, fiind situate la vedere, inspecția tehnică periodică se poate efectua fără mare dificultate. Utilizarea amortizorilor seismici este recomandată pentru structurile foarte flexibile, cu deplasări laterale mari iar amplasarea acestora se poate realiza în orice locație în planul orizontal al clădirii sau distribuite pe înălțimea acesteia.

La fel ca și în cazul metodei izolării bazei, unul din marile dezavantaje al unui asemenea sistem de protecție pasivă este incapacitatea de a răspunde la încărcări de tip șoc.

2.3 Amortizori seismici cu masă acordată (TMD)

Acest tip de amortizor seismic este format dintr-o masă [12], de obicei egală cu 0,25 ~ 1,0% din masa clădirii care participă în modul fundamental de vibrație, un resort și un amortizor (Figura 4). Acest tip de amortizor este folosit cu precădere la clădirile înalte pentru a atenua vibrațiile produse de vânt dar pot contribui cu succes și la diminuarea efectelor cutremurelor de pământ asupra structurilor de construcții.



a. Chiba Bay Tower, Japonia



b. Citicorp, Manhattan, USA

Figura 4. Disipatori pasivi cu masă acordată

<https://engineering.purdue.edu/~ce573/Documents/TMD.pdf>

Amortizorii seismici de tip TMD pot fi: pasivi (nu au nevoie de o sursă de energie, de obicei electrică, pentru a se activa ci răspund la mișcarea de vibrație a structurii pentru care au fost construiți) și activi (au nevoie de sursă exterioară de energie care alimentează unul sau mai multi actuatori ce induc mișcări de vibrație în funcție de informațiile primite de la senzorii amplasați în puncte predeterminate în structură – vezi Figura 5). Aceștia din urmă mai poartă de numirea de amortizor seismic cu masă acordată activă (AMD).

Avantajele unui asemenea sistem constau în faptul că pot răspunde oricărui nivel de vibrație, chiar și în cazul vibrațiilor cu amplitudine mică, caracteristicile dinamice pot fi și trebuie adaptate fiecărei structuri în parte, au costuri de întreținere mici și pot fi folosite atât la structuri noi cât și la cele deja existente care au nevoie de reabilitare seismică.

Cu toate acestea, prezintă și o serie de dezavantaje cum ar fi: sunt deosebit de eficiente doar în cazul structurilor înalte, aplicabilitatea în practică depinde foarte mult de spațiul disponibil

și de masa necesară a fi montată (Figura 6), eficiența lor depinde foarte mult de nivelul de „acordare” cu modul fundamental de vibrație a structurii unde urmează a fi instalat amortizorul. Determinarea cu acuratețe a caracteristicilor dinamice fundamentale pentru o structură este întotdeauna dificil de realizat și astfel pot apărea efecte nedorite.

Cercetătorii japonezi au propus un sistem de amortizare hibrid care îmbină tehnologia TMD cu cea a izolării bazei folosind chiar un sistem multistrat [13]. Aplicabilitatea acestui sistem de amortizare s-a limitat până de curând doar la amortizori de tip TMD fără o testare propriu-zisă la nivelul unei structuri de construcții. Încercările recente de laborator cu ajutorul platformei seismice au demonstrat că, cel puțin conceptul, acest sistem poate fi extins și pentru structuri de construcții [14], după cum reiese și din Figura 7.

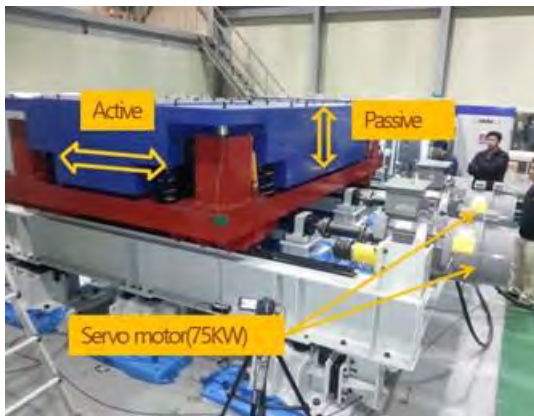
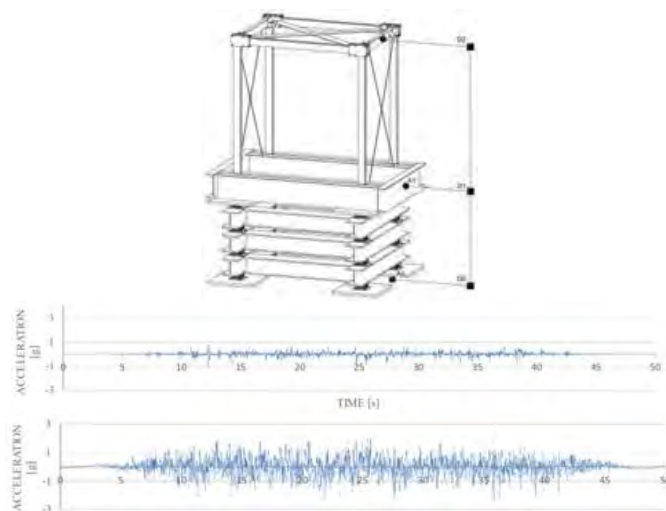


Figura 5. Amortizor cu masă acordată activă
<http://www.tesolution.com/technomart.html>



Figura 6. TMD Baku Tower
https://www.maurer.eu/fileadmin/mediapool/03_news/Pressemitteilungen/1_PR_Baku_Tower_EN.pdf



a. amplitudini ale accelerațiilor la nivelul platformei și la baza modelului



b. modelul experimental pe platforma seismică

Figura 7. Sistem multistrat de izolarea bazei folosind reazeme elastomerice

3. Concluzii

Lucrarea prezintă o trecere în revistă a unor metode utilizate pentru reducerea efectelor cutremurelor de pământ asupra structurilor de construcții.

Metoda izolării seismice implică un cost inițial mai mare însă intervenția post-cutremur este mult mai simplă, rapidă și se limitează numai la nivelul sistemului de izolare, permițând astfel



utilizarea continuă a clădirii. Metoda este cu precădere folosită în cazul structurilor rigide sau amplasate pe un strat de fundare rigid.

Utilizarea amortizorilor seismici este una minim invazivă în ceea ce privește întreruperea fluxului tehnologic sau utilizarea clădirii ce urmează a fi reabilitată. Inspectia tehnică periodică se poate efectua fără mare dificultate datorită faptului că acești amortizori sunt situați la vedere. Utilizarea izolatoarelor seismice este recomandată pentru structurile foarte flexibile, cu deplasări laterale mari.

Amortizorul seismic cu masă acordată (TMD) este folosit cu precădere la clădirile înalte pentru a atenua vibrațiile produse de vânt dar pot contribui cu succes și la diminuarea efectelor cutremurelor de pământ asupra structurilor de construcții.

BIBLIOGRAFIE

1. Huang Q., Meng S., He C., Dou Y., Zhang Q., *Rapid urban land expansion in earthquake-prone areas of China*. International Journal of Disaster Risk Science, **10**, 43-56 (2019).
2. Adekola J., Fischbacher-Smith D., Fischbacher-Smith M., *Inherent complexities of a multi-stakeholder approach to building community resilience*. International Journal of Disaster Risk Science, **11**, 32-45 (2020).
3. Elwood K., Filippova O., Noy I., Paz J. P., *Seismic policy, operations, and research uses for a building inventory in an earthquake-prone city*. International Journal of Disaster Risk Science, **11**, 709-718 (2020).
4. Ruiz-Pinilla J. G., Adam J. M., Perez-Carcel M., Yuste J., Moragues, J. J., *Learning from RC building structures damaged by the earthquake in Lorca, Spain, in 2011*. Engineering Failure Analysis, **68**, 76-86 (2016).
5. Gautam D., Chaulagain H., *Structural performance and associated lessons to be learned from world earthquakes in Nepal after 25 April 2015 (MW 7.8) Gorkha earthquake*. Engineering Failure Analysis, **68**, 222-243 (2016).
6. De Martino G., Di Ludovico M., Prota A., Moroni C., Manfredi G., Dolce M., *Estimation of repair costs for rc and masonry residential buildings based on damage data collected by post-earthquake visual inspection*. Bulletin of Earthquake Engineering, **15**, 4, 1681-1706 (2017).
7. Mazza F., Mazza M., *Seismic retrofitting of gravity-loads designed r.c. framed buildings combining CFRP and hysteretic damped braces*. Bulletin of Earthquake Engineering, **17**, 3423-3445 (2019).
8. Carofilis W., Perrone D., O'Reilly G. J., Monteiro R., Filiatrault A. *Seismic retrofit of existing school buildings in Italy: Performance evaluation and loss estimation*. Engineering Structures, **225**, ID. 111243 (2020).
9. Pastia C., Luca S. G., Păuleț-Crăiniceanu F., Toma I. O., Țăranu G., *Design criteria of tuned mass damper systems to control vibrations of building structures*. Proceedings of 5th International Conference on Advanced Materials and Systems, București, România, 2014, 361-366.
10. Garcia R., Pilakoutas K., Hajirasouliha I., Guadagnini M., Kyriakides N., Ciupala M. A., *Seismic retrofitting of RC buildings using CFRP and post-tensioned metal straps: shake table tests*. Bulletin of Earthquake Engineering, **15**, 8, 3321-3347 (2017).
11. Occhiuzzi A., *Additional viscous dampers for civil structures: Analysis of design methods based on effective evaluation of modal damping ratios*. Engineering Structures, **31**, 5, 1093-1101 (2009).
12. Tophoj L., Grathwol N., Hansen S. O., *Effective mass of tuned mass dampers*. Vibration, **1**, 1, 192-206 (2018).
13. Masaki N., Suizu Y., Kamada T., Fujita T., *Development and applications of tuned/hybrid mass dampers using multi-stage rubber bearings for vibration control of structures*. Proceedings of 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, 2004, ID.2243
14. Oanea D., *Particularități ale izolării seismice pe rezeme din elastomeri*. Teză de doctorat, Unviersitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, 2015



FOLOSIREA BAMBUSULUI ÎN ELEMENTE DIN BETON (BAMBOO-BETON)

Autor/autori

Balázs BODÓ¹, István KÁNTOR², Gergő-Máté CZIPLE²

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, balazs.bodo00@gmail.com

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, kantor.istvan999@gmail.com

³Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, cziplergo@gmail.com

Îndrumător/îndrumători

S.I. Dr. Ing. Pavel Ioan ȘOȘA

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, ioan.sosa@dst.utcluj.ro

REZUMAT: Betonul armat este un material foarte utilizat în industria construcțiilor, dar materialele componente se obțin prin proceduri poluante și din resurse neregenerabile. Lucrarea prezintă un tip de beton sustenabil obținut prin substituirea oțelului din 'beton armat' cu bambus. Astfel, betonul are o componentă ecologică și reprezintă o soluție pentru realizarea de structuri mai ieftine decât cele din beton armat cu bare de oțel. Bambusul are o creștere rapidă și din cauza că se aclimatizează în orice mediu, inclusiv în România, este o plantă folosită din cele mai vechi timpuri în construcții. Rezistența la întindere a bambusului este comparabilă cu cea a oțelului, putând fi utilizat atât sub formă naturală cât și sub formă de fibre impregnate cu rășini. În cadrul lucrării se analizează soluții de armare cu ajutorul acestei plante simple și rezistențele obținute pe elemente realizate cu acest tip de armătură.

Cuvinte cheie

Bambus, Beton, Rezistența la întindere, Materiale de construcții, Material organic, Cercetarea experimentală.

1. Introducere

Betonul este un material foarte des folosit în domeniul construcțiilor, datorită avantajelor sale numeroase, ca de exemplu rezistența la compresiune sau rezistența la foc. Pe lângă avantajele lui are și un dezavantaj important, are o rezistență la întindere scăzută. În general betonul este armat cu bare de oțel. Oțelul deține un nivel ridicat la rezistența la întindere comparat cu betonul și completează rezistența scăzută a betonului la întindere. În trecutul recent, datorită costului său mare și producerea lui dificilă oamenii de știință au dezvoltat soluții alternative pentru înlocuirea oțelului în beton. Aceste soluții sunt mai ieftine și sunt mai ecologice. În cadrul acestor cercetări a început studiul bambusului ca un material potențial pentru înlocuirea oțelului în beton. Bambusul are un cost redus și o creștere rapidă (poate crește 1 metru într-o zi și se poate obține rezistență maximă în 3 ani[3]) și din cauza că se aclimatizează în orice mediu este o plantă folosită din cele mai vechi timpuri în construcții.[1] Într-o cercetare care a conținut teste pentru definirea rezistenței bambusului la întindere rezultă că modulul de elasticitate în mijlocul crăpăturii a bambusului este puțin mai mic decât a oțelului. Sunt tipuri de bambus care arată o rezistență de rupere mai mare decât 400 MPa și o singură fibră de bambus se poate obține o rezistență la rupere mai mare de 1000 MPa și absoarbă apa de la mediul lui înconjurător, inclusiv și din fisurile din beton.[3]



2. Bambus, ca material de construcții

Proprietățile mecanice și fizice ale bambusului variază de la specie la specie și de la sol la sol, dar totuși are proprietăți de rezistență adecvate, ceea ce îl face potrivit pentru scopuri ingineresti. O rezistență medie la tracțiune de 50% până la 75% din cea a oțelului sau uneori chiar mai mult poate fi găsită în bambus.[5] Energia necesară pentru a produce 1 m³ de beton armat obișnuit folosit în domeniul construcțiilor (armarea făcută cu oțel) a fost comparat cu betonul, armat prin bambus. Rezultatele obținute arată că energia necesară prin folosirea oțelului este de 50 de ori mai mare decât cea necesară prin folosirea bambusului. Acest lucru face din bambus o alternativă bună pentru înlocuirea oțelului în betonul armat și se datorează faptului că raportul dintre rezistența la întindere și greutatea specifică a bambusului este de șase ori mai mare decât cel al oțelului.[2]

2.1 Proprietățile fizice ale bambusului

Bambusul este frecvent comparat cu produsele din lemn datorită structurii sale chimice similare. Structura fizică este aspectul care diferențiază bambusul de lemn. Lemnul are proprietăți anizotrope și conține fibre orientate în aceeași direcție pe întreaga structură. Bambusul conține fibre paralele de-a lungul direcției axiale.[4] Absorbția de apă din mediul înconjurător prin fisuri fine în beton duce la umflarea bambusului. Umflarea apare atunci când există suficient timp pentru ca apa să ajungă la bambus. Este apoi absorbit de microstructura bambusului, care induce o expansiune a bambusului și provoacă tensiuni interne locale în betonul care înconjoară bambusul. Densitatea fibrelor în secțiune transversală a unei cochilii de bambus variază în funcție de grosime, precum și de înălțime. Distribuția fibrelor este mai uniformă la bază decât în partea de sus sau în mijloc. De asemenea, s-a constatat că bambus intră parțial în familia de lemn. Cu toate acestea, principalul dezavantaj al bambusului este atacul insectelor, ceea ce îl face nepotrivit pentru utilizarea în construcții.[5]

2.2 Proprietățile mecanice ale bambusului

Bambusul este foarte bun la întindere, iar rezistența sa la tracțiune variază de la o specie la alta. Încovoierea este un parametru important, decizând adecvarea bambusului ca material de construcție. Datorită acestei proprietăți, bambusul poate fi utilizat ca înlocuitor pentru armarea în construcția de clădiri.[5] Modulul de elasticitate de bambus face la un material de construcție foarte bun pentru zonele de cutremur. Un alt avantaj al bambusului este greutatea sa scăzută. Acesta poate fi transportat și prelucrat cu ușurință, reducând astfel utilizarea macaralelor și a altor mașini mari.[4]

2.3 Umiditatea

Conținutul de umiditate din bambus variază de-a lungul înălțimii, locației și perioadei de asezonare. Partea superioară a bambusului are un conținut de umiditate relativ mai mic decât partea de mijloc. Absorbția apei este invers proporțională cu conținutul de umiditate, în timp ce modificările dimensionale, rezistența la tracțiune și compresiune sunt direct proporționale cu conținutul de umiditate.[5]



2.4 Durabilitatea bambusului și rezistență la foc

La fel ca și lemnul, bambusul este vulnerabil la degradarea mediului și atacurile insectelor și mușcăturilor. Durabilitatea sa variază în funcție de tipul de specie, vârstă, stare de conservare și tratament. Există o relație puternică între atacurile insectelor și nivelurile de amidon plus conținutul de apă al bambusului. Uscarea bambusului este fundamentală pentru conservarea sa din diferite motive. Bambusul cu umiditate scăzută este mai puțin predispus la atacuri de mușcătură, mai ales atunci când conținutul de umiditate este mai mic de 15%. Proprietățile fizice și mecanice ale bambusului cresc cu scăderea conținutului său de umiditate. Bambusul care trebuie tratat cu un conservant trebuie să fie uscat pentru a facilita penetrarea și a obține un rezultat mai bun și reducerea costurilor de transport. Bambusul poate fi uscat în aer sau în cuptor. Bambusul a fost testat ca și durabilitate într-un element de beton cu bare de bambus, a fost expus la aer liber și după 15 de ani este încă în stare satisfăcătoare.[2] Rezistența la foc a bambusului este foarte bună datorită conținutului ridicat de acid silicat. Umplut cu apă, poate suporta o temperatură de 400 °C.[4]

3. Comportarea elementelor din beton armat cu bambus

3.1 Selectarea și tratarea bambusului

Numai bambusul care prezintă o culoare pronunțată maronie-verde putem să utilizăm în construcții. Acest lucru va asigura că planta are cel puțin trei ani și este maturată. Selecția trebuie făcută astfel încât să obținem cele mai lungi bare cu diametru mare. În general, în partea superioară a bambusului barele se scurtează, iar grosimea se reduce. Prin urmare, porțiunea de bază a bambusului este de preferat. Bambusul care se taie în timpul primăverii sau începutul verii trebuie evitat; aceste bare sunt, în general, mai slabe din cauza conținutului crescut de umiditate din fibre. Se știe că bambusul este mai predispus la insecte decât alți copaci și ierburi din cauza conținutului ridicat de nutrienți prin urmare, ca să evităm această problemă devine necesar să se trateze bambusul astfel încât să fie protejat de mediu. Cupru Crom Bor (CCB) tratamentul de bambus a fost adoptat pentru a preveni bambusul de atacul insectelor.[5]

3.2 Aderența cu beton

Pentru a îmbunătăți aderența dintre segmentele de bambus și beton, este necesar un tratament eficient hidrofug. Diferite tipuri de tratament au fost studiate cu diferite grade de succes. Tratamentul de impermeabilitate al bambusului este afectat de trei factori: proprietățile de aderență ale substanței aplicate bambusului și betonului, proprietatea hidrofugă a substanței alese și structura interfeței bambus/beton. Materiale precum vopsele asfaltice, vopsele pe bază de gudron și materiale bituminoase specifice satisfac toate cerințele de impermeabilitate. Tensiunea de forfecare a legăturii este calculat de ecuația (1)

$$\tau_b = \frac{F}{L \cdot S} \quad (1)$$

unde F este forța de compresiune și S este perimetrul bambusului și L este lungimea de aderență.[2] Alunecarea armăturii este împiedicată de aderență dintre beton și materialul de

armare. Factorii care sunt responsabili pentru rezistenței la aderență sunt proprietățile adezive ale matricei de ciment, forțele de frecare care apar pe suprafața barelor de armare datorită contracției betonului și rezistenței la forfecare a betonului datorită formei suprafeței, precum și rugozitatea barei de armare. Aderența dintre beton și bambus pentru 3 tipuri de produse a fost stabilită prin testul de smulgere a armăturii. Cele 3 tipuri de produse sunt barele de armătură din bambus laminat cu nisip, cu armatură și cu fibre de nucă de cocos, așa se arată în Fig.1(a). Testul a fost efectuat în mașină de testare universală în conformitate cu standardele indiene. Armăturile cu proprietăți diferite de lipire au fost introduse în trei cuburi diferite cu dimensiunea de 150 mm x 150 mm x 150 mm, așa se arată în Fig.1(b). Rezultatele testelor au fost tabelate mai jos în tab. 1. În Fig. 2 se vede diferența la deformație între bambusul tratat și netratat.[5]

Tipul de produs	Efortul de aderență τ_b (N/mm ²)
Laminat cu nisip	5.96
Laminat cu fibre de nucă de cocos	8.46
Laminat cu armatură	9.71



Fig.1(a)



Fig.1(b)

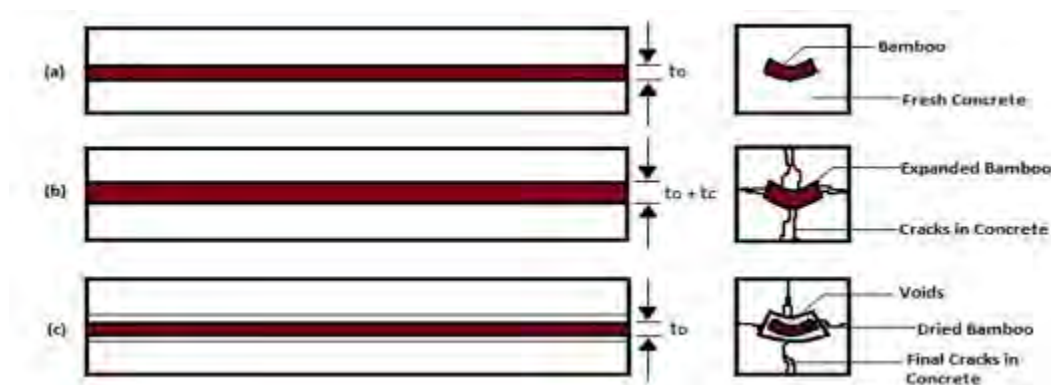


Fig.2

3.3 Încercarea elementelor beton armate cu bambus

Betonul care urmează să fie utilizat în grinzi a fost realizat folosind ciment Portland obișnuit, nisip ca agregat fin și așchii de piatră ca agregat grosier cu o dimensiune maximă de 20 mm. Proporția amestecului de beton a fost de 1:1.5:2.8 în volum și un raport ciment/apă de 0,52. Mixul a fost proiectat pentru o rezistență la compresiune de 25 MPa la 28 de zile pe cuburi pe latura de 50 până la 70 mm. Betonul a fost turnat în tipare cu lățimea de 150 mm, înălțimea de 150 mm și lungimea de 750 mm. În această cercetare, au fost utilizate trei tipuri de elemente și anume: beton simplu, simplu armate și dublu armate având aceleași dimensiuni. Două bare de bambus au fost plasate în partea de jos, cu 25 mm acoperire la grinzi de simplu armate. În mod similar, două bare de bambus au fost plasate în partea de sus și de jos, cu o acoperire de 25 mm în cazul grinzilor dublu armate. După turnare, probele de beton au fost păstrate la o umiditate constantă și decofrate la vârsta de 24 de ore. Acestea au fost imersate în bazin de apă deschis pentru maturarea până la 28 de zile, conform prevederilor pentru încercare. Elementele au fost testate la încovoiere cu o forță centrală și s-a măsurat săgeata elementului la mijlocul elementului la intervale regulate de timp. Configurația elementelor testate este prevăzută în figura 3.(a). Rezultatele obținute pe cele 3 tipuri sunt prezentate în figuri 3.(b), 3.(c), 3.(d) sub forma curbelor forță-săgeată.[6]

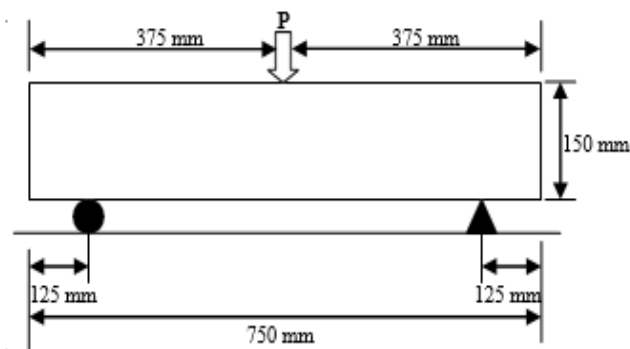


Fig. 3.(a)

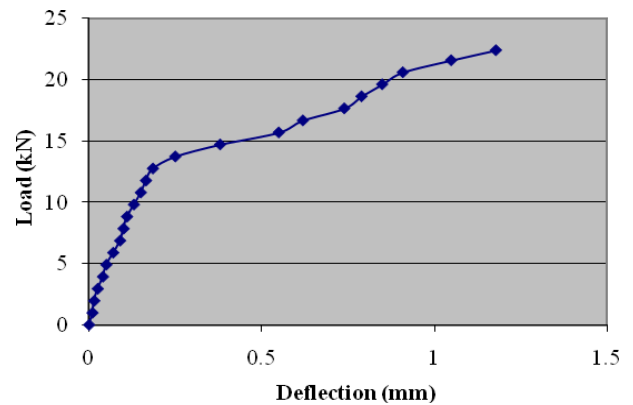


Fig 3.(b)-Beton simplu armat

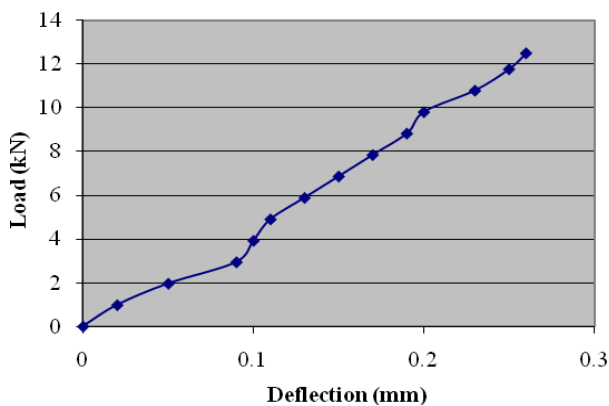


Fig. 3.(c)-Beton simplu

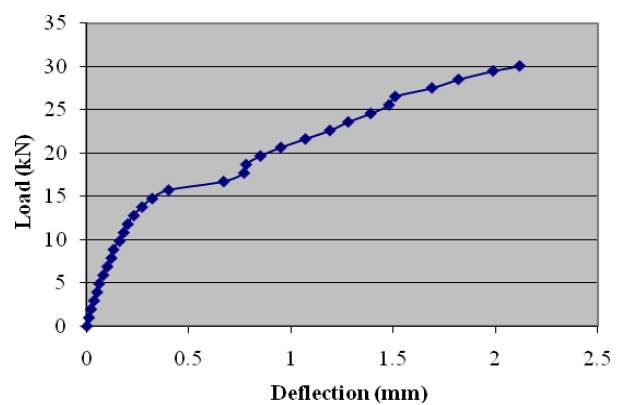


Fig 3.(d)-Beton dublu armat

4. Cercetarea experimentală

Betonul din care a fost făcute elementele experimentale a fost realizat folosind ciment Portland obișnuit, nisip ca agregat, silice și aditivi (reducător de apă). Proporția amestecul de beton sunt tabelate de mai jos în tab. 2

Materiale	Apa	Aditivi	Apa+Aditivi	Silice	Ciment	Nisip
Cantitate	7,5 l	1 l	8,5 l	6 kg	27 kg	26,38 kg

tab. 2

Au fost realizate trei prisme 550x100x50 fără bambus și trei prisme cu bambus, Fig. 4.(b) (patru bare de bambus au fost plasate în partea de jos, cu 8 mm acoperire Fig. 4(a). Diametrele barelor de bambus sunt tabelate în tab3.).Au fost făcute și 4 cuburi cu latura de 50 mm.

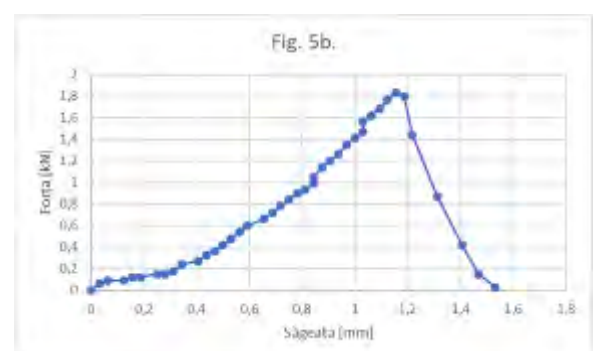
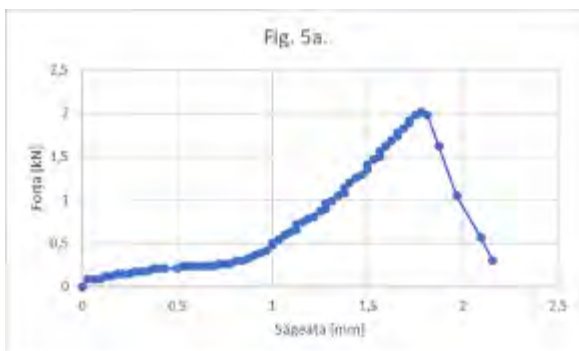


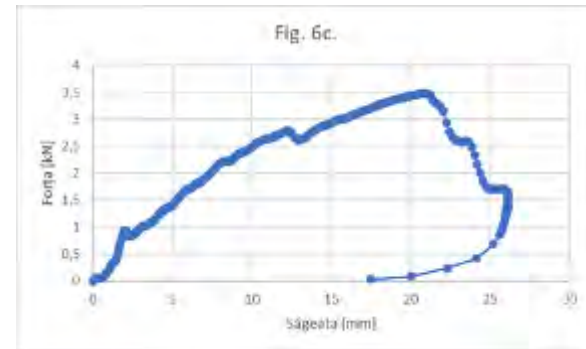
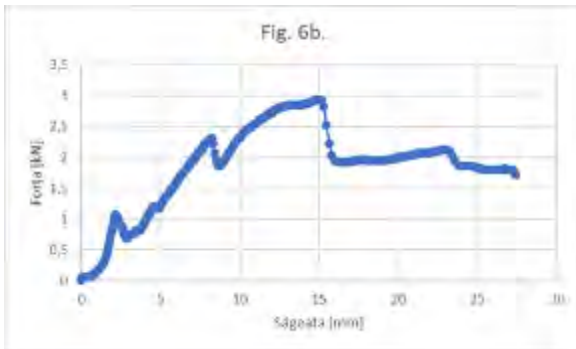
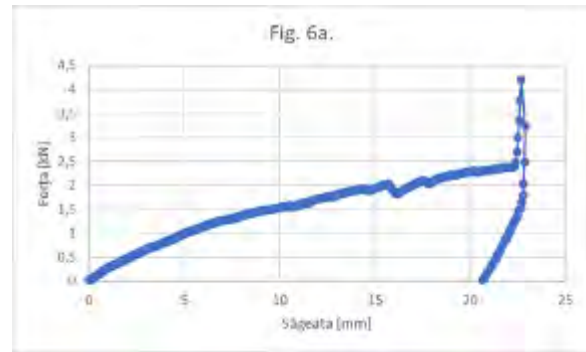
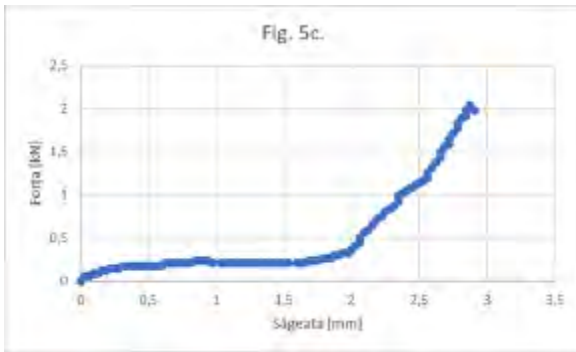
Fig. 4(a)



Fig. 4(b)

Prisma1	d=9 mm	d=9 mm	d=9 mm	d=8 mm
Prisma2	d=8 mm	d=8 mm	d=8 mm	d=8 mm
Prisma3	d=8 mm	d=8 mm	d=8 mm	d=7 mm





După turnare probele de beton au fost păstrate în mediu constant în timp de 24 de ore la 90 grade Celsius și umiditatea relativă 80% după aceea în aer. Elementele au fost testate la încovoiere cu o forță centrală și s-a măsurat săgeata la mijlocul elementului la intervale regulate de timp. Rezultatele obținute pe cele 6 elemente sunt prezentate în figurile 5a., 5b., 5c. (elementele fără bambus), 6a., 6b., 6c. (elementele cu bambus). Au fost testate și cuburile rezultând că betonul este de înaltă rezistență, cu rezistența la compresiune 90 MPa. În Fig. 7(a) se vede că betonul fără bambus cedează casant, iar betonul cu bare de bambus Fig. 7(b) cedează ductil.

Fig. 7(a)

Fig. 7(b)





5. Concluzie

Încercarea la încovoiere a elementelor din beton arată că beton armat cu bambus are o rezistență mai mare decât betonul simplu, betonul simplu a cedat ca material casant, iar betonul armat a cedat ca material ductil. Punctele slabe a barelor de bambus sunt în noduri, rezultă din încercarea bambusului la întindere. În concluzie, datorită proprietăților sale fizice și mecanice câteva tipuri de bambus sunt materiale potențiale pentru înlocuirea oțelului în betonul armat. Astfel bambusul are compoziție ecologică și reprezintă o soluție mai ieftină pentru realizarea structurilor.

6. Bibliografie

- [1] Sajjad Qaiser^a, Asif Hameed^a, Rayed Alyousef^b, Fahid Aslam^b, Hisham Alabduljabbar^b „Flexural strength improvement in bamboo reinforced concrete beams subjected to pure bending” ^aCivil Engineering Department, University of Engineering & Technology, Lahore, Pakistan, ^bDepartment of Civil Engineering, College of Engineering in Al-Kharj, Prince Sattam Bin Abdulaziz University, Al-Kharj, 11942, Saudi Arabia
- [2] Khosrow Ghavami “Bamboo as reinforcement in structural concrete elements” Department of Civil Engineering, Pontificia Universidade Catolica, PUC-Rio, Rua Marques de Saõ Vicente 225, 22453-900 Rio de Janeiro, Brazil
- [3] Alireza Javadian^a, Mateusz Wielopolski^b, Ian F.C. Smith^c, Dirk E. Hebel^d „Bond-behavior study of newly developed bamboo-composite reinforcement in concrete” ^aChair of Architecture and Construction, Future Cities Laboratory, Singapore ETH-Centre, 1 Create Way, #06-01 Create Tower, Singapore 138602, Singapore ^bETH, Chair of Architecture and Construction, ETH Hönggerberg, HIT H 11.1, Wolfgang-Pauli-Strasse 27, 8093 Zürich, Switzerland ^cApplied Computing and Mechanics Laboratory (IMAC), Civil Engineering Institute, School of Architecture, Civil and Environmental Engineering (ENAC), Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne (EPFL), 1015 Lausanne, Switzerland ^dChair of Architecture and Construction, Swiss Federal Institute of Technology in Zurich (ETH), ETH Hönggerberg, HIT H 11.1, Wolfgang-Pauli-Strasse 27, 8093 Zürich, Switzerland
- [4] Arpit Sethia¹, Vijay Baradiya² “EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON BEHAVIOR OF BAMBOO REINFORCED CONCRETE MEMBER” ¹M.Tech Scholar, ²Associate professor, Civil Engineering Department, IPS Academy, M.P., India
- [5] Abhijeet Dey^a, Dr.(Mrs) Nayanmoni Chetia^b “Experimental study of Bamboo Reinforced Concrete beams having various frictional properties” ^aPost Graduate Student, Department of Civil Engineering, Jorhat Engineering College, Jorhat-785007, India ^bAssistant Professor, Department of Civil Engineering, Jorhat Engineering College, Jorhat-785007, India
- [6] M. M. Rahman, M. H. Rashid, M. A. Hossain*, M. T. Hasan and M. K. Hasan „Performance Evaluation of Bamboo Reinforced Concrete Beam”



GÂNDIRE ALTERNATIVĂ

Autori

Anda-Mariana I. POP¹, Ioana G. POP²

¹Facultatea de Construcții., Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, andapop35@gmail.com

²Facultatea de Construcții., Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Pop.GI.Ioana@utcluj.didatec.com

Îndrumător

S.L. Dr. Ing. Vladimir MARUSCEAC³

³Facultatea de Construcții., Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Vladimir.marusceac@cfdp.utcluj.ro

REZUMAT:

Această lucrare vrea să atingă și să ducă la conștientizarea problemei actuale legate de poluarea produsă de procesele tehnologice folosite la realizarea materialelor de construcții folosite în prezent precum și modul în care sunt folosite la executarea construcțiilor. Observăm că în ultimele decenii au început să apară noi alternative la acestea, tehnologii de fabricare sau execuție mult mai ecologice. Dorim să facem o scurtă prezentare comparativă între aceste materiale și tehnologii ecologice raportate la materialele clasice, urmărind să vedem avantajele și dezavantajele celor două categorii atât din punct de vedere al efectului asupra mediului înconjurător cât și din punct de vedere al caracteristicilor fizico-mecanice ale acestora, ușurința folosirii și în ultimul rând impactul economic.

Cuvinte cheie

Materiale, convenționale, neconvenționale, ecologice, alternative.

1. Introducere

Pe parcursul ultimilor ani s-a conștientizat tot mai mult problema privind evoluția și creșterea nivelului poluării rezultate din procesele tehnologice pentru prelucrarea materialelor folosite în construcții. Pentru a atenua această problemă s-au regândit procesele tehnologice pentru obținerea materialelor de construcții, găsindu-se soluții mult mai sustenabile și care acoperă cerințele pe care materialele de construcții trebuie să le satisfacă. Aceste cerințele pot să fie îndeplinite și de construcțiile realizate din materiale neconvenționale, care nu necesită un proces tehnologic complex cu un impact major în mediul înconjurător.

2. Materiale convenționale

Materialele convenționale sunt asociate materialelor care necesită un proces tehnologic prin care materia naturală brută este supusă unor acțiuni care prin finalizarea acestora se ajunge la un material care poate avea mai multe întrebuințări cu proprietăți fizico-mecanice de înaltă performanță, care după punerea în operă pot asigura buna desfășurare a activităților cotidiene atunci când sunt executate corect și întreținute corespunzător, dar și care pot răspunde unor nevoi mult mai speciale pentru a garanta siguranța oamenilor și a sănătății acestora.

Având o varietate de întrebuințări, sunt puse la dispoziției consumului în masă, regăsindu-se la prețuri de achiziție reduse, preparate în cantități mari sau prefabricate după cerințele solicitate.



2.1 Ciment-Beton

Betoanele sunt amestecuri bine omogenizate de liant(ciment), agregate (nisip, pietriș etc.) și apă, formând o pastă, care se transformă într-o masă solidă cu aspect de conglomerat având proprietăți fizico-mecanice bune, în special la solicitări de compresiune, caracteristici care pot varia în funcție de procesele tehnologice și de destinația lor într-o construcție.

Cimentul joacă rolul cel mai important în componența betonului, influențând calitatea sa.

2.1.1 Procesele tehnologice și modalitatea de punere în operă

Cimentul este un liant mineralogic hidraulic cu denumirea de Ciment Portland. Materia primă a cimentului sunt reprezentate de rocile calcaroase și cele argiloase. Componentele mineralogice principale sunt alit (3CaOSiO_2), belit (2CaOSiO_2), celit ($3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$) și brownmillerit ($4\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$). Procesul tehnologic începe de la extracția din cariere al rocilor calcaroase și argiloase, transportarea, uscătura și apoi concasarea acestora, urmând ca mai apoi să fie măcinate sub formă brută și depozitate până când vor fi folosite. Următorul pas în procesul de obținere a cimentului este obținerea clincherului de ciment. Acest clincher se obține prin introducerea amestecului brut măcinat în cuptoare rotative speciale, unde se ard la temperaturi de 1300°C - 1500°C . Clincherului răcit în urma arderii se macină și adăugate cantități de ghips pentru reglarea timpului de priză. Opțional, Se adaugă materiale prime auxiliare în procesul tehnologic pentru a modifica anumite caracteristici sau de a favoriza unele procese. Consumul teoretic de căldură este de 1800 kJ/kg din care 70% este reprezentat de procesul de decarbonatare a calcarului.

Prepararea betonului constă în amestecul omogen de liant, agregate și apă cu scopul de a forma o masă rigidă în cantități, dimensiuni și forme de care avem nevoie. Dozarea materialelor se face volumetric în cazul lucrărilor de dimensiuni mici sau gravimetric pentru lucrările de mari dimensiuni. Prepararea sa se poate face manual la fața locului sau mecanic în betoniere, stații de beton sau în fabrici pentru elementele de beton prefabricate. Modul de turnare se poate face direct cu jgheaburi, prin pompare sau prin injectare. Compactarea se realizează manual prin batre cu maiul de lemn, împungerea cu o vergea metalică pe toată înălțimea sau mecanic prin vibrare, revibrare, centrifugare, vacuumare, laminare, presare sau torcretare.

2.1.2. Proprietăți fizico-mecanice

Betonul în stare proaspătă are următoarele caracteristici măsurabile: densitatea, lucrabilitatea, consistența, volumul de aer ocular, tendința de separare a apei de amestec la suprafața elementelor de beton și tendința de segregare.

Betonul în stare întărită are densitatea variind între $2500\text{-}3000\text{ kg/m}^3$. Permeabilitatea este rezistența la presiunea apei care încearcă să treacă prin masa sa, cu notația P_4^{10} , P_8^{10} etc. Gelivitate este rezistența la ciclurile de îngheț-dezghet pe care betonul de suferă de-al lungul timpului expus la variații de temperatură. Deformația betonului este datorată dilatării termice și a reumezirea betonului care provoacă modificări în dimensiunile elementului turnat. Cea mai importantă rezistență a betonului este cea la compresiune, aceasta va da și clasa betonului. Rezistența la compresiune se determină după 28 de zile, pe epruvete cubice sau cilindrice. Rezistența la întindere este relativ slabă, din această cauză se folosește betonul armat, unde armăturile preiau solicitările de întindere.



2.1.3. Costuri

Cimentul este liant ușor de achiziționat, iar variația prețurilor de achiziție diferă de la fiecare tip de ciment și zona geografică. Procesul tehnologic și destinația betonului fac ca cimentul să fluctueze în preț, rezultând și determinarea prețurilor pentru betoane.

2.1.4. Impactul asupra mediului

Procesul tehnologic prin care rezultă cimentul are un impact foarte agresiv asupra mediului datorită producerii dioxidului de carbon eliberat în aer împreună cu alte gaze. Procesul având la bază arderea unor roci calcaroase și argiloase la temperaturi ridicate, consumul de energie este mare. Betoanele nu pot să fie reciclate și returnate.

3.2.4. Avantaje și dezavantaje

Betonul este rezistent la compresiune și la acțiunea unor compuși chimici atunci când acesta este ales în conformitate cu caracteristicile pe care trebuie să le aibă în cadrul construcției. Având o stare lichidă-vâscoasă înainte de întărire, permite turnarea sa în forme și dimensiuni variate. Este ușor de achiziționat, fiind și ieftin.

Procesul tehnologic la care este supus cimentul are un impact negativ asupra mediului datorită gazelor eliberate în atmosferă, dar și de consumul ridicat de energie.

2.2 Oțel structural

Oțelul este un aliaj din fier și carbon ca elemente principale. El este folosit în elemente de beton ca armătură sau ca profile laminate în cazul structurilor mixte oțel-beton. Sau ca elemente turnate sau alcătuite în cazul structurilor metalice.

2.2.1. Procese tehnologice de fabricare și de punere în operă

Procesul tehnologic de obținere a oțelului este unul fizico-mecanic complex, fiind un aliaj din fier-carbon cu un conținut de 0.006 până la 2.11% C, cu elemente însoțitoare în cantități mai mici de 1% ($Mn \leq 0.9\%$, $Si \leq 0.45\%$, $P \leq 0.04\%$, $S \leq 0.04\%$). Se utilizează ca materie primă minereul de fier (reducere directă) fie fonta topită (reducere indirectă). Astăzi, oțelul produs se obține prin reducere indirectă (fonta topită), realizându-se în convertizoare (60%), cuptoare cu vatră (20%) și cuptoare electrice (20%). Oțelurile sunt date în folosință în urma unor procese de turnare, deformare plastică și de așchiere care au ca scop realizarea unor produse finale cu anumite caracteristici și destinații de punere în uz (arcuri, rulmenți, țevi, oțeluri aliate pentru construcții de mașini, pile, lanțuri etc.). Oțelul este folosit ca armătură în elementele de beton sub forma de bare longitudinale și transversale (etrieri), acestea fiind tăiate la dimensiunile necesare sau îndoite (bare pentru etrieri). Se mai poate folosi și ca element structural de sine stătător în ansambluri de cadre sau în combinație cu elemente din beton la structuri mixte.

2.2.2. Proprietăți fizico-mecanice

Cele mai importante proprietăți ale oțelului sunt tenacitatea și durabilitatea înaltă, rezistența la rupere, limita la curgere și buna conductivitate termică. Pe lângă acestea, pentru oțelul inoxidabil este rezistența la coroziune. Proprietățile mecanice ale oțelului pot varia enorm în



funcție de compoziția lor și de procentul de impurități, pentru a obține rezultate mai bune, oțelul poate fi aliat cu nichel, cobalt, seleniu etc..

2.2.3. Costuri

Rămâne cel mai eficient material din punct de vedere al costurilor în comparație cu alte sisteme de încadrare de exemplu, un sistem structural din oțel costa cu 5-8% mai puțin decât un sistem de încadrare din beton.

2.2.4. Poluarea

Oțelul este complet reciclabil și poate fi reutilizat fără alte prelucrări. Un avantaj deosebit pentru natură, este că nu se folosește apă în procesul de fabricare. De asemenea, este necombustibil, dar cu toate acestea, atunci când este utilizat la construcții înalte, oțelul trebuie să fie învelit în materiale rezistente la foc.

3.2.5. Avantaje și dezavantaje

Se poate modela ușor, reciclat în întregime de mai multe ori și folosit în elemente de structură împreună cu alte materiale sau singur. Este greu și se poate deforma în timp, este sensibil la coroziune și trebuie protejat.

3. Materiale neconvenționale

Materialele neconvenționale sunt materialele naturale folosite într-o mare proporție în trecut în realizarea construcțiilor, iar în prezent sunt folosite în concepte moderne cu metode noi și inovatoare. Aceste materiale sunt materiale vegetale, dar și roci.

3.1. Paie

Paiele provin din resturile vegetale ale cerealelor fiind procesate și separate de partea nutrițională. Sunt folosite adesea ca așternuturi pentru animale sau tocate și reintroduse în sol.

3.1.1. Procese tehnologice de fabricare și de punere în operă

Fiind resturi vegetale provenite din cereale, fără valoare nutrițională semnificativă. Sunt depozitate pe terenul de pe care s-au recoltat, ajungând balotate sau tocate pentru a fi reintroduse în teren. Balotarea paielor este un proces mecanic prin care paiele ajung sub formă dreptunghiulară sau rotundă cu dimensiuni mari, presați cu o densitate de 80-120 kg/m³. Dimensiunile unui balot dreptunghiular sunt de 45 cm lățime, 35 cm înălțime și între 90-120 cm lungime, iar cu o greutate de 15-25 kg în funcție de dimensiunile acestuia.

Este necesar ca paiele să fie uscate și fără impurități (buruieni, semințe etc) pentru asigurarea calității paielor, respectiv a baloților din paie.

Baloții de paie se pot folosi în umplerea pereților într-un sistem structural din lemn. Manopera nu are un consum de energie mare, fiind relativ ușoare, nu necesită utilaje de manevrare. Pentru fixarea baloților se pot folosi profile metalice dispuse în X, cherestea poziționată în diagonală sau fire de metal sau plase din metal puse pe toată suprafața pereților. Paiele care sunt bine separate de alte resturi vegetale și cernute de praf în procese repetate, cu tehnologia "blow-in" sunt suflate în structuri închise, la o densitate și umiditate controlată.

Cu un proces tehnologic mai complex, paiele sunt introduse între două plăci de tip OSB, folosite ca elemente structurale cu izolație interioară. Montarea acestora este mult mai simplă



față de pereții umpluți cu baloți, având o formă mult mai compactă și cu dimensiuni mult mai mari. Manevrarea acestora poate necesita utilizarea unor utilaje. Este vital ca finisajele să fie naturale, permițând trecerea vaporilor de apă prin masa elementului.

3.1.2. Proprietăți fizico-mecanice

Densitatea la care sunt puse în operă paiile sub diferite forme, reprezintă un factor important pentru determinarea calităților unei construcții. Având forma structurală a paielor cu goluri în interior, și formate din celuloză, au un coeficient de transfer termic sub 1 W/m , bun izolator fonic și fiind permeabile. Au o rezistență la foc medie, fiind dispuse la o densitate de $80\text{-}120 \text{ Kg/m}^3$, propagarea focului este întârziată. Greutatea clădirilor care au în componența lor paiile ca materiale pentru elemente structurale, reduc semnificativ riscul clădirilor de a se prăbuși sub acțiunea unui cutremur.

3.1.3. Costuri

Deoarece sunt resturi vegetale, costul de producere se poate considera ca fiind inexistent. Procesul de prelucrare a paielor este relativ scăzut pentru procesarea baloților, începând de la 2 lei pentru cei dreptunghiulari și ajungând la 50 de lei pentru cei rotunzi sau 0 lei dacă folosim utilajele proprii. Pentru panourile de tip sandwich (plăci de OSB cu paie între ele) sau pentru paiile folosite prin suflare, costurile diferă în funcție de dimensiuni, respectiv cantitate. Prețul de achiziție a paielor este influențat de către anul de recoltare și perioada de achiziționare.

3.1.4. Poluare

Necesitatea scăzută de prelucrare a paielor prin procese tehnologice reduc semnificativ emisiile de dioxid de carbon eliberate în atmosferă. Dăunătorii, bacteriile și anumite ciupercile sunt inhibitate de către densitatea paielor regăsite în structuri. Pentru rozătoare nu sunt percepute ca o sursă de hrană, iar ca adăpost, densitatea îi împiedică să se miște liber prin masa elementului. Umiditatea redusă împiedică dezvoltarea bacterilor și al ciupercilor lor care ar putea să cauzeze probleme respiratorii persoanelor care locuiesc sau își desfășoară activitatea în interiorul construcțiilor realizate din aceste materiale. Dar în contact permanent sau îndelungat pot dezvolta bacterii și ciuperci care pot afecta structura. În procesul de procesare, dar și de punere în operă, praful pot provoca un disconfort, dar se poate evita prin purtarea unor măști.

3.1.5. Avantaje și dezavantaje

Sunt materiale ușoare care scad riscul de accidentări, dar și riscul de a se prăbuși construcțiile realizate din ele atunci când sunt supuse unui cutremur. Materiale ieftine și ușor de obținut din resurse locale și care sporesc economia locală.

Nu se pot realiza construcții dispuse pe mai multe niveluri, și necesită o atenție sporită la contactul permanent cu apa.

3.2. Roci

Rocile servesc ca materiale prime pentru alte materiale de construcții, care prin o varietate de procese tehnologice pot să obțină proprietățile fizico-mecanice mult mai bune și care pot rezista unor compuși chimici agresivi. Prin procese tehnologice mult mai simple și mai



eficiente din punct de vedere a consumului de energie, cu concepte noi, rocile sunt folosite sub mai multe forme în construcții într-o formă mai puțin procesată.

3.2.1. Procese tehnologice de fabricare și de punere în operă

Rocile se pot extrage din cariere sau din surse locale, depinzând de forma de care avem nevoie în cadrul construcției.

Există mai multe tipuri de construcții în care sunt folosite rocile sub diferite forme și întrebuințări.

Nisipul, pietriș, argila și pământul sunt folosite în construcții concepute în funcție de zona în care vor fi amplasate acestea.

Argila este un liant natural folosit la pereți sau pardosea, dar și la finisaje ale unor elemente de construcție care necesită în mod special folosirea finisajelor din materiale naturale care permit trecerea vaporilor prin masa lor.

Argila formează împreună cu nisip, pietriș și praf, un amestec omogen ce poate să fie folosit la pereți, având rol structural, termoizolant și fonic.

Punerea în operă a acestui amestec necesită un cofraj de lemn care să ofere o formă a peretelui și care să permită compactarea materialului și întărirea acestuia. După întărire, cofrajul se îndepărtează și se poate finisa apoi.

Există și cărămizile formate din argilă și paie. Procesarea acestor cărămizi este simplă, argila împreună cu apa și paiele sunt amestecate în lăzi de lemn sau alte containere pentru amestecare, apoi puse în forme și lăsate să se usuce la soare. După uscarea lor ele se pot folosi ca zidărie, alături de structuri de rezistență din lemn.

Pentru construcțiile din nisip sau pământ, se folosește conceptul de sandbag prin care procesul tehnologic este reprezentat doar de punere a materialului în saci de polipropilenă ce dau o formă stabilă materialului. Acest concept poate necesita sau nu structuri de rezistență din lemn, fire sau plase din metal pentru menținerea poziției sacilor cu nisip sau pământ. Au dimensiuni reduse, însă o soluție pentru a avea un spațiu mai mare este alăturarea mai multor construcții de acest tip. Timpul de realizare a construcțiilor de tip sandbag este unul mic, sunt materiale ce se pot pune în operă fără utilaje speciale.

Construcțiile realizate din pământ sunt cele care nu au nevoie ca materialele de construcție ce să necesite un proces tehnologic de prelucrare avansat, însă pentru punerea în operă, realizarea construcțiilor, sunt necesare operațiuni mai complexe. Există construcții săpate în trene care au un perete ce permite lumina solară să pătrundă. De regulă, acestea sunt săpate în dealuri sau în terenuri cu denivelări. Cele săpate în pământ, au nevoie ca pământul din jurul lor să își mențină poziția verticală, ca să nu comprime pereții construcției din interiorul pământului. Și de asemenea, construcțiile cu pereții din pământ sau acoperite cu pământ.

3.2.2. Proprietăți fizico-mecanici

Au roluri structurale, termice și fonice, și înglobează energia solară, eliberând-o în mod treptat în interiorul clădirilor pentru menținerea temperaturii constante și reducând astfel consumul de energie pentru încălzirea sau răcorirea aerului din interior. Permit trecerea vaporilor de apă prin masa lor. Sunt materiale care nu permit propagarea și alimentarea focului, având o rezistență foarte bună la el.

3.2.3. Costuri

Putând fi materiale locale, costurile de procesare și de punere în operă sunt mici. Costul reprezentat de energia consumată în procesul de realizare a construcțiilor este redus, iar



datorită energiei solare, pot îngloba și elibera treptat această energie, reducând costurile de încălzire sau de răcire a construcției.

3.2.4. *Poluare*

Nu sunt materiale care poluează mediul înconjurător și care eliberează dioxid de carbon în atmosferă prin procesul tehnologic de obținere a materialului.

3.2.5. *Avantaje și dezavantaje*

Sunt construcții ușor de realizat și cu costuri reduse, folosind materiale locale, iar timpul de punere în operă este mic, materialele sunt ușoare, însă provoacă șantiere în care apare murdăria excesivă. Construcțiile din pământ provoacă probleme celor cu claustrofobie, dând senzația de închis.

4. **Comparația între cele două categorii de materiale**

Prin prezentarea materialelor convenționale se poate deduce faptul că durata de lucru și șantierul este mai mare față de materialele neconvenționale. Betonul și oțelul sunt materiale mult mai grele și care necesită o atenție mare, fiind folosite împreună la construcții care au cerințe ridicate în ceea ce privește performanțele fizico-mecanice. Avantajele pe care le are betonul este că poate fi turnat într-o multitudine de forme, pe când pereții cu umpluturi din paie sau pământ sunt limitate de către formele geometrice pe care trebuie să le îndeplinească ca să nu cedeze. Dezavantajele betonului ar fi elementele masivitatea elementelor, durata lungă de la punere în operă până la exploatare și sensibilitatea la infiltrații de apă în structura sa. Pentru paie, dar și pentru roci un dezavantaj este reprezentat de înălțimea la care este gândită construcția. Pentru beton și oțel, înălțimea clădirii nu reprezintă un impediment, acestea se pot folosi la construcții cu mai multe etaje sau la clădiri cu dimensiuni mari.

5. **Concluzia**

Prin cele prezentate putem să concluzionăm astfel, materialele neconvenționale sunt o alternativă mult mai bună la construcțiile de mici dimensiuni care servesc ca locuințe, fiind materiale naturale care nu afectează mediul, astfel nici ființele din jur, însă când vine vorba de performanțe și rezistențe la forțe mari, se poate merge cu încredere spre materialele convenționale care asigură buna desfășurarea a activităților de zi cu zi ale oamenilor și răspund la nevoile acestora, existând și o posibilă fuziune între cele două categorii de materiale.



BIBLIOGRAFIE

1. Vasile Măciucă, Mircea Bârzescu, *Materiale de construcții*. Manual pentru clasa a IX-a, licee industriale cu profil de construcții.
2. Octavian George Ilinoiu, *Controlul calității betoanelor*, Prima ediție, București 2004.
3. Încărcat de Rareș Lunguti, *Ciment Portland*, Document publicat pe Scribd, Decembrie 2015.
4. Elena Jumate, *Betoane cu lianți anorganici curs*.
5. Adam Neville, *Proprietățile betonului*, Traducere realizată de Dan Constantinescu după ediția din 1975
6. Încărcat de Pura Paula-Lavinia, *Oțel structural curs*, Document publicat pe Scribd, Ianuarie 2017.
7. Elena Jumate, *Metalele, Metalul Polimeri Izolanți curs*.
8. Baeră Cornelia, *Capacitatea de autovindecare a compozitelor cementoase avansate inginerești*, Teză de doctorat, 2016.
9. Elena Axinte, *Elemente din oțel pentru construcții*, Vol. 1. Editura PIM Iași, 2008
10. Nidus Team, *Paiete în construcții #2: Caracteristici și avantaje*, nidushome.com, Iunie 2020
11. Nidus Team, *Paiete în construcții #3: Sisteme constructive*, nidushome.com, August 2020
12. Nidus Team, *Paiete în construcții #4: Mituri și întrebări frecvente*, nidushome.com, Septembrie 2020
13. Mihai Silvestru, Lidia Păcurar, Arhigest, Raluca Paută, *Arhigest: Casa din pământ, Ținutul Pădurenilor*, e-zepeline.ro



BETON ÎMPRIMAT 3D

Autor/autori

Nóra A. ISTVÁN¹, Zsanett E. JAKAB²

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, [e-mail: istvannora552@yahoo.com](mailto:istvannora552@yahoo.com)

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, [e-mail: jakabzsan@gmail.com](mailto:jakabzsan@gmail.com)

Îndrumător/îndrumători

Șef. L. Dr. Ing. Ioan Pavel ȘOȘA³

³Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, [e-mail: ioan.sosa@dst.utcluj.ro](mailto:ioan.sosa@dst.utcluj.ro)

REZUMAT: Motivul alegerii subiectului "Beton imprimat 3D" este prezentarea avantajelor utilizării acestui material din punctul de vedere ecologic și familizarea cu această inovație.

Cu toate că imprimanta 3D este utilizată de mulți ani folosirea betonului ca material înseamnă un pas spre un viitor mai ușor în domeniul construcțiilor. Această metodă de construcție a fost utilizată prima dată în Germania și începe să fie folosită în întreaga lume, fiind acceptată de către autorități. În plus betonul geopolimer este considerat și mai rezistent decât betonul tradițional. Studiul va conține compararea betonului tradițional cu betonul geopolimer.

Se va prezenta mai detaliat și alte avantaje a metodei, ca: procesul de lucru mult mai scurt, reducerea surplusului de material pe șantier, scăderea cantității dioxidului de carbon utilizat, clădiri mai spectaculoase și sofisticate datorită libertății din punct de vedere a formelor, reducerea erorilor cauzate de om. De aceea imprimarea clădirilor cu beton geopolimer are o perspectivă de utilizare îndelungată fiind atât interesantă cât și utilă din punct de vedere al protejării mediului.

Cuvinte cheie

imprimare 3D, ciment utilizat pentru beton 3D, tehnologie inovatoare, procedură ecologică, ciment geopolimer, armare beton 3D

1. Introducere

Tehnologia a realizat o creștere semnificativă a popularității în ultimii ani, cu multe companii noi. Acest lucru a adus câteva repere importante, ca și prima clădire tipărită 3D, primul pod tipărit 3D, prima locuință tipărită 3D, printre multe altele. Pentru aceasta tehnologie se folosește un instrument specific, o imprimantă 3D cu dimensiuni imense, a cărei concept de bază e același cu a imprimantei 3D uzuale. Există o varietate de metode de imprimare 3D utilizate în construcții, principalele fiind: extrudarea (beton / ciment, ceară, spumă, polimeri), lipirea pulberii (legătura polimerică, legătura reactivă, sinterizarea) și sudarea aditivă. Avantajele potențiale ale acestor tehnologii includ o construcție mai rapidă, costuri mai mici ale forței de muncă, complexitate și / sau precizie sporită, o integrare mai mare a funcției și mai puține deșeuri produse. [1]

Betonul 3D diferă de cel normal prin caracteristica lui de a păstra forma: rezistența împotriva deformării, pierderii formei după turnare până ce întărește. În betonul 3D se combină avantajele betonului autocompactant și betonului "spray". Această abilitate este câștigătoare din autocompactant care are în componența sa aditiv superplastifiant, accelerator de priză, accelerator de întărire etc. [2] Ingredientele aditivilor pot diferi în funcție de firmă, unii folosesc beton geopolimer alții folosesc o rețetă proprie, acest proces fiind foarte nou în domeniul construcțiilor.



Impactul domeniului construcției asupra mediului este imens. Betonul este un material neecologic, producerea lui a crescut cu 34 de ori în ultimii 65 de ani. Din acest motiv căutăm soluții pentru a micșora cantitatea folosită sau a schimba anumite ingrediente din rețeta lui. Imprimarea betonului 3D este un mod de a construi case mai ecologic, deoarece eliminăm surplusul de material.

2. Proprietățile materialului

Deoarece betonul imprimat 3D este o inovație și încă este în etapă experimentală, firmele încă încearcă să exploreze mixul de beton potrivit și perfect. S-au născut deja niște soluții acceptabile, dar trebuie adaptate la nevoile firmelor care va deveni rețeta potrivită pentru ei.

Pentru obținerea betonului se poate folosi ciment Portland sau ciment geopolimer. Rețeta cu ciment Portland a betonului obișnuit, trebuie modificată pentru a o adapta la nevoile betonului 3D: să se întărească mai repede, să-și rețină forma, să devină mai rezistent. Există mai multe variante pentru ca aceste condiții să se îndeplinească:

- fibre de carbon, fibre de sticlă sau fibre de bazalt - mărește rezistența la încovoiere, se comportă ca înlocuitor de armătură
- superplastifiant - contribuie la mărirea rezistenței la compresiune și la o mai mare lucrabilitate, care facilitează realizarea formei dorite
- cenușa zburătoare - în primul rând mărește lichiditatea și rezistența la compresiune dar numai când conținutul depășește cu 25% masa de ciment [3]

Cimentul geopolimer este un liant hidraulic artificial, obținut prin măcinarea fină a materialelor naturale sau a subproduselor industriale, care contribuie la reducerea amprentei ecologice a cimentului. Producția cimentului geopolimer solicită un material precursor, ca și metakaolin sau cenușă zburătoare, alcalin-reactiv și apă.

Cimentul geopolimer poate să aibă la bază: zgură, roci, cenușă zburătoare, ferosilit. Utilizarea cimentului geopolimer este o soluție mai eficientă, fiindcă este o alternativă mai verde decât cimentul Portland, și timpul de întărire este mai rapid. [4]

Betonul este al doilea cel mai utilizat material după apă. Necesitatea utilizării a betonului rezultă foarte multe efecte negative asupra mediului. Industria de construcție este responsabilă pentru 40% a energiei globale consumate, 28% din emisii de gaze cu efect de seră, 12% din utilizarea a apei potabile globale și 40% din generarea deșeurilor solide. Producția betonului constă în 5-6% a emisiei de CO₂. [5]

If concrete was a country it would be the third largest carbon emitter in the world

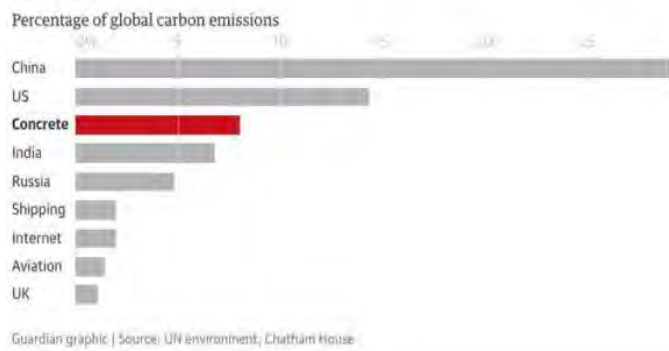


Figura 1. Emisiunea de carbon

Dacă în executarea unei case normale se folosește tehnologia cu imprimantă 3D și ciment geopolimer, atunci scade cu 90% emisia poluanților.

Parametrul de rezistența la compresiune a betonului imprimat 3D din geopolimer mixt este atât de important cât și presiunea de pompare, care contribuie la succesul geopolimerului pentru imprimare 3D.

A fost testat o pastă, amestecată timp de 5 minute, apoi turnată într-un cub cu laturi de 50 mm, ținut până 21 de zile la temperatura de 25°C, la care a rezultat rezistența la compresiune aproximativ 5 daN/mm². Presiunea optimă de extrudare și viteza de imprimare au fost 0,007-



0,009 daN/mm² și 25 mm/s. Dar, durabilitatea și capacitatea portantă pentru un termen lung mai trebuie să fie studiate în viitor. [6]

Cercetătorii din China au realizat un experiment, unde era testat și comparat betonul obișnuit cu betonul imprimat 3D. Amândouă tipurile de beton aveau același rețetă: nisip cu granulația 2.8 mm, agregat cu diametrul de 5-15 mm și cenușa zburătoare. Cantitatea acceleratorului de priză a fost 3-5% din cantitatea totală a cimentului. Rezultatele încercării rezistenței la compresiune a betonului obișnuit și betonului imprimat 3D după 28 zile este analizat în tabelul din Figura 2. [5]

Specimen	Concrete Design Strength (MPa)	Dimension (mm)	Compressive Strength (MPa)	Standard Deviations (MPa)
Printed	20 MPa	150 × 150 × 150	19.1	0.25
Normal	20 MPa	150 × 150 × 150	23.8	0.16
Printed	25 MPa	150 × 150 × 150	24.1	0.30
Normal	25 MPa	150 × 150 × 150	28.8	0.17

Figura 2. Tabel comparativ între rezistențe la compresiune

3. Armarea betonului 3D

Betonul imprimat 3D este o posibilitate nouă pentru a construi dar nu este atât de recunoscută decât ingineri și arhitecți. Există nevoia de dezvoltare a rezistenței, pentru a construi clădiri și poduri mai mari. În Olanda, în 2018 s-a construit un pod pentru bicicliști [7], aceasta având lungimea de 6.50 m și 4.50 lățimea, și deja se planifică construirea podurilor pentru mașini și a zgârie-norilor. Pentru asta este nevoie de a găsi o modalitate de armare care nu daunează structurii și straturile betonului 3D.

Pentru reducerea contracției e acceptat amestecarea fibrelor (carbon, bazalt, sticlă) în mixt. Fibrele sunt optime din punct de vedere a libertății formelor. Fibrele de oțel se folosesc în construcții unde este necesar o armare mai puternică, pentru structuri sub apă.

Există încercări în această direcție care dovedesc faptul că, adăugarea fibrelor de oțel în mixtul betonului 3D minimizează, chiar și aduce la aceleași nivel rezistența la încovoierie cu a betonului turnat normal amestecat cu fibre. [8] S-a observat că direcția fibrelor e determinantă în natura elementului imprimat. Fibrele poate să preia direcția mixtului de beton turnat, dar pot să fie și perpendiculare pe ea. Direcția lor este influențată de diametrul lor, de compoziția lor, de cât de aproape sunt situate de marginea duzei și de presiunea cu care iese mixtul din duză. [9][10]



Figura 3. Element cu fibre



Pentru podul din Olanda precizat mai sus s-a folosit un alt tip de soluție. Au turnat simultan cu betonul un cablu de armare. Acest cablu trebuie să fie flexibil, ca să se adapteze formei în care a fost imprimat dar și pentru a se putea turna. Au dezvoltat o duză cu care s-a putut turna neted cablul simultan cu betonul (Figura 4). [8]



Figura 4. Împrimare cu cablu

Mai există și alte modalități de armare a betonului 3D, inclusiv armare după turnare, dar acestea nu sunt atât de eficiente și avansate ca celelalte două precizate mai sus. Acestea ar fi: armarea cu plasă, armare cu cuie, armare cu ac, cu cofraj, post-tensionare etc. [11]

4. Modul de funcționare

Ideea imprimării 3D oferă oportunitatea pentru libertatea imaginației referitor la formele elementelor. Chiar și cu imprimantele 3D cu dimensiuni mici se poate realiza orice fel de formă. Evident că fiecare proiect începe cu planificarea designului, pe care urmărește proiectarea digitală și se încheie cu manopera. Proiectarea digitală necesită principiul modelării numerice, care constă în construirea digitală a elementului în funcție de anumite parametrii. Pentru această procedură trebuie folosit un software CAD (Computer-Aided Design) și un software cu un limbaj de programare profesional (C#, Python sau VB script). În algoritm se respectă două aspecte: generarea de plasă și modelarea procedurii de printare. Configurarea plasei se poate baza pe parametrii, ca lățime, înălțimea stratului, numărul elementelor normale pe traiectoria imprimării, valoarea lungimii elementelor tangențiale pe traiectoria imprimării. După finalizarea modelării proiectul este gata pentru executare. În această etapă următoarele factori influențează calitatea structurii: forma și mărimea duzei, viteza de imprimare, distanța duzei de la suprafață, complexitatea geometrică a elementului. [12]

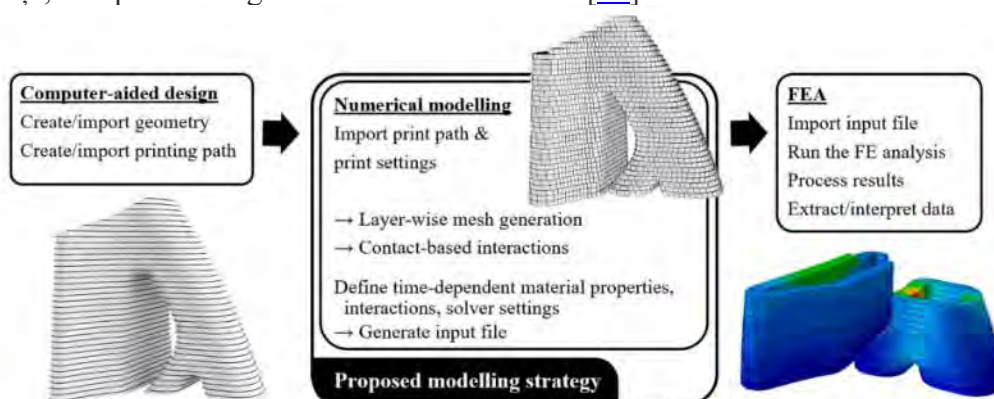


Figura 5. Etapele modelării

Deoarece tehnologia este digitalizată are numeroase beneficii din punct de vedere ecologic. Datorită faptului că, imprimanta lucrează după un algoritm, înseamnă că fiecare pas este bine calculat, se folosește o cantitate minimă de material pentru executare, astfel evitând surplusul. Legat de aceasta, nu trebuie să folosim cofrajul și alte dispozitive, de aceea se reduc resursele umane, care contribuie la minimalizarea erorilor. Un alt avantaj este procesul de lucru scurtat. Însă, vorbim despre un aparat voluminos, fiind un dezavantaj într-un spațiu aglomerat. [13]

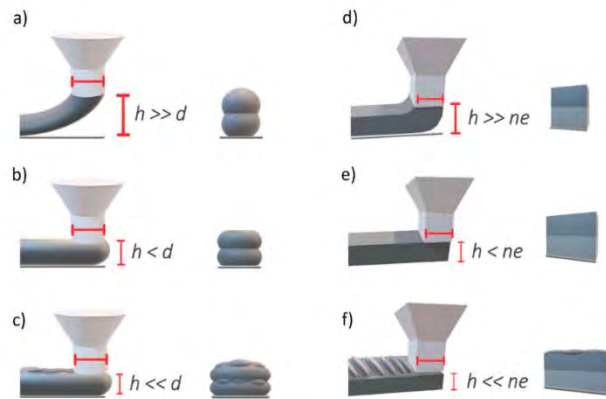


Figura 6. Variante de duză

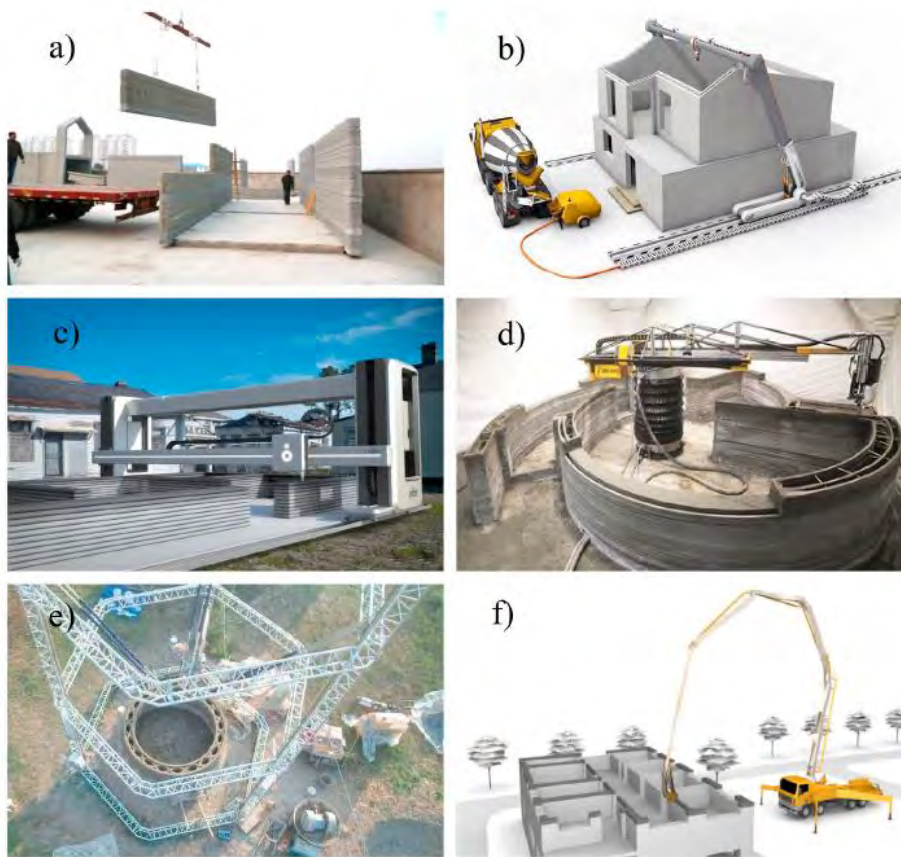


Figura 7. Sisteme de imprimare 3D

5. Concluzie

Această lucrare are ca obiectiv familiarizarea cu domeniul imprimării betonului 3D. Am prezentat în general modul de funcționare, pe lângă am studiat partea ecologică a tehnologiei.

Considerăm, că este important să împărtășim inovația acestei tehnologii, fiind că încă nu este atât de cunoscută, se află în ”perioadă adolescentă” și trebuie să se maturizeze din punct de vedere tehnologic și ecologic. Din aspectul tehnologiei dezavantajul ei este prețul înalt al



dispozitivului, iar din aspectul ecologic este consumul mare de energie electrică, care poate să fie rezolvat folosind surse de energie regenerabile.

În contrast cu prețul înalt al dispozitivului, tehnologia 3DCP are eficiență înaltă, care rezultă într-un preț avantajos [Figura 8.][14] și o posibilă soluție a problemei de adăpostire în anumite țări. Un alt avantaj este utilizarea geopolimerului, care rezultă reducerea emisiunii de CO₂, comparat cu betonul obișnuit. [13]

În total, inovația este esențială pentru dinamica și evoluția industriei.

Variable	3D Printed Home	Conventional Home
Cost	\$10,000	Median value around \$200,000
Home Insurance	\$300-\$500	\$600-\$2000
Speed	<1 week	6-7 months
Strength & Durability	Withstand up to 8.0 magnitude earthquake Richter Scale	Various from the type of constructions
New Shapes	Curvilinear shapes	Rectilinear Shapes
Carbon Footprint	Very less carbon footprint	Release around 50%

Figura 8. Compararea costurilor

BIBLIOGRAFIE

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Construction_3D_printing
2. <https://www.youtube.com/watch?v=-Csy2e1B2v0>
3. Jingchuan Zhang, Jialiang Wang, Sufen Dong, Xun Yu, Baoguo Han, *A review of the current progress and application of 3D printed concrete*, 17 July 2019.
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Geopolymer_cement
5. Malek Mohammad, Eyad Masad și Sami G. Al-Ghamdi, *3D Concrete Printing Sustainability: A Comparative Life Cycle Assessment of Four Construction Method Scenario*, Published: 17 December 2020.
6. https://www.researchgate.net/publication/328375318_Optimisation_of_Mixture_Properties_for_3D_Printing_of_Geopolymer_Concrete
7. Guangchao Ji, Tao Ding, Jianzhuang Xiao, Shupeng Du, Jun Li și Zhenhua Duan, *A 3D Printed Ready-Mixed Concrete Power Distribution Substation: Materials and Construction Technology*, Published: 10 May 2019.
8. Theo A. M. Salet, Zeeshan Y. Ahmed, Freek P. Bos & Hans L. M. Laagland, *Design of a 3D printed concrete bridge by testing*, 31 May 2018.
9. F. P. Bos, E. Bosco și T. A. M. Salet, *Ductility of 3D printed concrete reinforced with short straight steel fibers*, Published online: 19 Nov 2018.
10. Arun R. Arunothayan, Behzad Nematollahi, Ravi Ranade, Shin Hau Bong, Jay G. Sanjayan, Kamal H. Khayat, *Fiber orientation effects on ultra-high performance concrete formed by 3D printing*; 16 February 2021.
11. Frederick Bester, Marchant van den Heever, Jacques Kruger, Gideon van Zijl, *Reinforcing digitally fabricated concrete: A systems approach review*, 30 November 2020.
12. Ticho Ooms, Gieljan Vantyghem, Ruben Van Coile, Wouter De Corte, *A parametric modelling strategy for the numerical simulation of 3D concrete printing with complex geometries*, 8 December 2020
13. Marcelo Tramontin Souza, Igor Maia Ferreira, Elisângela Guzi de Moraes, Luciano Senff, Antonio Pedro Novaes de Oliveira, *3D printed concrete for large-scale buildings: An overview of rheology, printing parameters, chemical admixtures, reinforcements, and economic and environmental prospects*; 19 September 2020.
14. <https://www.manufacturingtomorrow.com/article/2019/05/3d-printed-homes-have-cost-and-other-advantages-over-conventional-home-construction/13351>



COMPACTAREA PRIN IMPULS

Autor

Francesca M. CĂLUGĂR

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, cesicalugar@yahoo.com.

Îndrumător

As.Dr.Ing. Răzvan A. IERNUȚAN

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca., riernutan@yahoo.com

REZUMAT: *Compactarea este procesul tehnologic din construcții prin care solul este densificat, ceea ce duce la o rezistență mai bună asupra greutateii clădirilor, căilor de comunicație și instalațiilor amplasate pe el.*

În funcție de categoria de teren, de grosimea stratului care trebuie compactat se alege unul din următoarele procedee de compactare:

- *Compactarea prin cilindrare (în cazul în care grosimea stratului de lucru nu depășește 0,5 m);*
- *Compactarea prin vibrare (pentru situațiile în care grosimea stratului este între 0,4 - 1 m);*
- *Compactarea prin impuls care este o tehnologie relativ nouă, folosită cu succes în domeniul construcțiilor, care începe să fie introdusă și în alte domenii pentru a crește performanța execuției construcțiilor în procese investiționale. Solurile suport moi alcătuite din nămol, nisip sau pietriș pot fi compactate pentru a ajunge cel puțin la un nivel de strat mediu dens, până la o adâncime de 7-9 metri;*

Prin studierea unui caz concret în care compactarea prin impuls a fost folosită ca soluție tehnologică pentru consolidarea solului de fundare, îmi propun să analizez principalele avantaje ale acestei tehnici revoluționare. Dintre acestea aș putea enumera cu caracter de exemplu: eficacitatea metodei comparativ cu cele clasice, atât ca timp de execuție, cost redus și adâncimea mai mare a stratului compactat; creșterea omogenității și capacității portante.

Cuvinte cheie: compactarea prin impuls, sol, compactor, eficacitate

1. Introducere

Materialul de fundare al unei construcții, în general, nu are forma și proprietățile ideale din punctul de vedere al inginerului. Această problemă poate fi rezolvată prin diferite procese specifice, unul dintre acestea fiind compactarea. Compactarea este procesul tehnologic din construcții prin care solul este densificat, ceea ce duce la o rezistență mai bună asupra greutateii clădirilor, căilor de comunicație și instalațiilor amplasate pe el.

În funcție de grosimea stratului de sol ce trebuie compactat și de categoria din care acesta face parte, se alege unul din următoarele procedee de compactare:

- Compactarea prin cilindrare (în condițiile în care grosimea stratului de lucru nu depășește 0,5 m)
- Compactarea prin vibrare (în cazul în care grosimea stratului este între 0,4 – 1 m)
- Compactarea prin impuls care este o tehnologie relativ nouă, folosită cu succes în domeniul construcțiilor, care începe să fie introdusă și în alte domenii pentru a crește performanța execuției construcțiilor în procese investiționale. Solurile suport moi alcătuite din nămol, nisip sau pietriș pot fi compactate pentru a ajunge cel puțin la un nivel de strat mediu dens, până la o adâncime de 7-9 metri;



Compactorul cu impulsuri are greutatea de cădere de 9 tone, înălțimea de cădere de maximum 1,2 m, diametrul plăcilor de 1,5 m și frecvența de bătaie de 40-60 bătaie/min.

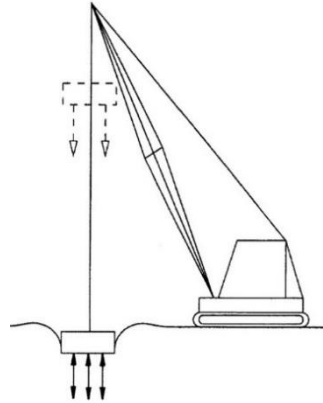


Figura 1. Compactor cu impulsuri.

În funcție de tipul solului, adâncimea efectivă de compactare se calculează cu relația:

$$T = \sqrt{M * h} * A + D \quad \text{adică} \quad T = \sqrt{9t * 1,2m} * A + 0,8 \quad (1)$$

unde T=adâncimea efectivă, M=greutatea de cădere a compactorului, h=înălțimea de cădere, A=valoarea specifică solului, D=profundimea ultimei tranziții

Tabelul 1. Adâncimea de compactare.

Tipul solului	Factorul A	Adâncimea T (m)
Pietriș	Până la 2.5	7-9
Nisip	Până la 2.7	7-9
Nisip cu granule fine	1.0	4.1
Pietriș cu granule fine	1.5	5.7

În cazul compactării cu impuls, o greutate compactează solul prin cădere pe punctele distribuite pe suprafață și îmbunătățește astfel capacitatea portantă a solului. O greutate de 9 tone lovește piciorul compactorului care transferă energia în sol. Compactarea prin impuls omogenizează solul printr-o redistribuire a particulelor solului, astfel o mare parte din tasări și consolidarea solului au loc în prealabil.

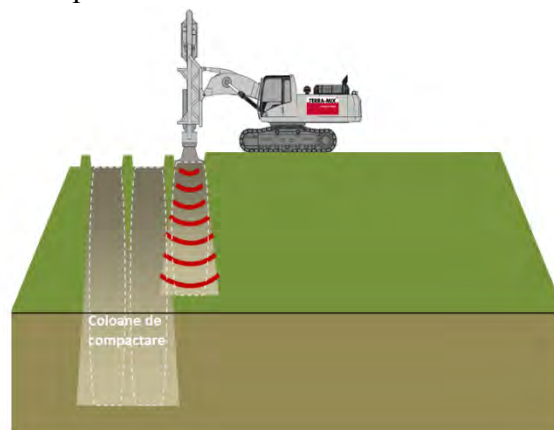


Figura 2. Sistemul de compactare.

2. Studiu de caz

Pentru acest studiu, am ales lucrarea de reabilitare a terasamentului căii ferate Graz-Koflach, dat în folosință în urmă cu 150 de ani și care datorită pătrunderilor de apă în substructură a ajuns la diferențe foarte mari de așezare între șinele de cale ferată, cauzând astfel reducerea vitezei de deplasare până la maximum 30 de km/oră. S-a căutat o procedură de reabilitare a substructurii șinei care să poată să compacteze solul în maximum 40 de ore, lungimea liniei afectate fiind de 384 m și lățimea de aproximativ 6 m.

Geotehnicianul a propus compactarea prin impuls ca fiind cea mai potrivită metodă. Cu ajutorul unui câmp de calibrare a fost stabilit că sunt necesare 2 treceri cu o adâncime de penetrare maximă de 0,8 m ca și criteriu de oprire. După demontarea șinelor și a traverselor de lemn și după împrăștierea balastului de aproximativ 0,5 m peste planul substructurii, s-a putut începe procesul de compactare prin impuls.

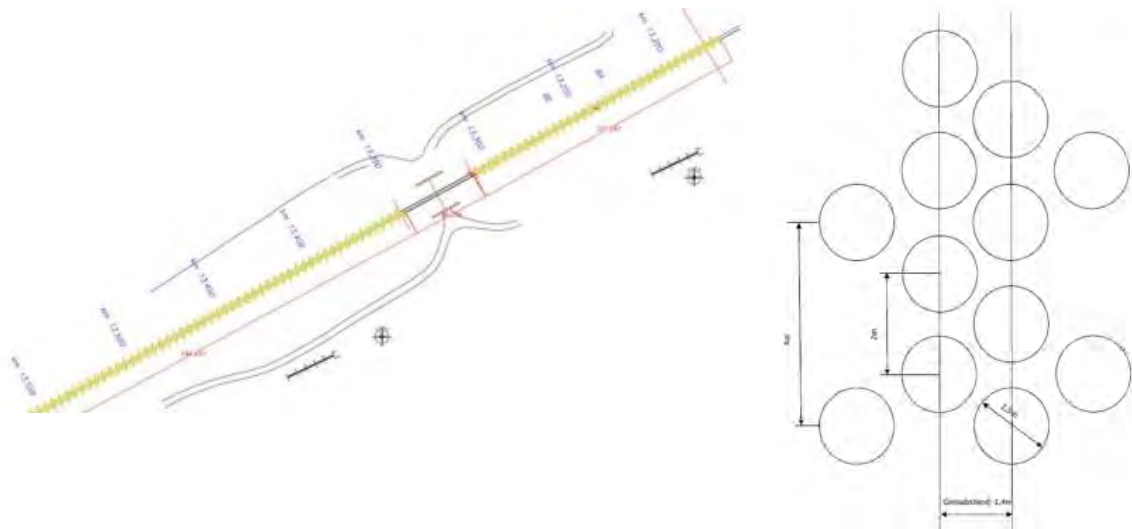


Figura 3. Schema de compactare.

După prima trecere cu utilajul de compactare, craterele au fost umplute și compactate, procesul fiind repetat încă o dată.



Figura 4. Compactarea prin impuls.

După mai puțin de 30 de ore, structurile superioare ale liniei de cale ferată puteau fi refăcute și se putea încheia reabilitarea acestui segment într-un timp mai scurt decât cel propus inițial.



3. Concluzii

În urma prezentării informațiilor despre compactarea prin impuls și a studiului de caz, urmează să prezint în concluzie principalele avantaje ale acestei metode revoluționare.

Stratul compactat atinge adâncimea de 9 m (vezi Tabelul 1.). În restul procedeeleor de compactare, adâncimea maximă nu atinge pragul de 1 m, ceea ce implică ca randamentul să fie unul scăzut. Suprafața compactată într-o zi ajunge, în cazul compactării prin impuls, la 1000 de metri pătrați.

În urma compactării prin impuls, solul se omogenizează printr-o redistribuire a particulelor solului, astfel o mare parte din tasări și consolidarea solului au loc în prealabil. Acest lucru crește impermeabilitatea terenului de fundare și gradul de omogenitate. Singura metodă prin care un sol care este compactat cu compactorul prin impuls mai poate fi pătruns este cu un perforator special.



Figura 5. Perforator.

Acest procedeu crește viteza de lucru, pentru compactarea porțiunii de cale ferată fiind necesare mai puțin de 30 de ore. Acest fapt duce implicit la un timp mai scurt de lucru și de ce nu, la finalizarea proiectelor cu mult înainte de un termen propus în care era stabilită o altă metodă de compactare.

BIBLIOGRAFIE

1. Sursa informațiilor din această lucrare este compania TERRA-MIX Austria.



The „A” a great beginning

Autor/autori

Sanda V. Mîndru, Oana A. Strava, Maria E. Tonea

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, mindrusanda@yahoo.com

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, stravaoana@yahoo.com

³Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, toneamaria00@gmail.com

Îndrumător/îndrumători

Conf. Dr. Ing.Ec. Sorina A. Ciplea

Șef I. Dr.Ing. Dorina Sucală

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, sorina.ciplea@ccm.utcluj.ro

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, dorina.sucala@ccm.utcluj.ro

REZUMAT: *Ați văzut în media și rețelele de socializare promovate căsuțele de vacanță cu design "A frame" și v-au cucerit? Vă doriți să petreceți câteva zile într-o oază de liniște, dar disponibilitatea acestor locații este redusă? Noi venim în ajutorul dumneavoastră pentru a vă crea propria experiență. Căsuțele cu design "A frame" sunt cele mai căutate așezări la ora actuală, în România, în domeniul construcțiilor, punându-și amprenta și asupra turismului. Acest subiect este tratat la noi în țară, însă la un nivel minimal (scăzut), iar capacitatea maximă a potențialului pe care îl poate atinge această idee, va dezvolta considerabil ramura construcțiilor din lemn, contribuind și la creșterea economiei. De ce am ales acest subiect? Venind cu ideea de a aduce acest nou concept într-o gamă mai largă la noi în țară, cu beneficii în mai multe domenii, am ales să vorbim despre căsuțele "A frame" datorită noutății pe care o prezintă sub metamorfozarea senzației de infinit și reușește să combine într-o manieră perfectă tabloul rustic creat de natură cu elementele moderne și tonul vintage cu inovația tehnologiei.*

Cuvinte cheie: lemn, casa "A" frame, economic, ecologic, pasiv, natura, costuri, structură

1. INTRODUCERE

O idee inovativă din punct de vedere economic cât și din punct de vedere al dezvoltării turismului și ieșirea din monotonia design-urilor din ultimii ani, casele "A" frame au prins formă pentru prima dată în California, în anul 1934. Însă în domeniul construcțiilor de tip casă de vacanță din România, acestea au câștigat atenție abia în ultimii ani.

Dorind să definim acest nou concept, casele cu cadru "A" sunt case arhitecturale sau mai bine spus un stil de construcție, prezentând în plan structural un acoperiș în două ape, care coboară chiar aproape de sol, excluzând cei patru pereți clasici, care ofereau banalitate construcției; astfel, tot spațiul util se găsește în interiorul acestei forme împărțite în dreptul liniei de la mijlocul literei A în parter și etaj.

Sunt construcții economice, în ideea implementării rezistenței și durabilității în timp ca prioritate, dar și utilizarea unor minime cantități de material și utilizarea tehnologiilor avantajoase; ecologice în ceea ce privește materialele folosite în construcție și excentrice prin împletirea stilului modern cu cel tradițional meșteșugăresc. În funcție de preferințe sau de timpul atribuit execuției acestei construcții, casele se pot asambla fiind folosite "kit-uri" cu elemente prefabricate sau se pot construi de la zero.



Analizând caracteristicile definitorii, elementele, etapele parcurse și metodele în finalizarea unor construcții de tip “A” frame sau construcții obișnuite vom putea observa o discrepanță și astfel vom constata sau nu necesitatea imperativă a dezvoltării acestui tip/stil de construcție în ideea ascensiunii economice în domeniul construcțiilor.

2. STRUCTURA

Aceste case sunt considerate case pasive datorită eficienței, confortului și sustenabilității pe care o oferă. Casa pasivă este un concept care are la bază inovația din punct de vedere energetic, asigurând construcțiilor un climat interior agreabil și vara și iarna fără prezența unei surse convenționale de energie. La bază construcția conține scândură uscată și tratată împotriva dăunătorilor precum ciupercile, insectele sau mușcăturile. Fundația în general se realizează din 16 piloni (în funcție de mărimea suprafeței) prin înfiletare (nu este nevoie de beton, de unde rezulta ca nu este nevoie de pregătirea anterioară a terenului). Pereții exteriori au o grosime de peste 30 cm cu o termoizolație 100% ecologică din panouri structurale izolate cu celuloză (procedură optimă de reciclare) care va asigura protecție ignifugă, protecție fonică cu 20db mai mare și este mult mai bună pentru sănătatea celor care vor locui în ea, dar și pentru mediu. Astfel straturile pereților exteriori vor fi în următoarea ordine: la interior lambriu din lemn (1-2cm), o folie barieră de vapori (0,05cm), izolație SIPcl (25cm), lambriu-placă fibrolemnoasă (1-2cm), folie împotriva condensului (0,05cm), strat de ventilație (4cm) și șindrilă sau tablă profilată (3-5cm). Pe laturile cadrului care dă forma “A” sunt prevăzute ferestre PVC cu geam termopan în format triunghiular, pe o parte, iar în partea opusă este prevăzută calea de acces.

Toată această structură specifică și elementele predominant din material lemnos îi conferă acestei construcții un aer rustic, în stil scandinav care ajută și designerii să fie mult mai inspirați în amenajarea spațiului interior într-un mod cât mai călduros și atractiv.

3. ABORDĂRI ÎN PLAN ECONOMIC PRIVIND DEZVOLTAREA

Având structura ieftină, dar și relativ simplă de realizat, casele de tip A se regasesc printre cele mai vechi stiluri de construcții. Aceste tipuri de case au revenit în ultima perioadă în sfera de interes a arhitecților și a persoanelor dornice să-și construiască o casă de vacanță, utilizându-le însă și ca locuințe stabile.

Casele din lemn se întrețin în timp foarte bine și, de asemenea, asigură în totalitate condițiile de confort, siguranță și sănătate. Aceste tipuri de case se încadrează și se adaptează în funcție de toate stilurile arhitecturale, dar și în ceea ce privește designul.

Stilul construcției de tip A oferă anumite avantaje în comparație cu cel al caselor tradiționale, cum ar fi: timpul de construcție, izolația termică, economiile cu energia necesară încălzirii pe parcursul iernii. Deși ca preț în ceea ce privește tot ansamblul unei case, construcțiile de lemn nu se diferențiază foarte mult de cele tradiționale, în timp, datorită izolației excelente pe care o prezintă, își vor face prezența economiile privind costurile de încălzire/răcire. Privind structura, lemnul în comparație cu BCA-ul sau cărămida prezintă un preț mai mic, preț ce diferă în funcție de caracteristicile, dimensiunile, echipamentele casei ce urmează a fi ridicată.

Așa cum am menționat mai sus, fiind o casă pasivă, tinzând spre o casă smart, costurile necesare finalizării proiectului privind energia electrică, sistemele tehnice, dar și izolația termică de înaltă calitate, sunt ridicate, dar și amortizările sunt pe măsură.



Datorită construcției mult mai eficiente și mai rapide în timp, în mod evident și sigur, manopera este una mult mai mică și mai avantajoasă.

3. ABORDĂRI ÎN PLAN ECOLOGIC

O casa pe structură de lemn este alegerea multora dintre cei care vor iar întoarcerea la natură. Modelele A frame, cu un design inedit și un format confortabil, se integrează perfect în orice colț al naturii.

Lemnul ca material de construcție este de neegalat, fiind un material natural, ecologic, care nu generează deșeuri, de aceea este durabil, 100% reciclabil, care ajută la atenuarea schimbărilor climatice. Pentru fabricarea acestor case se utilizează, de obicei, lemnul care crește aproape de unde urmează să fie construită casa. Acest lucru favorizează întinerirea pădurilor, deoarece prin tăierea copacilor bătrâni, se plantează mai tineri și se efectuează astfel curățarea vegetației.

Toate aceste aspecte i-au determinat pe constructori să-i încurajeze pe oameni în a sădii copaci mai ales în timpul derulării proiectului.

Totul este planificat pentru a nu dăuna natura.

4. STUDIU DE CAZ

Punând în balanță, din punct de vedere economic, al costurilor de construcție, casele de tip "A" frame cu cele clasice, dorim să constatăm care va avea costuri mai ridicate și să observăm amortizările în timp a ambelor tipuri de construcție. În exemplu următor oferim baza acestui studiu, dimensiune (Lxlxh), nivele, elemente structurale, materiale de construcții, finisaje fără a include compartimentarea, amenajarea și decorarea spațiului interior.

Vom analiza o casa tip A frame cu o secțiune triunghi echilateral cu dimensiunea de 8x8x8 m, înălțimea acestuia fiind de 6,93m ($h = \frac{l}{2\sqrt{3}}$). Împărțit pe 2 nivele pe două nivele, parter și mansardă cu 2-2,3m înălțime interioară utilă. Elementele structurale din material lemnos pe structură molid și pe în rest brad, vor fi 16 piloni metalici, scândură (18x120x3000mm), popi (12x15x4m), dulapi (46x250x4000mm), căpriori, pană de coamă (12x15x4m), grinzi (10x10x3m), izolație cu celuloză Steico (izolare pe timp de iarnă $\lambda = 0,038W/(m \cdot K)$, capacitate de înmagazinare termică 2100J/Kg·K, defazare termică 8,5 ore, izolare fonică de 60%, densitate 35-60 kg/m³), profil-structura PVC (geamuri și uși exterioare), lambriu-placă fibrolemnoasă DHF (2-S N+F 15x1250x2800mm) Egger, folie barieră de vapori termoizolantă Isoflect gold, folie anticondens colțare metalice zincate rigidizat-lemn (70x70x55x2,5mm), țiglă metalică, șuruburi cu cap hexagonal filetat completat oțel zincat (M6x80), holșuruburi universale cu cap cruce otel zincat (5x100mm) cu accesorii, geam triunghiular la mansarda pe partea din spate pe toată suprafață și pe partea din față un geam dreptunghiular (1x0,5m), ușă culisantă hst schemă C, sticlă duplex profil Salamander.

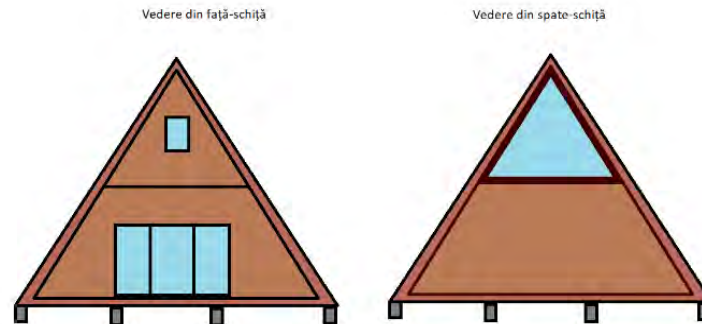


Figura 1. Casa "A" frame

În opoziție vom avea o casă clasică cu un parter (dimensiuni 2,6x8x8m) și o mansardă (triunghi-dimensiuni $h=2,4\text{m}$, baza=8, două laturi $l=4,66$). Elementele structurale fără compartimentare: fundație beton C12/15 + placă beton C16/20, stâlpi beton (2,6x m), cărămidă Brikston CF 240x115x63mm (444 buc/ mc de zidărie), grinzi(0,2x0,2x4m),căpriori brad(0,15x0,10x4m), rigle (0,05x0,10x4m), țiglă metalică, polistiren expandat (10 cm grosime), mortar zidărie(saci de 40kg-50 bucăți), tencuială pe baza de var-ciment(saci de 25kg-80 bucăți), izolație exterioară, plasă de fibră (un sul =50mp), finisaje (amorsă, adeziv, tinci, lavabil), parchet pentru partea de pardoseală de la parter mai puțin baie(2x4m=8mp) și bucătărie(2x4m=8mp)+ pardoseala de la mansardă (64mp), gresie în baie și bucătărie (total 16mp), geamuri (140x140cm) pentru trei dintre pereți +mansardă cu aproximație 8 bucăți fără a ști cum este compartimentarea și mai apoi repartizarea acestora, usă pe un perete-partea din față a casei (culisantă hts schemă C, sticlă duplex profil Salamander), oțel beton (B500, bare x 10 bucăți, Ø 12mm, 12 m), etrieri OB37 (otel neted) pentru stâlpi din 20 în 20 cm, în număr de 13 per stâlp; placa și planșeul sunt armate cu 4 fire longitudinale de 12 cu etrieri 8 mm din 20 în 20 cm (în număr de 40 pe latura).



Figura 2. Casă clasică



În acest studiu de caz s-au introdus elementele cele mai importante, încercând să aproximăm un preț de construcție pentru ambele modele de case alese, fără a include manopera, doar costurile pentru materiale, pentru a evidenția faptul ca o casă din lemn este din mai multe puncte de vedere mult mai avantajoasă. Aceasta, având un stil mai modern, va ajuta și la recuperarea investiției într-o perioadă de câțiva ani, datorită costurilor reduse la întreținere, iar în plus se poate observa diferența reală între totalul costurilor.

Tabelul 1. Casă "A" frame

Case "A" frame				
Elemente	Material	Cantități	Preț	Calcul
Dulapi	Lemn molid	100buc	700 lei/mc	$0,046 \times 0,250 \times 4(m) \times 100(buc) = 4,6(mc)$ $4,6(mc) \times 700(lei/mc) = 3220 lei$
Căpriori	Lemn molid	20buc	900 lei/mc	$0,15 \times 0,10 \times 4(m) \times 20(buc) = 1,2(mc)$ $1,2(mc) \times 900(lei/mc) = 1080 lei$
Grinzi	Lemn molid	10buc	1000 lei/mc	$0,20 \times 0,20 \times 4(m) \times 10(buc) = 1,6(mc)$ $1,6(mc) \times 1000(lei/mc) = 1600 lei$
Scândura interioara	Lemn brad	120buc	700 lei/mc	$0,022 \times 0,12 \times 4(m) \times 120(buc) = 1,2672(mc)$ $1,2672(mc) \times 700(lei/mc) = 887,04 lei$
Termoizolatie SIPcl	celuloza	128mp	60 lei/mp	$128(mp) \times 60(lei/mp) = 7680 lei$
Folie bariera vapori	Polietilena(PE), alum	128mp	24, 90 lei/ mp	$128(mp) \times 24,90(lei/mp) = 3187,2 lei$
Folie anticondens	Polipropilena (PP)	128mp	3,85 lei/mp	$128(mp) \times 3,85(lei/mp) = 492,8 lei$
DHF(lambriu ext.)	Placa fibrolemnnoasa	36-40 buc	199,00/ buc	$40(buc) \times 199,00(lei/buc) = 7960 lei$
Holșuruburi		3540buc	0,30 lei/buc	$3540(buc) \times 0,30(lei/buc) = 1062 lei$
Șuruburi		1088buc	0,55 lei/buc	$1088(buc) \times 0,55(lei/buc) = 598,4 lei$
Coltare metalice	Otel zincat	30 buc	4,30 lei/buc	$30(buc) \times 4,30(lei/buc) = 129 lei$
Geamuri	PVC		5600 lei	$1(buc) \text{ geam triunghiular } 5200 lei + \text{ geam clasic } 400 lei = 5600 lei$
Usi	PVC	1 buc	15280 lei	$1(buc) \times 15280 lei = 15280$
Tigla metalica		128mp	20 lei/mp	$128(mp) \times 20(lei/mp) = 2560 lei$
Piloni	Otel	16 buc	300-350 lei/buc	$16(buc) \times 350(lei/buc) = 5600 lei$
Piulițe		56buc	0,20 lei/buc	$56(buc) \times 0,20(lei/buc) = 11,2 lei$
Popi	Lemn molid	8buc	600 lei/mc	$0,12 \times 0,15 \times 4(m) \times 8(buc) = 0,576(mc)$ $0,576(mc) \times 600(lei/mc) = 345,6$
Șaibă		56buc	0,10 lei/buc	$56(buc) \times 0,10(lei/buc) = 5,6 lei$
Pană de coamă	Lemn molid	2buc	600 lei/mc	$0,15 \times 0,15 \times 4(m) \times 2(buc) = 0,18(mc)$ $0,18(mc) \times 600(lei/mc) = 108 lei$
Capse pentru folie	Metal	550buc	0,30 lei/buc	$550(buc) \times 0,30(lei/buc) = 165 lei$
Total costuri cu aproximatie				62957,44 lei
Timp executie				5-8 zile

Tabelul 2. Casă clasică

Case clasice				
Elemente	Material	Cantități	Preț	Calcul
Fundatie beton	Ciment, agregate, ap	20mc	220-250 lei/mc	$20(mc) \times 250(lei/mc) = 5000$
Cărămidă		36950buc	1,63 lei/buc	$36950(buc) \times 1,63(lei/buc) = 60228,5$
Căpriori	lemn brad	20 buc	900 lei/mc	$0,15 \times 0,10 \times 4(m) \times 20(buc) = 1,2(mc)$ $1,2(mc) \times 900(lei/mc) = 1080 lei$
Grinzi	lemn brad	10	1000 lei/mc	$0,20 \times 0,20 \times 4(m) \times 10(buc) = 1,6(mc)$ $1,6(mc) \times 1000(lei/mc) = 1600 lei$
Stâlpi beton	beton armat	10	330 lei/mc	$0,24 \times 0,30 \times 2,6(m) \times 10(buc) = 1,872(mc)$ $1,872(mc) \times 330(lei/mc) = 617,76$
Rigle	lemn pin	500	800 lei/mc	$0,05 \times 0,10 \times 4(m) \times 500(buc) = 10(mc)$ $10(mc) \times 800(lei/mc) = 8000 lei$
Tigla metalica		128mp	20 lei/mp	$128(mp) \times 20(lei/mp) = 2560 lei$
Polistiren expandat		83,2 mp	19 lei/mp	$83,2(mp) \times 19(lei/mp) = 1580,8 lei$
Mortar zidărie		2000 kg	0,65 lei/kg	$2000(kg) \times 0,65(lei/kg) = 1300 lei$
Tencuiala	var-ciment	2000 kg	0,60 lei/kg	$2000(kg) \times 0,60(lei/kg) = 1200 lei$
Finisaje	Glet, lavabil	20x15 L	200-300 lei/15L	$20(buc) \times 300 lei = 6000 lei$
Parchet	Melaminat	112mp	25-30 lei/mp	$112(mp) \times 30(lei/mp) = 3360 lei$
Gresie		16mp	20-30 lei/mp	$16(mp) \times 30(lei/mp) = 480 lei$
Placa beton plafon		10mc	220-250 lei/mc	$10(mc) \times 250(lei/mc) = 2500 lei$
Geamuri		8 buc	800 lei/buc	$8(buc) \times 800(lei/buc) = 6400 lei$
Usi		1 buc	15280 lei	$1(buc) \times 15280(lei) = 15280 lei$
Armătură	otel beton	14buc	43, 81 lei/buc	$14(buc) \times 43,81(lei/buc) = 613,34 lei$
Plasă de fibră		3 buc (sul)	120 lei/ sul	$3(buc) \times 120(lei/buc) = 360 lei$
Etrieri		290 buc	2,63 lei/buc	$290(buc) \times 2,63(lei/buc) = 762,7 lei$
Total costuri cu aproximatie				118923,1 lei
Timp executie				45-50 zile



5. CONCLUZII

De-a lungul timpului, casele în formă de A s-au arătat a fi un refugiu suprem pentru iubitorii de natură, aer curat și design primitiv. Astfel, acest concept frumos și practic, a readus în prezent valul de glorie a caselor de tip A. Privind toate aceste aspecte, stăpânirea sau folosința acestui tip de case reprezintă pur și simplu cel mai convenabil și perfect mod de a umple într-o manieră continuă golul în formă de piramidă din viața oricărei persoane.

Având în vedere designul modern, adaptat în orice peisaj, pe care ni-l prezintă casele în formă de A, acesta a devenit sinonim cu destinderea și liniștea, constituind îndepărtarea de toată agitația, aglomerarea și munca de zi cu zi.

Fiind o construcție atemporală, casele în formă de A sunt puternice în exterior și foarte comode în interior. Toate aceste aspecte oferă o serie de beneficii și totodată ne arată motivele clare și bine întemeiate de ce este ofertant să ne construim o astfel de casă. Printre aceste beneficii se numără și timpul scurt de execuție a lucrării, dar și costurile reduse pe care le presupune o astfel de construcție.

Astfel, în urma informațiilor prezentate și a realizării studiului de caz, concluzionăm că aceste tipuri de case, casele de tip "A", sunt eficiente, sănătoase, rezistente și merită să fie puse în operă pentru orice doritor și iubitor de natură, liniște, dar și confort. De asemenea, petrecerea timpului într-o casă de tip "A" trebuie să fie mereu un moment clar și uniform că toate lucrurile frumoase din viața noastră vin adesea în pachete mici și simple, bine gândite și proiectate, în formă de triunghi.

BIBLIOGRAFIE

1. Construcții din lemn – avantaje (transval.ro)
2. <https://www.casesigradini.ro/revista/a4/18321/17/Proiecte-de-case/casa-lemn-mica-ieftina-practica-construita-forma-A-proiect-imagini>
3. Construcții moderne din lemn, Dumitru Marusciac, Ed. tehnica Bucuresti, 1997;
4. <https://www.hornbach.ro/shop/Materiale-de-construcii/Termoizolatii/Folii-benzi/Folie-bariera-vapori/S14868/lista-produse.html>
5. <https://vasion.ro/placa-dhf-2-s-nf-15x1250x2800-egger-23625.html>
6. Structuri din lemn, Horia Andreica, A. Berindean, Ruxandra Darmon, Ed. Utpres, Cluj-Napoca, 2007
7. <https://www.fieldmag.com/articles/aframe-house-guide>
8. <https://sporulcasei.ro/casa-de-vacanta-cu-structura-in-forma-de-a/>
9. <https://www.stejarmasiv.ro/casa-pe-structura-de-lemn/>
10. <https://casoteca.ro/case-din-lemn-versus-case-din-caramida-avantaje-si-dezavantaje/>
11. <https://www.casadex.ro/2020/09/case-in-forma-literii-a-avantaje-si-dezavantaje/>
12. Rodica Crisan, Silviu Gogulescu, Construcții din lemn, Ed. Universitara Ioan Mincu, Bucuresti, 2001
13. <https://aframe.ro/>
14. <https://casedinlemn.com/produs/casa-tip-a-a>



ASFALT SILENȚIOS – NOILE TENDINȚE ÎN REDUCEREA ZGOMOTULUI RUTIER

Autori

Iuliana D. DOBREANU , Maria-Alexandra I. DEAC

¹Facultatea de Construcții , Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca , e-mail: dobreanuuliana@gmail.com .

²Facultatea de Construcții , Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca , e-mail: deacalexandra192@yahoo.com

Îndrumător

Dr.Ing. Raluca ISTOAN

³Facultatea de Construcții , Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca , e-mail: ralucafernea@ccm.utcluj.ro

REZUMAT: În prezent una dintre cele mai mari probleme ale omenirii este poluarea fonică a cărei efecte influențează negativ calitatea vieții dar și mediul înconjurător. Este demonstrat științific că cea mai mare parte din poluarea fonică este generată de traficul rutier. În consecință, oamenii sunt în căutarea unor soluții eficiente pentru a reduce zgomotul. Cercetările realizate în ultimi ani au demonstrat, că asfaltul silențios, deși este mai scump, are o eficiență ridicată în reducerea zgomotului. Lucrarea de față are scopul de a sintetiza soluțiile cercetare și utilizate până în prezent de către experți din acest domeniu: asfaltul poros, suprafețele fine, asfaltul cauciucat, asfaltul cu matrice de piatră și asfaltul cu fibre de oțel. De asemenea, lucrarea va reda structura și compoziția acestor noi tipuri de materiale, dar și date concrete legate de eficiența în reducerea zgomotului și locuri unde deja s-au implementat aceste tipuri de asfalt.

Cuvinte cheie

Poluare fonică, asfalt silențios, trafic rutier, nivel de zgomot.

1. Introducere

Lumea, încă din cele mai vechi timpuri se confruntă cu problema zgomotului generat de trafic rutier. O primă lege care să reglementeze acest lucru a fost dată de Iulius Cezar în 44 î.e.n. Acesta interzicea intrarea în Roma a oricărui vehicul cu roți de la răsărit și până la apus. Astfel, dacă în antichitate problema poluării sonore era cauzată de căruțele ce treceau peste pietre, în prezent cauciucurile autovehiculelor constituie sursa importantă de zgomot [1].

Numărul autoturismelor este într-o creștere continuă. Astfel, poluarea fonică a devenit o problemă majoră. Aceasta a ajuns la nivelul la care afectează considerabil calitatea vieții, sănătatea oamenilor și mediul înconjurător.

Sunetul exterior, nedorit sau dăunător, produs de activitățile industriale, activitățile omenești dar și de mijloacele de transport, traficul rutier, feroviar și aerian poartă denumirea de zgomot ambiental [2].

Statisticile europene arată că, nivelurile de zgomot produse de traficul rutier care depășesc 55 dB afectează aproximativ 125 de milioane de oameni (unul din patru europeni). Aproape 20 de milioane de europeni sunt deranjați de zgomotul ambiental. De tulburări ale somnului suferă cel puțin 8 milioane de oameni. Anual poluarea fonică determină 43 000 de internări în spitalele din Europa. Hipertensiunea și bolile cardiovasculare care au ca și cauză poluarea fonică conduc anual la peste 10 000 de decese [3]. Pe lângă acestea, poluarea fonică mai poate determina și afectarea auzului, sănătatea mentală, productivitatea muncii, procesul de învățare și comportamentul social [2].



În ceea ce privește generarea zgomotului rutier, acesta este determinat în principiu de următoarele mecanisme:

- **Vibrații în anvelope.** Vibrațiile sunt generate de contactul dintre suprafața drumului și blocurile de cauciuc ale benzii de rulare a anvelopei. Vibrațiile anvelopelor generează zgomot pe intervalul de frecvențe de la 500 la 1500 Hz. Zgomotul crește atunci când suprafața drumului devine mai aspră. Prin urmare, o creștere a dimensiunii maxime a agregatului duce în general la o creștere a zgomotului.
- **Efectul de pompare a aerului.** Când anvelopele lovesc suprafața drumului, aerul este presat din cavitățile dintre blocurile de cauciuc. Când blocurile de cauciuc părăsesc suprafața drumului, aerul este presat înapoi în cavități. Această pompare de aer către împrejurimi generează zgomot la frecvențe înalte de peste 1000 Hz. Dacă suprafața pavajului este deschisă sau poroasă, aerul va fi pompat în jos în structura stratului și zgomotul va fi redus [4].

Viteza autovehiculelor influențează zgomotul produs de acestea. Inițial, zgomotul este invers proporțional cu viteza autovehiculului. În cazul autovehiculelor ușoare zgomotul scade până la viteza de aproximativ 40-50 km/h, iar pentru autovehiculele grele scade în jurul vitezei de 50-70 km/h. După acest prag atât viteza cât și zgomotul cresc. Acest lucru se datorează faptului că zgomotul autovehiculelor are mai multe componente, cum ar fi: zgomotul de rulare, zgomotul motorului și zgomotul aerodinamic care apare la viteze mari [5].

În mediul urban zgomotul se datorează în cea mai mare parte traficului rutier. Pentru a putea lua măsuri eficiente de diminuare a zgomotului se realizează hărți strategice de zgomot. Aceste hărți se realizează prin simulare informatică pe baza unor date de intrare care includ poziția și caracteristicile surselor de zgomot, dar și date despre obstacolele care stau în calea propagării zgomotului. În România, pentru realizarea hărților strategice de zgomot se utilizează metoda națională franceză de calcul [5]. Harta de zgomot rutier a municipiului Cluj Napoca, realizată în 2019 este redată în figura nr. 1:



Figura 1. Harta de zgomot a Municipiului Cluj Napoca [6]

Cunoașterea zonelor cu valori ridicate de poluare fonică poate determina luarea unor măsuri corespunzătoare pentru reducerea acesteia. În urma planului de acțiune realizat la nivelul municipiului s-au luat în calcul următoarele măsuri: dezvoltarea transportului public; reorganizarea traficului și a parcarilor; dezvoltarea transportului cu bicicleta, înnoirea parcului de vehicule a transportului în comun; utilizarea conceptului „Centru verde”, fără a fi luat în calcul și opțiunea de utilizare a asfaltului silențios, care poate ar putea reduce din costurile altor soluții propuse [6].

2. Soluții de diminuare a zgomotului produs de trafic

Unele piese ale autovehiculelor cum ar fi toba de eșapament, banda de rulare a anvelopelor, ventilatoarele și carcasele motorului pot fi proiectate pentru a reduce zgomotul. Datorită legăturii dintre viteza de rulare și zgomotul emis de autovehicule, dacă viteza cu care s-ar circula în zonele locuite ar fi la limita prevăzută sau sub aceasta, zgomotul ar fi redus. În plus, în localități se pot amplasa senzori giratorii, treceri de pietoni, insule de calmare a traficului care ar obliga participanții la trafic să reducă viteza. Realizarea drumurilor cât mai plane poate ajuta de asemenea la reducerea zgomotului, deoarece autovehiculele nu ar trebui să depună efort suplimentar pentru traversarea pantelor [7].

O altă soluție, care se regăsește în principal la structurile rutiere de înaltă viteză - autostrăzi, ar fi barierele acustice care se împart în două categorii: bariere acustice reflexive și absorbante. Barierele acustice absorbante au o eficiență mai mare decât cele reflexive însă costurile sunt foarte mari. Acestea funcționează după următorul principiu, conform figurii nr 2:

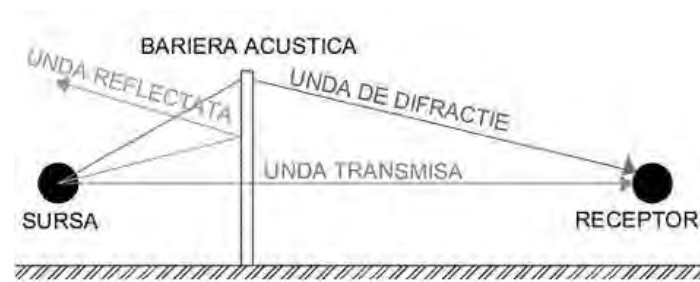


Figura 2. Barieră acustică [8]

Toate aceste măsuri sunt dificil de pus în aplicare, deoarece depind de mai mulți factori cum ar fi oamenii, costurile ridicate, îngreunând astfel realizarea lor.

O altă variantă o reprezintă asfaltarile silențioase. Pot fi de mai multe tipuri ce vin la pachet cu diverse avantaje: eficiență mare, costuri reduse, reciclarea unor materiale, etc.

3. Asfaltul silențios

Textura suprafeței și proprietățile încărcărilor contribuie la zgomotul generat de contactul dintre anvelopă și drum. De obicei, textura suprafeței este descrisă în termeni de micro-, macro- sau megatextură, în raport cu lungimea de undă a texturii. Acești termeni sunt definiți în standardul internațional. Microtextura se referă la o lungime de undă mai mică de 0,5 mm și cu amplitudini cuprinse între 0,001-0,5 mm. Prin microtextură se înțelege o lungime de undă a texturii cuprinsă între 0,5-50 mm și amplitudini de vârf între 0,1-20 mm. Megatextura se referă la lungimea de undă a texturii între 50-500 mm și amplitudini de vârf cuprinse între 0,1-50 mm. Există câteva reguli de bază pentru proiectarea unei suprafețe de drum silențioase. Pentru suprafețele bituminoase acestea includ:

- Suprafața trebuie să fie prevăzută cu o macrotextură suficient de profundă (adâncime de minim 0,5 mm) formând o matrice omogenă de agregate de dimensiuni mici până la mijlocii pentru a preveni pomparea aerului.
- Rolul macrotexturii poate fi luat de o suprafață poroasă formată din pori conectați între ei, volumul minim de goluri să fie 20%. Această suprafață va absorbi sunetul eficient dacă are o grosime suficientă (minim 40 mm)
- Megatextura și macrotextura cu lungime de undă mare trebuie reduse la minim, astfel încât macrotextura să fie în toate cazurile fină și omogenă. Acest lucru este valabil și



la suprafețele poroase. Deoarece atât macrotextura, cât și porozitatea asigură scurgerea apei la interfața dintre anvelopă și suprafața drumului, acestea sunt benefice și la fricțiunea drumului [9].

3.1. Suprafețele fine (VTAC-Thin, very thin and ultra-thin surfacing)

Suprafețele fine, figura nr. 3, sunt amestecuri de asfalt compuse în mare parte din particule de agregat cu granulație mică. Au fost dezvoltate deoarece se potrivesc mai bine mediului urban, acolo fiind interzis asfaltul poros deoarece se înfundă și scade rezistența la forfecare. Suprafața generează rezultate bune în ceea ce privește reducerea zgomotului dar și rezistența la derapare. Betonul asfaltic foarte subțire poate avea suprafețe dense (clasa 1) și suprafețe deschise (clasa 2) care sunt de obicei utilizate în scopul reducerii zgomotului rutier. Pentru a limita generarea zgomotului se urmărește utilizarea agregatelor mici, de obicei 0-10 mm, 0-6 mm sau chiar și 0-4 mm. Pentru suprafețele fine ce au dimensiunea granulei de agregat între 0-6 mm volumul de goluri este între 20-25% în timp ce pentru agregatul cu dimensiunea cuprinsă între 0-10 volumul de goluri este între 18-25%. Unele materiale suplimentare cum ar fi fibrele sau agregatele speciale (așchii de cauciuc, agregate poroase artificiale), pot fi introduse în amestec pentru a îmbunătăți proprietățile mecanice și acustice. Aceste suprafețe reduc zgomotul rutier generat de aerul expulzat prin modificarea frecvențelor acestuia. Prezintă porozitate moderată și absorbție acustică. Pe baza experimentelor se poate spune că aceste suprafețe au efect de reducere a zgomotului chiar și după ce devin vechi și uzate. Pe lângă utilizarea în reducerea zgomotului, suprafețele subțiri au și alte utilizări, precum punți de poduri, drumuri temporare și reparații de urgență [10].

Un exemplu concret de suprafață subțire este BARDON HITEX. Acesta este compus dintr-un liant modificat polimeric sau un asfalt de penetrare cu fibre de celuloză, umplutură de calcar și agregate grosiere și fine. Conform testelor de zgomot efectuate în Marea Britanie, acest material poate să reducă zgomotul cu până la 3,6 dB. Un alt material de la același producător a fost utilizat pe o autostradă din Marea Britanie unde prin acoperirea unui vechi drum din ciment Portland cu o astfel de suprafață zgomotul a fost redus cu 7,8 dB chiar și după 2 ani și jumătate [9].

Un alt exemplu concret este NOVACHIP. Acesta constă într-un asfalt mix ultra subțire aplicat peste o emulsie asfaltică de polimeri modificați. Are o eficiență excelentă în primii cinci ani. În urma rezultatelor obținute din cercetările făcute de statul Pennsylvania, NOVACHIP reduce zgomotul cu aproximativ 1,4 dB [9].



Figura 3. Suprafețe fine [11]

3.2. Asfaltul Poros

Până în prezent, asfaltul poros (figura nr. 4) este cea mai eficientă tehnologie de reducere a zgomotului rutier, fiind utilizat în cea mai mare parte sub forma unui singur strat, însă în unele țări precum Olanda se utilizează și două straturi. Cursurile de fricțiune deschise pot fi definite prin utilizarea mai multor termeni: cursuri permeabile de frecare (PFC), amestecuri poroase europene (PEM), noua generație de cursuri de fricțiune deschise (NGOGFC), asfalt poros (PA) [10].

Cursurile de fricțiune deschise (OGFC-open-graded friction courses) reprezintă un amestec poros cu mai multe goluri care constă în mare parte din piatră mărunțită de o singură dimensiune. Golurile sunt conectate între ele, iar prin intermediul lor aerul și apa sunt evacuate. Porozitatea este dată de un decalaj în curba granulometrică a agregatelor. În trecut volumul de goluri era între 12-16%. În Statele Unite rareori depășea 20%, în timp ce în alte țări acest volum era cuprins între 15-30%. Grosimea stratului poros este de obicei între 40-50 mm. Un asfalt poros cu două straturi are grosimea totală între 50-90 mm și constă într-un strat poros subiacent mai grosier și un strat superficial poros mai fin deasupra. Dimensiunea agregatelor stratului subiacent este cuprinsă între 12.5-19 mm iar grosimea lui este între 35-60 mm. Stratul superior are dimensiunea maximă a agregatului mai mică de 9.5 mm și are o grosime între 15-30 mm [10].

Asfaltul poros cu două straturi este foarte eficient în reducerea zgomotului și în principiu porii se înfundă mai greu decât la asfaltul monostrat. Cu toate acestea este mai dificil de produs datorită lipirii celor două straturi. Înfundarea asfaltului poros este vizibilă după câțiva ani de utilizare reducându-se abilitățile de drenaj și eficiența reducerii zgomotului. Ca sisteme de curățare se utilizează debitul de apă de înaltă presiune și curățarea prin vid, însă aceste metode sunt costisitoare și nu pot restabili drenabilitatea inițială. De aceea experții recomandă utilizarea acestui tip de asfalt pe drumuri unde se circulă cu viteză mare precum autostrăzile. Straturile poroase sunt mai puțin rezistente la solicitări tangențiale, prin urmare utilizarea acestora nu este recomandată în intersecții sau sensuri giratorii [10].

Asfaltul poros, figura nr. 3, oferă o atenuare a zgomotului de aproximativ 5 dB dar și proprietăți de durabilitate de circa opt sau mai mulți ani. Amestecurile fine, cu granula între 0-8 mm, au proprietăți mai bune de reducere a zgomotului, dar de obicei o durată de viață mai redusă de doar 5-7 ani. În Olanda, prin creșterea cantității de bitum din asfaltul poros turnat pe o autostradă principală, durata de viață a fost mărită la 13 ani pentru benzile principale și la 16 ani pentru benzile carosabile suplimentare. Asfaltul în două straturi durează în medie între 3-10 ani [10]. Asfaltul poros a fost testat și la Stockholm în Suedia. Rezultatul a fost unul reușit, obținându-se o reducere a zgomotului de peste 5 dB pe parcursul mai multor ani [9].

Costul asfaltului poros este variabil. În SUA acest material costă cu aproximativ 30-40% mai mult decât asfaltul convențional pe când în anumite țări europene prețul acestuia poate ajunge cu până la 50% mai mult decât costul asfaltului clasic [9].



Figura 4. Asfalt poros [12]

3.3 Asfaltul cauciucat

Asfaltul cauciucat, figura nr. 5, este de regulă un strat de uzură care conține între 15-20% firmituri de anvelope reciclate. Un astfel de asfalt a fost utilizat în diferite țări, în principal în SUA, dar și în țări europene cum ar fi Spania, Portugalia, Italia. În fiecare an în California se adună în jur de 42 milioane de cauciucuri uzate. Dintre acestea, în jur de 75% sunt reciclate iar restul în mod normal ar ajunge la groapa de gunoi. Însă deoarece arderea acestora dăunează grav mediului s-a înființat un proiect ingenios de transformare a acestora în asfalt. Noul asfalt are proprietăți superioare celui obișnuit. Are un grad ridicat de elasticitate și este mai puțin zgomotos. Datorită elasticității, rezistența este una mai ridicată spre deosebire de cea a asfaltului clasic [13]. Poluarea fonică se reduce cu 5 dB în comparație cu drumurile convenționale și cu 2 dB în comparație cu asfaltul poros. Se constată și o creștere a aderenței cu 20% [14]. În statul Arizona s-au realizat reduceri ale zgomotului cu până la 6,7 dB într-un proiect realizat pe o autostradă. Un asfalt cu cauciuc utilizat în Belgia a redus zgomotul cu 8-10 dB. Anumite date arată că o reducere cu 6 sau chiar mai mulți dB este posibilă după 10 sau chiar mai mulți ani. În urma unor calcule s-a dovedit că prețul unui astfel de asfalt este foarte ridicat [9].



Figura 3. Asfalt cauciucat [15]

3.4. Asfalt cu matrice de piatră

Asfaltul cu matrice de piatră, figura nr. 6, este un material de suprafață rezistent la deformare, durabil, potrivit pentru drumuri cu trafic intens. A fost utilizat în Europa, Australia, SUA și Canada ca o opțiune durabilă de asfaltare pentru străzile rezidențiale și autostrăzi. Asfaltul are un conținut ridicat de agregat grosier ce se sedimentează formând un "schelet" de piatră. Acesta este umplut cu un mastic de bitum și umplutură la care se adaugă fibre pentru a asigura stabilitatea bitumului și pentru a preveni scurgerea liantului în timpul transportului și plasării. Compoziția asfaltului cu matrice de piatră constă în 70-80% agregat grosier, 8-12% umplutură, 6-7% liant și 0.3% fibre [16].

În Europa, asfaltul cu matrice de piatră, își are originea în Germania și este utilizat în mai multe țări cum ar fi: Marea Britanie, Franța, Olanda și Danemarca [9].

Caracteristicile suprafeței asfaltului cu matrice de piatră sunt similare cu cele ale asfaltului poros, astfel că și acesta are proprietăți în reducerea zgomotului. În urma utilizării asfaltului, Institutul rutier danez a constatat o reducere a zgomotului produs de autoturisme cu 4,3 dB [10].

Studiile efectuate în Marea Britanie arată că efectele de reducere a zgomotului sunt benefice chiar și după 4-5 ani de utilizare. S-a constatat că zgomotul măsurat la o autostradă din Marea

Britanie a fost mai mic cu 3-4 dB în comparație cu alte tipuri de asfalt [9]. Asfaltul are un agregat de dimensiuni mici (aproximativ 5-6 mm). Agregatul este 100% material zdrobit, cubic, cu valori bune de rezistență la lustruire.

Acest tip de asfalt poate fi utilizat la intersecții și în alte situații cu stres ridicat de trafic [10]. Costul unui astfel de asfalt este mai mare decât costul unui amestec de asfalt dens clasic. Studiile efectuate în SUA au arătat că un astfel de asfalt ar putea fi cu 20-25% mai scump decât unul clasic. Aceste cifre sunt stabilite în jurul unui volum de goluri de doar 3-4%. Variantele mai noi ale acestui asfalt ce au un volum ridicat de goluri ar putea fi cu doar 10-15% mai scumpe decât amestecurile convenționale [9].



Figura 4. Asfalt cu matrice de piatră [17]

3.5. Beton de asfalt cu fibre de oțel

O companie olandeză a venit cu o idee inovatoare: adăugarea unor fibre de oțel în betonul asfaltic. Un astfel de asfalt a fost testat cu succes pe o autostrada din Olanda, zgomotul fiind redus cu mai mult de o treime. Durata de viață a unui astfel de drum poate fi dublata datorită unui tratament termic aplicat la fiecare trei-patru ani. Tratamentul termic duce la înăsprirea suprafeței. Deoarece poate fi topit cu o mașină de inducție, acest tip de asfalt poate fi utilizat și la umplerea anumitor găuri sau crăpături [18].

4. Concluzii

Pe baza sintezei prezentate anterior se pot trage mai multe concluzii. Oamenii au conștientizat că problema poluării fonice este una foarte mare și de o gravitate importantă. Astfel că, în întreaga lume au apărut sau sunt în curs de realizare numeroase proiecte cu scopul de a reglementa această problemă. Se pune mare accent pe măsurile de atenuare a zgomotului și pe rentabilitatea acestora. O soluție eficientă ar fi suprafețele rutiere ce au capacitatea să diminueze zgomotul. Pe piață au apărut diverse astfel de suprafețe care au avut rezultate bune. Deși costul unora este extrem de mare beneficiile pe care le aduc oamenilor și mediului înconjurător fac ca acesta să merite.

Asfaltarile prezentate au diferite aspecte legate de uzură, rezistență la climă și costuri. Nicio soluție nu este eficientă pe toate drumurile. De aceea suprafețele fine se potrivesc în mediile urbane pe când asfaltul poros mai puțin, deoarece se poate înfunda. Pe autostrăzi zgomotul este mult mai intens datorită vitezei autovehiculelor, pe acele sectoare de drum potrivitându-se atât asfaltul poros, cel cauciucat cât și cel cu matrice de piatră. Pe drumurile rurale aceste metode nu sunt neapărat necesare deoarece atât traficul rutier cât și numărul de locuitori expuși la zgomot este mai redus. Din punct de vedere al eficienței cele mai bune suprafețe ce pot fi utilizate în mediul urban sunt cele fine. În timp ce pe autostrazi performanța cea mai mare o oferă asfaltul cauciucat. Chiar dacă costurile acestui tip de asfalt



sunt foarte mari prin rezultatele obținute și prin faptul ca reducem poluarea aerului cu una dintre cele mai chimice substanțe ar putea fi un argument pro in utilizarea acestuia.

BIBLIOGRAFIE

1. Careless J., Reducing road noise with pavement design, http://asphaltmagazine.com/turning-the-volume-down/?fbclid=IwAR25Ih9vcTOEpllhKeSOTcuIqBHOObZ2V6ntUZGcT6VgvKlCiey4_mirN9hQ , Accesat la data de 21 Aprilie 2021
2. Baroiu A.-A., , Studii și cercetări privind reducerea poluării fonice produse de autovehicule prin organizarea circulației rutiere, Teza de doctorat , Universitatea din Pitești: Pitești, Romania, 2017
3. Raportul AEM nr. 10/2014 Zgomotul in Europa; Agenția Europeană de Mediu: Copenhaga, Suedia, 2014
4. Miljkovic M., Radenberg M., Thin noise-reducing asphalt pavements for urban areas in Germany. International Journal of Pavement Engineering, January 2011
5. Covaciu D. , Florea D., Preda I. , Timar J. , Analiza vitezei de deplasare a autovehiculelor în perspectiva realizării hărților de zgomot pentru aglomerări urbane, Noiembrie 2009
6. Vibrocomp, Actualizarea Planului de Acțiune pentru diminuarea nivelului de zgomot în Municipiul Cluj Napoca, CONTRACT: nr. 265773/2019
7. Plan de actiune pentru reducerea zgomotului generat de traficul rutier, Documentație pentru Comisia Tehnică, Compania Nationala de autostrazi si drumuri nationala din Romania: România , 2012
8. Catalina T., Protecția la zgomot –Utilizarea barierelor acustice, <https://www.linkedin.com/pulse/protectia-la-zgomot-utilizarea-barierelor-acustice-tiberiu-catalina>, Accesat la data de 29 Aprilie 2021
9. Pratico F., Tremblay G., Quiet pavement technologies, World Road Association Mondiale de la Route, January 2013
10. Filippo G. Pratico, Fabienne Anfosso-Ledee, Trends And Issues In Mitigating Traffic Noise Through Quiet Pavements, SIIV-5th International Congress – Sustainability of Road Infrastructures, Bouguenais, Franța 2012
11. Thin-Mix, <https://ebpaving.com/wp-content/uploads/2013/08/Thin-Mix-1.jpg> , Accesat la data de 5 Mai 2021
12. Gregory J, Open-Graded Friction Courses (OGFC), Continuing Education and Development: Woodcliff Lake, NJ, USA, 2014
13. Șosele din cauciuc reciclat, [Șosele din cauciuc reciclat \(adevarul.ro\)](http://sosele.din.cauciuc.reciclat.adevarul.ro) , Accesat la data de 5 Mai 2021
14. Stăzile viitorului sunt făcute din anvelope uzate reciclate, [Stăzile viitorului sunt făcute din anvelope uzate reciclate \(colectaredeseuri.ro\)](http://stazile.viitorului.sunt.facute.din.anvelope.uzate.reciclate.colectaredeseuri.ro) , Accesat la data de 5 Mai 2021
15. Rubberized Asphalt Highway Trial Project, <https://asphaltplus.com/customer-rubberized-asphalt-pavement/> , Accesat la data de 5 Mai 2021
16. Stone mastic asphalt, https://en.wikipedia.org/wiki/Stone_mastic_asphalt , Accesat la data de 4 Mai 2021
17. David K. H. , Typical stone mastic asphalt surface , https://www.researchgate.net/figure/Typical-stone-mastic-asphalt-surface_fig1_228821110 , Accesat la data de 5 Mai 2021
18. Sergey Nastin, Moscova va experimenta asfaltul tacut, barierele absorbante de sunet si un sistem de izolare fonica a locuintelor pentru rezidenti. [City SHUMs Crazy: Moscova Va Experimenta Asfaltul Tăcut, Barierele Absorbante De Sunet și Un Sistem De Izolare Fonică A Locuințelor Pentru Rezidenți | Articole 2021 \(rotaautoservice.com\)](http://cityshums.crazy.moscova.va.experimenta.asfaltul.tacut.barierele.absorbante.de.sunet.si.un.sistem.de.izolare.fonica.a.locuintelor.pentru.rezidenti), Accesat la data de 5 Mai 2021



RECICLAREA DEȘEURILOR DE PLASTIC ÎN VEDEREA REALIZĂRII UNOR NOI MATERIALE DE CONSTRUCȚII

Autori

Adrian Daniel D. BOANTA¹, Emil E. COROS², Antonia-Viorica V. ANTAL³, Elena Izabela Daciana H. MOCAN⁴

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică, , e-mail:boanta.adrian.daniel28@gmail.com

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, e-mail:emilcoros44@gmail.com

³Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, e-mail:antalantonia2001@yahoo.com

⁴Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, e-mail:izabelamocan@yahoo.com

Îndrumător

Asist. Dr. Ing. Luminita Monica PLEȘA

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, e-mail: luminita.molnar@ccm.utcluj.ro

REZUMAT: *Lucrarea de față prezintă realizarea unor noi tipuri de materiale de construcții utilizând deșeurile din plastic. Conform curții europene, deșeurile din plastic care provin din diverse sectoare precum sectorul autovehiculelor, al produselor electronice, agriculturii și al construcțiilor, reprezintă o problemă tot mai gravă și dăunează atât mediului terestru și cât și celui marin. Astfel că, în fiecare an, în oceane ajung între 4,8 și 12,7 milioane de tone de materiale plastice. Lucrarea de față propune reutilizarea acestor deșeuri în vederea realizării unor mortare de zidărie, utilizând deșeurile din plastic, în diferite proporții. Programul experimental urmărește caracteristicile mortarelor de zidărie atât din punct de vedere al comportării mortarului în stare proaspătă cât și din punct de vedere al rezistențelor mecanice.*

Cuvinte cheie

reciclare, deșeuri, plastic, pet-uri, dezvoltare durabilă, mortare de zidărie

1. Introducere

În ceea ce privește impactul major al deșeurilor asupra Universului, întregă omenire reușește să refolosească deșeurile și să îmbunătățească mediul înconjurător.

Producția de plastic a crescut exponențial la nivel mondial în doar câteva decenii, de la 1,5 milioane de tone în 1950 la 322 de milioane de tone în 2015. Cele mai întâlnite cantități de deșeuri sunt deșeurile din pet-uri, 359 de milioane de tone de plastic ajung la gunoi în fiecare an. Un raport al Națiunilor Unite arată că aproximativ 13 milioane de tone de pet-uri și alte ambalaje ajung anual în oceane punând în pericol de moarte fauna marină. Deșeurile din plastic sunt provocarea secolului în care trăim. Dar ce-ar fi dacă din tonele de plastic care ajung la gunoi în fiecare an vom construi ceva trainic, cum ar fi o casă. Cercetătorii în domeniu susțin că putem transforma plasticul în materiale de construcție. Problema este că plasticul își pierde proprietățile mecanice în procesul de reciclare, fiindcă de fiecare dată când este topit se distruge lanțul polimeric. Poate fi recuperat prin amestecarea acestui plastic reciclat cu altul nou sau cu diverși aditivi.

Există însă o strategie europeană în domeniul plasticului, care impune ca toate ambalajele din plastic să fie reciclabile până în 2030. Casele din plastic vor putea fi casele viitorului. La momentul de față există cercetări cu privire la reutilizarea deșeurilor din plastic în vederea realizării unor cărămizi din pet-uri. Cărămizile astfel realizate conțin 25% plastic reciclat, dar oamenii de știință lucrează la creșterea proporției (50%, 75% și 100%) plastic într-o cărămidă.



Figura 1. Deșeuri din plastic [1] [2]

Un PET din plastic umplut cu nisip are o rezistență comparabilă cu cea a unei cărămizi. Utilizând sticlele din plastic protejăm mediul înconjurător. Un PET va putea să reziste și 300 de ani, cu mult mai mult decât cimentul utilizat la construirea zidurilor.



Figura 2. Caramizi din plastic [2]

Se pot însă face din plastic amestecat cu resturile de la trestia de zahăr sau din industria cafelei ori cu resturi de ciment și alte deșeuri de pe șantiere tot felul de materiale: cărămizi, țigle, piloni. Astfel de construcții fiind de ordin social, economic și ecologic.

O casă din PET-uri ar putea fi călduroasă pe perioada rece a anului și răcoasă în pe perioada caldă a anului. Mai exact, având o temperatură interioară constantă de 18°C. Prin reutilizarea deșeurilor din sticle de plastic, se vor reduce cantitățile de deșeuri care sunt aruncate necorespunzător în natură și lăsate să polueze mediul înconjurător. De asemenea, reutilizând sticlele și bidoanele din plastic, acestea nu vor mai ajunge la groapa de gunoi, ci în cadrul fabricilor de cărămizi, vor fi măcinate, topite, amestecate cu nisip și coloranți și apoi turnate în matrițe, rezultând noi materiale.

Potrivit Global Footprint Network, înaintea pandemiei, foloseam 175% din resursele anuale ale planetei dar prin reciclarea plasticului, ar putea scădea cu mult acest procent.

2. Materiale și metode

Este bine-cunoscut faptul că plasticul este un material reciclabil care poate fi refolosit în compoziția unor materiale de construcții. În acest context, studiul de față își propune realizarea unor mortare de zidărie armate cu fibre din plastic.

1.1 Materiale

În cadrul programului experimental s-a propus realizarea a trei rețete de mortare în care să se utilizeze deșeurile din plastic într-un dozaj cât mai mare, astfel încât să răspundă din punct de vedere al rezistențelor mecanice conform normelor în vigoare.



S-au propus trei rețete de mortare de zidărie: Mortar de zidărie M10, mortar de zidărie armat cu fibre din plastic și mortar de zidărie M10 armat cu fibre de polipropilenă.

Materialele utilizate în alcătuirea mortarului sunt cimentul, nisipul, apa, plasticul și fibre de polipropilenă.

Cimentul utilizat în rețetele propuse este Cimentul Portland CEM1 52,5R este compus din: -clinker (95-100%) și componente auxiliari (0-5%). Timpul de priză inițial este de minim 45 min, stabilitatea este de maxim 3mm, rezistență la compresiune inițială este de minim 35 MPa, rezistență la compresiune standard este de minim 57 MPa, pierdere la calcinare maxim 5%, de sulfat (sub formă de SO₃) maxim 4%, conținut de cloruri maxim 0,1%.

Agregatele utilizate au o granulozitatea cuprinsă între 0-8 mm. Agregatele au fost spălate și uscate.

Deșeurile din plastic folosite pentru armare au fost obținute din pet-uri tăiate în fâșii având următoarele dimensiuni: lungime 40mm, lățime 10mm și grosime 1mm. Dozajul de fibre din plastic este de 1 kg/ m³.

Fibre polipropilenă utilizate au o lungime 12mm iar dozajul recomandat de 1-1,5kg/m³ de beton.

Apă utilizată în cadrul programului experimental este apa potabilă.

Rețetele realizate sunt prezentate în tabelul de mai jos:

Tabelul 1. Rețete propuse în cadrul programului experimental

Rețeta	Ciment 52,5	Agregate (0-8)mm	Apă	Fibre de polipropilena	Fâșii din plastic
	[kg]	[kg]	[l]	[kg]	[kg]
1	323	1600	305	-	-
2	323	1600	295,71	1	-
3	323	1600	304,29	-	1

Studiul a fost realizat pe 3 rețete de mortar:

- Rețeta 1 - mortar standard (de zidărie) M10 pe baza de ciment, nisip cu granulozitate de 0-8mm și apă.
- Rețeta 2 - mortar de zidărie M10 pe baza de ciment s-a folosit că procent de armare pentru 1m³ beton, 1kg de fâșii de plastic; nisip cu granulozitate de 0-8mm și apă.
- Rețeta 3 - mortar de zidărie M10 pe baza de ciment armat cu fibră polipropilenă, nisip cu granulozitate de 0-8mm și apă.

1.2 Metode folosite

Studierea comportării mortarelor din cadrul programului experimental s-a realizat atât pe mortarul în stare proaspătă cât și pe mortarul în stare întărită la vârsta de 28 de zile.

În ceea ce privește studierea caracteristicilor mortarelor în stare proaspătă s-a urmărit densitatea aparentă și consistența mortarelor determinată cu masa de împrăștiere.

În ceea ce privește studierea caracteristicilor mortarelor în stare întărită s-au urmărit următoarele caracteristici: densitatea aparentă, rezistența la întindere din încovoiere și rezistența la compresiune.

a. Determinarea densității aparente a mortarului proaspăt

Determinarea densității aparente a mortarelor proaspete s-a realizat conform standardului european SR EN 1015-6:2001 și SR EN 1015-6/A1:2001. După omogenizarea mortarului supus determinării, acesta este introdus într-un vas cilindric cu volumul cunoscut V=1 litru. Vasul se



umple cu mortar până la jumătatea ramei. Se scoate ramă prelungitoare și cu lamela metalică printr-o mișcare de fierăstrău începând de la mijloc spre margini se elimina excesul de mortar.

Se cântărește vasul cu mortar și se obține masă mortarului, iar densitatea aparentă o vom calcula cu ajutorul relației:

$$\rho_a = \frac{m}{V_v} \left[\frac{kg}{m^3} \right] \quad (1)$$

b. Determinarea consistenței mortarelor proaspete

Consistentă este o măsură a fluidității sau a umidității mortarului proaspăt și indică o măsură a deformabilității mortarului proaspăt atunci când este supus la un anumit tip de tensiune.

Determinarea consistenței mortarului proaspăt se face cu masa de împrăștiere se realizează conform SR EN 1015-3:2002 și SR EN 1015-3/A2:2007. Se așează matriță în centrul discului mesei de împrăștiere și se introduce mortarul, în două straturi, fiecare strat fiind compactat prin cel puțin 10 lovituri scurte ale maiului pentru asigurarea unei umpleri uniforme a matriței. În timpul umplerii, matrița se ține bine cu mâna pe disc. Se elimina surplusul de mortar cu ajutorul unei palete de nivelare și se șterge suprafața liberă a discului pentru că această să fie curate și uscată, având grijă să se înlăture toată apă din jurul capătului inferior al matriței,

După aproximativ 15sec se ridică matrița lent și vertical și se împrăștie mortarul pe disc executând 15 vibrații ale mesei, cu o frecvență constanță de aproximativ o vibrație pe secundă. Se măsoară diametrul mortarului în două direcții perpendicular cu ajutorul șublerului. Se notează rezultatele în mm.

c. Determinarea densității aparente mortarului întărit

Determinarea densității mortarului întărit s-a determinat ca fiind raportul dintre masa uscată a probelor de mortarelor după ce s-au uscat în etuvă, raportat la volumul probelor testate (4x4x16 cm). Pentru testare s-au realizat câte șase prisme pentru fiecare tip de mortar studiat.

d. Determinarea rezistenței la întindere din încovoiere

În vederea determinării rezistenței la întindere din încovoiere s-au confecționat probe având dimensiunile de 40x40x160 mm. După decofrare probele au fost păstrate și testate conform standardului european în vigoare SR EN 1015-11:2002 până la vârsta de 28 de zile. Testarea probelor s-a realizat cu aparatul pentru determinarea rezistenței la întindere din încovoiere.

e. Determinarea rezistenței la compresiune

Determinarea rezistenței la compresiune s-a realizat la vârsta de 28 de zile a mortarelor testate. Aparatul cu care s-a realizat determinare este presa hidraulică. Determinarea s-a realizat pe jumătățile de prismă rezultate în urma determinării rezistenței la încovoiere. Testarea s-a realizat conform standardului european SR EN 1015-11:2002.



3. Rezultate

a. Densitatea aparentă

Determinarea densității aparente s-a realizat în cadrul laboratorului de materiale de construcții, al Facultății de Construcții. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul de mai jos.

Tabelul 2. Densitatea aparentă a mortarului proaspăt

	R1- M10	R2 – M10 armat cu fâșii de plastic	R3 – M10 armat cu fibre din polipropilenă
Densitatea aparentă [kg/m ³]	2055	2095	1987

Conform tabelului de mai sus, se poate observa faptul ca mortarul cu densitatea cea mai mică este mortarul M10 armat cu fibre din polipropilenă. Toate mortarele realizate se încadrează în normele în vigoare. Mortarul realizat cu fâșii de plastic este mortarul cu densitatea aparentă cea mai ridicată.

b. Consistența mortarelor

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul de mai jos.

Tabelul 3. Consistența mortarului proaspăt

	R1- M10	R2 – M10 armat cu fâșii de plastic	R3 – M10 armat cu fibre din polipropilenă
Consistența mortarului proaspăt [mm]	188,5	180	180

Conform tabelului de mai sus se poate observa faptul că mortarul R1 este mortarul cu consistența cea mai mare. Mortarele realizate fie armat cu fâșii de plastic și cel armat cu fibre din polipropilenă are aceeași valoare a consistenței mortarului proaspăt.

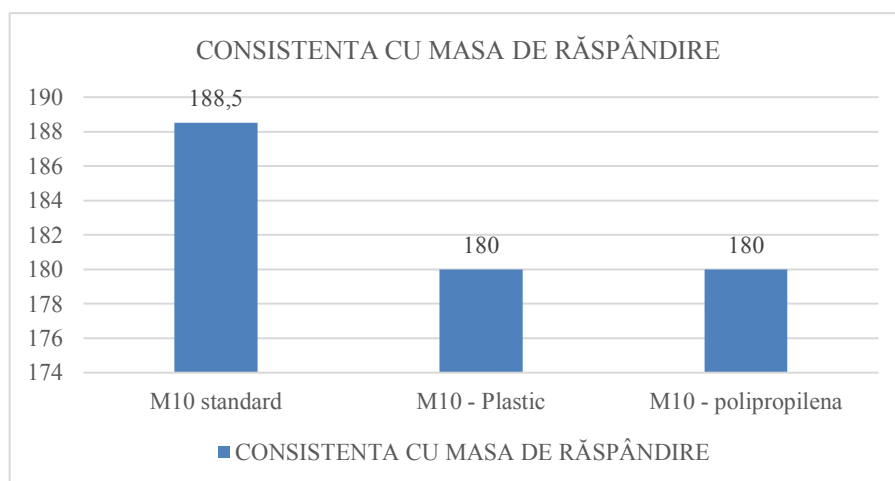


Figura 3. Consistența mortarelor

Pentru mortarele cu o densitate mai mare de 1200 kg/m³, împrăștierea trebuie să fie 175±10mm. Din graficul de mai sus se poate observa faptul că mortarele M10 armate cu deșeuri din plastic se încadrează în valorile date de standard. Mortarul M10 nearmat are o creștere ușoară față de



valorile standardului. Mortarul M10 - armat cu fibre de polipropilenă se încadrează și el în valorile standardului.

c. Densitatea aparentă a mortarului întărit

Rezultatele medii obținute pe mortarele întărite s-au determinat la 28 de zile și sunt prezentate în tabelul de mai jos:

Tabelul 4. Densitatea aparentă a mortarului întărit

	R1- M10	R2 – M10 armat cu fășii de plastic	R3 – M10 armat cu fibre din polipropilenă
Densitatea aparentă [kg/m ³]	2051	2135	2074

Conform tabelului de mai sus, se poate observa faptul că mortarul întărit cu densitatea cea mai mică este mortarul M10 nearmat. Mortarul realizat cu fășii de plastic este mortarul cu densitatea aparentă cea mai ridicată. Toate mortarele realizate se încadrează în normele în vigoare și care trebuie să fie cuprinse între 1950 și 2200 kg/m³.

d. Rezistența la întindere din încovoiere a mortarului întărit

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul de mai jos. Testarea s-a realizat pe 6 epruvete de 40x40x160mm.

Tabelul 5. Rezultate rezistenței la întindere din încovoiere

Rețete	Forța de încovoiere [N]	Rezistența la întindere din încovoiere [N/mm ²]	Rezistența medie la întindere din încovoiere [N/mm ²]
M10 - Standard	1720	4,031	3,953
	1770	4,148	
	1850	4,335	
	1500	3,515	
	1580	3,703	
	1700	3,984	
M10 – cu fășii din plastic	1800	4,218	4,257
	1740	4,078	
	1950	4,570	
	1870	4,382	
	1740	4,078	
	1800	4,218	
M10 - cu fibre de polipropilena	1490	3,492	3,718
	1660	3,890	
	1500	3,515	
	1840	4,312	
	1640	3,843	
	1390	3,257	



În graficul de mai jos sunt reprezentate grafic rezultatele medii obținute pe mortarele studiate.

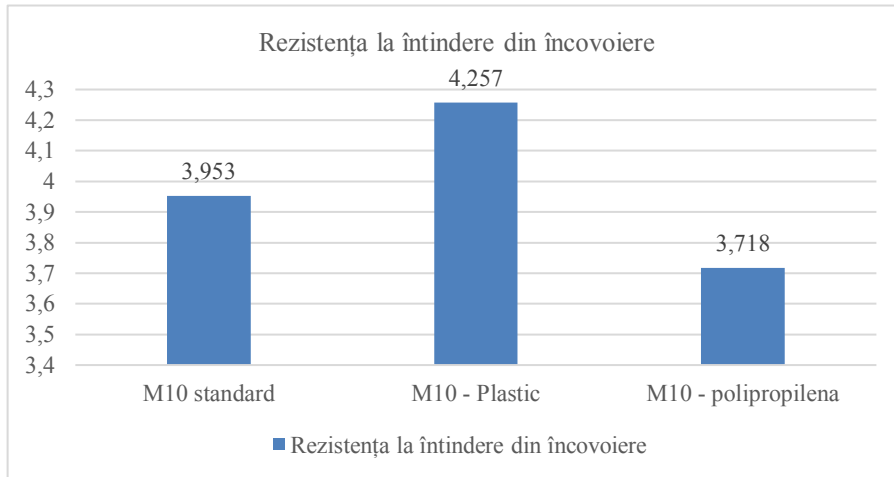


Figura 4. Grafic rezistenței la întindere din încovoiere

Așa cum se poate observa din grafic, valoarea medie obținută pentru mortarele realizate cu fâșii din plastic este de 4.257 N/mm², fiind valoarea cea mai mare obținută comparativ cu celelalte 2 tipuri de mortare studiate. Mortarul M10 nearmat are o rezistență la întindere din încovoiere de 3.953 N/mm² urmat apoi de mortarul M10 armat cu fibre de polipropilenă cu o valoare de 3,718 N/mm².

e. Rezistența la compresiune a mortarului întărit

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul de mai jos.

Tabelul 5. Rezultate rezistenței la compresiune

Rețete studiate	Forța de compresiune [N]	Rezistența la compresiune [N/mm ²]	Valori medii ale rezistenței la compresiune [N/mm ²]
M10 - Standard	22,95	14,34	15,39
	24,69	15,43	
	25,58	16	
	25,29	15,80	
M10 – cu fâșii de plastic	28,95	60,51	29,29
	30,94	19,33	
	32,8	20,49	
	26,99	16,86	
M10 - cu fibre de polipropilena	28,01	28,75	22,58
	26,35	26,85	
	17,5	17,96	
	16,47	16,78	

În graficul de mai jos sunt reprezentate grafic rezultatele medii obținute pe mortarele studiate.

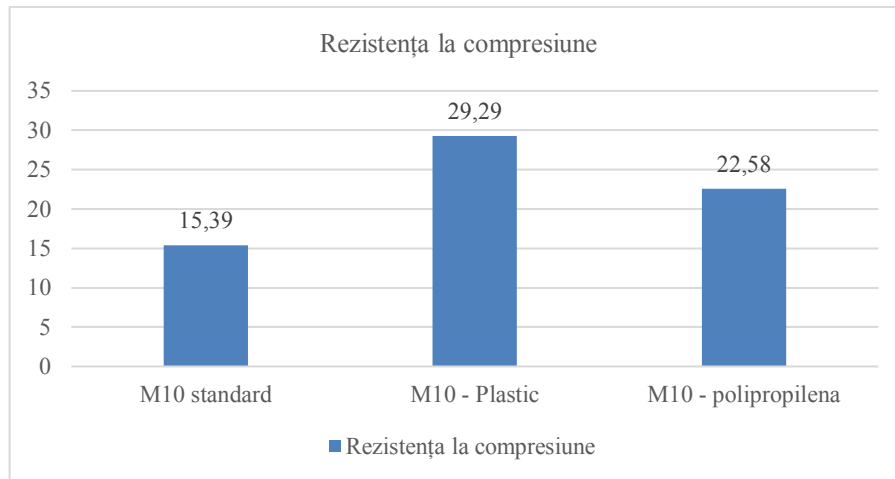


Figura 4. Grafic rezistenței la întindere din încovoiere

În ceea ce privește rezistența la compresiune se poate observa faptul că mortarul armat cu fâșii din plastic prezintă cele mai mari valori ale rezistenței la compresiune – 29,29 N/mm². Mortarul M10 armat cu fibre din polipropilenă are o valoare medie la compresiune de 22,58 N/mm² cu 1,29% mai mică decât cea a mortarului cu fâșii din plastic.

Mortarul nearmat are cea mai mică valoare medie a rezistenței la compresiune și anume 15,39 N/mm².

4. Concluzii

Lucrarea de față abordează un subiect de mare interes la nivel mondial, cunoscându-se faptul că deșeurile din plastic sunt un pericol ecologic. Având în vedere dezvoltarea durabilă, lucrarea de față propune reutilizarea deșeurilor din plastic în realizarea mortarelor de zidărie, ele fiind utilizate ca armare a acestor mortare.

În urma rezultatelor obținute s-a constatat o comportare mai bună a mortarelor armate cu fâșii din plastic comparativ cu celelalte 2 tipuri de mortare studiate. Atât, din punct de vedere al rezistenței la întindere din încovoiere cât și din punct de vedere al rezistenței la compresiune, aceste tipuri armate cu fâșii din plastic prezintă valorile cele mai ridicate. Se poate menționa faptul că acest tip de armare ajută la creșterea rezistențelor mecanice comparativ cu mortarele nearmate.

Studiul de față este un prim pas în vederea urmăririi comportării acestor tipuri de materiale, urmând ca pe viitor să se propună și alte tipuri de rețete în care să urmărim comportarea mortarelor cu diferite procente de armare.

BIBLIOGRAFIE

1. România se implică în reciclare, IMPACT FM REGIONAL, 15 Decembrie 2020, <https://impactfmregional.ro/romania-se-implica-in-reciclare/>
2. <https://cleanstreets.westminster.gov.uk/plastic-waste-complete-guide/>, 06.05.2021
3. Precious Plastic just released a brick made from 100% recycled plastic to empower people to build constructions just like with LEGO (but a whole lot bigger), <https://designwanted.com/architecture/precious-plastic-brick/>, 06.05.2021
4. Alexandru Gheorghe NETEA, Daniela Lucia MANEA, Claudiu ACIU, Elena JUMATE, Florin BABOTA, Luminița Monica PLEȘA, Răzvan Andrei IERNUȚAN, MATERIALE DE CONSTRUCȚII – CHIMIE, U.T.PRESS, CLUJ-NAPOCA, 2019



STRUCTURI DURABILE DIN BAMBUS

Autori

Claudia M. BOTEI^{1*}, Florena A. BORSOSZKI²

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, botei.claudia28@yahoo.com (autorul corespondent)

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, borsoszki florena@yahoo.ro

Îndrumător

Asist. Dr. Ing. LUMINIȚA M. PLEȘA

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, luminita.molnar@ccm.utcluj.ro

REZUMAT: *Bambusul este un material de construcție antic, de mare însemnătate culturală pentru popoarele asiatice. Ceea ce a fost cândva denumit simbolul Orientului este perceput astăzi drept plantă ierboasă ce deține proprietățile remarcabile ale lemnului atât de des întâlnit în construcții. Ne-am propus să realizăm acest studiu în vederea diminuării sau chiar eliminării supraexploatării pădurilor și defrișărilor excesive, combaterea poluării generate de consumul ridicat de energie necesar pentru obținerea unor materiale precum oțelul și cimentul și pentru a atenua problemele locuințelor și infrastructurii din țările aflate în curs de dezvoltare. În ciuda stereotipurilor privind caracterul strict decorativ al acestei plante, mai multe studii realizate de către diverși cercetători atestă faptul că bambusul este un material sustenabil, datorită proprietăților deosebite pe care le are și pe care noi ne propunem să le dezvoltăm în lucrare. Aplicarea bambusului în industria construcțiilor a atras recent un interes tot mai mare pentru aplicațiile sale promițătoare în lucrări și structuri durabile. Lucrarea de față reprezintă o lucrare de sinteză, în care se analizează bambusul ca material de construcție ecologic într-o industrie dominată de materialele grele. Întrebarea care se lasă așteptă este: Reușim în Europa?*

Cuvinte cheie:

Bambus, construcții, durabil, rezistență, adaptabil, ecologic

1. INTRODUCERE:

Bambusul este un material de construcție natural care poate fi găsit în regiunile tropicale ca plantație de sine stătătoare. A fost folosit din cele mai vechi timpuri pentru rezistența și flexibilitatea sa naturală. Când budismul a apărut pentru prima dată în China, a introdus anumite restricții în ceea ce privește rănirea unui animal pentru carne sau oua. Acest lucru a provocat lipsa nutrienților din dieta oamenilor așa că au ales drept alternativă lăstarii de bambus ca elemente de bază ale mâncării tradiționale chinezești, de unde reiese versatilitatea plantei. Cunoscut și ca 'arborele de fier', acesta este o plantă arborescentă perenă făcând parte din familia Poaceae cu o deosebită importanță pentru popoarele asiatice. Prima utilizare umană a plantei într-un mod practic, se presupune a fi în timpul neoliticului (12000-2000 î.Hr.), bambusul a fost folosit în construcții simple și fabricarea coșurilor. Ca material de construcție propriu zis, a fost folosit în timpul dinastiei Xia (2.300-1.750 î.Hr.) pentru barajul Du jiang - cel mai mare proiect de conservare a apei din istoria Chinei [1]. În cadrul zonelor principale de proveniență ale bambusului, cum ar fi Asia și Indonezia, se remarcă prezența unor case tradiționale pentru realizarea cărora a fost utilizat bambusul atât ca material structural cât și ca material nestructural. După Revoluția Industrială, bambusul ca material de construcție a decăzut în favoarea betonului, oțelului și a cărămizii deoarece era considerat învechit. Una din nevoile primare ale omului este crearea unui adăpost. Construcțiile însă au devenit în timp surse semnificative de poluare care nu pot fi evitate sau eliminate. Respectul pentru mediu este acum un factor de importanță majoră și în domeniul construcțiilor și al proiectării.

A fost ridicată problema încălzirii globale, a lemnului calitativ tot mai greu de obținut din cauza defrișărilor și implicit a timpului îndelungat de refacere a pădurilor, așadar tot mai mulți ingineri constructori și arhitecți reevaluează varianta utilizării bambusului ca material de construcție. Spre



deosebire de alte alternative artificiale de materiale, cum sunt plasticul, oțelul și betonul, plantarea unor păduri de bambus are ca rezultat și eliberarea oxigenului în aer.

2. STUDIU DE CAZ:

Există peste 1000 de specii de bambus. Tulpinile bambușilor sunt drepte, cilindrice, înalte până la 25 m, foarte rezistente, fiind folosite ca material de construcție. Tulpinile bambușilor mai mari sunt goale pe dinăuntru. Dintre toate plantele cunoscute, bambușii sunt plantele arborescente care cresc cel mai repede (până la 1 metru pe zi). Tabelul următor e realizat pe baza datelor culese de McClure în anul 1953. Acesta conține detalii vizând ce specii de bambus pot fi folosite pentru diferite aplicații.[2]

Tabelul 1. Speciile de bambus utilizate în construcții. [3]

UTILIZĂRI	NUMELE ȘTIINȚIFIC
CADRE	Bambusa balcooa , B. nutans, B. polymorpha , Gigantochloa apus, Guadua angustifolia
PEREȚI	Bambusa balcooa, B. nutans, B. polymorpha, Gigantochloa apus, Guadua angustifolia
ACOPERIȘURI	Bambusa balwoa, B. polymorpha, Guadua angustifolia
PODELE	Bambusa polymorpha, Guadua angustifolia
ÎNVELIȘURI	Bambusa nutans, B. polymorpha
COFRAJE DE BETON	Bambusa polymorpha, Guadua angustifolia
ȚEVI ȘI JGHEABURI	Bambusa balcooa, B. nutans, B. polymorpha, Gigantochloa apus, Guadua angustifolia

Condițiile de cultivare a bambusului: Climatul preferat de către bambus este cel temperat, ceea ce nu presupune condiții deosebite sau întâlnite foarte rar. Astfel, planta poate fi cultivată în orice zonă în care nu se înregistrează mai mult de -25°C pe timp de iarnă. În ceea ce privește solul, o plantație de bambus poate fi înființată pe tipuri extrem de variate de sol, atât nisipos cât și argilos. Surprinzător este faptul că această plantă s-a dezvoltat în cei mai buni parametri când a fost cultivată pe soluri acide. Singurele soluri care trebuie evitate sunt cele mlăștinoase, care conțin o cantitate mare de apă, deoarece bambusul nu le tolerează. Din surse s-a constatat faptul că incorporarea îngrășămintelor naturale în sol duce la o dezvoltare mai rapidă și mai calitativă a plantei. De asemenea, specialiștii recomandă fertilizarea plantației în primii ani de viață, până când aceasta ajunge la maturitate. În cazul în care plantația se află într-o zonă cu secetă excesivă, este necesară irigarea acesteia în lunile de vară, în primii 2 ani de viață. Ce este de asemenea remarcabil la această plantă este prezența genetică a substanțelor antibacteriene și antimitotice naturale, așadar nu va fi necesară aplicarea diferitelor tratamente atât de des întâlnite în culturile clasice.[4]

Caracteristicile bambusului:

1. **Rezistența la întindere:** Bambusul are o rezistență foarte ridicată la întindere. Drept comparație, bambusul tratat poate rezista la tensiuni mai mari decât oțelul. Prin urmare, rezistența ridicată la întindere permite utilizarea acestuia la coloane și pereți puternici pentru clădiri.[5]
2. **Elasticitate:** Bambusul are o natură foarte elastică. Cu cât este mai elastic bambusul, cu atât este mai bun pentru construcții. Natura sa elastică îi permite să fie îndoit și utilizat în orice formă, oferind structurii rezistență seismică.[5]
3. **Contractie:** Bambusul are un conținut ridicat de apă. Secțiunea transversală a bambusului se poate micșora până la 16-17% după pierderea conținutului de apă. Este foarte important



ca bambusul să fie tratat în mod corespunzător și să scăpați de conținutul de apă în exces înainte de a-l utiliza în scopuri de construcție.[5]

4. **Rezistență la foc:** Conținutul ridicat de acid silicat din bambus îi permite să fie foarte rezistent la foc. Bambusul poate rezista la temperaturi de până la 400 de grade Celsius, făcându-l astfel un material perfect pentru a fi utilizat în construcții.[5]

Bambusul este o plantă cu creștere remarcabil de rapidă comparativ cu orice altă plantă din lume, ajungând la deplină maturitate în 3-5 ani. În timp de numai 2 luni, un lăstar de 20 cm poate atinge înălțimi de 15-20 m. Are o rezistență la tracțiune care poate ajunge până la 40 kN/cm² (la specia *Guadua*), mai mare decât a oțelului inoxidabil 36 kN/cm². Fibrele bambusului *Guadua* ajung până la 1 cm lungime, în timp ce fibrele de lemn au aproximativ 2 mm. Acest material face față cu brio testului de rezistență seismică datorită elasticității sale, fiind foarte rezistent la îndoire. Curbarea bambusului se poate realiza încă din timpul creșterii. Direcția lui de creștere poate fi ușor controlată, efectuându-se legături cu alte bețe de bambus care rămân drepte sau cu alți suporturi verticali. De asemenea, curbura se mai poate forma și imediat după tăierea bățului de bambus prin încălzire la 150°C.[6]

În vederea păstrării bambusului într-o formă cât mai apropiată de cea inițială, pentru a-i spori durabilitatea, pentru a evita deshidratarea care duce la contracția bambusului și pentru a-l proteja de insecte este necesară tratarea plantei pentru utilizarea în domeniul construcțiilor. În cazul în care această etapă nu este efectuată, durabilitatea bețelor de bambus se estimează a fi de maxim 5 ani de la punerea în operă. Înainte de începerea procesului de tratare, bambusul trebuie să fie uscat, de preferat prin uscarea naturală deoarece uscarea artificială poate provoca fisuri. După trecerea la tratare, prima etapă o reprezintă selectarea bețelor de bambus. Pentru domeniul nostru de referință se vor alege bețele de bambus ajunse la maturitate deoarece posibilitatea de infestare cu insecte este mult mai mică datorită nivelului de zahăr și amidon care este prezent într-o cantitate mai mică în compoziția lor. De asemenea, bețele mature prezintă o contracție mai mică în momentul în care se usucă.

Cea mai cunoscută și utilizată metodă de tratare este cea chimică, prin utilizarea unei soluții de borax și acid boric care are o toxicitate foarte redusă. Aceasta soluție este de 1.5 ori mai toxică decât sarea de bucătărie obișnuită. Însă, pe lângă această metodă se mai cunosc și altele, atât naturale cât și chimice. Fiecare metodă are un alt rezultat în ceea ce privește protejarea bambusului și implicit o eficacitate mai bună sau mai puțin bună. În cele ce urmează vom enumera câteva dintre aceste metode, prezentând într-o manieră mai detaliată metoda cea mai populară. Unul din scopurile acestei lucrări fiind promovarea unor alternative ecologice, vom evita prezentarea metodelor chimice toxice de tratare.

Metode naturale de tratare:

- **Tratarea la căldură:** bățul de bambus este menținut deasupra unei flăcări sau se poate utiliza o torță. Procesul se realizează până când suprafața bățului devine lucioasă. Lucrul este datorat rășinii eliberate de bambus. Aceasta este eliminată la suprafață datorită căldurii și formează o peliculă subțire care acoperă porii. Avantajul acestei metode este faptul că poate fi realizată chiar dacă bățul de bambus nu este uscat complet. De asemenea, asigură și o latură estetică pe lângă cea protectoare. Există posibilitatea aparițiilor unor pete mai închise la culoare în cazul în care flacăra acționează prea mult asupra unei porțiuni însă, conform sursei, acestea pot contribui de asemenea la latura estetică a produsului finit.[7]
- **Tratarea cu apă sărată:** metoda constă în scufundarea bambusului într-o soluție de apă cu sare și uscarea acestuia în soare timp de 2-3 luni. Este una din cele mai vechi și tradiționale metode utilizate în special în Asia, unde planta era scufundată în apa mării. [7]

Metoda chimică non toxică de tratare:

- **Soluția de borax și acid boric**- este o soluție formată din 90% apă, 6% borax și 4% acid boric. Un detaliu important în prepararea soluției este utilizarea unei ape ușor încălzite, pentru a facilita dizolvarea boraxului și a acidului boric. Primul pas îl reprezintă calcularea volumului total al interiorului bețelor, pentru care se utilizează formula de calcul a volumului unui cilindru. Apoi, prin echivalență cu relația $1000000 \text{ mm}^3 = 1 \text{ l}$ se află câți litri de soluție sunt necesari de preparat. Este indicat să se adauge încă 3-4 litri la rezultat pentru a acoperi eventualele pierderi din turnare sau transportare. Din rezultatul final se calculează procentele mai sus menționate pentru a determina cantitățile de apă, borax și acid boric necesare. Soluția astfel preparată se toarnă în interiorul bețelor poziționate vertical pe niște suporturi având o tijă lungă de metal care va străpunge toate nodurile, mai puțin ultimul, așa cum este ilustrat în Figura 1.

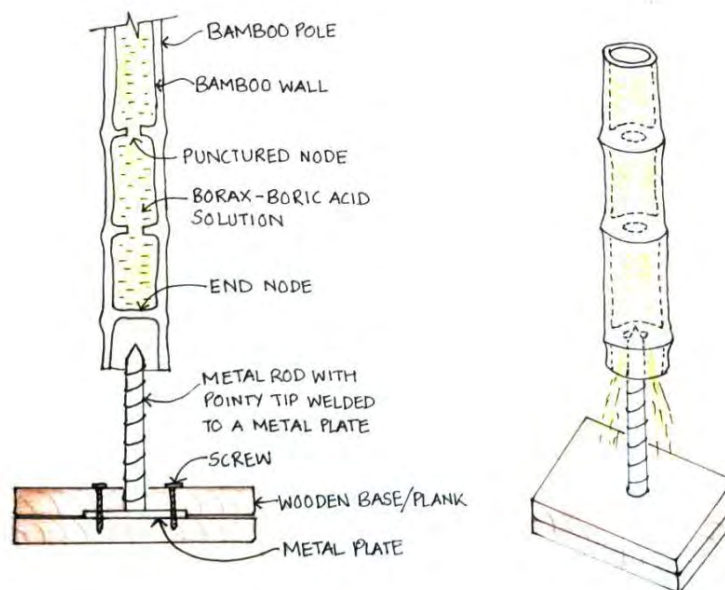


Figura 1. Perforarea nodurilor de bambus.[8]

După turnare, se lasă acoperite cu câte o sticlă de plastic tăiată pe jumătate între 14-18 zile pentru ca bambusul să absoarbă soluția. Pe post de indicator, poate fi adăugat în soluție un colorant textil. Se alege de obicei culoarea roșie, deoarece este destul de evidentă pe suprafața plantei și oferă un aspect plăcut produsului finit. Când culoarea va fi vizibilă pe pereții exteriori ai bețelor de bambus, soluția va fi absorbită complet de către aceștia. Se poate recurge și la scufundarea integrală a bețelor în soluție, însă va fi necesar de preparat un volum mai mare de soluție și, de asemenea, un bazin în care să încapă.[8]

Până în acest punct al lucrării am analizat fiabilitatea bambusului ca material de construcții din punct de vedere pur teoretic. Iar, așa cum vorbele nu au nicio valoare în absența faptelor, așa cum tendința noastră în calitate de studenți a unei universități tehnice este să optăm pentru lucruri practice, vom aduce în atenție în cele ce urmează câteva modele fizice de utilizare a bambusului în construcții. Așa cum reiese din Tabelul 1, bambusul poate fi utilizat în construirea mai multor elemente componente ale unei construcții mai mari. Poate fi întâlnit izolat, împreună cu alte elemente de construcție.



Figura 2. Bambus ca element decorativ.[9]

Îl întâlnim în elemente structurale simple, cum sunt schelele.



Figura 3. Schelă din bambus.[10]

În țările asiatice, unde utilizarea bambusului este mult mai comună și mai utilizată de către localnici, nu au întârziat să apară și construcțiile realizate integral din bambus.



Figura 4. Sharma Springs – Indonezia.[11]



Figura 5. Pod de bambus de 18 m lungime- Indonezia.[12]



Figura 6. Biomimetic Bamboo Treehouse- Columbia.[13]



3. LUCRARE PRACTICĂ

Am realizat o machetă a unui pod din bambus, aceasta reprezentând o reinterpretare a Podului Elisabeta din Cluj Napoca, de unde ne-am inspirat pentru realizarea structurii. În confecționarea machetei am utilizat ca materiale: araci de bambus cu diametre de 20 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm iar pentru prindere adeziv Epoxy Gorilla, adeziv pentru lemn Moment.

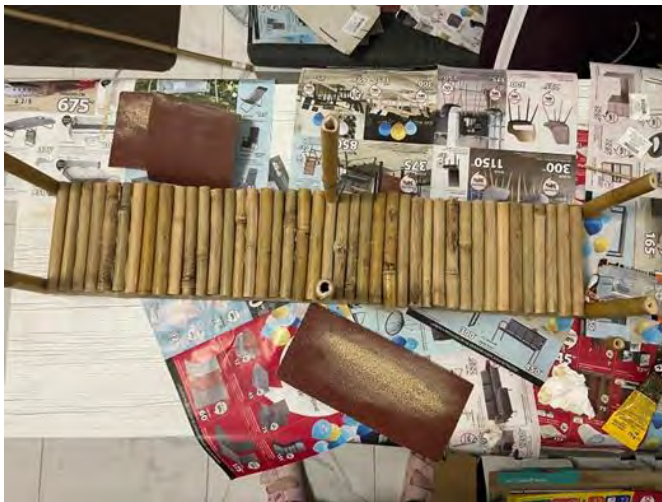
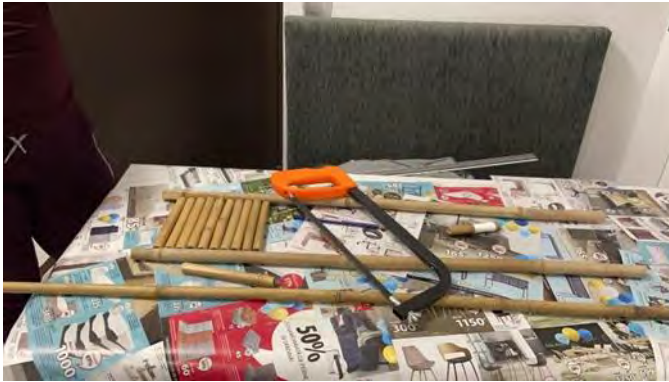


Figura 7. Realizare pod din bambus.



5. CONCLUZIE:

În urma studiului realizat și a machetei construite, se constată faptul că bambusul este o plantă foarte adaptabilă, posibil de cultivat în cantități industriale în foarte multe zone din Europa și chiar din țara noastră. Este un adversar redutabil al materialelor de construcție folosite în prezent în ceea ce privește caracteristicile mecanice și facilitatea utilizării. Rezistent și sustenabil, reprezintă o direcție spre care, treptat, ar trebui să își îndrepte pașii atât constructorii cât și beneficiarii, cu scopul de a realiza construcții calitative, durabile și cu un aspect natural aparte, de care să ne bucurăm atât noi, cât și generațiile viitoare.

BIBLIOGRAFIE

1. https://www.academia.edu/32917405/Bamboo_as_sustainable_material_for_future_building_industry
2. <https://ro.wikipedia.org/wiki/Bambus>
3. <http://naturallhomes.org/img/bamboo-in-construction.pdf>
4. <https://agrintel.ro/58347/povestea-italienilor-care-infiinteaza-in-romania-20-de-hectare-de-bambus-gigant-veniturile-anuale-calulate-22-000-euroha/>
5. <https://thearchinsider.com/eco-friendly-construction-bamboo-as-a-construction-material/>
6. <https://www.guadabamboo.com/blog/advantages-of-building-with-bamboo>
7. <https://bambubatu.com/how-to-treat-bamboo-for-building/>
8. <https://bamboou.com/projects/treating-bamboo-in-your-backyard/>
9. <https://architizer.com/blog/inspiration/collections/bamboo-pavilions/>
10. <https://thearchinsider.com/eco-friendly-construction-bamboo-as-a-construction-material/>
11. <https://www.arch2o.com/examples-bamboo-architecture-far-east/>
12. <https://www.archdaily.com/873588/bamboo-bridge-in-indonesia-demonstrates-sustainable-alternatives-for-infrastructure>
13. <https://www.guadabamboo.com/blog/bamboo-treehouse>



STUDIU COMPARATIV AL MATERIALELOR TERMOIZOLATOARE ECOLOGICE

Autori

Patricia CODAȚ¹, Cosmina CIORDAȘ²

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, [e-mail: patriciapaty2000@yahoo.com](mailto:patriciapaty2000@yahoo.com).

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, [e-mail: cosminaciordas@yahoo.com](mailto:cosminaciordas@yahoo.com)

Îndrumător

Asist. Dr. Ing. Luminița PLEȘA³

³Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, [e-mail: Luminita.molnar@gmail.com](mailto:Luminita.molnar@gmail.com)

REZUMAT: *La momentul actual, având în vedere noile cerințe privind eficiența energetică a clădirilor și de asemenea realizarea unor clădiri cu impact scăzut asupra mediului înconjurător și a sănătății oamenilor, dezvoltarea de noi materiale termoizolatoare ecologice este în plin proces de inovare. Lucrarea de față prezintă un studiu de sinteză cu privire la materialele termoizolatoare ecologice și de asemenea un studiu comparativ din punct de vedere al costurilor realizării acestor tipuri de materiale.*

Cuvinte cheie

termoizolație, ecologică, comparație, celuloza, denim, spumă. lână

1. Introducere

Economisirea de energie a devenit un obiectiv strategic în întreaga lume, care va duce la protejarea mediului și conservarea resurselor naturale. Consumul de energie din clădiri pentru încălzire și răcire este considerat una dintre sursele majore de consum de energie din multe țări.[2] Materialele termoizolatoare au un impact puternic asupra eficienței energetice și asupra durabilității clădirilor, mai ales în privința reducerii pierderilor de energie prin elementele anvelopă ale clădirii (pereți exteriori, planșee peste ultimul nivel, planșee peste subsoluri neîncălzite și pivnițe, plăci peste sol, etc.).

La momentul actual clădirile consumă 40% din energia primară a Europei, însă prin utilizarea materialelor termoizolatoare ecologice poate scădea până la 36%, în decursul următorilor 10 ani. Costurile unei renovări esențiale cu o eficiență energetică substanțială încep de la 200-300 de euro/m² și ajung până la aproximativ 1000 de euro/m². Cel mai mare potențial pe piață îl au materialele termoizolatoare ecologice cu cel mai bun preț și cu cea mai scăzută valoare a coeficientului de conductivitate termică.

Utilizarea produselor ecologice în realizarea clădirilor este extrem de importantă atunci când trebuie să avem în vedere sănătatea oamenilor. La momentul actual se utilizează materiale care, atunci când sunt puse în termosistem, devin extrem de periculoase pentru sănătate. Unul dintre produsele cele mai utilizate cum ar fi vata minerală bazaltică se consideră a fi periculoasă pentru sanatatea oamenilor. Există diferite studii realizate de către specialiști care menționează faptul că prezintă toxicitate extrem de ridicată și faptul că praful de fibre din componența vatei poate pătrunde în plămâni și rămâne reținut în interiorul corpului, provocând grave afecțiuni respiratorii. Totodată, adezivul utilizat pentru lipirea fibrelor conține formaldehidă, un cunoscut cancerigen. Tocmai de aceea, chiar producătorii recomandă un echipament special pentru cei care pun în operă o lucrare cu vată minerală, astfel încât să se evite inhalarea fibrelor'. [2]



Pe parcursul anilor s-au dezvoltat diferite produse termoizolante ecologice care să poată fi utilizate astfel încât să nu afecteze sănătatea oamenilor, o parte din aceste produse fiind prezentate mai jos.

2. Materiale termoizolante ecologice

În lucrarea de față sunt prezentate următoarele materiale ecologice: celuloza, spuma de soia, denim reciclat și lâna de oaie.

2.1. Celuloză

Izolația de celuloză cu umplere liberă și suflată a fost inventată în Scandinavia în anii 1920; fiind folosite ca izolație de umplere a structurilor din lemn.

Izolația de celuloză este realizată din hârtie reciclată, care mai întâi este curățată de diferiți contaminanți (de exemplu, agrafe de hârtie), care mai apoi este măcinat printr-o moară mai fină. În materialul rezultat se adaugă amestecuri (borax, sulfat de magneziu) pentru a oferi protecție împotriva focului, mușcăturilor, insectelor și rozătoarelor [3]. În cele din urmă, amestecul este turnat în pungi de plastic. Izolarea celulozei este capabilă să umple chiar și cele mai mici goluri și poate forma o izolație continuă dintr-un singur strat. Deoarece este materie primă reciclată, producția sa necesită mai puțină energie.

Izolația cu fibre de celuloză este cea mai puțin poluantă și cu o eficiență energetică foarte ridicată. Celuloza (figura 1) are cel mai mare volum de conținut reciclat, având o rezistență mai bună la fluxul de aer prevenind mișcarea ascendentă a aerului cauzată de diferențele de temperatură. Este nevoie de 10 ori mai multă energie pentru a produce izolație din fibră de sticlă decât izolație cu fibre de celuloză. Conductivitatea termică a fibrelor de celuloză este de 0.037 [W/mK], mai bună decât cea a izolațiilor clasice cu vată minerală sau polistiren. Fibra de celuloză este un material termoizolator ecologic care formează o barieră termică, izolând foarte bine pereții unei clădiri, datorită lipsei golurilor din consistență. Densitatea pe metru cub a celulozei instalate în izolații este de 2-3 ori mai mare în comparație cu alte materiale. Nu au fost identificate efecte adverse asupra sănătății, acest tip de izolație reprezentând un nivel ridicat de confort.



Figura 1. Celuloza



Figura 2. Aplicarea spumei de soia

2.2 Spuma de soia

Acest material nu este 100% organic, dar are în componența sa elemente de natură organică. Spuma organică are la bază diferite plante, fiind realizată din ulei de ricin sau soia, dar poate fi realizată și din plastic de tip PET reciclat, acest element reprezentând 20% din componența materialului, dar se urmărește creșterea procentului în viitor.



Ca mod de utilizare (figura 2), spuma organică este foarte asemănătoare cu spuma poliuretanică, se aplică și funcționează la fel, fiind injectată în spațiile care se vor izolate. Are capacitatea de a-și mări până la 100 de ori volumul, putând sigila prin expandare spațiile închise. Spuma de soia are o rezistență ridicată la mucegai, umezeală și fungi.

Spre deosebire de materialele clasice, aceasta reușește să își mențină coeficientul de izolare termică în timp. Este recomandată cu precădere pentru locuințele celor care suferă de astm.

2.3. Denim reciclat

Izolația din denim reciclat este realizată din obiecte vestimentare din demin vechi sau uzate (figura3). Chiar dacă pare greu de crezut, izolația din denim este superioară materialelor de izolare clasice din punct de vedere al performanței și al eficienței. Acest tip de izolație nu are un efect negativ asupra sănătății omului, deoarece nu conține compuși volatili care să afecteze calitatea aerului din interiorul locuinței, prevenind astmul și problemele respiratorii. Montarea izolației din denim nu irită pielea și nici tractul respirator, absorbind umezeala și ținând departe insectele. Izolația aceasta nu a pătruns încă pe piața din România, datorită costurilor foarte ridicate, prețul reușind să se dubleze față de prețul unei izolații cu materiale termoizolatoare tradiționale. Totuși, specialiștii consideră că beneficiile pe care le oferă acest tip de izolație ar trebui să conteze mai mult decât costurile achiziției și manoperei.



Figura 3. Izolația din denimul reciclat



Figura 4. Izolația din lâna de oaie

2.4. Lâna de oaie

Lâna de oaie este unul dintre cele mai bune materiale pentru izolare termică. Izolarea pereților – inclusiv tavane, pardoseli și acoperiș – se face pentru a împiedica transferul de căldură, spre interior în perioadele de vară și spre exterior în cele de iarnă. Acest schimb este exprimat prin coeficientul de transfer termic U (conductivitate termică) sau prin rezistența termică R , care este de fapt inversul coeficientului de transfer termic ($U=1/R$). Dacă ne referim, de exemplu la lemn, care este socotit un material care izolează destul de bine, conductivitatea termică este de $0,130 \text{ [W/mK]}$. Conform standardelor europene însă, un material este considerat izolator dacă are coeficientul de transfer termic mai mic de $0,060 \text{ [W/mK]}$.

Un izolator cu care suntem foarte obișnuiți este vata minerală. Aceasta are coeficientul de transfer termic de $0,044 \text{ [W/mK]}$. Prin comparație, lâna are coeficientul cuprins între $0,035$ și $0,04 \text{ [W/mK]}$.



3. Studiu comparativ al proprietăților materialelor ecologice

În acest capitol s-a realizat o comparație între materialele termoizolatoare ecologice.

Astfel că în tabelul 1 sunt centralizate atât proprietățile materialelor prezentate mai sus cât și costurile aferente pe metru pătrat.

Tabelul 1. Proprietățile materialelor termoizolatoare ecologice

	Conductivitate Termică(W/m*K)	Rezistență Termică(K*m ² /W)	Densitate (kg/m ³)	Difuzivitate Termica(m ² /s)	Permeabilitate	Costuri/m ² (ron)
Celuloza	0.035	2.63	27	n/a	DA	22
Spuma de soia	0.036	0.60	20.99	n/a	DA	49
Denim reciclat	0.035	0.85	45	n/a	DA	30
Lâna de oaie	0.038	2.63	23	n/a	DA	45

În tabelul de mai sus sunt prezentate câteva dintre proprietățile celor patru materiale termoizolante ecologice pe care le-am evidențiat în această lucrare. Am ales 6 proprietăți relevante pentru fiecare material termoizolant: conductivitatea termică, rezistența termică, capacitatea termică, densitatea, difuzivitatea termică și permeabilitatea. Putem observa că pentru unele materiale, proprietățile lor sunt asemănătoare, ceea ce face și mai facilă utilizarea lor, în funcție de disponibilitatea materialului sau zona în care se află construcția pe care o vrem izolată (de exemplu, în România, termoizolația din denim reciclat nu este utilizată nefiind cunoscut ca material termoizolant, pe când în S.U.A. termoizolația din denim reciclat este una foarte practică și recunoscută).

În ultima coloană a tabelului avem prezentate prețurile materialelor, însă acestea diferă în funcție de mai mulți factori, cum ar fi: firma care produce aceste materiale; dacă se importă, prețul materialelor poate să difere de la o țară la alta + costuri de transport; la costul inițial al materialelor se mai adaugă și manopera, deoarece aceste termoizolații trebuie să fie puse în operă corespunzător.

3.1 Conductivitatea termică

Conductivitatea termică este una dintre proprietățile cele mai importante ale materialelor termoizolatoare și este mărimea fizică prin care se caracterizează capacitatea unui material de a transmite căldura (prin conducție termică) atunci când este supus unei diferențe de temperatură.

Conductivitatea termică a celor patru termoizolații studiate de noi variază, între valorile acestora existând diferențe destul de mici. Se poate observa faptul că celuloza și denimul reciclat au cea mai mică valoare a conductivității termice, urmate de spuma de soia și apoi de lâna de oaie.

La momentul actual cele mai multe materiale utilizate în vederea izolării clădirilor sunt cele materiale pe bază de polimeri, cum ar fi polistirenul și spuma poliuretanică. Deși aceste materiale au o performanță ridicată în termoizolație, impactul asupra mediului în procesele lor de producție este semnificativ. În ceea ce privește coeficientul de conductivitate termică acesta variază între 0,042- 0,044, având valori mai mari comparativ cu materialele ecologice.



În figura de mai jos s-a realizat graficul variației conductivității termice a termoizolațiilor selectate pentru acest studiu.

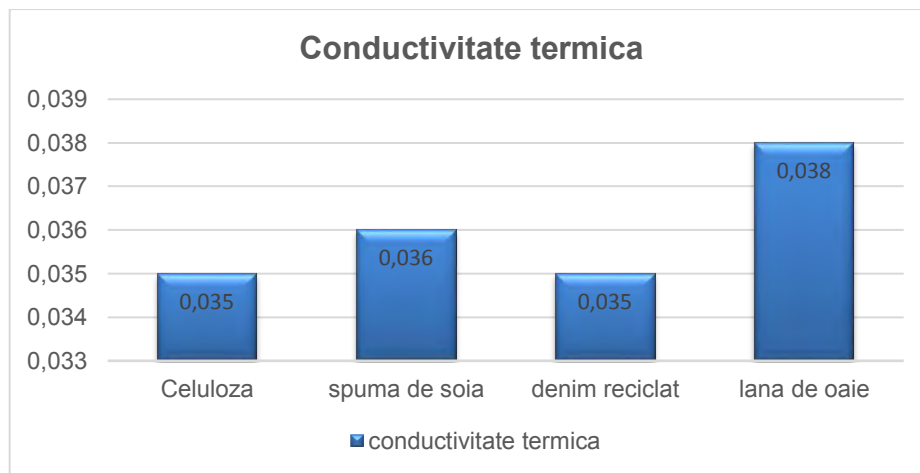


Figura 5. Graficul conductivității termice

3.2 Rezistența la foc

Celuloza - în stare pură celuloza este inflamabilă, deci este imperativ necesară tratarea cu substanțe ignifuge. Nu contribuie la dezvoltarea focului, nu propagă flacăra și emisiile de gaz sau vapori rămân scăzute, cu toate acestea materialul nu trebuie pus în contact direct cu hornurile și trebuie verificată conformitatea instalațiilor electrice.

Spuma de soia - acest material rezistă la temperaturi de până la peste 100 de grade celsius timp de 360 de minute, în condițiile în care este spuma ignifugă. Pe piață existând și variantele neignifuge. Proprietățile ridicate de izolare termică a spumei nu permit aer, căldură precum și amestecul de fum și gaze, acest aspect fiind foarte important în ceea ce privește rezistența la foc.

Denimul reciclat - la fel ca și celuloza acest material necesită tratarea cu substanțe ignifuge, însă după aplicarea unui astfel de tratament, denimul reciclat rezistă la o temperatură de până la 1800 de grade celsius

Lâna de oaie - clasa de protecție contra incendiului: E conform EN 13501-1, rezistă la temperaturi de până la 560 de grade celsius.

4. Concluzie

Această lucrare are ca scop prezentarea și compararea a patru materiale termoizolatoare ecologice, contribuind la găsirea unor soluții pentru o eficiență atât ecologică, cât și energetică mai bună. Aceste materiale au reușit să își pună amprenta asupra ingineriei civile în ultimii ani, fiind într-o continuă evoluție. Ne dorim ca în viitorul apropiat să preparăm și în laborator aceste rețete, având în vedere că ramura ecologică începe să ia amploare și să se dezvolte și în domeniul construcțiilor. Participând la acest studiu, am învățat lucruri noi privind termoizolațiile ecologice și importanța acestora, fiind soluții eficiente împotriva pierderii de energie, datorită obținerii lor din materiale reciclate sau ecologice, protejând mediul înconjurător atât prin modul în care sunt obținute, dar și prin calitatea acestora de a micșora pierderile de căldură a unei construcții.

Utilizarea acestor materiale pentru a îmbunătăți viețile oamenilor este un obiectiv esențial în ceea ce privește dezvoltarea durabilă în domeniul construcțiilor în toate țările europene.



5. Bibliografie

1. ROMEPS: Lista materialelor ecologice pentru programul 'Casa Verde' cuprinde produse de izolație ce pot afecta sănătatea, 04.05.2021, <https://www.agerpres.ro/mediu/2016/08/01/romeeps-lista-materialelor-ecologice-pentru-programul-casa-verde-cuprinde-produse-de-izolatie-ce-pot-afecta-sanatatea-17-19-43>
2. Traditional, state-of-the-art and renewable thermal building insulation materials: An overview, Basim Abu-Jdayil, Abdel-Hamid Mourad, Waseem Hittini, Muzamil Hassan, Suhaib Hameedi, *Construction and Building Materials*, Volume 214, 30 July 2019, Pages 709-735
3. David BOZSAKY, *Nature-based thermal insulation materials from renewable resources – a state-of-the-art review*, *Slovak Journal of Civil Engineering*, Vol. 27, 2019, No. 1, 52 – 59
4. Greenspec.UK 2021
<https://www.greenspec.co.uk/building-design/insulation-materials-thermal-properties/>
5. IOP ebooks 2018
IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering
6. ResearchGate
Key Engineering Materials · February 2016
<https://www.researchgate.net/publication/294276331>
7. European Commission, JRC Technical Reports
Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018
© European Union, 2018
<https://publications.europa.eu/en/publications>.
8. Ghidul izolației cu celuloză
<https://www.domu.ro/izolatie-cu-celuloza/>
9. Izolație din lână de oaie
<https://www.uberhause.ro/izolatie-lana-de-oaie>
10. Research article Physical Properties of Soy-Phosphate Polyol-Based Rigid Polyurethane Foams, Volume 2012, Article ID 907049



DE LA LUT LA BETON. O SCURTĂ ISTORIE AM MATERIALELOR DE CONSTRUCȚII.

Autor

F. BĂCUEȚ-CRIȘAN

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, [e-mail:flaviu_alexander@yahoo.com](mailto:flaviu_alexander@yahoo.com)

Îndrumător

Asist. Dr. Ing. L. PLESA

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, [e-mail:luminita.molnar@ccm.utcluj.ro](mailto:luminita.molnar@ccm.utcluj.ro)

REZUMAT: *Bordeiul săpat în pământ, castelele sau locuințele grandioase ale perioadei noastre răspund toate unei nevoi, nevoia de a crea un adăpost, un loc al nostru, loc care fie el construit de noi sau nu, ne dă acel sentiment de acasă. Din cele mai vechi timpuri oamenii au încercat să își creeze adăposturi care să corespundă nevoilor și timpului lor istoric. Timp de milenii cele mai utilizate, comune, materiale de construcții au fost lutul și lemnul regăsite până în secolul XX și redescoperite ca soluții constructive până în prezent. Nu trebuie să uităm însă că cele mai durabile construcții sunt cele de piatră. Romanii fiind cei ce ne-au lăsat moștenire cel mai puternic liant, mortarul, un amestec de cenușă vulcanică sau nisip, apă și var. Astfel putem admira și azi Panteonul din Roma construit în secolul II. După căderea Imperiului Roman, rețeta pentru fabricarea betonului s-a pierdut și un liant cu aceeași valoare nu a mai fost reinventat până în anul 1824, când un englez numit Joseph Aspdin a descoperit cimentul Portland obținut prin arderea cretei măcinată și a argilei într-un cuptor până când dioxidul de carbon este îndepărtat. În ziua de azi odată cu evoluția tehnologică au evoluat și materialele de construcții, ajungând să fie mult mai inovative și performante decât au fost vreodată. Lucrarea de față prezintă o lume fascinantă o lume a evoluției în materie de materiale de construcții, o lume a istoriei acestor materiale începând de la banalul lut până la cele mai noi tipuri de materiale.*

Cuvinte cheie: istorie, materiale de construcții, lut, ciment, Portland

1. Introducere în studiu de caz.

De-a lungul istoriei, omenirea a cunoscut o evoluție ale materialelor de construcții începând de la banalul lut și trecând treptat la cele mai moderne și inovative materiale de construcții, fiecare dintre acestea fiind în concordanță cu perioada în care au fost descoperite și folosite.

Romanul „Pliniu cel Bătrân” (23-70 d. Hr) afirma, în singura și cea mai cunoscută operă a sa păstrată, despre științele naturale, „Istoria Naturală”, că structurile cu ciment construite în porturi și expuse flagelului continuu al valurilor se vor transforma „într-o singură masă de piatră, invulnerabile la valuri și în fiecare zi mai puternice”. Dar până la betonul romanilor, omenirea a cunoscut lutul.

2. Materiale ceramice. Lutul și cărămida

Material la îndemâna oricui, lutul a cunoscut o largă întrebuințare, de la confecționarea vaselor la cea a pereților caselor. Empiric, oamenii au realizat ca lutul simplu nu conferă rezistență, astfel încât au adăugat primul liant folosit de om, paie tocate. Lutul amestecat cu apă și paie (sau alte materiale-nisip, șamotă, etc..) putea fi folosit pentru a ermetiza structura din nuiel și pari, care reprezenta scheletul unei locuințe.



Figura 1. a - Aplicarea lutului pe scheletul de nuiele – reconstituirea unei locuințe neolitice; b - Fragment ars din lut cu urme de nuiele (Foto arhiva MJIAZ) .

În esență, tot lut, un amestec de lut, nisip și apă, altfel numit și cărămidă cunoaște un istoric extrem de îndelungat, de la cărămizile uscate la soare, utilizate în Mesopotamia la construcția orașului Ur până la cărămizile actuale din lut sau beton. De diferite nuanțe, date de compoziție, își păstrează de-a lungul mileniilor aceeași formă patrulateră, chiar dacă cu densitate diferită. Rezistența la compresiune, umiditatea, izolarea termică și fonică au făcut din cărămidă un material care a rezistent de-a lungul mileniilor. Deși cunoscută de mii de ani, grecii și mai apoi romanii au fost cei care au dezvoltat tehnica de obținere a cărămizilor (cărămida arsă). Tot de la cei doi istorici antici, Vitruviu și Pliniu cel Bătrân, cunoaștem faptul că în anumite locuri cărămizile erau făcute atât de poroase încât puteau să plutească în apă. Acestea au fost folosite probabil în construcția arcurilor, în care ușurința lor ar fi un mare avantaj (Plin. H. N. XXXV.49; Vitruv. II.3n). Evul mediu de asemenea cunoaște utilizarea cărămizii, cu o pierdere a importanței în perioada Renașterii și a Barocului. Am putea spune că anumite evenimente istorice au făcut ca acest material să revină în prim plan, cum ar fi marele incendiu din Londra din 1666 și să rămână de actualitate.

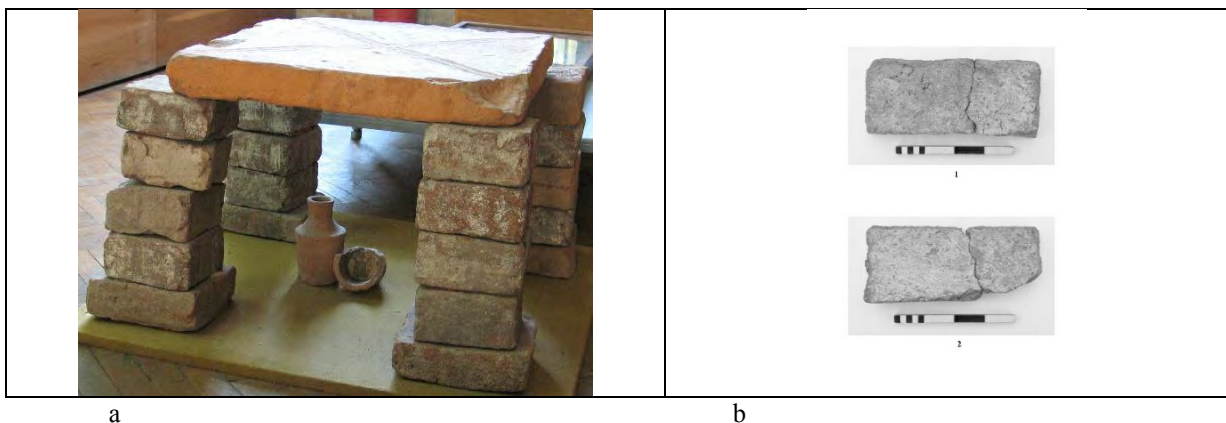


Figura 2. - Cărămidă romană [5], a - cărămidă romană; b - cărămidă medievală, sec. XV (Foto arhiva MJIAZ)

3. Epoca romană

Din cele mai vechi timpuri, oamenii au încercat să își creeze adăposturi care să corespundă nevoilor și timpului lor. Timp de milenii, cele mai utilizate și comune materiale de construcții au fost lutul și lemnul, regăsite până în secolul XX și redescoperite ca soluții constructive în prezent. Nu trebuie să uităm însă, că cele mai durabile construcții, păstrate timp de mii de ani până în zilele noastre au fost totuși cele din piatră. Romanii au fost cei care ne-



au lăsat moștenire cel mai puternic liant, mortarul, un amestec de cenușă vulcanică (*cementum*), apă și var. Astfel, putem admira și astăzi *Panteonul din Roma* construit în sec II. Romanii își fabricau cimentul amestecând cenușa vulcanică cu var (oxid de calciu) și apă de mare, obținând un amalgam în care ulterior incorporau bucăți de rocă vulcanică. [3] Combinația de cenușă, apă și var produce o reacție numită *reacție pozzolanică*, denumită astfel de la orașul Pozzuoli, situat în Golful Napoli. Reacția pozzolanică transformă un precursor bogat în silice, fără proprietăți de cimentare, într-un silicat de calciu, cu bune proprietăți de cimentare. Vitruviu în lucrarea „De Architectura”, scrisă prin 25 î. Chr. recomandă utilizarea cenușii vulcanice din paturile Pozzoli. El specifică un raport de 1 parte de var la 3 părți de pozzolana pentru mortarul utilizat în clădiri și un raport de 1 parte var la 2 părți pozzolana, pentru lucrările subacvatice, care este în esență același raport amestecat astăzi pentru betonul folosit în locațiile marine. Rezistența betonului marin roman este dată și de reacția apei de mare cu amestecul de cenușă vulcanică și var viu, pentru a crea un cristal rar numit tobermorit, care poate rezista la fracturare. Dacă utilizarea cenușii vulcanice este comună Italiei, pentru restul imperiului roman, este posibil ca inginerii să își fi adaptat rețetele la materiale oferite de mediul în care construiau. Astfel, pentru construcția Podului lui Traian, proprietățile cimentului roman sunt rezumate de Șerban Solacolu. În concluzie, el spune că cimentul utilizat este fabricat de romani prin arderea marelor locale. Mortarul are o compoziție granometrică discontinuă, reprezentată de 1/3 nisip și 2/3 agregate mari, dozajul utilizat fiind de 300 kg ciment la m^3 , proporția fiind de: 2,1 nisip; 2,6 cărămizi sparte. [1] Rezistența betonului la compresiune este de 305 kg/cm^2 .

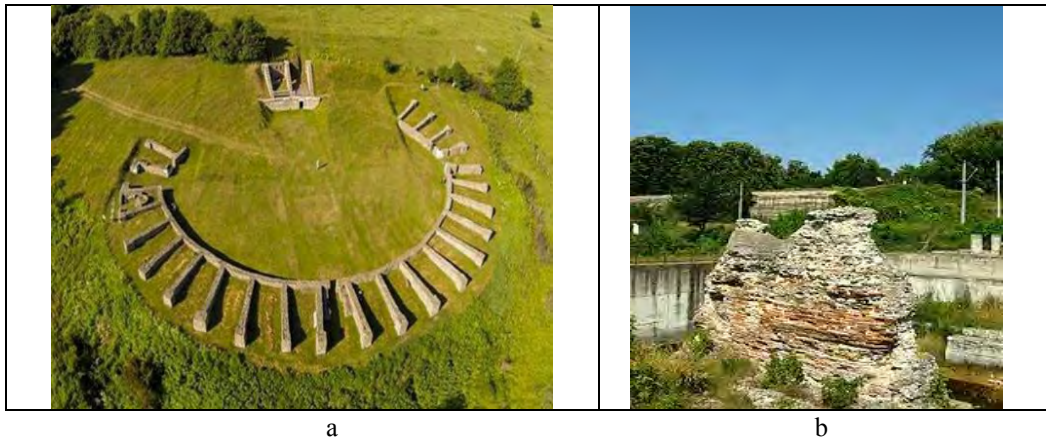


Figura 3. a - Amfiteatrul roman de la Porolissum (arhiva MJIAZ); b- Podul lui Traian de la Drobeta.

Ultimele analize asupra diferitelor mostre de mortar luate din pod, castrul roman și amfiteatrul de la Drobeta indică faptul că la construcția podului s-a utilizat un mortar hidraulic diferit de cel utilizat la construcțiile din zona castrului sau amfiteatrului, în urma analizelor constatându-se faptul că mostrele de mortar se încadrează în parametri atribuiți mortarului roman. [4]

4. Perioada evului mediu

După căderea Imperiului Roman, rețeta pentru fabricarea cimentului s-a pierdut (de altfel, nici azi nu se cunoaște rețeta exactă a producerii cimentului roman), iar un liant cu aceeași valoare nu a fost reinventat până în 1824, când un englez numit Joseph Aspdin a descoperit cimentul Portland prin arderea cretei măcinată și a argilei într-un cuptor, până când dioxidul de carbon a fost îndepărtat. [2] Patentul lui Aspdin fiind secret, primul ciment modern a fost realizat în 1845, de către chimistul englez Isaac Johnson (1811 – 1911), prin arderea până la



topirea parțială, la o temperatură de cca. 1450 C, a unui amestec de argilă și cretă. Cementul roman poate fi considerat precursorul „cimentului Portland” deoarece are compoziția mineralogică similară, formată din compuși ai oxidului de calciu cu bioxidul de siliciu, oxizi de fier și de aluminiu, ce se formează prin arderea materiilor prime la temperaturi superioare arderii varului (1450C, față de cca. 1000C). Chiar dacă rețeta romană de producere a cimentului s-a pierdut, nu înseamnă că perioada evului mediu rămâne fără edificii importante și impozante, continuându-se utilizarea mortarelor pe bază de var: nisip, var stins (sau care poate fi stins la momentul amestecării ingredientelor), apă, și în funcție de rețetă: calcar nears sau adăugat intenționat, praf de marmură, praf sau bucăți mici de cărămidă pisată, păr de cal, paie, resturi vegetale, fiertură de orez, de usturoi, etc., o diversitate de rețete în timp și spațiu. În același timp, în spațiul medieval românesc civil, sunt predominante construcțiile din lemn și lut, fără a lipsi cu desăvârșire cele din piatră. Betonul a făcut un pas istoric înainte, cu includerea metalului incorporat (de obicei oțel) pentru a forma ceea ce acum se numește beton armat sau beton de fier. Betonul armat a fost inventat în 1849 de Joseph Monier și combină rezistența la întindere sau la îndoire a metalului și rezistența la compresiune a betonului pentru a rezista la sarcini grele.

5. Epoca modernă și contemporană

Începând cu Epoca modernă și începutul revoluției industriale, se diversifică și paleta materialelor de construcții, devenind un subiect de cercetare important la acea vreme și până în prezent. Epoca modernă și contemporană este caracterizată prin clădiri și structuri de mari dimensiuni, atât civile cât și industriale, multe dintre ele constituindu-se ca adevărate obiective turistice.

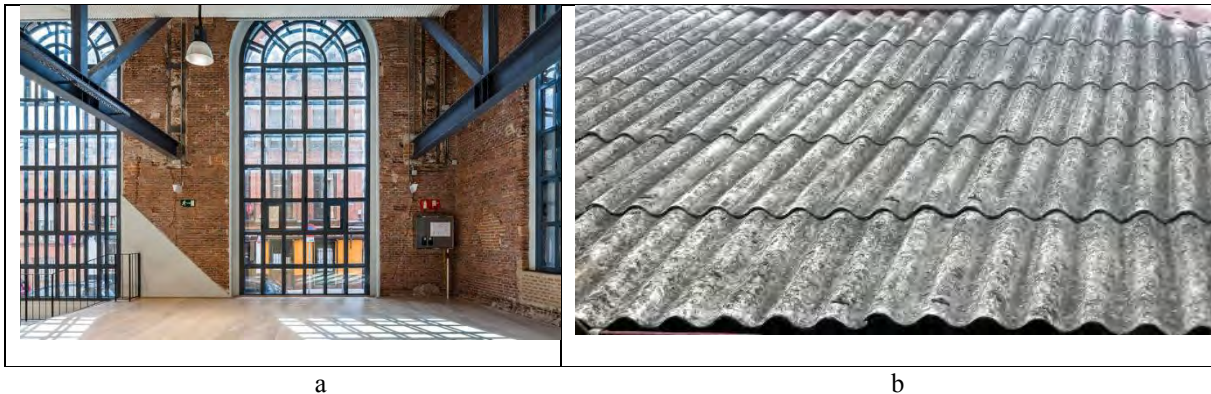


Figura 4. a – Fabrică construită din materiale combinate; b – Plăci de azbest

Se folosesc în realizarea construcțiilor materiale combinate, cum ar fi betonul, piatra, ceramica, lemn, fier și sticla. Se descoperă materiale noi precum azbestul, folosit atât pentru confecționarea învelitorilor la acoperișuri, cât și pentru izolații, dar ulterior interzis din cauza toxicității acestuia.

Încet încet, se trece la utilizarea sticlei tot mai des în materie de construcții, unele clădiri având oțelul și sticla ca materie de bază. Se construiește mult pe înălțime, apar primii zgârie-nori din oțel și sticlă, apar poduri de dimensiuni imense construite din oțel. O evoluție apare și în materie de drumuri: se folosește bitumul în combinație cu agregate diverse pentru a crea pătura asfaltică.

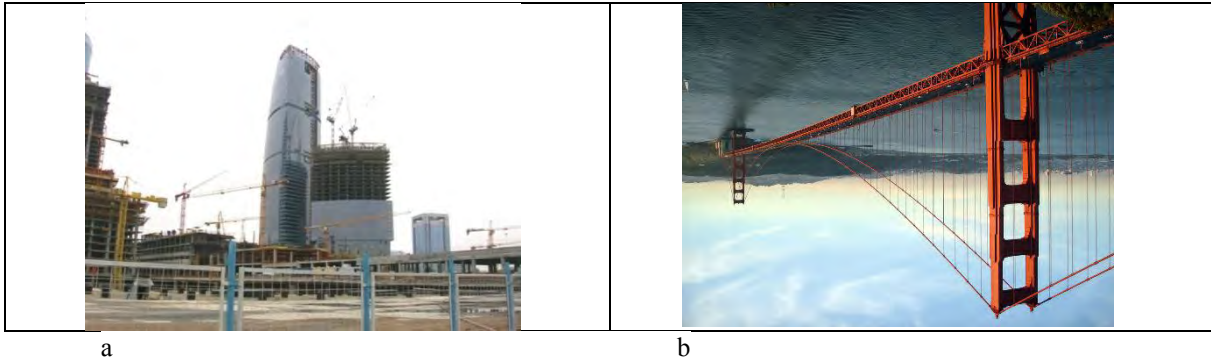


Figura 5. a – Zgărie-nori; b – Pod din oțel (Golden Gate)

Se dorește o eficientizare în materie de izolație ale clădirilor, folosindu-se materiale precum vata minerală, polistirenul, etc.. . Odată cu trecerea în noul mileniu, s-a pus accent în contextul încălzirii globale atât pe folosirea materialelor ecologice cât și pe cele reciclabile. Se folosesc lâna de oaie și baloții de paie pentru izolații, plăcile din OSB și materialele plastice (peturi) pentru realizarea pereților.



Figura 6. Case din materii reciclabile [5]

Așa cum am văzut, toate materialele de construcții mergând până în zilele noastre au o istorie îndelungată. Istoria este ciclică, în condițiile de zi în care producerea cimentului are ca efect eliberarea unei imense cantități de dioxid de carbon, cu efecte asupra mediului. Astfel, se încearcă găsirea unor soluții, una dintre acestea fiind și încercarea de recuperare a rețetelor antice ale cimentului roman, mai prietenos cu natura.

6. Concluzie

În concluzie, lucrarea de față „De la lut la beton. O scurtă istorie a materialelor de construcții.” prezintă o evoluție de mii de ani a materialelor de construcții, evoluție care ne-a marcat existența și stilul de viață, evoluție care nu se oprește niciodată, continuând mereu să ne uimească cu noile ei descoperiri.

BIBLIOGRAFIE

1. Sarah Yang, To improve today's concrete, do as the Romans did, <https://news.berkeley.edu/2013/06/04/roman-concrete>, 28.04.2021 Roman Seawater Concrete
2. Paul Preuss, Holds the Secret to Cutting Carbon Emissions, <https://newscenter.lbl.gov/2013/06/04/roman-concrete>, 510-486-6249, June 4, 2013 28.04.2021
3. Ing. Elena DAN, Dipl. Ing. Mihai ROHA, Scurt istoric al fabricării cimentului în România, Buletinul AGIR nr. 1/2019 (ianuarie-martie)



4. Dan Vlase, Moșoiu Codruța, Gabriela Vlase, Radu Lazău, Titus Vlase, Comparative analyses of Roman mortars belonging to different ancient periods from Drobeta-Turnu Severin region, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2020
5. Case din sticle și PET-uri, <http://constructiicaselarusu.ro/despre-constructii/case-din-sticle-si-pet-uri.html>, 28.04.2021.



APLICAREA ROBOTIZATĂ DE PARDOSELI INDUSTRIALE

Autor

Alex-Valentin LETERNA

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, leternalex2000@gmail.com

Îndrumători

Asist. Dr. Ing. Luminița Pleșa

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, Luminita.molnar@ccm.utcluj.ro

SL Dr. Ing. Dorina Sucala

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, dorina.sucala@ccm.utcluj.ro

REZUMAT: Prin această lucrare se dorește studierea posibilității de dezvoltare a unei mașinării robotizate de aplicare a pardoselilor industriale autonivelante. Pardoselile industriale reprezintă ultimul strat aplicat pe betonul din mediul industrial, care au rol bacteriostatic și de protecție (rășini, betoane poliuretanică/cu întărire rapidă, etc.). După etapa de pregătire a betonului (sablare, șlefuire, buceardare, etc.) aplicarea amorsei și/sau a straturilor finale este un proces care necesită o resursă umană calificată, dar care prin noile tehnologii din robotică poate fi asistat. Prin introducerea unui sistem robotizat, echipa de aplicare va putea fi înlocuită de un robot, astfel reducând numărul de oameni necesari cu până la două treimi. Pe lângă suplینirea de către roboți a activităților care în mod clasic erau făcute de om, dorim studierea posibilității de îmbunătățire a preciziei de aplicare și creșterea capacității de execuție. Această lucrare are ca scop identificarea de materiale moderne care pot fi aplicate prin metode automatizate, punerea în balanță a posibilelor avantaje apărute prin automatizarea procesului și schițarea unui prototip de mașinărie de aplicare.

Cuvinte cheie

Automatizare, robotică, precizie, materiale moderne, pardoseli industriale

1. Concept și aplicabilitate practică

Procesul de aplicare a pardoselilor industriale a stagnat din punct de vedere inovativ în ultimele decenii, resursa umană fiind stâlpul principal al acestei activități. Domeniul în sine s-a dezvoltat în principal prin crearea de materiale noi, mai performante, cu aplicabilități largi, iar la partea de aplicare, utilajele de mixare automată a componentelor acestor pardoseli sunt printre puținele reperi tehnologice demne de nivelul de inovare al secolului 21. Partea de finisare rămâne însă în urmă, procesul fiind unul care necesită o forță de muncă experimentată și se bazează pe unelte clasice precum gletiera și trafaletul.

Această lucrare se bazează pe experiența unei firme specializate pe aplicarea diferitor topcoat-uri oferite de BASF, fiind prima firmă specializată în acest domeniu din zona Transilvania și având o experiență de aproape 10 ani în domeniu.

De la turnarea plăcii de beton, care în general este executată de un terț, procesul de aplicare a pardoselilor industriale începe prin etapa de pregătire a betonului pe care va fi executată suprafața. Metodele convenționale sunt sablarea (pulverizarea de bile de oțel pe suprafața plăcii de beton), șlefuirea, frezarea și buceardarea. Aceste procese au rolul de a dezveli placa de beton de laptele de beton rămas în urma uscării ei, până în punctul în care agregatele ies la suprafață și sunt vizibile cu ochiul liber. Următorul pas pentru asigurarea durabilității suprafeței finale este tăierea de canale de ancorare, care în timp au rolul de a preveni fisurarea sau desprinderea topcoat-ului. De regulă, în funcție de material, se aplică o amorsă peste placa de beton preparată. La procesele de preparare a suprafeței pentru aplicare se pot folosi diferite mașinării de dimensiuni variate, însă punctul maxim de automatizare al acestora este tehnologia de radio-



control și păstrare a trasei drepte, întâlnite spre exemplu la HTC 950 RX. Etapa de aplicare a amorsei se desfășoară în mare parte manual, cu trafaletul, și este automatizată doar în cazul folosirii unui mixer automat la etapa de preparare.

Aplicarea straturilor finale este etapa care necesită cea mai mare precizie. Odată începută, procedura de aplicare nu poate fi oprită decât în momentul terminării întregii suprafețe. Materialul format din mai multe componente este mixat, turnat, nivelat cu gletiera, iar în cele din urmă finisat cu un trafalet cu spini, care are rolul de a scoate bulele de aer din material și de a-l lăsa neted. Kiturile de material au un anumit timp de aplicare în care se poate lega alt kit în prelungirea celui deja turnat, fapt care forțează aplicatorul să toarne încontinuu până la terminarea suprafeței. Este nevoie de o calificare și o experiență vastă pentru realizarea unei suprafețe de calitate din punct de vedere tehnic și estetic. Etapa de mixare necesită cel puțin 2 oameni (unul pregătește materialul, altul operează mixerul), urmând etapa de turnare când este nevoie de alți 2 oameni care au rolul de a transporta materialul mixat și a-l turna pe placa de beton uniform (sunt necesare corecții în cazul în care placa nu este perfect netedă), iar la etapa de finisare este nevoie de 3-5 oameni.

Robotica în construcții este în momentul actual la început de drum. Principala țintă în robotizarea acestui domeniu este suplینirea sarcinilor cu un grad ridicat de pericol sau a sarcinilor de natură repetitivă. În momentul de față, roboții pot fi folosiți în domeniul construcțiilor la zidirea de case, printarea 3D a structurilor exterioare, construirea de structuri de rezistență din metal, tăierea de blocuri de piatră sau beton, legare armăturilor de fier, scanarea în format digital a șantierelor, transportarea autonomă de materiale și scule, excavare autonomă și alte aplicații.

În domeniul aplicării de pardoseli industriale, consider că pot fi aduse îmbunătățiri procesului de turnare și finisare a straturilor finale prin folosirea de tehnică robotizată.

2. Modelul curent de afacere și limite de cost

Mai jos vor fi prezentate estimări de cost pentru aplicarea diferitor pardoseli industriale folosind modelul clasic de lucru:

UCRETE – cea mai rezistentă pardoseală din lume, serie unică de sisteme pentru pardoseli (șape subțiri de 6-12 mm grosime) din beton poliuretanic, extrem de rezistente la impact mecanic puternic și trafic intens (abraziune), acțiuni permanente ale substanțelor chimice foarte corozive, scurgeri de lichide fierbinți (până la +150°C) sau din contră în spații de congelare (până la -40°C), igienizare suprafețe certificate la standard de oțel inoxidabil, tolerante la umiditatea remanentă din suportul de beton și cu o durată medie de viață de peste 40 ani.

Tabel 1. Descriere și costuri aplicare Ucrete.

	Etape / Descriere	Consum materiale	Costuri materiale	Costuri manoperă
Pregătire suport	<ul style="list-style-type: none">Frezare și șlefuire diamantată suprafață – pregătire mecanică integrală;Mici corecții de suprafață - refacere planeitate, muchii, margini, rosturi, fisuri;Execuție canale de ancorare pentru pardoseală, rigole, sifoane;Măturare, aspirare încrucișată, degajare material rezultat.	-	-	4,50 €/m ²
Amorsă	<ul style="list-style-type: none">Aplicare manuală la trafalet amorsă din trei componente - Ucrete Primer SC;	0,4 kg/m ²	3,60 €/m ²	0,50 €/m ²



	<ul style="list-style-type: none"> Timp de reacoperire (la 20°C temp. ambiantă) – min. 16 sau max. 48 ore 			
Strat de bază final	<ul style="list-style-type: none"> Aplicare manuală cu gletiera, mortar de trafic greu Ucrete UD 200, din 4 componente, la grosimea de cca. 6 mm, finisare suprafață; Timpi de uscare (la 20°C) – 16-18 ore trafic pietonal și max. 36 ore uscare totală. 	15,0 kg/m²	43,30 €/m²	3,50 €/m²
<i>Cost materiale :</i>		<i>46,90 €/m²</i>		
<i>Cost manoperă :</i>		<i>8,50 €/m²</i>		
Cost TOTAL pardoseală Ucrete UD 200, 6 mm grosime (material și manoperă) :		55,40 €/m²		

MASTERTOP – gamă de pardoseli din rășini sintetice - destinată realizării pardoselilor decorative și industriale în diferite domenii de activitate, este compusă din pardoseli pe baza de rășini epoxidice, poliuretanică și cementoase, combinate cu diferite tipuri de agregate dure. Au suprafața continuă, fără îmbinări, sunt estetice, igienice și confortabile la mers. Sunt recomandate în spațiile uscate de producție și depozitare din mediul industrial, fiind ideale și pentru zone publice, precum spitale, scoli și magazine.

Tabel 2. Descriere și costuri aplicare Mastertop.

Etape / Descriere		Consum materiale	Costuri materiale	Costuri manoperă
Pregătire suport	<ul style="list-style-type: none"> Șlefuire diamantată suprafață – pregătire mecanică integrală; Mici corecții de suprafață - planeitate, muchii, margini, rosturi, fisuri; Măturare, aspirare încrucișată, degajare material rezultat. 	-	-	2,00 €/m²
Amorsa	<ul style="list-style-type: none"> Aplicare amorsă epoxidică bicomponentă, pre umplută pentru substraturi minerale - MasterTop P 604 și armare cu nisip uscat ; Timp de reacoperire (la 23°C temp. ambiantă) – min. 7 sau max. 36 ore 	0,5 kg/m² + nisip 1-1,3 kg/m²	3,40 €/m²	1,00 €/m²
Strat de egalizare	<ul style="list-style-type: none"> Aplicare prin tragere și finisare cu gletiera amorsă epoxidică umplută cu nisip uscat- MasterTop P 604; Timp de reacoperire (la 23°C temp. ambiantă) – min. 7 sau max. 36 ore 	1,0 kg/m² + nisip 1,2 kg/m²	6,80 €/m²	1,20 €/m²
Strat de bază	<ul style="list-style-type: none"> Aplicare strat de bază epoxidic, bicomponent și autonivelant - MasterTop BC 372 mixat cu nisip uscat ; Timp de maturizare (la 23°C temp. ambiantă) 2 zile permis trafic pietonal ușor și uscare totală 5-7 zile. 	2,0 kg/m² + nisip 1,0 kg/m²	13,20 €/m²	1,30 €/m²
<i>Cost materiale :</i>		<i>23,40 €/m²</i>		
<i>Cost manoperă :</i>		<i>5,50 €/m²</i>		
Cost TOTAL pardoseală MasterTop 1273 (material și manoperă) :		28,90 €/m²		

După cum se poate observa în ofertele de preț de mai sus, mare parte din prețul unui sistem de pardoseli este reprezentată de costurile materialelor. Din prețul total, o limită de cost pentru construcția unei mașinării robotizate de aplicare poate fi dedusă din costul de manoperă pentru aplicarea amorsei și a stratului de bază final care reprezintă aproximativ 4€/m².



Având în vedere faptul că în general, pe lună, se aplică cca. 1500m² de pardoseli, costul manoperei pe o perioadă de 5 ani este de aproximativ 360.000 €. Prin urmare, cu o rată de amortizare de 30%, o astfel de mașinărie poate avea un cost de aproximativ 100.000 €. Acest cost nu va cuprinde consumabilele robotului și reprezintă estimativ un cost final de achiziție pentru o astfel de mașinărie.

3. Specificațiile robotului

Ideile de specificații ale unui astfel de robot pornesc de la faptul că mediul de lucru pentru o astfel de mașinărie este șantierul, deseori în hale închise, și de la nevoia de a suplini operațiunile de aplicare a amorsei, turnare a amestecului de șapă și nivelarea acesteia.

a. Tipul de robot

- Stilul robotului pornește de la forma generală de aplicare a pardoselilor, mai precis fâșii cu lățimea între 6 și 12 metri de pardoseală. Utilizarea lui principală este aplicarea în hale mari, deschise, iar principalele avantaje pe care le va oferi sunt precizia de aplicare și sporirea suprafeței aplicate pe zi. Pentru o astfel de situație se pretează cel mai bine stilul de robot cartezian.
- Robotul are la bază o structură extensibilă din aluminiu (gri), la capete având sistemul de mișcare cu roți convenționale care pot pivota 360⁰ (albastru).
- Pe structura de bază se montează șine longitudinale pe segmente, fiind ancorate în fiecare din segmentele structurii de bază. Pe aceste șine este montată o platformă mobilă cu un singur grad de libertate, care are rolul de a parcurge suprafața de aplicare împreună cu toată aparatura.

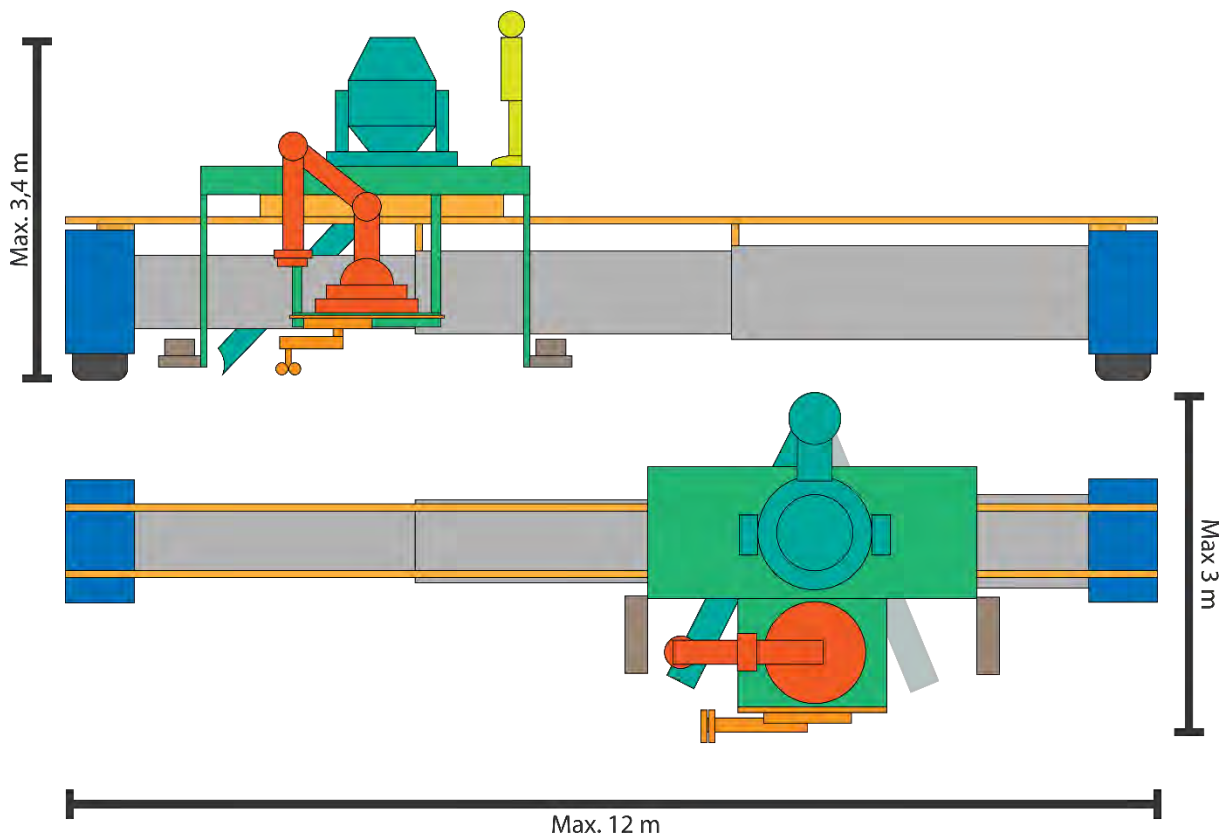


Figura 1. Robot vedere față și de deasupra



b. Dimensiunile robotului

- Robotul este gândit în jurul cerinței de a fi ușor de transportat dintr-o locație în alta. Astfel el trebuie să încapă împreună cu accesoriile într-un camion cu remorca internă de aproximativ $8,0 \times 2,45 \times 3,0$ m.
- Dimensiunea segmentului de aluminiu extensibil va fi de aproximativ 1m.
- Greutatea mașinării este limitată de capacitatea de încărcare a camionului, care în general este de 20 t.

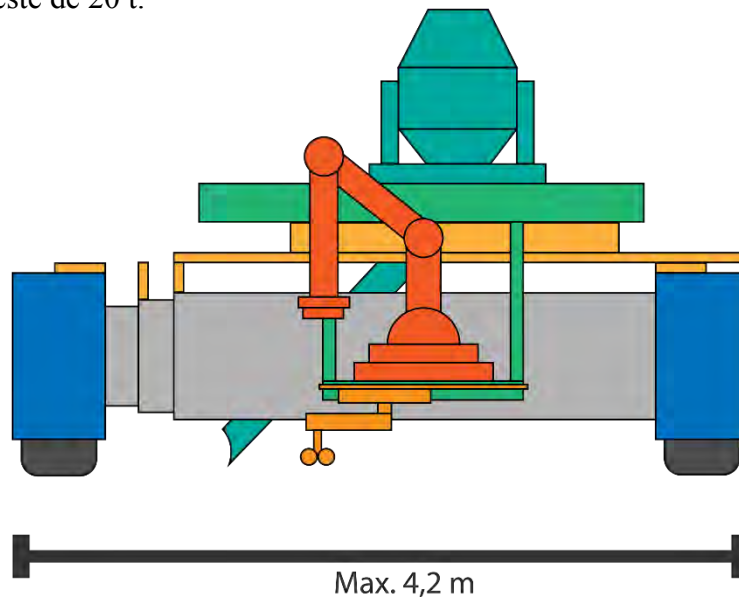


Figura 2. Robot comprimat

c. Sursa de energie

- Pentru un astfel de sistem complex, sursa preferată de alimentare ar fi energia electrică, datorită flexibilității utilizării ei. Sistemul de mișcare de pe capete va fi acționat hidraulic, în timp ce restul mașinărilor vor fi alimentate electric.
- Varianta unui motor termic încorporat pe mașinărie presupune o creștere semnificativă a greutateii.

d. Funcții

Mixarea și turnarea amestecului de material

- Mixarea materialului se va face în cuve similare cu o betonieră clasică, urmând a fi turnate printr-un jgheab care pivotează. Controlul cantității de material turnat este făcut printr-o valvă electrică și se va realiza în funcție de informațiile primite de la senzori privind starea suprafeței pe care urmează să fie turnat.

Nivelarea

- Probabil cea mai dificilă parte din tot procesul de automatizare, nivelarea, va fi executată de un braț robotizat (portocaliu închis). La momentul actual, tehnologia roboților de tip braț oferă posibilitatea folosirii lor aproape în orice domeniu.
- Pentru aplicația de față, robotul braț va lucra în strânsă colaborare cu un întreg set de senzori și va răspunde în timp real modificărilor suprafeței.
- Costul robotului va reprezenta peste 30% din aplicația finală, însă acest lucru va asigura o piesă cu peste 20.000 de ore de funcționare, rezistentă la praf și umiditate, care poate oferi precizie de ordinul submilimetric.



- Cea mai importantă componentă din acest sistem va fi capătul (instrumentul atașat în vârful robotului) care va avea un sistem de palete similare cu gletierele, cu rolul de a împrăști materialul turnat de jgheab, care va fi distribuit sub forma unor mici grămezi pe suprafața plăcii de beton.

Deaerarea

- Deaerarea este procesul prin care se elimină bulele de aer din compoziția amestecului de pardoseală.
- Pentru această aplicație se va folosi un robot tip SCARA, pentru a copia cât mai bine mișcarea naturală a trafaletului cu spini, folosit în mod clasic de unul dintre membrii echipei de aplicare.
- Roboții de tip SCARA sunt mai ieftini, mai compacți din punct de vedere al dimensiunii, potriviți pentru amplasarea lor pe sistemul nostru. Ei se diferențiază de brațele robotice prin faptul că joncțiunile au un singur grad de liberare. Controlul înălțimii va fi variabil, nu cu aceeași flexibilitate ca a brațului de nivelare, însă acest compromis oferă o rază de acțiune circulară foarte mare pentru dimensiunile robotului și avantajează mișcările lungi și continue ale trafaletului.
- Capătul va avea 2 tamburi de trafalet cu țepi, va fi elastic pentru a nu apăsa prea tare țepii în pardoseală, iar trafaletii vor putea fi înlocuiți cu ușurință pentru fiecare aplicare.

e. Sensoristică

- Cuvântul robot presupune o mașinărie care poate lua decizii singură, pe baza situației date. Cu toate acestea, pentru ca mașinăria să poată replica manopera clasică, va fi nevoie de foarte mulți senzori care să ofere informații.
- Primul senzor și probabil cel mai important va fi folosit după pregătirea plăcii de beton: o cameră LIDAR. Folosite deja în industria automotive și în construcții, găsite deja pe smartphone-uri, camerele LIDAR (light detection and ranging) pot crea o simulare a încăperi și o pot transpune în format digital. Ca prim pas, zona de aplicare va fi scanată în totalitate, transpusă în programul robotului, unde robotul va calcula trasa perfectă pentru aplicarea pardoselii.
- După ce spațiul de lucru este disponibil în format digital, robotul va alege două puncte de reper unde se vor instala fizic 2 lasere cu rolul de a ghida robotul pentru menținerea direcției și a înălțimii corecte față de nivelul pardoselii.
- Pe platforma mobilă se instalează două seturi de senzori care o să conțină camere LIDAR, senzori de distanță și diferiți senzori optici care calculează exact cantitatea de material care trebuie turnată. Acești senzori au și rolul de a verifica planeitatea suprafeței proaspăt nivelate de brațul robotic.
- În jurul robotului sunt montați senzori ultrasonici de distanță asemeni celor de pe mașinile moderne, care au rolul de a detecta eventualele obstacole care trebuie mutate din calea mașinăriei sau muncitorii din jurul mașinăriei care pot fi accidentați.
- Folosind suspensii pe bază de perne de aer, senzori giroscopici și senzori de distanță, sistemul de mișcare va menține tot timpul platforma de lucru la o înălțime constantă față de placa de beton.

f. Operatorii și echipa de întreținere

- Robotul în sine nu are ca scop principal înlocuirea echipei clasice de muncitori. Se dorește oferirea posibilității de a executa lucrări de anvergură în timp scurt. Astfel, o adiție la o echipă clasică ar fi un inginer de mentenanță și un operator.
- Operatorul are rolul de a executa scanările șantierului, de a stabili punctele de ghidaj și ordinea de execuție. Acest post poate fi dobândit în urma unor training-uri.
- Inginerul de mentenanță are rolul de a asigura buna funcționare a mașinăriei, de a executa reparații și de a înlocui consumabilele. Acest post necesită cunoștințe de robotică.



4. Costul și etapele de cercetare

Cercetarea și prototiparea unei astfel de mașinării va reprezenta un cost mult mai mare în comparație cu cel al produsului finit. Deși multe componente pot fi cumpărate de la distribuitori (aparatură de mixare, senzori, brațe robotice, motoare, etc.) un astfel de sistem necesită mult hardware și software personalizat (cadru extensibil, șinele, platforma mobilă, softul de comandă).

Un prim pas în realizarea unui proiect de acest gen ar fi testarea ipotezei de aplicare robotizată a pardoselilor. Se poate începe prin utilizarea unui braț robotizat de dimensiuni mici, prin care să se realizeze etapa de nivelare a materialului turnat. Această etapă vine cu provocările ei datorită faptului că se va încerca imitarea mișcării gletierei de către un muncitor pentru uniformizare. Procesul va necesita atingerea preciziei și consistenței forței de muncă calificate. Un astfel de experiment poate fi realizat inclusiv cu roboți educaționali, caz în care costul nu va depăși suma de 20.000€. Ulterior, pentru aplicațiile la scară mare, costul de dezvoltare a sistemelor de brațe împreună cu senzorialitatea necesară și programarea lor poate să treacă de 150.000€.

Următoarea etapă ar fi dezvoltarea unui sistem de mixare și pompare a materialului pentru turnare. Scopul principal și provocarea cea mai mare este crearea unui mecanism robotizat care poate adapta cantitatea de material la forma stratului suport. Pentru ușurarea unei astfel de operații se pot folosi pardoseli autonivelante în stadiul incipient al dezvoltării. Acest sistem se va baza probabil mai mult pe principii mecanice, simple, tehnica digitală fiind folosită în senzorialitatea necesară determinării cantităților necesare.

Pasul de cercetare cu costurile cele mai ridicate probabil va fi construirea structurii utilajului. Deși la nivel de concept, forma utilajului asemănătoare cu mecanismul de printare al unei imprimante cu cerneală rămâne un potențial subiect al schimbărilor ulterioare. Pentru această etapă este foarte greu de estimat un cost de cercetare.

5. Alte automatizări în domeniul pardoselilor

Este greu de prezis viitorul acestui domeniu, însă cu siguranță tehnologia poate ajuta prin diferite metode. Deși acest proiect este destinat aplicării de suprafețe mari, sistemele folosite în construcția lui pot avea roluri cheie în viitor:

Turnarea automată – La ora actuală există o unealtă pur mecanică prin care se poate aplica tot timpul o fâșie constantă de material (Screed Box). Principalul dezavantaj este durabilitatea și întreținerea. Șapele poliuretanică se lipsesc de pereții uneltei astfel că după fiecare aplicare ea necesită un proces de curățare mecanică. Conceptele acestei unelte pot fi folosite în colaborare cu un sistem automat de mixare pentru a obține un mecanism de turnare autonomă.

Scanările 3D folosind camere LIDAR – Prin scanări 3D ale zonei de lucru se vor putea detecta din timp neconformități ale plăcii de beton (pante neconforme, adâncituri) și se vor putea corecta încă din etapa de pregătire a substratului.

Robotizarea aplicării pardoselilor decorative – Împreună cu un material care va avea proprietăți specifice se vor putea realiza desene folosind rășini, cu ajutorul preciziei oferite de roboți.

6. Concluzii

Acest proiect este un concept. Forma finală a mașinării poate să difere radical de cea prezentată în această lucrare. Totuși această lucrare poate naște o temă de gândire: Cum vor



putea roboții să revoluționeze construcțiile? Sistemul prezentat în această lucrare are rolul de a contura o direcție de început pentru viitoarele evoluții. Se pot sublinia principalele avantaje țintite de către proiect și eventualele provocări care o să apară în dezvoltarea conceptului.

Avantaje:

- **PIERDERI MICI DE MATERIAL:** Turnarea acestor sisteme de pardoseală prin metoda clasică rezultă în apariția de diferențe între cantitatea de material calculată și cea aplicată. Datorită acestui fapt, tot timpul trebuie să existe o cantitate de material de rezervă care să acopere eventualele situații neprevăzute. Totuși, prin aplicarea uniformă și folosirea de programe soft specializate, se va ajunge la pierderi mai mici. Desigur, acestea nu vor fi eliminate complet.
- **UNIFORMIZARE PERFECTĂ:** Actuala forță de muncă, fie ea calificată sau nu în aplicarea de pardoseli, nu va putea obține suprafața perfectă. Un exemplu poate fi luat din industria automotive, unde în vremea când caroseriile mașinilor erau vopsite manual exista o rată de succes de doar 70%. Ulterior, prin introducerea de vopsitorii robotizate complet, procentul de succes a fost ridicat la aprox. 98%. Prin aplicare robotizată se va asigura o suprafață uniformă datorită preciziei cu care roboții pot replica procesul de nivelare.
- **CREȘTEREA CAPACITĂȚII DE LUCRU:** Unul dintre cele mai mari avantaje ale unei automatizări este capacitatea de lucru continuu și la viteză mult mai mare. Singurele sincope în fluxul de lucru pot apărea doar în cazul schimbării consumabilelor sau executarea de lucrări de mentenanță.
- **REDUCEREA COSTURILOR DE APLICARE:** Pentru suprafețe extinse de aplicare, automatizările pot conduce la scăderea costului de aplicare. Cheltuielile clasice de manoperă includ salariile muncitorilor, cazarea și mesele. Aceste cheltuieli pot fi reduse datorită timpului mai scurt de execuție a lucrării și a reducerii personalului necesar executării.

Provocări:

- **LIPSA DE MATERIALE MODERNE:** Un astfel de sistem va necesita un nou tip de material, conceput special pentru aplicarea automatizată. Astfel, timpii de mixare, de priză, de lucrabilitate și de întărire trebuie să difere semnificativ de cei regăsiți în materialele actuale.
- **SUSTENABILITATEA ACTUALULUI CONCEPT:** Datorită faptului că utilajul este construit în jurul aplicării de suprafețe mari, acest lucru poate duce la lipsa clienților. Deseori aceste sisteme se aplică în spații înguste unde accesul unei astfel de mașinării nu va fi posibil.
- **APLICAREA PE PANTE ȘI ÎN JURUL RIGOLELOR:** Orice placă de beton are o anumită pantă, care în multe cazuri poate să fie variabilă. Acest lucru poate aduce provocări semnificative în construcția mașinării astfel încât să fie adaptabilă acestor situații. Rigolele sunt întâlnite des pe pardoselile halelor și necesită o atenție specifică la etapa de aplicare a pardoselilor în jurul lor.

BIBLIOGRAFIE

1. R. Bentley, *UCRETE Industrial Flooring Application Manual*, BASF Construction Chemicals Ltd, 2006
2. Thomas Telford, *Concrete industrial ground floors*, Institution of Civil Engineers, 2002



ANALIZA STRUCTURILOR DIN CLT ÎN VEDEREA UTILIZĂRII ÎN CLĂDIRILE ÎNALTE

Autori

Raluca Claudia C. Crăciun¹, Raul-Beniamin I. Avram²

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, ralucacraciun99@yahoo.com

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, avraul2001@gmail.com

Îndrumător

Asist. Dr. Ing. Luminița Monica Pleșa³

³Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, luminita.molnar@ccm.ucluj.ro

REZUMAT: CLT-ul reprezintă unul dintre cele mai noi materiale utilizate pe piața construcțiilor din prezent. Avantajele acestuia (printre care amprenta mică de carbon, procesul simplu de fabricare, densitatea redusă) îl clasează drept un material revoluționar, care a fost ușor introdus pe piața materialelor rezistente, ecologice și sustenabile. Dacă în cazul clădirilor de mici dimensiuni, CLT-ul s-a dovedit a fi o soluție foarte bună, în prezent se încearcă adaptarea acestuia în structurile înalte. Turnul Mjøsa, cea mai înaltă clădire din lemn în 2019, dovedește faptul că o construcție din acest material poate aborda înălțimile zgârie-norilor, având 18 etaje și 85,5 metri.

Astfel se propune o analiză a caracteristicilor panourilor de CLT, realizate din lemn de molid, și a posibilității utilizării acestui material, alături de grinzi din stejar, în structura unei clădiri înalte. Studiul de caz va fi realizat asupra clădirii Willis Tower, localizată în Chicago, Illinois, SUA. Principalul obiectiv al studiului este o reprezentare în miniatură, din material lemnos, a acestei clădiri.

Cuvinte cheie: CLT, structură, rezistență, miniatură, Mjøsa

1. Materialul CLT

1.1. Ce este CLT (Cross-Laminated Timber)?

Cheresteaua laminată încrucișată (CLT) este un produs din lemn prelucrat sub formă de plăci, optimizat pentru a suporta sarcini proprii și exterioare. CLT-ul este compus dintr-un număr impar de straturi suprapuse (în general trei, cinci sau șapte), prezentând rotații transversale de 90° între două straturi consecutive. Straturile sunt lipite cu adezivi, constituind un material de construcție rigid, foarte compact și versatil în ceea ce privește utilizarea. Dimensiunile panourilor permit aplicarea acestora ca elemente verticale (pereți) și orizontale (planșee), indiferent de dimensiunile dorite. În acest fel, restricțiile de utilizare a unor dimensiuni standardizate (precum în cazul construcțiilor pe structură ușoară din lemn) pot fi scoase din discuție, iar deschiderile ferestrelor și ușilor pot fi proiectate în mod liber. [1]

Tehnologia CLT a deschis noi orizonturi în ceea ce privește dimensiunile utilizate în ingineria lemnului, permițând arhitecților și inginerilor să proiecteze și să realizeze clădiri din cherestea cu forme deosebite și volume nemaiîntâlnite anterior. Interesul crescut pentru utilizarea acestui material inovativ în construcția clădirilor mici și mijlocii a determinat o creștere la nivel mondial în domeniul activităților de cercetare și dezvoltare, precum și inaugurarea sectorului de clădiri înalte, domeniu în care cheresteaua nu se regăsea anterior. [1]

1.2. Fabricarea panourilor din CLT

Reușita fabricării CLT-ului constă în calitatea lemnului și controlul parametrilor care optimizează aderența adezivului de îmbinare. În mod normal, lemnul este uscat în cuptor până la o umiditate de 12% (+/-3%). Reglarea umidității lemnului previne variațiile volumetrice și



fisurarea suprafețelor. Lemnul poate fi procurat uscat sau umed, în cel de-al doilea caz lemnul fiind obligatoriu supus procesului de uscare în fabrică. Debitarea și îmbinarea lemnului sunt necesare pentru a obține lungimile și calitatea dorită (fiind îndepărtate nodurile, care altfel ar reduce rezistențele mecanice). Dimensiunile panourilor variază în funcție de producător. Procesul de asamblare poate dura de la 15 până la 60 de minute, în funcție de adezivul și echipamentele utilizate. [2]

Adezivul este al doilea material (în ordinea descrescătoare a volumului ocupat) din compoziția CLT-ului. Odată ce adezivul este aplicat, ansamblul este presat hidraulic sau cu vacuum, în funcție de grosimea panoului și de adezivul folosit. Panourile asamblate sunt de regulă rindeluite și/sau șlefuite, obținându-se astfel o suprafață netedă. Panourile sunt mai apoi dimensionate conform proiectului, utilizând programe de calcul precise, fiind realizate și golurile pentru uși, ferestre și instalații. La sfârșitul procesului sunt efectuate verificări suplimentare ale produsului, cu scopul de a asigura calitatea și conformitatea. [1]

1.3. CLT-ul ca material ecologic

Datorită observării unor efecte tot mai accentuate ale încălzirii globale și ale poluării masive, în ultimii ani s-au conceput o mulțime de campanii ecologice și s-au adoptat numeroase legi care să reducă poluarea. Dorința de a găsi soluții cât mai eficiente și ușor de aplicat a condus la realizarea unor inovații în multe din domeniile activității antropice. Domeniul construcțiilor nu este ocolit de acest curent ecologic. Astfel, putem identifica și aici atât concepte (eficiența energetică, utilizarea energiei regenerabile), cât și materiale (naturale, cu amprentă redusă de carbon sau alcătuite din deșeuri reciclate) menite să îmbine confortul și estetica construcțiilor din jurul nostru cu natura tot mai rar întâlnită prin preajmă.

CLT-ul este un exemplu potrivit de inovație, un material ecologic, realizat din lemn, care, în urma procesului de fabricație obține rezistențe și capacități performante. Chiar mai mult, CLT-ul înmagazinează și nu eliberează dioxid de carbon precum betonul. Dacă o clădire de 20 de etaje din beton emană în atmosferă aproximativ 1200 de tone de dioxid de carbon, aceeași clădire construită din CLT ar stoca aproximativ 3100 de tone de acest gaz. Astfel, ar fi salvate 4300 de tone de dioxid de carbon, echivalentul a 900 de mașini eliminate de pe drumuri. [3]

1.4. Avantajele utilizării

Fiind comercializat sub forma unor panouri de mari dimensiuni, avantajele CLT-ului în industria construcțiilor sunt evidente: capacitatea sa remarcabilă de prefabricare, tehnica de construcție ce presupune deșeuri minime rezultate, umiditatea redusă a elementelor și un timp scurt de montaj pe șantier (aproximativ două zile pentru o casă unifamilială). Spre deosebire de structurile ușoare din lemn, trebuie menționate avantajele unei separări clare a structurii portante de straturile de termoizolație și instalații, permeabilitatea redusă la aer, capacitatea de absorbție a umidității și conductivitatea termică redusă, independența dimensiunilor modulare în poziționarea deschiderilor pentru ferestre și uși. [1]

Masa redusă a structurii (este cu 80% mai ușor decât betonul), rigiditatea și capacitatea portantă bidimensională (verticală și orizontală) îl fac ideal în clădirile rezidențiale și de birouri cu mai multe etaje (școli și case unifamiliale), pentru proiectele de conversie și modernizare a clădirilor existente, pentru construcții și structuri de anvergură, cum sunt podurile. De asemenea are capacitatea de a rezista încărcărilor excepționale, cum sunt cutremurele. Acest comportament foarte bun la seism se datorează rigidității mari a elementelor de tip panou, precum în cazul structurilor pe diafragme, transmiterea energiei fiind realizată la nivelul îmbinărilor dintre panouri.



Este un material natural, regenerabil și reutilizabil. Pentru fabricarea panourilor nu este nevoie de arbori bătrâni, cu trunchi gros, ci de copaci tineri cu diametrul de maxim 25 de cm care pot fi procurați din surse sustenabile.

2. Caracteristicile lemnului

Pentru a asigura longevitatea unei clădiri înalte construite din lemn trebuie să luăm în considerare comportarea elementelor la acțiunea focului și la umiditate. Ne vom referi la rezistențele lemnului de stejar și a panourilor din lemn de molid, protejate printr-un strat de gips tip F, care încetinește efectele expunerii la foc

2.1. Rezistența la acțiunea focului. Adâncimea de carbonizare

Pentru toate suprafețele constituite din lemn sau panouri pe bază de lemn care sunt expuse (în mod accidental sau nu) acțiunii focului trebuie luate în considerare efectele carbonizării, indiferent dacă ne referim la suprafețe protejate împotriva acestui tip de acțiune sau la cele neprotejate.

Adâncimea de carbonizare reprezintă distanța dintre suprafața exterioară inițială a elementului și limita de carbonizare. Aceasta se calculează în funcție de timpul de expunere la foc și viteza de ardere corespunzătoare. Calculul proprietăților secționale trebuie să fie bazat pe adâncimea reală de carbonizare.

Viteza de ardere în cazul carbonizării unidimensionale se consideră constantă în timp. Adâncimea de carbonizare se calculează folosind formula (1):

$$d_{char,0} = \beta_0 t \quad (1)$$

în care:

$d_{char,0}$ este valoarea de calcul a adâncimii de carbonizare unidimensională;

β_0 este viteza de ardere unidimensională pentru o carbonizare în situația de expunere la foc standard;

t este timpul de expunere la foc

Pentru densități caracteristice ρ_k și grosimi de panou h_p mai mici de 20 mm, viteza de ardere se calculează folosind formula (2):

$$\beta_{0,\rho,t} = \beta_0 k_\rho k_h \quad (2)$$

cu (3)(4):

$$k_\rho = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} \quad (3)$$

$$k_h = \sqrt{\frac{20}{h_p}} \quad (4)$$

în care:

ρ_k este valoarea densității caracteristice, în kg/m^3 ;

h_p este grosimea panoului, în milimetri.

Conform SR EN 1995-1-2:2004, valoarea de calcul al vitezei β_0 de ardere la lemnul masiv sau panourile lamelate de esență tare cu densitate caracteristică mai mare sau egală cu 450 kg/m^3 este:

$$\beta_0 = 0,65 \text{ mm/min}$$

În figura 1 sunt prezentate diferite faze de protecție, timpi de schimbare între faze și vitezele de ardere corespunzătoare pentru suprafețele protejate cu cămășuie ignifuge (gips tip F), alte materiale de protecție sau alte elemente structurale.

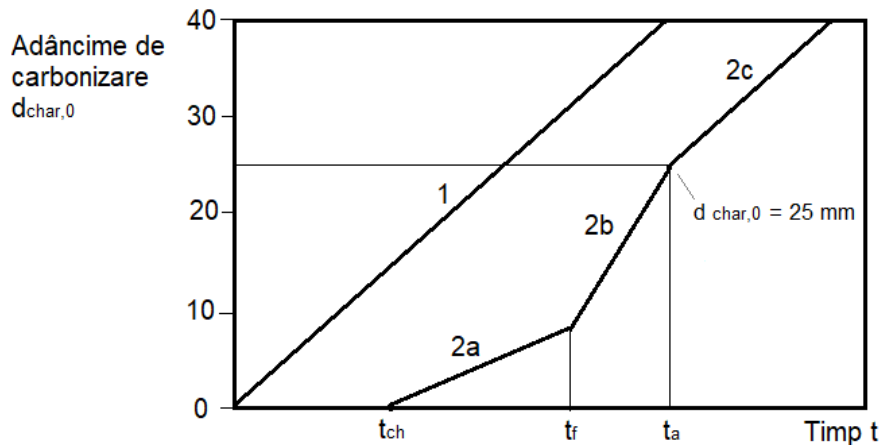


Figura 1. Variația adâncimii de carbonizare când $t_{ch} < t_f$.

Legendă

- 1 - Relația pentru elemente neprotejate pe durata expunerii la foc pentru o viteză de ardere β_0 ;
- 2 - Relația pentru elemente protejate inițial unde carbonizarea începe înaintea cedării stratului protectiv;
- 2a – Carbonizarea începe la momentul t_{ch} cu o viteză mai mică atunci când stratul de protecție este încă activ;
- 2b – După desprinderea stratului protectiv, carbonizarea începe cu viteze superioare;
- 2c – După ce adâncimea carbonizată depășește 25 mm viteza de ardere se reduce la valoarea β_0 .

Pentru $t_{ch} \leq t \leq t_f$ vitezele de ardere ale elementelor de lemn sunt multiplicat cu un factor k_2 .

În cazul în care elementul de lemn este protejat cu un singur strat de gips tip F, valoarea k_2 se calculează cu (5):

$$k_2 = 1 - 0,018 h_p \quad (5)$$

în care h_p este grosimea stratului, în milimetri.

Pentru faza ulterioară cedării stratului protectiv indicată de $t_f \leq t \leq t_a$, viteza de ardere β_0 este multiplicat cu un coeficient $k_3 = 2$. Pentru $t \geq t_a$ viteza de ardere β_0 este aplicat fără a fi multiplicat cu vreun factor. [4]

Timpul limită t_a în cazul în care $t_{ch} < t_f$ se calculează conform (6):

$$t_a = \frac{25 - (t_f - t_{ch})k_2\beta_0}{k_3\beta_0} + t_f \quad (6)$$

Pentru cămășuieli compuse dintr-un strat de gips de tip A, F sau H în conformitate cu EN 520, la liniile de bază interioare sau perimetrelor adiacente îmbinărilor umplute, ori a golurilor neumplute cu deschidere de 2 mm sau mai puțin, timpul de inițiere t_{ch} se ia conform (7):

$$t_{ch} = 2,8 h_p - 14 \quad (7)$$

în care

h_p este grosimea panoului, în mm. [4]

În poziții adiacente îmbinărilor cu goluri neumplute cu deschideri mai mari de 2 mm, timpul de inițiere t_{ch} se ia conform (8):

$$t_{ch} = 2,8 h_p - 23 \quad (8)$$

În cazul nefavorabil în care $\beta_0 t_a < 25 \text{ mm}$, t_a va fi înlocuit prin (9):

$$t_a = 25 / \beta_0 \quad (9)$$



2.2. Clasele de rezistență și densitatea lemnului

Normele europene EN 388-1994 sortează lemnul pentru construcții în 9 clase pentru rasinoase și 6 clase pentru foioase.

Clasa de rezistență a lemnului, conform tabelului 1, se definește prin valoarea rezistenței caracteristice la întindere prin încovoiere, exprimată în N/mm^2 .

Tabelul 1 - Clasele de calitate ale lemnului

Specia	Clasele de rezistență			
	C 10	C 18	C 24	C 30
Molid	x	x	x	x
Stejar	-	x	x	x

Umiditatea lemnului reprezintă o caracteristică deosebit de importantă, care influențează toate proprietățile fizice, mecanice, de deformare și tehnologice ale lemnului și ale produselor derivate din lemn. Variația umidității duce, de asemenea, la modificarea în anumite limite a dimensiunilor elementelor.

Variația densității lemnului influențează caracteristicile mecanice ale acestuia. Densitatea aparentă depinde de specia lemnului, de conținutul de umiditate (tabelul 2), de poziția lemnului și de regiunea trunchiului de unde este prelevată proba.

Tabelul 2. Densitatea diferitelor specii de lemn.

Specia de proveniență	Densitatea aparentă a lemnului, în funcție de umiditate (kg/m^3)			Densitatea (kg/m^3)	
	Lemn verde	Lemn cu umiditate de 15%	Lemn uscat	$\rho_{0,05}$	$\rho_{0,95}$
Molid	740	480	430	375	440
Stejar	1110	740	650	640	780

Pentru a determina densitatea la umiditatea de 12% funcție de densitatea la o anumită umiditate $u\% = (7 \div 17)\%$ se poate folosi relația (10):

$$\rho_{12} = \rho_u \left[1 - \frac{(1-\beta)(u-12)}{100} \right] \quad (10)$$

unde:

β - coeficient de umflare în volum pentru variația umidității de 1%.

În calculul greutatei proprii a elementelor de lemn se adoptă valori caracteristice maxime ale densității ($\rho_{0,95} = 1,16 \rho_{12}$) și valori minime ($\rho_{0,05} = 0,84 \rho_{12}$) în funcție de efectul greutatei în acțiunea totală.

Valorile maxime ($\rho_{0,95}$) și minime ($\rho_{0,05}$) ale densității diferitelor specii de lemn care pot fi considerate la stabilirea greutatei proprii a elementelor de construcții sunt date în tabelul 2. [5]

2.3. Protecția și consolidarea elementelor din lemn împotriva acțiunii umidității

Umiditatea reprezintă principalul factor care influențează toate caracteristicile fizico-mecanice ale lemnului și implicit durabilitatea sa în timp, prin favorizarea dezvoltării agenților de degradare biologică. În cazul structurilor umiditatea are un efect important și asupra elementelor metalice folosite la îmbinări.

În vederea stabilirii nivelului de expunere la umiditate normele EUROCOD 5 și normele naționale diferențiază 5 clase de risc. Dintre acestea, relevante pentru structura propusă sunt:

- Clasa de risc 2 – Se aplică panourilor de CLT plasate la interior, fiind acoperite, protejate în totalitate de intemperii dar unde ocazional și nepersistent poate apărea umiditate cauzată de diferiți factori;
- Clasa de risc 3 – Se aplică panourilor din CLT situate pe fațadele clădirii, neadăpostite, unde pot fi continuu expuse la intemperii, dar nu sunt în contact cu solul; și
- Clasa de risc 4 – Se aplică elementelor din lemn situate în fundații, în contact permanent cu solul, fiind expuse la umezeală.

Măsurile preventive structurale au ca scop limitarea conținutului de umiditate din lemn prin reducerea riscului de umezire și prin crearea condițiilor de evacuare rapidă a umidității (în cazul umezirilor temporare) astfel încât să se evite depășirea limitei de umiditate de 20% sau să se limiteze zonele umezite. Acest lucru poate fi realizat, de exemplu, prin adoptarea unor îmbinări cu decompresiune care să îmbunătățească ventilația (figura 2).

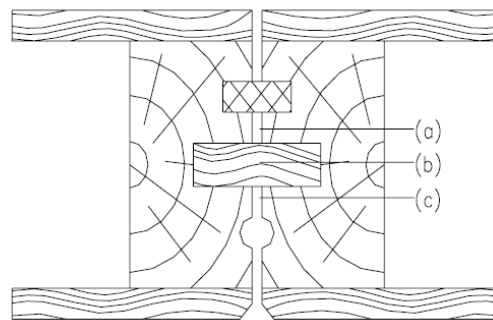


Figura 2. Realizarea îmbinărilor între panourile pentru pereți de lemn.

Legendă

- a- îmbinarea etanșă la aer;
- b- element de îmbinare mecanică;
- c- îmbinare de decompresie.

Pentru a proteja elementele din lemn utilizate la exterior împotriva efectelor negative ale umidității, este necesară luarea unor măsuri pentru eliminarea în condiții de siguranță a apei provenite din precipitații.

În cazul unei construcții înalte din CLT cele mai semnificative sunt:

- realizarea unui sistem eficient de evacuarea a apelor de pe acoperiș;
- proiectarea și executarea elementelor exterioare și a îmbinărilor pentru a împiedica apa din precipitații să pătrundă sub acestea, scurgându-se în schimb spre baza clădirii;
- evitarea sau acoperirea spațiilor orizontale unde apa ar putea staționa;
- realizarea îmbinărilor dintre elemente pentru a permite deformarea fără consecințe dăunătoare. [5]

3. Realizarea unei machete din lemn

3.1. Structura clădirii propuse

Turnul Willis (fostul Turn Sears) este format dintr-un cadru de oțel structural care a fost preasamblat în secțiuni și apoi montat pe șantier. Anvelopa ușoară a clădirii (un perete cortină din sticlă antireflexie și aluminiu negru) servește ca izolator, menținând o temperatură relativ constantă care să minimizeze expansiunea și contracția structurii metalice. [6]



Structural, clădirea este prima care a fost construită din „bundled tubes” tuburi înmănunchiate. Turnul este compus din nouă tuburi structurale dispuse alăturat, sprijinite pe piloți din beton armat care coboară în stratul de fundare. Piloții sunt legați între ei printr-un radier de beton armat. Designul deosebit de retragere al structurii a fost un rezultat direct al cerințelor clientului referitoare la spațiu. Structura de bază dezvoltată pentru acest turn constă în nouă tuburi, având secțiuni pătrată, cu latura de 23 de metri. [6]

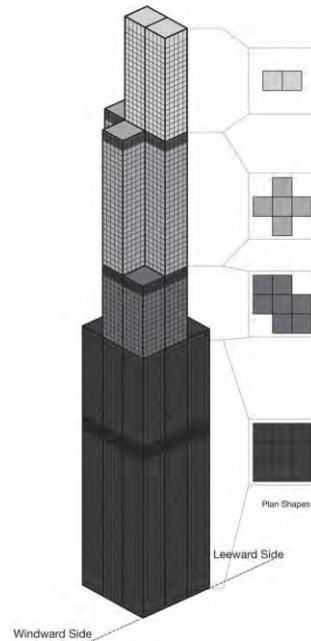


Figura 3. Axonometria clădirii Willis Tower

Una dintre cele mai mari preocupări pentru sistemul de tuburi înmănunchiate a fost realizarea unei rigidități laterale suficiente, cu o utilizare economică a oțelului. Coloanele interioare și exterioare sunt legate la fiecare etaj cu grinzi adânci. Interacțiunea dintre tuburile individuale și fermele centurii la niveluri mecanice permite clădirii să atingă înălțimea sa extremă. [7]

Aceste ferme au un scop suplimentar, dincolo de rigidizarea structurii tubului împotriva vânturilor. Datorită căderilor, încărcarea gravitațională pe sistem nu este distribuită uniform de-a lungul înălțimii clădirii. Aceste ferme preiau sarcinile gravitaționale de sus și le redistribuie uniform pe tuburile de dedesubt. Acest lucru este deosebit de important pentru secțiunea superioară a turnului, datorită asimetriei sale cu axa centrală a clădirii. Deoarece secțiunea este decalată, greutatea sa face ca coloanele de pe o parte a clădirii să experimenteze o sarcină mai mare decât cele de pe partea opusă. Prezența fermelor centurii ajută la atenuarea acestor efecte ale așezării diferențiale, care determină înclinarea construcției. [7]

Datorită procesului rapid de construcție, prefabricarea a fost unul dintre cele mai importante principii folosite în timpul construirii Turnului Sears. Unitățile structurale sudate în afara amplasamentului au permis o reducere de 95% a sudării pe șantier. La fața locului, unitățile au avut nevoie doar de conexiuni cu șuruburi îmbinate între grinzi și între coloane. Deoarece sudarea pe șantier este unul dintre aspectele cele mai costisitoare și consumatoare de timp ale construcției din oțel, acest proces a economisit o mulțime de bani pentru compania Sears. [7]

Structura de oțel a fost finalizată la timp, după 15 luni. Construcția turnului a decurs în mare parte fără incidente, deoarece proiectanții și contractorii (investitorii) au eliminat majoritatea problemelor asociate cu proiectarea clădirilor înalte din oțel. [7]



3.2. Realizarea machetei

S-a realizat reprezentarea în miniatură a clădirii Willis Tower, la scara aproximativă de 1:30. S-au folosit un număr de aproximativ 6000 de bețe, lipite cu adeziv pe bază de silicon lichid. A fost adoptat un sistem structural în cadre.



Figura 4. Reprezentarea clădirii Willis Tower din lemn

4. Concluzii

Cu cât clădirea construită integral din lemn este mai înaltă, cu atât costul metrului cub de material este mai mic, iar munca pe șantier se reduce semnificativ, datorită prefabricării elementelor din CLT. De asemenea, CLT-ul este un material versatil, fiind ușor adaptabil în structuri mixte, alături de metal și beton.

Dacă sunt respectate normele de siguranță pentru structurile înalte (în ceea ce privește siguranța la foc și la degradare din cauza umidității) lemnul poate fi luat în considerare pentru construirea unor clădiri înalte.

Dacă clădirea Willis Tower ar fi construită din lemn ar fi salvate aproximativ 23000 de tone de dioxid de carbon, echivalentul consumului unei păduri de 100 de hectare într-o singură zi.

BIBLIOGRAFIE

1. REINHARD BRANDNER, *Production and Technology of Cross Laminated Timber (CLT): A state-of-the-art Report*, Institute of Timber Engineering and Wood Technology, Graz University of Technology, Competence Centre holz.bau forschung gmbh, Graz, Austria
2. <https://pdfcoffee.com/clt-pdf-free.html>
3. <https://caseclt.ro/ce-este-clt/>
4. SR EN 1995-1-2 (Eurocod 5: Proiectarea structurilor de lemn. Partea 1-2: Generalități – Calculul structurilor la foc), Decembrie 2005.
5. Prof. dr. ing. FURDUI CORNEL, S.I. dr. ing. FEKETE-NAGY LUMINIȚA, *STRUCTURI DIN LEMN - Curs pentru studenții anului III CCIA*, 2009.
6. https://www.som.com/projects/willis_tower_formerly_sears_tower_structural_engineering
7. <http://khan.princeton.edu/khanSears.html>



Cărămizi Eco-Ecobricks

Autor/autori

Cristiana D. HANDRĂU¹, Mátyás L. FEKETE²

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, cristianahandrau@yahoo.com

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, feketematyas01@gmail.com

Îndrumător/îndrumători

Conf. Dr. Ing. Claudiu ACIU³

Șef l. Dr. Ing. Elena JUMATE⁴

³Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, Claudiu.Aciu@ccm.utcluj.ro

⁴Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, Elena.Jumate@ccm.utcluj.ro

REZUMAT:

Mișcarea globală a cărămizii eco este rezultatul unor inițiative locale, aflate în zone poluate de cantități imense de plastic. În aceste zone cu o populație densă și puține metode de reciclare a plasticului, cărămizile modulare ecologice au apărut ca o soluție non-industrială în ceea ce privește reducerea risipei de deșeuri.

Contaminarea cu plastic nu este doar letală vieții marine, dar este și o problemă mondială și foarte costisitoare, capitalul natural pentru deșeurile de plastic ajungând la \$75 miliarde în fiecare an.

Prin comprimarea plasticului, se formează o barieră protectivă care protejează materialul de principalele forme de degradare precum căldură, foc, fricțiune și fotodegradare. Folosirea de ecobricks pentru perioade scurte de timp, duce la utilizarea lor până la trei ani fără urme considerabile de uzură. Mortarul de lut se folosește pentru structura construcțiilor cu aceste cărămizi, fapt care face dezamblarea și re folosirea acestora să fie mult mai simplă.

Această alternativă ecologică de a transforma deșeurile de plastic în materiale de construcții ia amploare la nivel global. Cărămizile eco oferă construcții acceptabile și ieftine, dar care necesită multă forță de muncă. Însă, această idee neconvențională poate să ajute considerabil reducerea poluării din zonele aglomerate, sărace și izolate.

Cuvinte cheie: economic, ecologic, reciclabil, rezistent.

1. INTRODUCERE

Umanitatea se confruntă cu fenomenul numit „încălzire globală” de zeci de ani. Acest fenomen oarecum invizibil pentru societate, a devenit un factor care distruge ecosistemele prezentului, dar și amenință periclitarea multor specii, inclusiv a speciei umane.

Această problemă globală se rezumă la educarea societății și a marilor corporații de a-și reduce cantitatea de deșeuri pe care le produc și care se întorc în natură.

Astfel, multe grupuri locale aflate în zone retrase, uneori defavorizate și cu o populație densă, au reușit să transforme deșeurile de plastic reciclate în cărămizi, pe care le folosesc pentru diferite construcții. Ideea pornește de la umplerea unui PET cu diferite materiale precum plastic, hârtie și carton sau metal, care mai apoi pot fi folosite pe post de cărămizi, aplicite cu mortar. Aceste cărămizi se compactează, astfel evitând arderea plasticului, procedeul prin care se obțin cărămizile obișnuite. Marile companii care produc PET-uri, creează 4,6 milioane de tone de dioxid de carbon în țările aflate în dezvoltare, prin arderea deșeurilor de plastic. Această idee neobișnuită, însă inovatoare în felul său, deschide larg o nouă zonă a reciclării avantajoase și ieftine și stârnește interesul inginerilor constructori.



Lucrarea prezintă metodele prin care aceste cărămizi (fig.1) „preistorice”, au început marea mișcare a ecobrick-ului, prin testele care au dat rezultate satisfăcătoare. Astfel, sunt prezentate rezistența la compresiune, densitatea și contracția termică a PET-urilor.



Fig.1: Cărămidă ecologică compresată

2. PROGRAMUL EXPERIMENTAL:

După colectarea deșeurilor tip PET, acestea se spală și se umplu cu nisip, deșeuri de plastic curățate, cu hârtie sau cu metal. Acestea se compactează în forma paralelipedică.

Experimentul 1: Determinarea rezistenței la compresiune [1].

- Se folosesc sticle PET umplute cu nisip, mortar din ciment Portland și nisip 1:3, cu un raport apă la ciment de 0.6.
- Pentru a prepara cilindrii din acest material, se folosesc matrite de 150 mm în diametru și de 300 mm în lungime. După lubrifierea cu ulei de vâscozitate medie, mortarul se toarnă în patru straturi, fiecare cu o înălțime de 75 mm. O cărămidă eco de 1000 de ml se inserează în mijloc.
- Straturile următoare au fost compactate cu 35 de lovituri fiecare. Matritele au fost îndepărtate după 24 ore, iar cilindrii se scufundă în apă.
- La măsurarea rezistenței la compresiune, cilindrul se pune pe suprafața circulară a aparatului, iar greutatea se aplică pe toată suprafața secționată și se înregistrează greutatea maximă la punctul eșecului total.
- Determinarea rezistenței la compresiune s-a stabilit prin încercarea probelor la un interval de 3, 7 respectiv 28 de zile (tabelul 1). Astfel s-au obținut următoarele rezultate:

Tabelul 1. Rezistența la compresiune pe cilindrii:

Perioadă [zile]	Rezistența la compresiune [Mpa sau N/mm ²]
3	10
7	12.4
28	19.9

Pentru a prepara cuburi din acest material se folosesc matrite de lemn cu dimensiuni de 25.4 x 25.4 x 25.4 cm, un mortar din ciment Portland și nisip 1:3, cu un raport apă/ciment de 0.6. Un strat de o grosimea de 2 cm se toarnă în matrite, compactat de 20 de lovituri cu o tijă. După ce trei sau patru sticle cu nisip au fost plasate pe acest strat, în funcție de ce fel de cub (cu 9 sau 12 sticle) avem nevoie, acoperim primul strat cu mortar și îl compactăm cu 10 lovituri.

După 28 de zile, rezistența la compresiune a cuburilor a fost testată și s-au obținut următoarele rezultate (tabelul 2):

Tabelul 2. Rezistența la compresiune pe cuburi:

Perioadă [zile]	Număr de sticle	Rezistență la compresiune [Mpa sau N/mm ²]
28	9	35
28	12	33.7



Experimentul 2: Rezistența la căldură, absorbția de apă [2].

- Sticlele sunt umplute cu bagasă uscată și se compactează cu o tijă de fier subțire.
- Se produc cuburi într-un mod similar primului experiment, cu diferențe în: dimensiunile cuburilor- se folosesc cuburi de 25.5 x 25.5 x 25.5 cm, se lubrifiază matrița cu motorină, se compactează primul strat de mortar cu 25 de lovituri, iar celelalte straturi cu 15 de lovituri, după care se lasă la uscat (într-un curing tank) timp de 28 de zile.
- Se testează astfel absorbția de apă, rezistența la căldură și rezistența la compresiune și se obțin următoarele rezultate prezentate în tabelele 3 și 4.
- Rezistență la căldură: după 24 de ore într-un furnal la 130°C, se observă o ușoară deformare.

Tabelul 3. Rezistența la compresiune pe cuburi:

Perioadă [zile]	Număr de sticle	Rez. la compresiune [MPa sau N/mm ²]
28	9	48

Tabelul 4. Absorbția de apă:

Masă inițială [g]	Masă după 24 de ore scufundat în apă [g]	Absorbția apei [%]
130	130.1	0.077

Experimentul 3: Densitatea cărămizii eco.

- După cântărirea cărămizilor, volumul lor se estimează prin principiul lui Arhimede: sticlele umplute au fost scufundate în apă la o temperatură de 25°C. Cu creșterea volumului de material în interiorul cărămizii eco, volumul de goluri se reduce, iar aceasta afectează proprietățile mecanice precum stabilitate de volum, modul elastic și recuperare plastic- elastic.
- Greutatea fiecărei sticle goale și a fiecărui capac a fost măsurat, astfel calcularea masei materialului de umplură este posibil.
- Dacă împărțim această valoare cu densitatea materialului de umplură corespunzătoare, obținem volumul acestora și procentajul materialului aflat în volumul sticlei goale.

Tabelul 5. Densitatea cărămizii eco și densitatea materialului de umplură:

nr. probei	tipul materialului de umplură	densitatea cărămizii eco [kg/m ³]	densitate medie a mat. de umplură [kg/m ³]	volum mediu de mat. de umplură [cm ³]
1	PET	338.7	1.380	238
2	PET	450.9		
3	PET	398.1		
4	PET	399.1		
5	carton și hârtie	561.4	1200	238
6	carton și hârtie	369.2		
7	carton și hârtie	455.7		
8	carton și hârtie	456.3		
9	tetrapack	506.2	1100	268
10	tetrapack	489.4		
11	tetrapack	480.8		
12	tetrapack	487.4		
13	metal	553.9	7800	46
14	metal	662.0		

*În experiment s-au folosit PET-uri umplute cu un singur material (tetrapack, carton, hârtie, PET sau metal).

Valoarea densității a cărămizii eco era de 489.1 kg/m³.

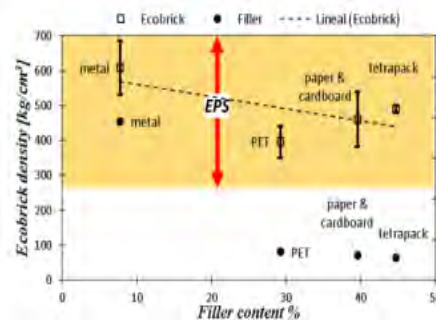


Fig. 2. Densitatea cărămizii eco și densitatea materialului de umplură.

Deși densitatea metalului este de 7 ori mai mare decât cel al tetrapackului, o cărămidă umplută cu metal este numai cu 50% mai densă decât una umplută cu tetrapack – motivul este faptul că ecobrick-urile au fost compactate cu mână, iar compactarea metalului nu este posibilă.

Experimentul 4: Contractia termică.

Fiind elemente nonstructurale, măsurarea schimbării volumetrice este importantă pentru a determina modul în care contractia termică influențează integritatea structurală a construcțiilor.

- Astfel este introdusă ecuația $\Delta \varepsilon_r = \frac{r_{final} - r_{initial}}{r_{initial}}$, unde:

$\Delta \varepsilon_r$ este contractia termică radială;

r_{final} și $r_{initial}$ sunt valorile razei măsurate la o înălțime specifică.

- Prima dată, se măsoară diametrul fiecărei probe la temperatură camerei (23.5°C). Probele se scufundă în apă, pentru 24 de ore, la o temperatură de 35°C, apoi pentru încă 24 de ore la 65°C. Se lasă la răcit 24 de ore, după care diametrele finale pot fi măsurate și sunt obținute următoarele rezultate (figura 3):

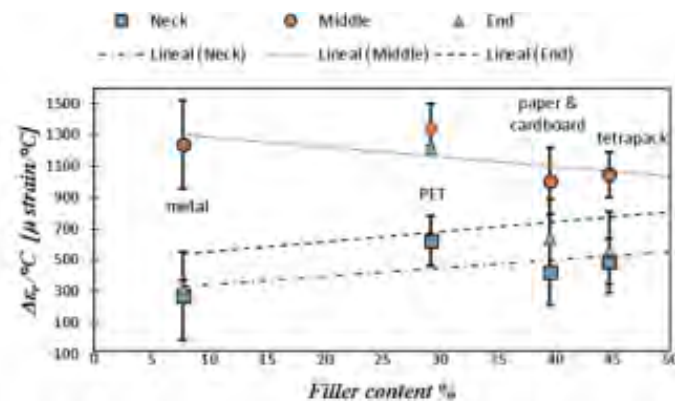


Fig. 3. Valorile medii al $\Delta \varepsilon_r / ^\circ C$ și procentajul de material de umplură.

Tabelul 6. Densitatea cărămizilor eco și a cărămizilor tradiționale.

material	cărămidă „tradițională”***			cărămidă eco					
	C1	C2	C3	PET	carton/hârtie	tetra-pack	metal	bagasă*	nisip**
densitate [g/cm ³]	1	1.3	1.5	3.96	4.60	4.90	6.07	2.6	1.5
	1.3	1.5	1.8						

$$* \rho_{bagasă} = \frac{m}{V} = \frac{130 \text{ g}}{0.5 \text{ l}} = 260 \text{ kg/m}^3;$$



** $\rho_{\text{nisip}}=1440 \text{ kg/m}^3$ (uscăt); 1680 kg/m^3 (compactat, uscat) $\rightarrow \rho_{\text{c.eco}} \approx 1500 \text{ kg/m}^3$;

*** în cazul cărămizii tradiționale, folosim valorile densității aparente.

Tabelul 7. Rezistența la compresiune a cărămizilor eco și a cărămizilor tradiționale.

material	cărămidă „tradițională”****			cărămidă eco		
	B50	B75	B100	9 sticle cu nisip	12 sticle cu nisip	9 sticle cu băgasă
rezistența la compresiune la 28 zile [N/mm ²]	50	75	100	35	33.7	48
	75	100	∞			

**** aceste mărci de cărămidă sunt folosite în general. Există și B350 cu rezistența la compresiune între 35-40 N/mm².

3. DOMENII DE UTILIZARE:

În industria construcțiilor, aceste cărămizi eco se pot utiliza în diverse construcții, de la o scară mică, până la o scară mare astfel:

- Structuri mari de eco-bricks: studiile arată că scheletele de beton sunt metoda preferată pentru construcția la scară mare cu aceste cărămizi, precum coloane, grinzi. Beneficiul acestei tehnici este faptul că, dacă construcția ar fi demolată, cărămizile se pot refolosi, datorită mortarului de lut.



Fig. 4. Aplicații ale cărămidei eco în structuri precum pereți

O nouă aplicație a acestor cărămizi este folosirea lor pentru umplerea golurilor în locul cimentului obișnuit. Această metodă a fost folosită în clădirea V&A Waterfront, Africa de Sud, unde 13000 de cărămizi eco au fost folosite pentru a înlocui 42 de metri cubi de ciment.

- Structuri mijlocii de eco-bricks: aceste construcții se pot realiza de oricine în propria lor casă. Se pot crea diferite obiecte ornamentale sau obiecte de mobilă, precum ghivece pentru plante, mese și scaune de grădină, bănci etc.



Fig. 5. Aplicațiile cărămidei eco în structuri mijlocii precum ronduri de flori și masă cu scaun



4. CONCLUZII:

Această modalitate de curățare a mediului este una inovatoare, deoarece materialele de construcții se pot realiza la prețuri minime, în medii defavorabile și cu materiale reciclabile. Prin simpla compactare a plasticului, se reușește astfel ocolirea arderii lui, care ar emite gaze toxice, dioxid de carbon.

O primă diferență dintre cărămidile obișnuite și cărămidile eco este performanța acestora. Cărămidile obișnuite sunt destinate pentru a purta încărcătura, în timp ce cele eco sunt făcute pentru a umple spațiile goale din diferite structuri precum pereți sau podea.

În urma caracteristicilor fizico-mecanice determinate și a studierii comportamentului produselor testate, s-a constatat faptul că aceste materiale inovatoare (cărămidile eco) sunt mult mai rezistente decât cărămidile tradiționale.

BIBLIOGRAFIE:

- [1] Z. Muyen, T.N. Barna și M.N. Hoque „Strength properties of plastic bottle bricks and their suitability as construction materials in Bangladesh”, ziarul Progressive Agriculture;
- [2] Manisha, Navinderdeep Singh „Investigating strength and properties of ecoladrillo: eco bricks”, International Journal of Civil Engineering and Technology, 2017;
- [3] Federico C. Antico, María J. Wiener, Gerardo Araya-Letelier, Raúl Gonzalez Retamal, „Eco-bricks: a sustainable substitute for construction materials”, Revista de la Construcción. Journal of Construction, 2017;
- [4] The Constructor, <https://theconstructor.org/practical-guide/compressive-strength-test-on-brick/2790/>, accesat 24 aprilie, 2021.



METODE DE HIDROIZOLAȚIE

PENETRON

Autor

A. Berinde

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, alexberinde77@gmail.com

Îndrumător

Prof. R. Ierņuțan

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, riernutan@yahoo.com

Rezumat: În această lucrare voi prezenta hidroizolarea betonului, urmând ca apoi să mă axez pe o metodă anume a hidroizolațiilor, și anume sistemul Penetron.

Cuvinte cheie

Beton, Penetron, hidroizolare, proiecte

CUPRINS

1. Introducere

a) Tipuri de hidroizolații

2. Penetron

a) Despre companie și produse

b) Mod de funcționare

c) Avantaje

d) Aplicații/Proiecte

3. Bibliografie



1. Introducere

Știați că betonul este pe al doilea loc ca cea mai folosită substanță întrecut doar de apă? Aproximativ 10 miliarde de tone de beton sunt produse în fiecare an și peste 70% din populația planetei locuiește într-o structură construită din beton. Astfel, următoarea cerință după construirea unei structuri din acest material este protejarea acestei structuri. Un prim atac asupra betonului vine de la substanța care o înțrece când vine vorba de consum, și anume, apa. Aici intervine hidroizolarea.

Hidroizolația este, precum bine știți, o structură etanșă unitară și continuă, care are rol de protejare a construcțiilor și a elementelor acestora împotriva infiltrațiilor și a exfiltrațiilor apei și a umidității atât din mediul intern, cât și din cel extern.

Se poate spune că o clădire este hidroizolată dacă, folosind membrane (metoda standard) sau alte proceduri, structurile acoperite sunt protejate de exterior, dar în același timp este păstrată integritatea structurală. Betonul nu este impermeabil, de aceea este nevoie de hidroizolare.

a) Tipuri de hidroizolații

Pe fiecare structură a unei clădiri putem pune izolație și sunt de asemenea metode diferite de izolație. Astfel putem categoriza hidroizolațiile după structura pe care o punem, având:

- hidroizolația structurilor subterane (beci, subsol, parcare subterană)
- hidroizolația rosturilor
- hidroizolarea teraselor
- hidroizolarea acoperișurilor

Există o varietate de modalități de a izola o structură împotriva efectelor apei.

- ❖ Membrana este cea mai cunoscută și folosită în domeniul construcțiilor și constă în aplicarea unuia sau mai multor straturi de membrană din diferite materiale, precum bitum, PVC, cauciuc EPDM, silicați etc. Aceste straturi acționează ca o barieră împotriva apei între clădire și mediul extern. La acest proces de hidroizolare se pot întâlni și probleme, cum ar fi probleme la aplicarea straturilor, astfel creându-se spații în care apa poate pătrunde, dar și cu timpul straturile se pot desface, probleme care pot duce la infiltrații sau exfiltrații.
- ❖ O altă metodă mai modernă de izolare constă în sisteme de hidroizolare integrală. Deși am menționat mai înainte că betonul nu este impermeabil, prin acest proces, el capătă calitățile unui hidroizolant.

Sistemul integral este aplicat în structura betonului prin două metode:

- Prima metodă constă în folosirea de acizi grași cu scopul de a bloca porii din beton, astfel împiedicându-se pătrunderea apei prin aceștia, care se numește sistem hidrofob.
- Cea de a doua metodă este sistemul hidrofil. El se aplică folosind o tehnologie care transformă apa din beton în cristale insolubile.



2. Penetron

a) Despre companie și produse

ICS/PENETRON Internațional Ltd este o companie care folosește procedeul de cristalizare și produce materialul necesar pentru acesta. De peste 40 de ani și-a creat reputația prin performanțe și astăzi este recunoscută la nivel internațional ca lider în domeniul impermeabilizării și întreținerii betonului.

Penetron = “un material hidroizolant, integral cristalin, ce se aplică pe suprafața și care izolează și protejează în adâncime.” Aceste produse sunt compoziții formate din cuarț tratat, un tip special de nisip, cu baza de ciment (ciment Portland) și numeroși compuși chimici de activare și oferă cel mai eficient model de a hidrofobiza betonul.

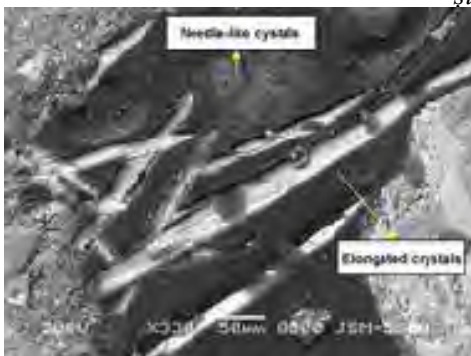
b) Mod de funcționare

Substanțele Penetron se folosesc de presiunea de osmoză și de mișcarea browniană pentru a pătrunde în canalele capilare ale betonului. Produsul se amestecă doar cu apă înainte de aplicare. Se aplică la suprafața betonului, apoi substanțele chimice active reacționează cu mineralele din beton și cu umezeală prezentă, astfel se formează cristalele insolubile care au rolul de a umple porii și golurile, și îngustează fisurile de până la 0.4 mm. Cristalele se vor forma până la 1 m de la punctul de aplicare în structura de beton.

Prin această metodă moleculele de apă și de alte substanțe nu vor mai putea trece prin beton, dar aerul poate, astfel se evită pericolul venit de la vapori. Dacă nu există umiditate, componentele din substanțele Penetron rămân într-o stare de “hibernare” până reapare umiditatea, moment în care reîncepe sigilarea, cristalele creându-se și mai adânc în beton.

Acest proces se petrece în mod continuu, cristalele sigilând și resigilând, astfel, după prima aplicare efectele sunt permanente, iar standardul de calitate asigurat este ISO 9002.

*Cristalele alungite
și fine*



* Presiunea osmotică este presiunea care trebuie să fie aplicată unei soluții pentru a împiedica trecerea solventului în sensul natural de difuzie printr-o membrană semipermeabilă care separă solventul de soluție. *

c) Avantaje

Deși pare a fi o metodă mai complicată decât metodele clasice sau cele mai cunoscute, sistemul Penetron aduce, pe lângă impermeabilizarea, numeroase avantaje odată cu aplicarea sa pe suprafețele din beton. Precum am menționat și anterior, procesul de cristalizare și de hidroizolare este un proces continuu, astfel nu mai există îngrijorările unei rehidroizolări. Odată aplicat,



impermeabilitatea betonului este asigurată pe toată durata de viață a acestuia, iar dacă se păstrează în medii uscate, dar în ambalajul original nedesfăcut, acest produs are o durată de păstrare de peste 1 an.

Petron mărește tot odată și durata de viață a betonului cu până la peste 60 de ani, dar și rezistența sa la compresiune și este rezistent la presiuni de până la 1600000 Pa.

Un alt avantaj ar fi că nu contează stadiul betonului când este aplicat produsul Penetron, putând fi aplicat, atât pe beton umed, cât și pe cel proaspăt turnat. În această idee, este aplicabil pe partea negativă sau și pozitivă a suprafeței betonului. Suprafața deteriorată nu afectează impermeabilitatea betonului, deoarece substanțele din Penetron umple fisurile și crăpăturile, făcându-le și pe acestea hidroizolate.

În compoziția lor, produsele nu conțin polimeri, fiind astfel anorganice, și de asemenea nu conțin toxine, făcându-le non nocive pentru mediu. Este rezistent la atacuri chimice, a apei subterane, apei sărate, carbnoați, cloruri, sulfati și nitrați, și protejează și împotriva ciclului îngheț-dezgheț.

Toate aceste avantaje provin de la un produs care se aplică prin manoperă cu pensula sau prin pulverizare. Și, ceva care le depășește pe toate, are un preț mai accesibil și mai avantajos decât metodele de hidroizolare standard.

d) Aplicații/Proiecte

Penetron trebuie să protejeze structurile construite din beton, astfel se aplică în zone cunoscute precum fundații, acoperișuri, parări subterane, balcoane, însă se folosesc și la construcții care necesită o mai mare rezistență la apă, sau sunt supuse mai des la contactul cu apa. Astfel de construcții unde se aplică această hidroizolare sunt tunelele, structuri de reținere a apei (baraje, rezervoare), sisteme de canalizare, stații de tratare a apei, poduri, spălătorii auto și piscine.

Deși nu pare la prima vedere, o structură la care trebuie aplicată o atenție sporită, hidroizolarea parcarilor subterane este foarte importantă. După cum îi spune și numele, această parcare este sub nivelul pământului, astfel apa de ploaie va ajunge garantat în interiorul acesteia. Dacă peste această parcare există și o construcție, nevoia de hidroizolare și de protejare a structurii este și mai sporită.

Un astfel de proiect este hidroizolarea parării subterane de la **Sala Polivalentă din Cluj Napoca**. Datorită poziției acestei construcții, pe malul unui râu, a fost nevoie de o atenție sporită din punct de vedere al hidroizolării. Soluția cerută trebuia să fie o metodă rapidă, dar și economică, criteriile atinse de către Penetron. Produsul ales a fost Penetron ADMIX, adăugat în rețeta de beton, în proporție de 1%, rețeta urmată fiind cea furnizată de stația de betoane Redimix Cluj. S-au hidroizolat aproximativ 11000 de metri pătrați de placă de beton, într-un interval de timp de aproximativ 2 săptămâni.



Parcare subterană Sala Polivalentă Cluj Napoca





Tot în domeniul acestei clădiri a fost nevoie de hidroizolarea unui rezervor de apă compus din 2 bazine aflate, de asemenea, în zona subterană, la aproximativ 5 metri sub pământ. Pentru aplicarea hidroizolării în acest caz s-a gândit și la scurgeri sau infiltrațiile de apă ce pot apărea în cazul cedării structurii de beton, acesta fiind un motiv în plus pentru alegerea sistemului Penetron. S-au șlefuit pereții bazinelor cu un disc diamantat în scopul deschiderii porilor din beton. Următorul pas a fost spălarea suprafețelor cu jet de apă cu presiune, iar apoi au fost umplute toate cavitățile cu Penecrete mortat. Au fost aplicate 2 straturi succesive de Penetron 0.7-0.8 kg/mp/strat, iar, la final, pereții și fundul bazinelor au fost umezite prin stropire pe o durată de 3 zile pentru a activa materialul Penetron. Rezultatul a fost hidroizolarea definitivă a celor 2 bazine fără a fi necesare alte metode sau modificări.



Deschiderea fisurilor

Aplicarea Penetron

Deși exemplele prezentate anterior sunt din România, mai exact chiar din zona Clujului, compania Penetron are proiecte la nivel mondial. Un astfel de proiect a fost impermeabilizarea bazinelor de apă a aquapark-ului Tauá din Atibaia, Brazilia. Inițial s-a folosit Penetron doar pentru o piscină mare, însă după ce a realizat beneficiile acestui produs, hotelul a decis să folosească beton tratat cu Penetron Admix pentru construirea parcului acvatic.



Aquapark Tauá din Atibaia



Substanța verde din imagine este o dovadă că s-a folosit Penetron ADMIX



Un alt proiect ar fi construcția unei ferme de bivoli din Capaccio Paestrum, Italia. Ferma are ca scop creșterea și îngrijirea bovinelor în scopul producerii de brânză mozzarella. Toate structurile de beton, precum podelele stavilelor de bovine, rezervoarele de biogaz și cele de mulș, structurile de fundație, sunt în pericol de atac al apei sau atac chimic provenit de la gunoiul de la animale sau deșeurilor lichide și solide, fapt care a făcut ca Penetron ADMIX să fie o alegere mai avantajoasă decât planul inițial propus, și anume o membrană de impermeabilizare.



Structurile de beton ale fermei



În imaginea de mai sus se poate observa substanța verde menționată anterior, ca fiind o dovadă a folosirii produselor Penetron



3. Bibliografie

<https://ro.wikipedia.org/wiki/Hidroizola%C8%9Bie>

https://ro.wikipedia.org/wiki/Presiune_osmotic%C4%83

<http://concretehelper.com/concrete-facts/>

<http://modimorom.ro/wp-content/uploads/2017/02/DSCN3137.jpg>

<https://www.spatulconstruit.ro/articol/hidroizolarea-corecta-a-unui-acoperis-si-protectia-membranei-cu-materiale-reflexive/17104>

<http://www.hidroizolatii-constructii.eu/>

<http://www.hidroizolatii-constructii.eu/produse/sistemul-penetron/>

<http://www.hidroizolatii-constructii.eu/produse/sistemul-penetron/penetron/>

<http://www.hidroizolatii-constructii.eu/data-sheet/Penetron.pdf>

<https://www.tiongliong.com/en/product/Eco-Friendly-Bio-Based-Waterproof-Membrane/eco-friendly-bio-based-waterproof-membrane.html>

<https://izolatiacasei.ro/hidroizolatii>

https://www.google.com/search?q=Membrana+hidroizolatie&sxsrf=ALeKk005csQgnledRuWQ7CuNeUht1kPKuw:1618246097177&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjFxJ--IPnvAhUU8LsIHTVgCqQQ_AUoAXoECAEQAw&biw=767&bih=744

<https://www.aditivi-beton.ro/produse-pentru-protectia-betonului.html>

<https://www.penetron-romania.eu/sistemulpenetron/>



Casele verzi, constructia si influenta lor asupra mediului

Autor/autori

Luana V. Erdos, Razvan P. Jalba

Facultatea de constructii, Universitatea tehnica Cluj-Napoca, e-mai_erdosluana@yahoo.com.

Facultatea de constructii, Universitatea tehnica Cluj-Napoca, e-mail:razvanj51@gmail.com

Îndrumător/îndrumători

Sl.Dr.Ing. Dorina Sucala si Conf. Dr. Ec. Sorina Ciplea

Facultatea de constructii, Universitatea tehnica Cluj-Napoca, sorina.ciplea@ccm.utcluj.ro

Facultatea de constructii, Universitatea tehnica Cluj-Napoca, dorina.sucala@ccm.utcluj.ro.

Titlu: **Casele verzi, constructia si influenta lor asupra mediului**

REZUMAT

Protejarea mediului este una din condițiile esențiale pentru cei care doresc să își construiască o casă. În acest articol dorim să abordăm o temă referitoare la beneficiile pe care le avem atunci când utilizăm materialele pe care ni se ofera natura. În situația economică actuală una dintre preocupările de bază este de a ne alinia la noile tendințe privin protejarea mediului și totodată la încercarea de reducere substanțială a costurilor, a termenelor de execuție și a eficientizării resurselor. In acest sens, mentionam ca un studiu realizat de CEZ Romania arata ca in medie o locuinta obisnuita are un consum de 283 kWh lunar, ceea ce inseamna un deficit considerabil al resurselor pe care ni le ofera natura, si asta doar din punct de vedere al electricitatii. Asadar, prin constructia unei case verzi, se urmareste reducerea poluarii si a reducerii de resurse de care dispunem.

În acest articol ne propunem să analizăm două soluții constructive, o clădire verde și una realizată prin sistemul clasic.

Cuvinte cheie

Casa, verde, conventionala, natura, economie

Casele verzi, constructia si influenta lor asupra mediului

1. Ce reprezinta o casa verde?

O casa verde reprezinta o locuinta ecologica care ofera posibilitatea de a reduce consumul excesiv al cheltuielilor lunare de intretinere si al materiilor mediului inconjurator, fiind o casa realizata intr-un mod special cu materiale sustenabile, astfel incat sa nu existe niciun impact negativ asupra naturii.

2. Etapele de constructie ale unei case verzi

Etapele de constructie ale unei case verzi sunt asemanatoare cu cele ale unei case traditionale, aducand-se un surplus benefic in ceea ce priveste materialele de constructie utilizate.



În mod frecvent, materialele utilizate sunt cele reciclate și/sau reciclabile: lemn, lut, vata minerală de sticlă, vata minerală bazaltică și altele.

Materialele folosite la ridicarea unei case verzi nu sunt toxice nici pentru cei ce trăiesc în locuința și nici pentru mediu. Vata minerală de sticlă și vata minerală bazaltică sunt două dintre materialele de construcție care pot fi utilizate, fără probleme, pentru izolarea termică a unei case verzi.

Materialele utilizate la construcția unei case verzi sunt și foarte durabile, ceea ce înseamnă că un astfel de imobil va necesita mai puține lucrări de întreținere în timp, chiar dacă nevoile proprietarului se diversifică de-a lungul anilor. În acest sens, elementele de construcție ale unei clădiri verzi ar trebui să fie ușor demontabile, astfel permițându-se o recondiționare sau o remodelare ușor de realizat.

De asemenea, o casă verde nu are doar o izolare termică foarte bună, ci beneficiază și de un sistem mai eficient de încălzire comparativ cu o locuință obișnuită. Sistemul respectiv se bazează, printre altele, pe panouri solare, pe panouri fotovoltaice și pe sisteme de ventilație mecanică sau pasivă. Totodată, o casă verde primește foarte multă lumină naturală, datorită orientării sale care soare.

O casă verde are finisaje care nu emana substanțe toxice:

- **fundatia** este realizată stratificat astfel: fundatia inițială din beton armat, peste care se toarnă centura din beton, urmând o elevație din blocuri prefabricate de beton cu armatura peste care se așează placa de beton armat;

- **peretii** sunt realizați dinspre interior înspre exterior, astfel: placa de gips carton, folie PVC, termoizolație din vată minerală, strat suport OSB, termoizolație din polistiren, strat suport tencuială la plasa fibră+adeziv și tencuială exterioară pe o structură metalică zincată pentru a fi mai rezistent pe măsura trecerii timpului;

-în ceea ce privește realizarea **planseului**, în mod frecvent se pune în opera o structură de grinzi metalice cu zabrele pentru planșeu care susțin un tavan de gips carton, folosind pe post de izolație o structură complexă așezată pe mai multe straturi astfel: vată minerală-între grinzi, folie de PVC, strat de OSB, strat de izolare fonică și șapă din mortar de ciment armat dispers;

-**acoperișul** este realizat utilizând următoarele materiale: gips carton, vată minerală, asterneală din OSB, folie anti-condens și învelitoare țiglă metalică, toate acestea fiind susținute pe o consolă și capriori realizați din lemn;

3. Posibilitatea și costurile achiziționării unei case verzi

Costul total al construcției unei case verzi poate să varieze foarte mult, în funcție de proiect, de suprafața imobilului, de materialele utilizate și de muncitorii care execută lucrările.



Conform unui studiu realizat de Romania Green Building Council, o organizație neguvernamentală care promovează responsabilitatea față de mediu și eficiența energetică, se arată că prețul pentru un apartament verde, cu o suprafață de 70 de metri pătrați, ar fi de 85.000 de euro, cu aproape 7% mai mare față de prețul unui apartament cu clasa energetică B. Cu toate acestea, prețul de achiziție al unei case verzi este mai mare decât prețul de achiziție al unei case tradiționale, datorită avantajelor pe care le are o casă verde, prețul acesteia se va amortiza mai repede în timp datorită eficientizării consumului de energie termică și electrică. De obicei, în casele ecologice se înregistrează un consum de resurse mai redus cu până la 25% în comparație cu o locuință convențională, iar în ceea ce privește costurile pentru încălzire, acestea pot fi reduse cu până la 80%.

În vederea achiziționării unui imobil verde, Administrația Fondului de Mediu oferă subvenții de până la 500.000 de lei/pe proiect, aferente cheltuielilor eligibile pentru a veni în ajutorul persoanelor dornice de a proteja pe termen lung mediul înconjurător.

Pentru clădiri existente, Conform AFM, în cheltuielile eligibile pot fi incluse:

- cheltuielile conform DALI: materiale de izolație organic-naturale, sisteme de acoperiș verde, perete vegetal, sisteme de eficientizare a consumurilor (BMS), geam termopan cu tâmplărie din lemn;
- sisteme de iluminat pe bază de LED în limita a 15% din valoarea cheltuielilor pentru investiția de bază;
- cheltuielile cu montajul sistemelor, efectuarea, verificarea probelor și încercărilor;
- taxa pe valoarea adăugată, TVA, dacă aceasta este nedeductibilă;
- cheltuielile cu consultanța, DALI, proiectul tehnic, în limita a 8% din cheltuielile pentru investiția de bază. Sumele nedecontate privind cheltuielile pentru proiectare și consultanță nu se vor raporta pentru execuție lucrări și se vor diminua în mod corespunzător din valoarea contractului de finanțare.

STUDIU DE CAZ:

ANALIZA COSTURI DE ÎNTREȚINERE.

Casele verzi sunt deja bine cunoscute în perioada actuală, având un trend crescător, considerându-se că acestea sunt cele mai eficiente și fiabile soluții ale viitorului.

În cele ce urmează, vom face o analiză a cheltuielilor lunare de întreținere dintre o locuință verde și o casă cotidiană, evidențiind diferențele din punct de vedere financiar, luând în considerare trei elemente importante, cheltuielile cu încălzirea, consumul de curent și consumul de apă.



CASE VERZI. ANALIZA COSTURI DE INTRETINERE.

a. Incălzire

Conform unui studiu realizat de DELPHI ELECTRIC, observăm faptul că, pentru o casă obișnuită, în perioada racoroasă o casă de aproximativ 80mp, consumă în medie 896,53 kWh lunar, pentru a obține o temperatură constantă de 22°C, ceea ce înseamnă, din punct de vedere financiar, 412,40 lei/lună pentru energia electrică furnizată la prețul de 0,46 lei/kWh. În lunile mai caldușe, consumul mediu este de 372,11 kWh lunar, adică 171,17 lei/lună. Realizând media celor 12 luni, obținem cheltuieli în valoare de 291,78 lei/lună doar pentru a facilita o temperatură favorabilă în interior.

În cazul caselor verzi, costurile pentru încălzire pot fi reduse cu până la 80% față de casele tradiționale deoarece acestea au o izolare termică foarte bună, și beneficiază de un sistem mai eficient de încălzire comparativ cu o locuință obișnuită. În acest caz sistemul de încălzire respectiv se bazează, printre altele, pe panouri solare, pe panouri fotovoltaice și pe sisteme de ventilare mecanică sau pasivă. Astfel, în cazul acesta, costurile pentru încălzire într-o casă verde, ajung să scadă până la valoarea de 58,35 lei/lună.

b. Curent utilități:

Conform unui studiu realizat de CEZ România, o locuință obișnuită consumă 283 kWh/lună, pentru următoarele utilități:

Nr. Crt.	Denumire receptor	Consum mediu lunar [kWh]
1.	Iluminat	18
2.	Frigider	35
3.	Televizor	30
4.	Calculator	35
5.	Masina spat	55
6.	Aparat radio	20
7.	Aspirator	10
8.	Uscător par	20
9.	Fier de calcat	30
10.	Cuptor cu microunde	30
TOTAL		283
Total valoric	1kWh=0.46lei	130.18 lei/lună

Într-o casă verde, pentru a avea parte de aceleași facilități, costurile se reduc cu până la 25% cu ajutorul panourilor fotovoltaice care produc independent o parte considerabilă a curentului electric care urmează să fie consumat de către receptorii enumerați anterior. Astfel, din punct de vedere financiar, se cheltuie, în medie, 97,50 lei/lună pentru energia electrică.



c. Cheltuieli cu apa

Din punct de vedere al alimentării cu apă, într-o locuință convențională, se consumă aproximativ 4,60 mc apă/lună, iar la prețul aproximativ de 8 lei/mc, costurile ajung până la 36,80 lei/lună, spre deosebire de casele verzi care dispun de un hidrofor care are acces la pânza freatică, aceasta exploatând din facilitățile pe care ni le oferă natura.

Pe baza analizelor de costuri prezentate mai sus, vom face o evaluare a diferențelor financiare pentru întreținere lunară într-o casă convențională și una verde.

Tip casa	Incalzire (22°C)	Energieelectrică (283 kWh)	Apa (4,6 mc)	Total
convențională	291,78 lei/lună	130,18 lei/lună	36,80 lei/lună	385,16 lei/lună
verde	58,35 lei/lună	97,50 lei/lună	-	155,85 lei/lună
diferență	233,43 lei/lună	32,68 lei/lună	36,80 lei/lună	229,31 lei/lună

CONCLUZIE.

Calcululele prezentate sunt analizate luând în considerare anumite caracteristici, așa cum am precizat, orientative, întrucât cantitățile de consum diferă de la o locuință la alta, iar prețurile utilitatilor sunt diferite în funcție de furnizor și regiune. Aceste cheltuieli pot, însă, fi folosite pentru o primă evaluare atunci când schităm pe hartie casa dorită și pot fi utilizate ca reper chiar din momentul începerii proiectării, astfel încât prețul final să fie în jurul valorilor determinate mai sus.

Robert Redford spunea: "**Cred că mediul înconjurător ar trebui inclus în chestiunile care țin de securitatea națională. Apărarea surselor noastre este la fel de importantă ca și apărarea granițelor. În caz contrar, ce ar mai rămâne de apărat?**".

Considerăm că mediul înconjurător nu va avea grija de noi fără ca noi să avem grija de el, așadar, am ales să aborăm tema caselor verzi întrucât, în opinia noastră, planeta este cel mai prețios lucru pe care îl avem și de care beneficiem cu toții și dorim să îl protejăm pentru ca și urmașii noștri să aibă parte de o viață cât mai sigură din punct de vedere al sănătății lor și al mediului înconjurător.



BIBLIOGRAFIE

Victor Emil Lucian-, „Programul casa verde”, ed. Universitara, 2017

<https://www.macostore.ro/blog/2018/09/20/casa-verde-ce-inseamna-si-cat-te-costa-sa-ai-o-locuinta-prietenoasa-cu-mediul/>

<http://casa-verde.ro/arhitectura-verde/>

<https://www.macon.ro/blog/materiale-necesare-pentru-o-locuinta-verde/>

<https://www.afm.ro/>

<https://enesc.ro/casele-verzi-cum-si-de-ce/>

<https://jurnaluldeafaceri.ro/case-verzi-avantaje-si-dezavantaje/>

<https://www.cez.ro/ro/media/comunicate-de-presa/1024-economiseste-consumul-de-energie-electrica>



Complexul ideal de locuințe

Autori

Mihai-Ștefan I. ISTRATE^{1*}, Ioana N. ANANIA², Elena-Adriana A. NEACȘU³

¹Facultatea de Construcții și Instalații, Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi", Iași, mihai-stefan.istrate@student.tuiasi.ro

²Facultatea de Construcții și Instalații, Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi", Iași, ioana.anania@student.tuiasi.ro

³Facultatea de Construcții și Instalații, Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi", Iași, elena-adriana.neacsu@student.tuiasi.ro

Îndrumător

Ș. I. Dr. Ing. Vasile-Mircea VENGHIAC

Facultatea de Construcții și Instalații, Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi", Iași, vasile-mircea.venghiac@academic.tuiasi.ro

REZUMAT:

Pornind de la ideea omului modern, am ajuns la concluzia că trebuie făcut un salt major de la vechiul mod de a construi și de a întrebuința anumite spații, la unul nou care să îi poată oferi acestuia tot ce are nevoie pentru o viață cât mai bună. O construcție care să anunțe când ceva este în neregulă la nivel structural, care să ofere siguranță și confort din toate punctele de vedere, în care să poți locui, lucra și relaxa și care să își producă singură energia de care are nevoie, pare doar un vis frumos. Noi demonstrăm că nu este doar atât, ba chiar mai mult, nu este foarte greu de realizat. Proiectul nostru își propune prezentarea unui complex de locuințe cu un design unic și o întrebuințare inovativă a tuturor spațiilor acestuia. Magazine, centre medicale, restaurante sau birouri sunt doar câteva dintre elementele pe care această construcție le va conține. Tehnologiile care vor fi cuprinse în această clădire alături de multe alte inovații, vor face orice om să se îndrăgostească și să își dorească să locuiască aici.

Cuvinte cheie:

Oraș vertical, sustenabilitate, siguranță, viitor

INTRODUCERE:

Problematika lipsei timpului dar și a spațiului disponibil pentru a construi noi orașe ne-a condus spre gândirea unei soluții. Această soluție constă în ideea unei clădiri care să conțină tot ce ar trebui să conțină un oraș (magazine, centre medicale, birouri, spații de relaxare, spații locuibile etc.).

Fiind o clădire a viitorului, va trebui să își producă în mare parte energia de care are nevoie, deoarece resursele naturale sunt epuizabile, în acest fel ne propunem să profităm la maxim de tot ce ne poate oferi natura dar în același timp să creăm un habitat care să nu îi dăuneze. Panouri solare cu sistem de curățare individual, sisteme de ventilare cu recuperare a energiei, colectarea apelor pluviale pentru irigarea parcurilor, dar și a grădinilor proprii, miniturbine eoliene sunt doar câteva dintre modurile prin care clădirea va căpăta titulatura de construcție verde.

Forma clădirii este una aerodinamică, cu un aspect modern inspirată din clădirea proiectată de Santiago Calatrava (Turning Torso). Aceasta are atât rol estetic cât și unul funcțional crescând rezistența acesteia în caz de calamități. Structura este una de tip tub în tub fiind cea mai prielnică modalitate de construcție pentru o clădire înaltă. De asemenea, conține numeroși senzori care sesizează eventualele pericole pe care clădirea le poate întâmpina (fisuri, distanțări ale părților structurale etc.).

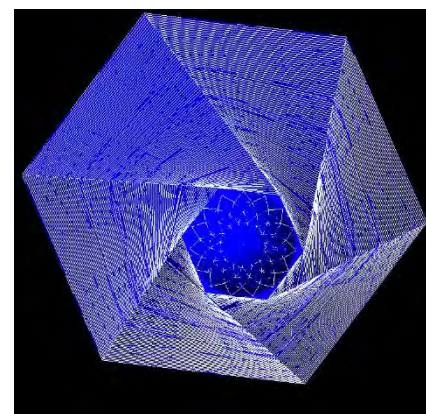
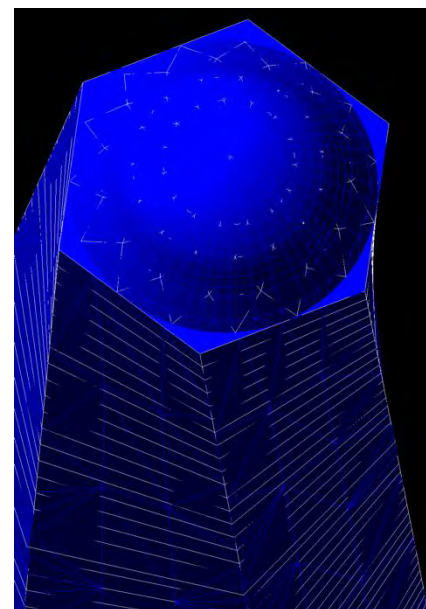
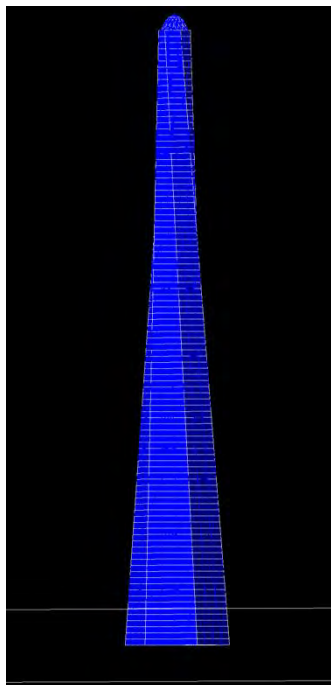


STUDIU DE CAZ

Formă și structură

Construcția are atât la bază cât și la vârf formă hexagonală, laturile hexagonului fiind la bază de 30 metri, respectiv 9,80 metri. Aceasta este structurată în 100 de etaje. În partea superioară se regăsește o cupolă mobilă din sticlă dotată cu panouri solare oferind clădirii un aspect unic. Materialul prezent pe partea exterioară a clădirii este unul asemănător sticlei, însă, este de fapt un concentrator solar luminescent transparent. Acesta arată ca sticla doar că se deosebește de aceasta prin calitățile pe care le posedă. Acest nou material este studiat de cei de la Universitatea din Michigan care au creat un panou solar 100% transparent. Acesta ar putea fi folosit pentru construirea clădirilor de sticlă și totodată pentru generarea energiei solare necesare încălzirii acestor construcții. Aceștia au creat panou solar transparent, care folosește săruri organice pentru a absorbi lumina pe lungimile de undă din spectrul infraroșu și ultraviolet, invizibile ochiului uman. Rata de absorbție și transformare a luminii în energie a acestor panouri ar fi de 5%, însă specialiștii dau asigurări că dacă astfel de panouri ar înlocui în totalitate sticla montată pe clădirile de birouri, acestea ar putea asigura în întregime necesitățile de căldură și energie electrică pentru acel spațiu.

Partea structurală constă în stâlpi din oțel umpluți cu beton în formă de „H” sau „Cruce de Malta” legați între ei prin intermediul unor grinzi cu zăbrele, îmbinările acestora fiind făcute la etaje diferite (între 2-3 nivele) mărimea unui nivel fiind de 3,80 metri, pentru a nu crea puncte nevralgice. Nucleul central este din beton armat cu armătură rigidă, elementele perimetrice dând ideea de tub, de la care am plecat. Pe elementele structurale (grinzi, stâlpi etc.) sunt montați senzori care anunță probabile fisuri, deplasări, unde seismice sau alte modificări ale acestora.



Componentele clădirii

1. Apartamente spațioase, proiectate cu tehnologii inovative de recunoaștere vocală, de curățenie, tehnologii care îl ajută pe locatar în activitățile de zi cu zi;
2. Spațiu destinat muncii care constă într-un întreg etaj destinat birourilor, în care locuitorii acelei clădiri pot munci fără a se deplasa din perimetrul clădirii. Acest întreg etaj are o structură oarecum diferită față de etajele vecine, dat fiind faptul că este un spațiu mare are o rezistență scăzută în caz de cutremure. Astfel încât, în cazul în care senzorii anunță prezența unui seism, aceștia vor declanșa căderea unor pereți metalici, susținuți prin cabluri, fiind integrați în pereții etajului superior pentru a atenua mișcările mobilierului din încăperea, dar mai ales a clădirii;



3. Centre medicale, care pot asigura locatarilor toate serviciile de care au nevoie. Aceste centre medicale fiind dotate cu ultimele inovații în materie medicală;
4. Magazine mecanizate, situate în subsolul clădirii, fiind construite pe ideea unor depozite mari. (Funcționare: Omul își face o listă de cumpărături cu ajutorul tabletelor amplasate în apartament, după care își setează ora la care își dorește să primească cumpărăturile. În interiorul magazinului mașinăriile pregătesc coșul de cumpărături care cuprinde toate produsele pe care acesta le-a comandat, urmând a fi livrate la ușa acestuia cu ajutorul unor roboți special programați pentru a lua cumpărăturile de la ușa liftului și a le aduce la ușa cumpărătorului;
5. Lifturi orizontale și verticale care asigură deplasarea cu viteză crescută a celor ce viețuiesc în cadrul clădirii, dar și a cumpărăturilor acestora;
6. Săli de fitness;
7. Zone de relaxare (parcuri exterioare, interioare, zone SPA, restaurante- cel mai mare fiind situat la ultimul etaj, asigurând vedere spre cer prin intermediul cupolei de sticlă);

Sustenabilitate

Clădirea își va asigura în proporție majoritară energia de care va avea nevoie prin intermediul noilor tehnologii de producere a energiei prietenoase cu mediul înconjurător. Panourile solare transparente, alături de miniturbinele eoliene, sistemele de captare al apei pluviale, cât și sistemele de ventilare cu recuperare a energiei cu tuburi de captare a acesteia din pământ.

- Sistemul de ventilare cu recuperare a energiei : Sistemul funcționează foarte simplu; aerul încălzit este evacuat din încăpere prin schimbătorul de căldură care cedează căldura prin peretele acestuia către aerul admis în încăpere. Datorită recuperatorului coeficientul de recuperare a căldurii ajunge pînă la 95%. Datorită acestui fapt, coeficientul calității energetice a aerului admis în încăpere este de 95-97%. Sistemele de ventilare cu recuperare de căldură devin din ce în ce mai populare pentru că acestea mențin căldura în încăpere în timpul iernii, iar în timpul verii păstrează răcoarea aerului condiționat, ceea ce înseamnă economii semnificative la energia consumată de instalația termică și de aerul condiționat;
- Sistemul de captare al apei pluviale ajută la irigarea grădinilor și al parcurilor. Se vor folosi rezervoare subterane sau supraterane pentru colectarea și stocarea apei de ploaie, coloane și sisteme complete de colectare a apei de ploaie;
- Panourile solare transparente menționate mai sus, vor asigura o mare parte din energia folosită în clădire;
- Miniturbinele eoliene, sunt amplasate în parcurile prezente în vecinătatea proximală a clădirii, vor aduce un plus considerabil energiei utilizate în clădire;
- Acest complex are de asemenea și titulatura de clădire verde, având o varietate de plante strategic așezate atât în parcuri, cât și în zonele locuibile, oferind locatarului aer proaspăt, chiar și la ultimele etaje unde aerul este rarefiat.



CONCLUZII

- Un oraș vertical presupune mai puțin spațiu ocupat ceea ce duce la susținerea naturii și a spațiului verde;
- Aducerea nevoilor personale într-o singură locuință reprezintă conservarea timpului;
- Reducerea poluării prin utilizarea resurselor naturale;
- Promovarea orașelor verticale pentru salvarea spațiului;
- Crearea de un sediu de birouri în vederea lipsei de aglomerației;

LISTĂ DE REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- https://www.cezinfo.ro/portal-eficienta/stiri-si-articole/energia-eoliana/?fbclid=IwAR119Mrv6monY0hHVCvk_tp_EC2YcCI3FM8hPy3xv-zxE29bYBxxvs85PY
- <https://www.irha-h2o.org/en/rainwater-a-sustainable-solution>
- <https://edition.cnn.com/2019/12/23/tech/smart-shopping-cart/index.html>
- <http://www.cunoastelumea.ro/inventie-revolutionara-panouri-solare-transparente-care-pot-inlocui-in-viitor-sticla-obisnuita/>
- <https://www.smartcitiesdive.com/ex/sustainablecitiescollective/vertical-city-concept-how-live-sustainable-life/1163942/>
- <https://ro.pinterest.com/jeremywaterkeyn/vertical-city/>
- <https://inhabitat.com/venger-wind-unveils-worlds-largest-rooftop-wind-farm-in-oklahoma-city/omrf-oklahoma-worlds-largest-windfarm-omni-directional-turbines-3/>
- https://new.siemens.com/global/en/products/buildings/performance.html?gclid=CjwKCAjw1uiEBhBzEiwAO9B_HVfbP7_Fz72NogiIMCNUh1LPD1FMfbzE9dz9JN8nvkg3JnbKrpJfexoC968QAvD_BwE

Premii

Premiul	Numele și prenumele autorului/autorilor	Instituția	Titlul lucrării	Îndrumător / îndrumători	Punctaj mediu (din 100)
1	LETERNA Alex-Valentin	UTCN Facultatea de Constructii	Aplicarea robotizată de pardoseli industriale	PLEȘA Luminița SUCALĂ Dorina	92.74
2	BODÓ Balázs KÁNTOR István CZIPLÉ Gergő-Máté	UTCN Facultatea de Constructii	Folosirea bambusului în elemente din beton (Bamboo-Beton)	ȘOȘA Pavel	91.21
3	CODAȚ Patricia CIORDAȘ Cosmina	UTCN Facultatea de Constructii	Studiu comparativ al materialelor termoizolatoare ecologice	PLEȘA Luminița	77.85
Mențiune	MÎNDRU Sanda STRAVA Oana TONEA Maria	UTCN Facultatea de Constructii	The "A" a great beginning	CIPLEA Sorina SUCALĂ Dorina	77.43
Mențiune APDP	ISTRATE Mihai-Ștefan ANANIA Ioana NEACȘU Elena-Adriana	Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Iași Facultatea de Construcții și Instalații	Complexul ideal de locuințe	VENGHIAC Vasile-Mircea	73.06



Comisia 2

„Ingineria instalațiilor - II”

- 1. Conf. dr. ing. Carmen MÂRZA - președinte**
2. Conf. dr. ing. Ancuța ABRUDAN
3. Șef lucr. dr. ing. Anca HOȚUPAN
4. Șef lucr. dr. ing. Călin CIUGUDEAN
5. Șef lucr. dr. ing. Octavian POP
6. Student Denisa CĂRMĂZAN
7. Student Șerban NICULA



DIMENSIONAREA REȚELELOR DE DISTRIBUȚIE GAZE NATURALE ÎN CONTEXTUL CREȘTERII PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRILOR - STUDIU DE CAZ -

Claudia Mădălina AGOSTON

Facultatea de Construcții, Construcții Civile, Industriale și Agricole Baia Mare
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca,
e-mail: madalina_ago@yahoo.com

îndrumător: dr.ing. Teodora M. ȘOIMOȘAN

Facultatea de Construcții, Construcții Civile, Industriale și Agricole Baia Mare
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
e-mail: teodora.soimosan@mtc.utcluj.ro

REZUMAT *Conform “Normelor tehnice pentru proiectarea, executarea și exploatarea sistemelor de alimentare cu gaze naturale din 10.05.2018”[1], dimensionarea conductelor de distribuție a gazelor naturale se face în ipoteza funcționării simultane și permanente a tuturor aparatelor instalate, consumatoare de combustibili gazoși, destinate încălzirii și preparării apei calde de consum. În practică, această ipoteză de calcul conduce la rezultate îndepărtate de realitate, fapt ce generează în operare neconcordanțe între proiectul de specialitate și regimul de operare a sistemului de distribuție.*

Studiul de față își propune să determine consumul real de gaze naturale aferent unei locuințe individuale și apartament, determinarea unui debit de calcul mediu-maxim de gaz natural per locuință și analiza coeficientului de simultaneitate în funcționare.

cuvinte cheie :	proiectare, dimensionare, conducte de distribuție gaze naturale, coeficient de simultaneitate, supradimensionare, economie financiară
scopul lucrării :	contribuții privind eficientizarea dimensionării conductelor de distribuție gaze naturale, respectiv evitarea supradimensionării conductelor
obiectivele lucrării :	- analiza problemei supradimensionării rețelelor de distribuție gaz natural, în sistem ramificat; - expunerea și argumentarea de metode investigative pentru determinarea debitului de calcul; - analiza teoretică a unui coeficient de simultaneitate
noutatea și originalitatea științifică :	-identificarea aspectelor teoretice care duc la supradimensionarea rețelelor de distribuție a gazelor naturale - analiza posibilelor valori aferente coeficientului de simultaneitate în funcționare pentru aparatele consumatoare de combustibili gazoși destinate preparării apei calde de consum
valoarea aplicativă a lucrării:	- evitarea supradimensionării sistemului de distribuție, respectiv reducerea costurilor investiționale de execuție a rețelelor de distribuție a gazelor naturale - fază premergătoare în studiul metodologiei de dimensionare a sistemelor de distribuție gaze naturale, respectiv crearea unui suport tehnic de calcul al debitelor de proiectare



1. INTRODUCERE

În tranziția către implementarea surselor regenerabile de producere a energiei, gazul natural în calitate de combustibil pentru încălzirea spațiilor, prepararea hranei și a apei calde de consum este superior în raport cu alte tipuri de combustibili fosili (de exemplu, lemnul, cărbunii, păcura etc.). Utilizarea gazelor naturale contribuie la micșorarea consumului de energie finală datorită randamentului ridicat al arderii combustibilului în focare și diminuarea semnificativă a emisiilor de CO₂. Gazul natural produce prin ardere 0.19 kgCO₂/kWh, lemnul 0.36 kgCO₂/kWh, cărbunele între 0.33-0.40 kgCO₂/kWh, conform Tabelului 7.5 din C107/1-2005 [2]. Astfel, utilizarea gazelor naturale are o semnificație strategică în domeniul energetic, schimbarea tipului de combustibili fosili utilizați în gospodăria, mai ales în mediul rural, fiind de real interes la nivel național și internațional.

Uniunea Europeană s-a angajat să atingă neutralitatea climatică până în anul 2050, unul dintre obiectivele intermediare fiind reducerea emisiilor de CO₂ cu 60% până în anul 2030 [3]. Pe de altă parte, Legea nr. 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor [4] impune reducerea drastică a consumurilor energetice, situație ce trebuie să genereze efecte și în stabilirea debitului de calcul.

Proiectarea și dimensionarea rețelelor de distribuție a gazelor naturale se realizează folosind metodologia, respectiv datele de intrare din “Normele tehnice pentru proiectarea, executarea și exploatarea sistemelor de alimentare cu gaze naturale din 10.05.2018” [1], unde:

“Art. 42 - debitele de calcul se determină în funcție de debitul nominal al aparatelor consumatoare de combustibili gazoși și de factorii de simultaneitate specifici”;

“Art. 43 - debitul nominal al aparatelor consumatoare de combustibili gazoși este cel indicat de producătorul acestora”.

Art. 42, pct. d) și Tabelul 3 precizează valoarea coeficientului de simultaneitate pentru aparatele consumatoare de combustibili gazoși destinate preparării hranei, valori tabelare stabilite în urma analizei utilizării efective a aparatului de preparare a hranei.

Art. 42, pct. e) precizează că valoarea coeficientului de simultaneitate pentru aparatele consumatoare de combustibili gazoși destinate încălzirii centrale sau locale este 1.

Pentru aparatele consumatoare de combustibili gazoși destinate preparării apei calde de consum, nu se specifică niciun coeficient de simultaneitate.

Astfel, conform NTPE2018, dimensionarea conductelor de distribuție a gazelor naturale se face în ipoteza funcționării simultane a tuturor aparatelor consumatoare de combustibili gazoși destinate încălzirii și preparării apei calde de consum.

În timpul sezonului rece, sarcina energetică pentru încălzirea spațiilor este dependentă de temperatura exterioară, astfel, deși aparatele destinate pentru încălzire prezintă un mod de operare discontinuu, în calculele de dimensionare a sistemului de distribuție gaze naturale, coeficientul de simultaneitate utilizat este 1. Prepararea apei calde de consum în schimb, prezintă un regim similar în utilizare cu aparatele de preparare a hranei, ceea ce conduce la necesitatea utilizării unui coeficient de simultaneitate.

2. METODOLOGIA CERCETĂRII

Studiu de caz își propune să determine consumul de gaze naturale per locuință, respectiv un debit de calcul mediu-maxim per locuință. Datele de intrare sunt:

- facturi punctuale emise de operatorul economic autorizat în distribuția gazelor naturale, din lunile de iarnă, (decembrie-ianuarie-februarie) din care s-a extras consumul de gaz natural;
- date de la 1,043 apartamente (punctuale) și 675 locuințe unifamiliale (punctuale), extrase din certificatul energetic realizat de un auditor energetic atestat;
- date furnizate de la operatorul economic autorizat în distribuția gazului natural, privind consumul real de gaz natural maxim per localitate;



- date furnizate de proiectanți de specialitate în proiectarea distribuțiilor de gaze naturale privind debitele de calcul utilizate.

Determinarea debitului de calcul mediu-maxim per locuință s-a realizat prin analiza consumurilor reale, corelate cu datele de intrare și prin analiza necesarului de energie per locuință.

Pentru a analiza utilizarea unui coeficient de simultaneitate în funcționare și pentru a analiza problemele generate de supradimensionarea rețelelor de distribuție a gazelor naturale, se va dimensiona o rețea de distribuție de gaze naturale, cu utilizarea datelor conform NTPE2018 (informațiile precizate în capitolul 1) și se va dimensiona rețeaua de distribuție de referință, utilizând datele rezultate din studiul de față.

3. DETERMINAREA DEBITULUI DE CALCUL CONFORM DATELOR PRIMITE

Inginerii specialiști în domeniul proiectării distribuțiilor de gaze naturale utilizează în dimensionare un debit de calcul între 1-2 m³/h, această valoare fiind aleasă de proiectant și nefiind fondată de normativele sau legile în vigoare.

Din răspunsul la adresa trimisă către S.C. DelGazGRID S.A. Târgu-Mureș, cu nr. 6071499981/26.04.2021, privind consumurile maxime înregistrate în localități, raportate la numărul de gospodării racordate, a rezultat un debit de calcul maxim 0.5–1.0 m³/h /gospodărie.

Consumul mediu-maxim de gaze naturale, calculat din facturi punctuale ale unor apartamente și locuințe individuale cu diferite suprafețe și grad de izolare termică are valori între 0.09-0.78 m³/h, în lunile de iarnă, anii 2017-2021.

Concluzionând, valoarea debitului de calcul cuprins între 3-5 m³/h, rezultat din articolele menționate în capitolul 1, este net mai mare decât primele informații analizate.

4. ANALIZA CONSUMURILOR REZULTATE DIN CERTIFICATUL ENERGETIC

Consumurile reale pot diferi foarte mult datorită caracteristicilor consumatorilor. Astfel, pe lângă datele clădirii: rezistențele termice corectate ale anvelopei, caracteristicile tehnice ale sursei termice instalate, starea și vechimea acesteia, respectiv a instalațiilor aferente, volumul spațiului încălzit, amplasamentul - zona climatică/eoliană și orientarea cardinală a locuinței, gradul de adăpostire în spațiul construit, numărul de persoane/locuință etc., există o serie de factori care pot duce la diferențe între rezultatele calculelor de proiectare și consumurile reale, cum ar fi: temperatura interioară de confort în sezonul rece, resursele financiare ale locuitorilor, procentul încălzit al spațiului util, economia de energie și valorificarea surselor regenerabile etc.

Dificultatea determinării consumului mediu de energie apare și datorită particularității individuale, cu toate acestea există și comportamente comune, caracteristice unor categorii de persoane, a căror consumuri pot fi determinate practic. Pentru posibilitatea determinării consumurilor unei locuințe s-a întocmit "Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor" MC 001/2006 [5], pe baza căreia se întocmește certificatul de performanță energetică a clădirilor și instalațiilor aferente.

Certificatul de performanță energetică este un document ce cuprinde informații referitoare la eficiența unei clădiri din punct de vedere energetic. Calculele necesare întocmirii unui astfel de document sunt realizate de o persoană specializată, auditorul energetic atestat.

Din "Registrul de evidență" al unui auditor energetic atestat s-au analizat consumurile a 1,043 apartamente și 675 locuințe individuale. Rezultatele obținute sunt prezentate sintetic în tabelul următor.



Tabelul 1. Centralizator date colectate in-situ

Perioada întocmirii certificatelor energetice	Tipul clădirii					
	Apartament			Locuință individuală		
	Nr.	q _{inc}	q _{acc}	Nr.	q _{inc}	q _{acc}
-	[-]	[kWh/m ² an]	[kWh/m ² an]	[-]	[kWh/m ² an]	[kWh/m ² an]
2017 –2020	1,043	121.76	31.71	675	251.29	29.31
2017 –2018	521	134.24	32.43	351	291.82	29.74
2019 –2020	522	109.29	30.98	324	210.76	28.87

unde

q_{inc} este consumul mediu specific de energie pentru încălzirea spațiilor, [kWh/m²an];

q_{acc} - consumul mediu specific de energie pentru prepararea apei calde de consum, [kWh/m²an].

OBS. Media consumurilor specifice a fost calculată pe întreaga perioadă disponibilă pentru analiza datelor furnizate de auditorul energetic atestat și pe două perioade (2017–2018 și 2019 –2020), astfel observându-se o reducere a consumurilor specifice odată cu adoptarea mai multor măsuri de scădere a consumurilor de energie, conform Ordinului nr. 2641 din 2017 [6].

Valorile medii obținute pentru consumurile specifice pentru încălzire și preparare a apei calde de consum s-au rotunjit astfel:

q_{inc} apartament = 125 kWh/m²an;

q_{inc} locuință individuală = 255 kWh/m²an;

q_{acc} apartament , respectiv q_{acc} locuință individuală = 30 kWh/m²an.

Pentru a analiza consumul mediu pentru o localitate, s-au ales patru categorii reprezentative de locuințe, conform tabelului următor:

Tabelul 2. Categoriile de clădiri

Nr. crt.	Tipul locuinței	Q _{inc}	Q _{acc}	Q _{en}	Q	Q	q
-	-	[kWh/an]	[kWh/an]	[kWh/an]	[kWh/lună]	[m ³ /lună]	[m ³ /h]
1	Locuință unifamilială cu suprafața utilă medie de 75 m ²	19,125	2,250	21,375	3,900	355	0.50
2	Locuință unifamilială cu suprafața utilă medie de 150 m ²	38,250	4,500	42,750	7,800	710	1.00
3	Apartament cu suprafața utilă medie de 35 m ²	4,375	1,050	5,425	1,200	110	0.15
4	Apartament cu suprafața utilă medie de 65 m ²	8,125	1,950	10,075	2,200	200	0.28

unde

Q_{inc} este consumul de energie pentru încălzire, pe an, [kWh/an];

Q_{acc} - consumul de energie pentru prepararea apei calde de consum, pe an, [kWh/an];

Q_{en} - consumul de energie pentru încălzire și prepararea apei calde de consum, pe an [kWh/an];

Q - consumul maxim de energie aferent sezonului rece, produsă prin arderea gazului natural, pe lună, pentru încălzire și prepararea apei calde de consum, [kWh/lună], respectiv [m³/lună];

Q - consumul maxim de energie aferent sezonului rece, produsă prin arderea gazului natural, pe oră, pentru încălzire și prepararea apei calde de consum, [m³/oră].

OBS: Conform facturilor punctuale pe o perioadă de un an, s-a determinat valoarea consumului maxim ca fiind cuprinsă între Q / 4.5...Q / 6. Pentru o valoare acoperitoare, s-a luat în considerare Q = Q_{en} / 4.5, toți termenii utilizați având semnificațiile definite anterior.



Concluzionând, consumul mediu-maxim de energie rezultat din analiza datelor extrase din certificatele de performanță energetică pentru lunile cu cel mai mare consum de gaze naturale este cuprins între 0.15-1.00 m³/h (pentru încălzirea spațiilor și prepararea apei calde de consum).

5. NECESARUL DE ENERGIE

5.1. Necesarul de energie pentru încălzire

Necesarul de energie pentru încălzire, pentru o locuință, se calculează în primul rând în funcție de temperatura optimă a încăperilor corelată cu rezistențele termice corectate ale anvelopei clădirii, orientarea, amplasarea acesteia într-o anumită zonă climatică/eoliană, gradul de adăpostire în spațiul construit etc, cu relația:

$$Q_{\text{inc}} = S_A \cdot k \cdot \Delta T, \quad (1)$$

unde S_A este suprafața anvelopei, [m²]; $K = 1/R'_{\text{med}}$, [W/m²K]; R'_{med} - rezistența medie corectată a anvelopei [m²K/W]; ΔT - diferența de temperatură [K] sau [°C].

Pentru o casă medie de 100 m², parțial izolată, având $R'_{\text{med}} = 1.5$ m²K/W, se calculează $S_A \cong 300$ m². În harta de zonare climatică a României, zona Maramureșului, spre exemplu, este în zona III sau IV, temperatura exterioară de calcul este -18 °C, respectiv -21 °C. Temperatura interioară de confort a fost aleasă +21 °C. În aceste condiții aplicând relația (1) se obține:

$$Q_{\text{inc}} = 300 \text{ m}^2 \cdot 1/1.5 \text{ m}^2\text{K/W} \cdot [21 - (-21)] \text{ °C} = 8,400 \text{ W} = 8.4 \text{ kW} = 0.8 \text{ m}^3/\text{h}$$

5.2. Necesarul de energie pentru prepararea apei calde de consum (acc)

Necesarul de energie pentru prepararea acc se calculează funcție de numărul de persoane din locuință, funcție de numărul de consumatori (spălătoare, lavoare, dușuri, căzi de baie etc.), de temperatura apei reci, a apei calde de consum, a randamentului sursei de preparare a apei calde, debitul de apă din locuință, pierderile aferente rețelelor de distribuție etc. Determinarea necesarului de apă caldă de consum se face conform MC 001/2006, "Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor" [5], cu relația (2).

$$Q_{\text{acc}} = m \cdot c \cdot \Delta T, \quad (2)$$

unde m este masa apei, [kg]; c - căldura specifică a apei, $c_{\text{apă}} = 4,186$ [J/kgK]; ΔT - diferența de temperatură, [K] sau [°C].

Consumul de apă caldă este de 60 l/persoană/zi [5]. Numărul mediu de persoane dintr-o locuință este de 3 persoane. Temperatura apei reci în lac/puț este între 10-15 °C și temperatura la care este încălzită apa de consum este între 40-45 °C, $\Delta T = 30$ °C. În aceste condiții aplicând relația (2) se obține:

$$Q_{\text{acc}} = 60 \text{ kg/persoană/zi} \cdot 3 \text{ persoane} \cdot 4,186 \text{ J/kg°C} \cdot 30 \text{ °C} = 22,604,400 \text{ J} = 6.28 \text{ kWh} = 0.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

5.3. Necesarul de energie pentru prepararea hranei

Cel mai utilizat aparat pentru prepararea hranei este aragazul. Debitul instalat al unui aragaz cu patru ochiuri și cuptor este de 0.81 m³/h (consum înregistrat la pornirea simultană a celor 4 flăcări și a cuptorului). Pentru dimensionare, se aplică factorii de simultaneitate specifici din Tabelul 3 din NTPE2018 [1]. Coeficientul de simultaneitate s-a determinat în ipoteza folosirii aragazului și pentru prepararea apei calde, însă comportamentul actual al populației s-a schimbat. În prezent oamenii utilizează aragazul doar pentru prepararea hranei și acesta este utilizat la capacitate maximă doar în cazuri izolate, așadar, este de înțeles că acest coeficient de simultaneitate necesită o nouă estimare.

6. DIMENSIONAREA REȚELEI DE GAZE NATURALE AFERENTE UNEI LOCALITĂȚI

Ca studiu de caz, s-a ales o localitate de referință pentru a realiza dimensionarea rețelelor de distribuție a gazelor naturale într-o situație concretă.

Localitatea de referință, Arieșul de Câmp, este situată în comuna Ardușat la circa 22 km distanță de municipiul Baia Mare, județul Maramureș. În localitate, există un număr de 114 gospodării individuale, o instituție social-culturală, 2 lăcașuri de cult și o societate comercială. Cele patru clădiri nerezidențiale au fiecare o suprafață mai mică de 150 m², astfel în calcule s-au atribuit valori asemenea locuințelor individuale, rezultând o distribuție de gaze naturale dimensionată pentru 118 locuințe individuale.

Din ridicările topografice și din nomenclatura stradală s-au extras lungimile tronsoanelor și numărul de gospodării per tronson. Conductele de distribuție a gazelor naturale urmăresc configurația stradală a localității (conform planului de situație din Figura nr. 1).

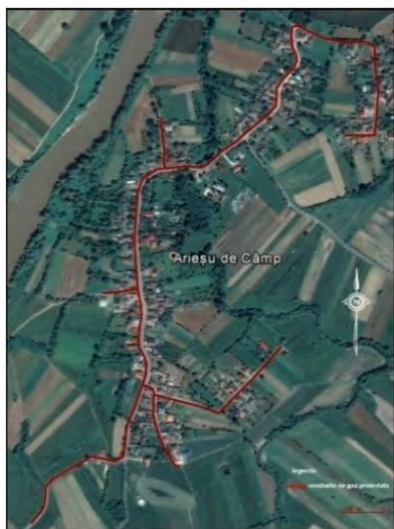


Figura 1. Plan de situație Arieșul de Câmp

În Figura nr. 2 este prezentată schema izometrică simplificată pentru identificarea tronsoanelor. Nodul 1 este considerat cuplarea în conducta principală a comunei. Nodurile 2, 3, 6, respectiv 8 sunt intersecții și nodurile 4, 5, 7, 9, respectiv 10 sunt capetele tronsoanelor. În calculele de dimensionare a distribuției s-au luat în considerare debitele instalate de 0.81 m³/h/gospodărie pentru prepararea hranei și 3.3 m³/h/gospodărie (respectiv o centrală termică de 35 kW) pentru încălzire și preparare acc.

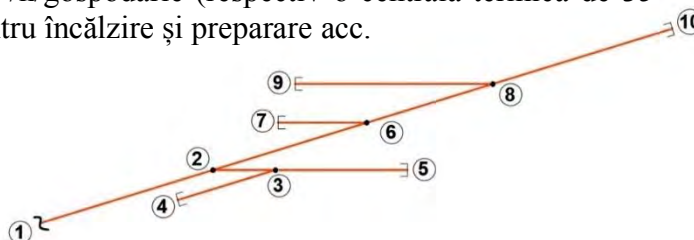


Figura 2. Schema izometrică (simplificată)

Tabelul 3. Varianta 1 – Date de intrare localitatea Arieșul de Câmp

Tronson	Lungime	Nr.	Coefficient de simultaneitate	Debit de calcul aragaz	Debit de calcul pt. încălzire	Debit de calcul tronson
-	[m]	-	[-]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
1-2	1,322	5	0.62	2.51	16.5	19.01
2-3	38	3	0.71	1.73	9.9	11.63
2-4	198	7	0.57	3.23	23.1	26.33
2-5	352	13	0.51	5.37	42.9	48.27
2-6	232	14	0.49	5.56	46.2	51.76
6-7	90	4	0.65	2.11	13.2	15.31
6-8	307	14	0.49	5.56	46.2	51.76
8-9	130	5	0.62	2.51	16.5	19.01
8-10	992	53	0.37	15.88	174.9	190.78
TOTAL						433.85

Pe baza calculelor efectuate referitoare la necesarul de energie pentru o locuință, în calculele de dimensionare a distribuției s-au luat în considerare debitele instalate de 0.81 m³/h/gospodărie



pentru prepararea hranei 0.6 m³/h/gospodărie pentru prepararea apei calde și 0.8 m³/h/gospodărie.

S-au analizat posibile valori aferente coeficientului de simultaneitate în funcționare pentru aparatele consumatoare de combustibili gazoși destinate preparării apei calde de consum. Valorile rezultate sunt centralizate în Tabelul 3.

Tabelul 4. Varianta 2 - Date de intrare localitatea Arieșul de Câmp

Tronson	Lungime	Nr.	Coeficient de simultaneitate	Debit de calcul aragaz	Debit de calcul pt. apa calda	Debit de calcul pt. încălzire	Debit de calcul tronson
-	[m]	-	[-]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
1-2	1322	5	0.62	2.51	1.86	4.00	8.37
2-3	38	3	0.71	1.73	1.28	2.40	5.40
2-4	198	7	0.57	3.23	2.39	5.60	11.23
2-5	352	13	0.51	5.37	3.98	10.40	19.75
2-6	232	14	0.49	5.56	4.12	11.20	20.87
6-7	90	4	0.65	2.11	1.56	3.20	6.87
6-8	307	14	0.49	5.56	4.12	11.20	20.87
8-9	129	5	0.62	2.51	1.86	4.00	8.37
8-10	992	53	0.37	15.88	11.77	42.40	70.05
TOTAL							171.78

După analiza mai multor valori aferente coeficientului de simultaneitate, s-a observat ca folosirea coeficientului de simultaneitate din Tabelul 3 din NTPE2018 aferent preparării hranei duce la valori satisfăcătoare corelate cu datele analizate la capitolele 3 și 4 din prezentul studiu. Debitul de calcul rezultat este de 1.46 m³/h/gospodărie.

Dimensionarea rețelelor de distribuție de presiune medie sau redusă se realizează folosind următoarele formule prezentate în Art.50. din NTPE2018 [1]:

$$D = 0.56 \times \sqrt[5]{\frac{Q_{CS}^2 T L \rho \lambda}{P_1^2 - P_2^2}} \quad \text{sau} \quad D = 0.56 \left(\frac{Q_{CS}^2 T L \rho \lambda}{P_1^2 - P_2^2} \right)^{0.2} \quad (3)$$

unde

D este diametrul interior al conductei de distribuție de gaze naturale, [cm];

O_{CS} – debitul de calcul la P=101,325 Pa (1.013 bari) și T = 288.15 K, [m³/h];

P₁ – presiune absolută a gazelor naturale la începutul tronsonului de conductă, [bari];

P₂ – presiune absolută a gazelor naturale la capătul tronsonului de conductă, [bari];

T – temperatura gazelor naturale, [K];

L – lungimea tronsonului de conductă de distribuție, a racordului sau a instalației de utilizare a gazelor naturale, [km];

ρ – densitatea relativă a gazelor naturale față de densitatea aerului; ρ = 0.554 [-];

λ – coeficientul de pierdere liniară de sarcină (adimensional); se determină în funcție de Re și k/D;

k – rugozitatea conductelor; k_{polietilenă} = 0.007 [-].

Re – numărul Reynolds, [-], calculat cu relațiile:

$$Re = \frac{wD}{\nu} \quad \text{sau} \quad Re = 2230 \frac{Q_{CS}}{D} \quad (4)$$

unde

w este viteza gazelor naturale în conducta de distribuție, racord sau în instalația de utilizare, [m/s];

D – diametrul interior al conductei de distribuție, [m];



V- coeficientul de vâscozitate cinematică, [m²/s];

O_{CS} – debitul de calcul la P=101,325 Pa (1.013 bari) și T = 288.15 K, [m³/h].

Valoarea coeficientului λ se calculează cu relațiile (5-8):

$$\text{pentru } Re < 2300 \quad \lambda = \frac{64}{Re} \quad (5)$$

$$- \text{ pentru } 2300 < Re < D^3D/k \quad \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2\lg(Re\sqrt{\lambda}) - 0.8 \quad (6)$$

$$- \text{ pentru } 23D/k < Re < 560D/k \quad \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\lg\left(\frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3.71D}\right) \quad (7)$$

$$- \text{ pentru } Re > 560D/k \quad \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1.14 - 2\lg\left(\frac{k}{D}\right) \quad (8)$$

Viteza medie a gazelor naturale într-un tronson de conductă în regim de curgere permanentă la presiuni medii sau reduse, cu destindere izotermă, se calculează cu relația (9):

$$w = \frac{5.375xQ_{CS}}{D^2\left(P_1 + \frac{P_2^2}{P_1 + P_2}\right)} \quad (9)$$

unde w, D, Q_{CS}, P₁ și P₂ au semnificațiile și unitățile de măsură de mai sus.

Conform NTPE2018, dimensiunea minimă pentru conductele de distribuție este de 63 mm (51.4 mm diametrul interior) și viteza maximă a gazelor naturale este maxim 40 m/s.

Pornind de la ipoteza că presiunea de intrare în localitate P₁ = 1.5 bari și P₂ = minim 0.5 bari și utilizând datele din Tabelul 3, respectiv Tabelul 4, folosind relațiile (3-9) s-a dimensionat traseul cel mai dezavantajat (lung) conform NTPE2018 [1] în Tabelul 5 și respectiv utilizând datele rezultate în capitolul 5 în Tabelul 6.

Tabelul 5. Varianta 1 - Dimensionarea rețelei de gaze naturale localitatea Arieșul de Câmp

Tronson	Mat.	D	L	Q _n	P ₁	P ₂	Re	λ	w
		[mm]	[km]	[m ³ /h]	[bara]	[bara]	[-]	[-]	[m/s]
1-2	PE	90	1.322	433.85	2.5	2.34	107,499	0.0212	7.93
2-6	PE	61.4	0.232	328.61	2.34	2.22	119,350	0.022	13.72
6-8	PE	61.4	0.307	261.55	2.22	2.1	94,994	0.0227	11.51
8-10	PE	51.4	0.992	190.78	2.1	1.53	82,772	0.0237	14.13

Tabelul 6. Varianta 2 - Dimensionarea rețelei de gaze naturale localitatea Arieșul de Câmp

Tronson	Mat.	D	L	Q _n	P ₁	P ₂	Re	λ	w
		[mm]	[km]	[m ³ /h]	[bara]	[bara]	[-]	[-]	[m/s]
1-2	PE	51.4	1.322	171.78	2.50	1.99	74,527	0.0239	10.33
2-6	PE	51.4	0.232	127.03	1.99	1.93	55,113	0.0246	8.78
6-8	PE	51.4	0.307	99.29	1.93	1.88	43,079	0.0254	7.05
8-10	PE	51.4	0.992	70.05	1.88	1.80	30,391	0.0267	5.16

Din Tabelul 5, respectiv Tabelul 6 se observă o redimensionare a conductelor de gaz de la PE110 (tr. 1-2) și PE 75 (tr. 2-6 și 6-8) la PE 63 (minimul acceptat pentru rețele de distribuție).

Economia financiară poate fi estimată cu relația:

$$Ec = L_{tr1-2} \cdot Pr_{d110} + (L_{tr2-6} + L_{tr6-8}) \cdot Pr_{d75} - (L_{tr1-2} + L_{tr2-6} + L_{tr6-8}) \cdot Pr_{d63}, \quad (10)$$

unde

Ec este economia financiară, [lei];

Pr_{dx} – costul unitar al tubului de polietilenă de diametru "x" (magazinul online - Magazinul Instalatorilor [8]), [lei/m];

L_{try} – lungimea tronsonului "y", [m].



$$E_c = 1,322 \text{ m} \cdot 49.73 \text{ lei} + (232 + 307) \text{ m} \cdot 23.22 \text{ lei} - (1,322 + 232 + 307) \text{ m} \cdot 16.62 \text{ lei} = 47,328.8 \text{ lei}$$

Distribuția studiată este de lungime relativ mică (2.853 km) în comparație cu rețelele de distribuție din comune sau orașe. Astfel, economia financiară ajunge să fie considerabilă, direct proporțională cu numărul de gospodării racordate sau lungimea distribuției.

7. CONCLUZII

Studiul de față reprezintă o primă analiză în ceea ce privește stabilirea unui debit de calcul, respectiv a unui coeficient de simultaneitate pentru dimensionarea rețelelor de distribuție a gazelor naturale. În acest sens, au fost analizate 1,043 apartamente și 675 locuințe unifamiliale, neluându-se în considerare clădirile nerezidențiale. O altă limitare a aplicabilității studiului este reprezentată de tipul aparatelor consumatoare de gaz, studiul luând în considerare aparate cu protecție la lipsă gaz, astfel încât în cazul ajungerii în situații accidentale, siguranța utilizatorilor să nu fie afectată.

Cu toate acestea, necesitatea reglementării unor debite de calcul, respectiv a valorilor coeficienților de simultaneitate în funcționare în cazul sistemelor de distribuție a gazelor naturale reiese din calculele efectuate.

Valoarea aplicativă a lucrării constă în primul rând în aducerea în discuție și analiză a necesității luării în calcul a regimului de operare a sistemelor de distribuție prin aplicarea unor coeficienți de simultaneitate acoperitori și siguri, unele dintre avantajele constituind reducerea costurilor investiționale a rețelelor de distribuție a gazelor naturale, respectiv a amprenteii energetice și de carbon a clădirilor și instalațiilor aferente.

BIBLIOGRAFIE

1. Normele tehnice pentru proiectarea, executarea și exploatarea sistemelor de alimentare cu gaze naturale din 10.05.2018. Disponibil online la adresa: <https://lege5.ro/Gratuit/gi4dgnbvqazq/norme-tehnice-pentru-proiectarea-executarea-si-exploatarea-sistemelor-de-alimentare-cu-gaze-naturale-din-10052018?pid=260165122#p-260165122>
2. Normativ privind calculul coeficienților globali de izolare termică la clădirile de locuit Indicativ C 107/1-2005. Disponibil online la adresa: <http://www.stim.ugal.ro/crios/Support/IEACA/Anexe/C107-1-3-2005.pdf>
3. Nume document: *Reducerea emisiilor de CO2: obiective și măsuri UE*. Disponibil online la adresa: <https://www.europarl.europa.eu/news/ro/headlines/society/20180305STO99003/reducerea-emisiilor-de-co2-obiective-si-masuri-ue>
4. Legea nr. 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor. Disponibil online la adresa: <http://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/66970>
5. Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor, indicativ MC 001/2006. Disponibil online la adresa: <http://aaecr.ro/wp-content/uploads/2020/01/Metodologie-de-calcul.pdf>
6. Ordinul nr. 2641/2017 privind modificarea și completarea reglementării tehnice "Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor", aprobată prin Ordinul ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului nr. 157/2007. Disponibil online la adresa: <https://aaecr.ro/wp-content/uploads/2017/04/norme-privind-calculul-performantei-energetice-a-cladirilor.pdf>
7. *Manual de Instalații*. Editura ARTECNO București S.R.L., 2002. ISBN 973 – 85936-0-3
8. Magazinul Instalatorilor: http://www.magazinul-instalatorilor.ro/PEHD_gaz/Teava_PEHD_gaz



Studiu comparativ privind metodele de dedurizare ale apelor utilizate în domeniul ingineriei instalațiilor

Autori

Adriana Georgiana A. PANDELEA^{1*}, Denis I. SIMONIAK².

¹Facultatea de Inginerie a Instalațiilor, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj, adrianapandelea25@gmail.com^{1*}

²Facultatea de Inginerie a Instalațiilor, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj, simoniak01@gmail.com²

Îndrumător

Conf. Dr. Ing. Dana - Adriana ILUȚIU - VARVARA

Facultatea de Inginerie a Instalațiilor, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj, dana.adriana.varvara@insta.utcluj.ro

REZUMAT: Utilizarea apei ca agent termic în: instalațiile de cazan, instalațiile termomecanice, schimbătoarele de căldură sau în diverse procese tehnologice, implică o serie de probleme legate de generarea depunerilor de cruste de săruri. Scopul lucrării este realizarea unui studiu comparativ privind metodele de dedurizare ale apei utilizate în domeniul ingineriei instalațiilor.

Cuvinte cheie

Ape, duritate, dedurizare, schimb de ioni, tratare, procedee

1. Introducere

Apele reprezintă o resursă naturală regenerabilă, vulnerabilă și limitată, element indispensabil pentru viață și pentru societate, materie primă pentru activități productive, sursă de energie și cale de transport, factor determinant în menținerea echilibrului ecologic [1].

Pentru apa utilizată în scop industrial (cazanele de abur, termocentrale), prezintă importanță conținutul de săruri de calciu, magneziu, fier, mangan etc. care datorită posibilității de a se depune sub formă de cruste prezintă dezavantaje majore și pericole în exploatare. Crustele fiind rău conductoare de căldură, micșorează transferul termic, scăzând randamentul termic al cazanului (instalației), putând provoca chiar fisurarea peretelui acestuia. Una dintre condițiile impuse apei utilizate în acest scop este aceea de duritate mică. Valoarea neadecvată a durității apei poate duce la evoluții nefavorabile ale unor procese sau la producerea unor deteriorări ale mediului natural, ambiental sau chiar a unor agregate, mașini și utilaje. Din acest motiv controlul durității apei are o mare însemnătate practică [2].

2. Duritatea apei

Duritatea unei ape este dată de conținutul de:

- ♣ săruri solubile de metale alcalino-pământoase (în general calciu și magneziu);
- ♣ metale pământoase (în special fierul, aluminiul, magneziul);
- ♣ metalele care nu sunt alcaline (sodiul și potasiul) [2].

Duritatea apei este determinată de concentrația de săruri de calciu și magneziu ale acesteia.

Duritatea unei ape este de patru tipuri:

- duritate temporară;
- duritate permanentă;
- duritate totală;
- duritate remanentă.

În Figura 1 este prezentat un exemplu de depunere calcaroasă.

Figura 1 Depuneri de calcar in conducte [3]



Nivelul de duritate a apei este dat de cantitatea de carbonat de calciu (CaCO_3) pe care o conține. La nivel național duritatea apei se exprimă în unități denumite grade de duritate germane. Aceasta mai poate fi exprimată prin intermediul gradelor de duritate:

- ✚ engleze (1° e este echivalent cu 10 mg $\text{CaCO}_3/700$ ml apă);
- ✚ franceze (1° f este echivalent cu 10 mg $\text{CaCO}_3/1000$ ml apă);
- ✚ americane (1° a este echivalent cu 1 mg $\text{CaCO}_3/1000$ ml apă).

În Tabelul 1 sunt prezentate sărurile care conferă apei duritate.

Tabelul 1. Sărurile care conferă apei duritate [2].

Tipul de duritate	Anioni	Compuși	
		Denumire	Formula chimică
Duritatea temporară (D_t)	HCO_3^-	Bicarbonat de calciu	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
		Bicarbonat de magneziu	$\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
		Bicarbonat de fier	$\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$
Duritatea permanentă (D_p)	Cl^-	Clorură de calciu	CaCl_2
		Clorură de magneziu	MgCl_2
		Clorură feroasă	FeCl_2
	NO_3^-	Azotat de calciu	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
		Azotat de magneziu	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$
		Azotat feros	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$
	SO_4^{2-}	Sulfat de calciu	CaSO_4
		Sulfat de magneziu	MgSO_4
		Sulfat de fier (II)	FeSO_4

3. Tipuri de cruste de săruri generate în cazanele de abur

La temperaturile și presiunile ridicate din cazanele de abur, sărurile solubile de calciu și de magneziu devin insolubile și determină generarea crustelor, care se depun pe pereții cazanelor și ai conductelor. Tipurile de cruste de săruri formate în cazanele de abur sunt: crustele de carbonați; crustele de sulfatați; crustele de silicați etc.

Crustele de carbonați se formează din carbonatul de calciu (CaCO_3) și hidroxidul de magneziu ($\text{Mg}(\text{OH})_2$). Acești compuși rezultă din descompunerea termică a bicarbonaților de



calciu și de magneziu. Crustele de sulfati se formează datorită faptului că prin evaporarea apei din cazan, sărurile de sulfati ating produsul de solubilitate.

Crustele de silicati sunt cele mai periculoase și se formează prin hidroliza silicaturii de magneziu, rezultat în urma reacției dintre sulfatul de magneziu (sare solubilă) și silicaturii de sodiu, ambele existente în apele dure.



Compusul denumit serpentin ($3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) se formează în prezența silice (SiO_2). Serpentinul este componentul de bază al pietrei de cazan.

Pentru buna funcționare a cazanelor, apa de alimentare a acestora, trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- + să nu conțină săruri solubile de calciu și magneziu;
- + conținutul de silice (SiO_2) să fie sub 10 [mg/l];
- + să aibă conținut limitat de gaze (oxigen și bioxid de carbon);
- + să fie lipsită de suspensii etc. [4].

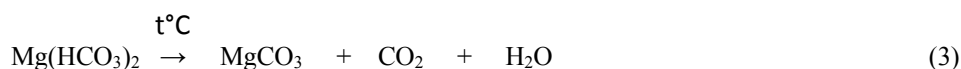
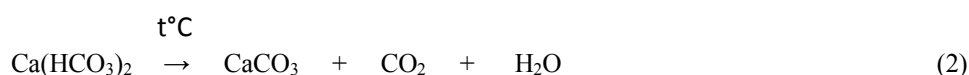
4. Dedurizarea apei

Prin dedurizarea apei se înțeleg operațiile de îndepărtare a sărurilor de calciu și magneziu solvite în ape. În prezent se cunosc mai multe procedee de dedurizare a apei. Acestea se aplică în practică atât în funcție de natura durtății apei, cât și de gradul de dedurizare impus de diversele utilizări ale apei.

Dedurizarea se poate face prin următoarele procedee:

- + procedee termice;
- + procedee chimice cu:
 - reactivi
 - schimbători de ioni
- + procedee combinate.

Procedeele termice se aplică în cazul apelor cu durtate temporară mare. Aceasta se înlătură prin fierberea apei. În cazul acestui procedeu, bicarbonații de calciu și de magneziu se descompun conform reacțiilor:



Carbonații de calciu și de magneziu se depun sub formă de precipitate [4].

Procedeele chimice cu reactivi constau în introducerea în apă a unor substanțe chimice (var, sodă, sulfat de aluminiu etc.) care produc precipitarea sărurilor de calciu și de magneziu dizolvate în apă și separarea lor în decantoare și filtre. Aceste procedee se bazează pe faptul că hidroxidul de calciu ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) precipită carbonații acizi care alcătuiesc durtate temporară și neutralizează dioxidul de carbon, iar carbonatul de sodiu (Na_2CO_3) precipită sărurile care formează durtate permanentă. Ionii de calciu se îndepartează sub formă de carbonat, iar cei de magneziu sub formă de hidroxid.

Procedeele chimice cu schimbători de ioni se utilizează pentru prepararea apei de cazane, folosită ca agent termic. Acest procedeu constă în trecerea apei dure printr-un filtru sub presiune, care are ca material filtrant granular o masă macromoleculară de sodiu sau de



hidrogen numită și schimbător de ioni. Materialul filtrant are proprietatea de a schimba ionii de H sau Na cu Ca sau Mg aflați în compușii din apă astfel încât prin transformările care au loc, apa își pierde duritatea.

În industriile moderne dedurizarea apei se realizează cu ajutorul schimbătorilor de ioni. Schimbătorii de ioni sunt substanțe naturale (zeoliți, cărbuni tineri) sau artificiale (permutiți, rășini), insolubile în apă, acizi sau baze și care în structura lor complexă au un cation sau anion slab legat pe care pot să-l schimbe ușor cu un alt cation sau anion dintr-o soluție cu care vin în contact.

Un schimbător de ioni se caracterizează prin:

- + capacitatea de schimb;
- + viteza de schimb.

Capacitatea de schimb reprezintă cantitatea de ioni pe care-i poate îndepărta din soluție o cantitate (exprimată în unități de volum sau greutate) de schimbător de ioni.

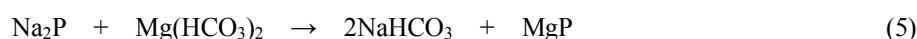
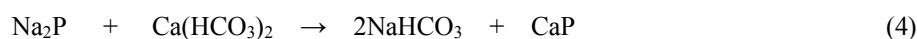
Viteza de schimb reprezintă cantitatea de cationi reținută pe o anumită cantitate de schimbător ionic. Deci, viteza de schimb este influențată de:

- + dimensiunile particulelor;
- + temperatură;
- + concentrația soluției.

Schimbătorii de ioni pot fi:

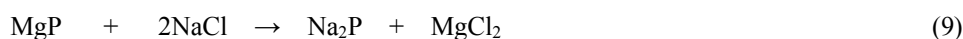
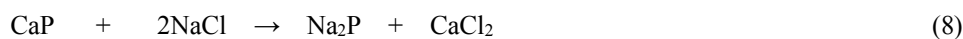
- ❖ produși naturali:
 - ortoclaz ($K_2Al_2Si_6O_{16}$);
 - anortit ($CaAl_2Si_2O_8$);
 - albit ($Na_2Al_2Si_6O_{16}$).
- ❖ produși de sinteză (rășini sintetice).

La trecerea apei printr-un strat de permutit de sodiu (Na_2P) au loc reacțiile:



Schimbul ionic fiind cantitativ, se obține o apă dedurizată complet, dar care va avea o reacție bazică cu atât mai mare, cu cât duritatea temporară a apei brute a fost mai mare. De aceea, în practică apa se tratează mai întâi cu lapte de var pentru înlăturarea durității temporare, iar apoi aceasta se trece prin coloana cu permutit de sodiu.

Când toți ionii de sodiu din permutit au fost înlocuiți cu ioni de calciu și magneziu, permutitul devine inactiv, motiv pentru care se impune regenerarea lui. Regenerarea se realizează prin tratarea permutitului cu o soluție de clorură de sodiu ($NaCl$) 10- 15%. În timpul regenerării permutitului, au loc reacțiile:



Dedurizarea apei prin intermediul schimbului ionic, se poate realiza în consumul casnic prin introducerea unui cartuș cu schimbători de ioni (combinată cu utilizarea cărbunelui activ) pe conducta de alimentare a robinetelor.

Utilizarea cartușelor cu schimbători de ioni este opțională pentru apa de robinet, însă este obligatorie pentru apa care alimentează microcentralele termice de apartament [5].

În figura 1 este prezentat procedeul chimic cu schimbători de ioni.

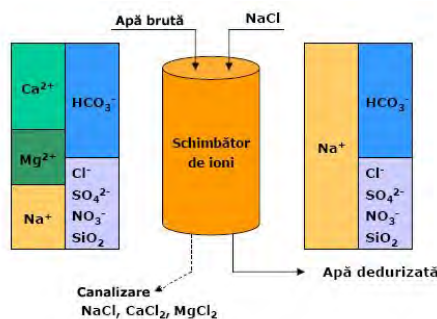


Figura 1. Procedeul chimic cu schimb de ioni

În Tabelul 2 se găsesc avantajele și dezavantajele metodelor de dedurizare.

Tabelul 2. Avantajele și dezavantajele metodelor de dedurizare [6-7]

Metode de dedurizare	Avantaje	Dezavantaje
Procedeul termic	Elimină bicarbonații de calciu și magneziu prin fierbere, carbonații acizi se transformă în carbonați neutri, insolubili, care pot fi îndepărtați prin filtrare.	Nu poate elimina celelalte săruri de calciu și magneziu (sulfatați, cloruri, azotați, fosfați etc).
Procedeul chimic	Îndepartează sărurile de calciu și magneziu care rămân după fierbere (sulfatați, cloruri, azotați, fosfați etc).	Metoda este una destul de costisitoare, mai ales la cantități mari de apă.
Procedeul chimic cu schimbători de ioni	Poate funcționa fără o reglare specială, chiar dacă duritatea apei variază de la o zi la alta și nu este la fel de costisitor ca procedeul chimic.	Există un număr de limitări de care ar trebui să se țină cont în timpul elaborării etapelor.

Factorii care influențează negativ procesele de schimb ionic sunt [7]: impurificarea cu sulfat de calciu; impurificarea cu fier; adsorbția materiei organice; contaminarea organică de la rășină; contaminarea cu bacterii; contaminarea cu cloruri; implicațiile mediului înconjurător.

Impurificarea cu sulfat de calciu

Acidul sulfuric este cea mai ieftină rășină cationică regeneratoare pentru demineralizări. Unele surse de apă conțin concentrații mari de ioni de calciu și când acest acid este utilizat pentru regenerarea rășinii, sulfatul de calciu precipită. Astfel se blochează rășina și conductele. În acest caz este recomandat acidul clorhidric drept regenerant.

Impurificarea cu fier

Sursele de apă din subteran, în condiții anaerobe, conțin întotdeauna ioni de Fe(II) solubili. Aerarea permite oxidarea Fe²⁺ la Fe³⁺ și precipitarea hidroxidului feric care încarcă particulele de rășină și împiedică schimbul de ioni. Blocarea rășinii de către ionul de fier este una dintre cele mai comune cauze ale eșecului procesului de dedurizare.

Adsorbția materiei organice

Una din cele mai uzuale probleme rezultă din prezența materiei organice din apa distribuită. Aceste substanțe pot fi ireversibil adsorbite în interiorul particulelor rășinii anionice,



reducând capacitatea lor de schimb și implicit eficiența procesului de tratare a apei. Îndepărtarea părților organice înainte de demineralizare este de obicei realizată prin floculare cu o sare de aluminiu sau ferică urmată de filtrare pentru îndepărtarea flocoanelor de hidroxizi metalici și de coprecipitare a compușilor organici.

Contaminarea organică de la rășină

Rășinile pot fi surse de contaminare organică ne-ionică. Rășina mai nou comercializată adesea conține resturi organice după fabricație, în timp ce rășini foarte vechi pot fi surse de fragmente organice deoarece structura unui polimer se scindează în timp. Asemenea contaminare poate fi neglijată pentru multe utilizări, însă când îndepărtarea este necesară, demineralizarea apei se poate face prin trecerea printr-o membrană de ultra filtrare.

Contaminarea cu bacterii

Straturile de rășină nu acționează ca filtre pentru îndepărtarea bacteriilor sau a altor microorganisme. Adesea au tendința de a agrava această contaminare cu bacterii mai ales pentru că urmele de materii organice care se acumulează în apă constituie o sursă de dezvoltare a bacteriilor. Straturile de rășină pot fi decontaminate cu dezinfectanți cum ar fi formaldehida, dar încălzirea sau dezinfectarea prin oxidare cu ajutorul clorurilor nu trebuie utilizată pentru a nu distruge rășina.

Contaminarea cu cloruri

Clorurile distrug rășina. Aceasta înseamnă că sursele de apă pentru fiecare oraș conțin cloruri. Apa de alimentare se tratează prin trecerea acesteia printr-un strat de cărbune activ care îndepărtează eficient clorurile existente.

Implicațiile mediului înconjurător

Apa distrusă pentru dezactivare după regenerare, conține toate mineralele îndepărtate din apă, plus sarea formată de regeneranți. Acestea sunt concentrate într-un volum echivalent, cuprins între 1-5% din materiile prime introduse în apa tratată [7].

5. Concluzie

Apa folosită în instalații trebuie dedurizată pentru a preveni și a încetini formarea depunerilor calcaroase în elementele componente ale instalației, proces ce conduce la o serie de avantaje notabile, cum ar fi menținerea unui randament ridicat al transferului termic pentru instalațiile de încălzire și a unui consum minim de combustibil și totodată reducerea frecvenței de intervenții pentru repararea și/sau înlocuirea componentelor instalațiilor. Pentru obținerea unei eficiențe de dedurizare ridicate, este recomandată utilizarea procedurii chimic cu schimbători de ioni.

BIBLIOGRAFIE

1. Legea apelor 107 http://www.cdep.ro/pls/legis/legis_pck.htm_act_text?id=9273 (Accesat la data de 05.05.2021)
2. Iluțiu – Varvara D. A. - “Materiale de instalații și chimie aplicată”, Editura U.T. PRESS, Cluj - Napoca, 2016
3. <https://biblioteca.regielive.ro/referate/constructii/necesitatea-dedurizarii-apei-in-instalatii-319192.html> (Accesat la data de 05.05.2021)
4. Iluțiu – Varvara D. A. – “Chimie”, Specializarea Instalații pentru Construcții. Editura U.T. PRESS, Cluj - Napoca, 2013
5. Iluțiu - Varvara D. A. – “Materiale de Instalații”, Editura U.T. PRESS, Cluj - Napoca, 2020.
6. <https://www.scrigroup.com/educatie/chimie/PROCEDEE-DE-DEDURIZARE-A-APEI94517.php> Accesat la data de 05.05.2021
7. <https://biblioteca.regielive.ro/referate/chimie-general/tratarea-apei-cu-schimbatori-de-ioni-dedurizarea-si-demineralizarea-326905.html> (Accesat la data de 05.05.2021)



Studiu comparativ privind proprietățile materialelor compozite cu aplicabilitate în domeniul ingineriei instalațiilor

Autori

Denis I. SIMONIAK^{1*}, Adriana Georgiana A. PANDELEA².

¹Facultatea de Inginerie a Instalațiilor, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj, simoniak01@gmail.com^{1*}

²Facultatea de Inginerie a Instalațiilor, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj, adrianapandelea25@gmail.com²

Îndrumător

Conf. Dr. Ing. Dana - Adriana ILUȚIU - VARVARA

Facultatea de Inginerie a Instalațiilor, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj, dana.adriana.varvara@insta.utcluj.ro

REZUMAT: *Compozitele reprezintă categoria de materiale cu proprietăți speciale, alcătuite din mai multe componente. În lucrare vor fi prezentate proprietățile generale ale materialelor compozite. Scopul lucrării este realizarea unui studiu comparativ privind proprietățile materialelor compozite utilizate în domeniul ingineriei instalațiilor.*

Cuvinte cheie

Materiale compozite, ingineria instalațiilor, proprietăți, avantaje, dezavantaje.

1. Introducere

Materialele compozite sunt materiale cu proprietăți anizotrope, formate din mai multe componente, a căror organizare și elaborare permit folosirea celor mai bune caracteristici ale componentelor. În domeniul materialelor compozite, prioritățile principale de cercetare le constituie reducerea consumului de energie pentru procesele tehnologice și minimizarea impactului negativ asupra mediului. Materialele compozite au fost concepute pentru a înlocui, într-o proporție tot mai mare, materialele tradiționale, care sunt caracterizate de unele dezavantaje cu privire la: performanțele și procedeele de obținere și de prelucrare; complexitatea geometrică; consumuri energetice crescute [1].

Obținerea materialelor compozite s-a impus pe baza mai multor considerente tehnice, economice și de mediu, printre care, necesitatea [2]:

- realizării unor materiale cu proprietăți speciale, imposibil de atins de materialele tradiționale;
- reducerii consumului de materiale deficitare, scumpe sau prețioase;
- reducerii consumurilor de manoperă și a reducerii duratelor tehnologice de fabricație;
- creșterii siguranței și a fiabilității în exploatare a diferitelor construcții și instalații;
- conservarea resurselor naturale.

Materialele compozite sunt alcătuite dintr-o matrice (plastică/ceramică/metalică) și elemente de armare care sunt dispuse în matrice de diferite proporții și orientări. Armatura reprezintă faza discontinuă, distribuită uniform în întregul volum al matricei, conferind materialului compozit o rezistență ridicată și reprezintă elementul principal de preluare a sarcinii, iar matricea are rolul de material de legătură între elementele de armare și mediul de transfer al sarcinii exterioare spre acestea [3].



Un material compozit este format în general dintr-o matrice în care se va dispersa agentul de armare, numit și agent de umplură. În funcție de elementul de bază corespunzător matricei, aceste materiale pot fi, compozite:

- cu matricea bazată pe metale, care ocupă circa 10% din producția de materiale compozite;
- cu matricea bazată pe materiale ceramice, care ocupă aproximativ 15% din producția de materiale compozite;
- cu matricea bazată pe polimeri, ce ocupă circa 75% din producția de materiale compozite [4].

În Figura 1 este prezentată componența materialelor compozite.

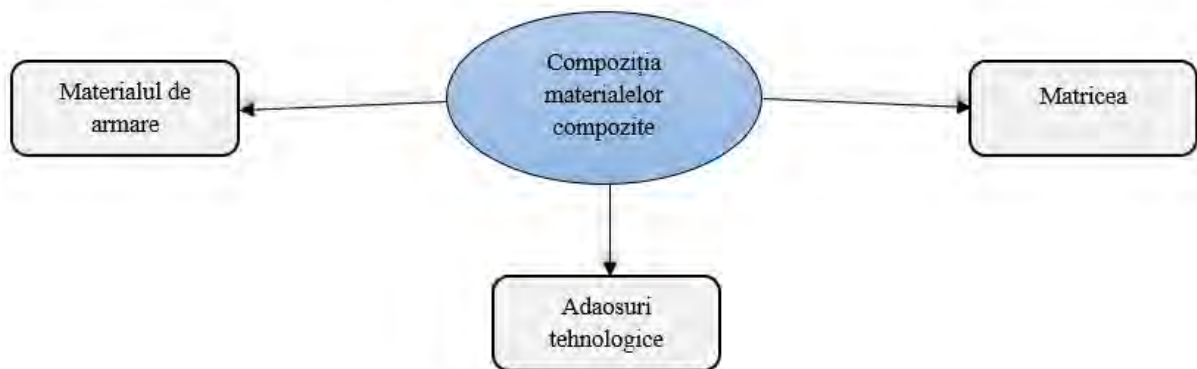


Fig. 1 Componența materialelor compozite.

În Figura 2 este prezentată clasificarea materialelor compozite, după tipul matricei.

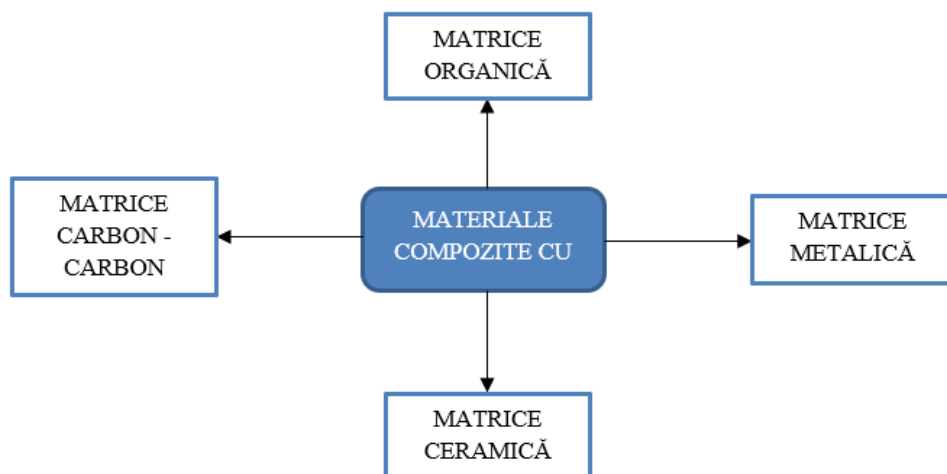


Fig. 2 Clasificarea materialelor compozite după tipul matricei.



2. Proprietățile generale ale materialelor compozite

Materialele compozite au următoarele caracteristici [1]:

- sunt create artificial, prin combinarea diferitelor componente;
- reprezintă o combinație a cel puțin două materiale deosebite din punct de vedere chimic, între care există o suprafață de separație distinctă;
- prezintă proprietăți pe care nici un component luat separat nu le poate avea.

Alte proprietăți generale pe care materialele compozite le au [1]:

- durabilitate ridicată în funcționare;
- rezistență la șoc, abraziune și coroziune;
- rezistență la tracțiune sporită;
- masă volumică redusă în raport cu metalele (2 kg/dm^3 față de $7-8 \text{ kg/dm}^3$ la oțel);
- capacitate mare de amortizare a vibrațiilor;
- rezistență la șoc, abraziune și coroziune;
- consum energetic scăzut pentru obținere (pentru obținerea polietilenei se consumă 25 Kcal/cm^3 în timp ce la oțel valoarea este de 160 Kcal/cm^3).

În funcție de tipul materialului de armare, se disting două clase de materiale compozite:

- armate cu particule;
- armate cu fibre.

După forma și dimensiunile relative ale materialului de armare, materialele compozite armate cu fibre se împart în:

- nestratificate;
- stratificate [1].

În Figura 3 sunt prezentate principalele domenii de utilizare în instalații în care aceste materiale sunt utilizate.

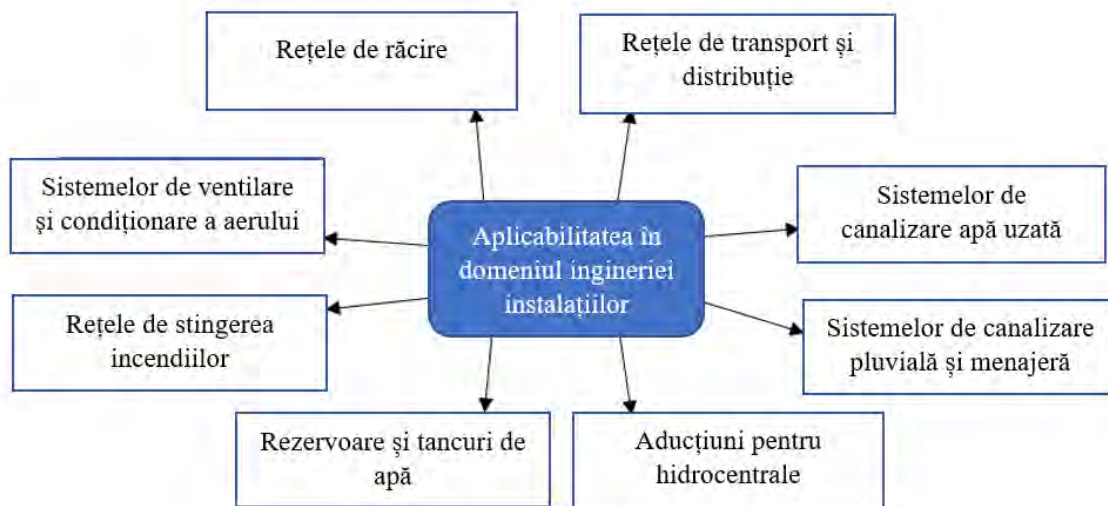


Fig. 3 Aplicabilitatea materialelor compozite în domeniul ingineriei instalațiilor.

3. Avantajele și dezavantajele utilizării materialelor compozite

În Tabelul 1 sunt specificate avantajele și dezavantajele materialelor compozite.



Tabelul 1. Avantaje și dezavantaje.

Avantaje	Masă volumică mică în raport cu metalele
	Rezistență mare la tracțiune
	Coeficient de dilatare foarte mic în raport cu metalele
	Rezistență ridicată la șoc
	Durabilitate ridicată
	Capacitate mare de amortizare a vibrațiilor
	Siguranță mare în funcționare
	Consum energetic scăzut și instalații mai puțin costisitoare în procesul de obținere, în raport cu metalele
	Rezistență chimică și rezistență mare la temperaturi ridicate
	Formabilitatea
Dezavantaje	Sunt mult mai scumpe decât materialele tradiționale
	Nu prezintă ductilitate; materialele compozite au comportare linear elastică până la rupere
	La temperaturi ridicate au un comportament deficitar
	Toate materialele organice ard, sunt combustibile, dar pe lângă această problemă apare și cea a toxicității fumului pe care îl degajă

4. Analiza comparativă privind proprietățile materialelor compozite cu aplicabilitate în domeniul ingineriei instalațiilor

Aplicabilitatea materialelor compozite cu matrice ceramică este legată de obținerea:

- semiconductorilor;
- conductorilor;
- supraconductorilor.

Materialele compozite termoplastice ranforsate cu fibre de sticlă prezintă proprietăți electrice remarcabile care sunt deosebit de utile în realizarea izolațiilor pentru instalațiile de transport a curentului electric [1].

Din categoria materialelor compozite fac parte materialele PAFSIN (poliester armat cu fibră de sticlă și inserție de nisip) și PAFS (poliester armat cu fibră de sticlă), fiind fabricate din fibre de sticlă prin înfășurarea cu rășină termoreactivă care se întărește ulterior [5].

În Figura 4 este prezentată compoziția materialelor PAFSIN și PAFS.

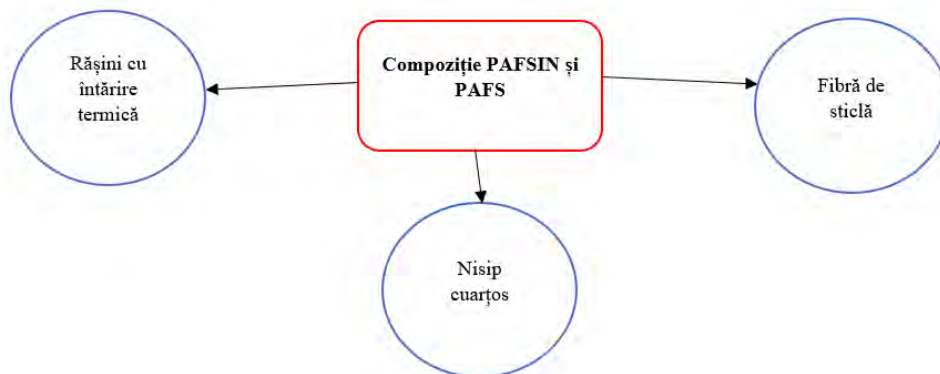


Fig. 4 Compoziție PAFSIN și PAFS.

Comparativ cu celelalte materiale folosite în lucrările edilitare, conductele din poliester armat cu fibră de sticlă și inserție de nisip, au următoarele caracteristici:



- rezistență la coroziune; nu necesită protecție catodică, captușire, învelire sau alte metode de protecție suplimentară împotriva coroziunii, specifice conductelor din oțel sau fontă ductilă;
- durată mare de viață;
- densitate redusă; sunt de patru ori mai ușoară comparativ cu fonta ductilă; sunt de zece ori mai ușor decât betonul sau gresia ceramică, ceea ce reduce costurile de transport și manipulare;
- coeficient de dilatare mic, ceea ce permite pozarea supraterană;
- flexibilitate mare, permițând deformări elastice de până la 25% din diametru, fără afectarea structurii de rezistență;
- lungimi standard mari (lungimi cuprinse între 6 – 18 [m]; în cazul conductelor PAFSIN produse prin înfășurare: mai puține îmbinări, ceea ce mărește ritmul de pozare și scade riscul de avarii;
- caracteristici hidraulice superioare; suprafață internă foarte netedă, deci: debit de autocurățire mic, panta minimă impusă la canalizare gravitațională mică, rezistență ridicată la abraziune, viteza undei de presiune redusă, așadar costuri mici de protecție a sistemului împotriva loviturii de berbec și a undei de șoc;
- rezistență la radiații ultraviolete [1].

În Tabelul 2 sunt prezentate domeniile de aplicabilitate PAFS și PAFSIN.

Tabelul 2. Domenii de aplicabilitate PAFS și PAFSIN.

Domenii de aplicabilitate a materialelor din poliester armat cu fibră de sticlă (PAFS)	Domenii de aplicabilitate a materialelor din poliester armat cu fibră de sticlă și inserție de nisip (PAFSIN)
Rețele de apă (aducțiuni apă potabilă, sisteme de canalizare)	Rețele de transport și distribuție (apă potabilă și apă brută)
Industrial (desalinizare, termoficare, transport fluide corozive, rețele de răcire, aplicații miniere)	Sisteme de canalizare apă uzată
Geotermal (distribuție apă caldă, rețele secundare)	Sisteme de canalizare pluvială și menajeră
Petrol și gaze (magistrale de petrol și gaze, distribuții de petrol și gaze, deversări de fluide chimice)	Rețele de răcire
Rețele de stingerea incendiilor	Recircularea apei și ventilație
Sisteme de ventilare și condiționare a aerului	Sisteme de irigații și drenaj
Energetic (apa de răcire, captare și evacuare, desulfurare, tratarea apei)	Rețele de stingere a incendiilor



5. Concluzii

Materialele compozite reprezintă categoria de materiale cu proprietăți speciale, alcătuite din mai multe componente permițând folosirea celor mai bune caracteristici ale acestora. Materialele din poliester armat cu fibră de sticlă (PAFS) și poliester armat cu fibră de sticlă și inserție de nisip (PAFSIN) au un rol important în domeniul ingineriei instalațiilor datorită proprietăților speciale pe care le posedă, oferind fiabilitate din punct de vedere al rezistenței, durabilității și al calității conductelor, dar și în privința timpului și a costului procesului de fabricare al acestora.

6. Bibliografie

1. Iluțiu – Varvara D. A. - “Materiale de instalații”. Editura U.T. PRESS, Cluj - Napoca, 2020, ISBN 978-606-737-457-5 (577 pagini).
2. Iluțiu – Varvara D. A. - “Materiale de instalații și chimie aplicată - Îndrumător de lucrări de laborator”. Editura U.T. PRESS, Cluj - Napoca, 2016, ISBN 978-606-737-190-1 (120 pagini).
3. https://ro.wikipedia.org/wiki/Material_compozit (accesat 28.04.2021)
4. Istodorescu, S., Materiale compozite, on-line, disponibil la www.academia.edu (accesat 28.04.2021)
5. Iluțiu – Varvara D. A. - “Materiale de instalații și chimie aplicată”. Editura U.T. PRESS, Cluj - Napoca, 2016, ISBN 973-606-737-167-3 (448 pagini).



STUDIUL RADIAȚIILOR SOLARE ÎN PRODUCEREA ENERGIEI ECOLOGICE

Autor/autori

Rafail MC. PĂDUREANU¹, Alexandra-Nicoleta M. DRĂGUȚ², Magdalena D. TODIREL³

¹Facultatea de Construcții și Instalații, Universitatea Tehnică,, Gheorghe Asachi” din Iași, Iași, [e-mail:](mailto:rafail.padureanu@student.tuiasi.ro)

rafail.padureanu@student.tuiasi.ro.

² Facultatea de Construcții și Instalații, Universitatea Tehnică,, Gheorghe Asachi” din Iași, Iași, [e-mail: alexandra-](mailto:alexandra-nicoleta.dragut@student.tuiasi.ro)

[nicoleta.dragut@student.tuiasi.ro](mailto:alexandra-nicoleta.dragut@student.tuiasi.ro)

³Facultatea de Construcții și Instalații, Universitatea Tehnică,, Gheorghe Asachi” din Iași, Iași, [e-mail:](mailto:magdalena.todirel@student.tuiasi.ro)

magdalena.todirel@student.tuiasi.ro

Îndrumător/îndrumători

Ș.I. Dr. Ing. Sebastian George Gh. MAXINEASA⁴

⁴Facultatea de Construcții și Instalații, Universitatea Tehnică,, Gheorghe Asachi” din Iași, Iași , [e-mail: sebastian-](mailto:sebastian-george.maxineasa@academic.tuiasi.ro)

[george.maxineasa@academic.tuiasi.ro](mailto:sebastian-george.maxineasa@academic.tuiasi.ro).

REZUMAT: În prezentul studiu aducem în tema o nouă viziune asupra panourilor fotovoltaice transparente. O variantă mult mai avansată a modelului standard de panou fotovoltaic care își poate găsi întrebuințări în mai multe domenii, alte aplicații, cum ar fi: electronice, mobile, automobile, sere, smartphone-uri și care permite de astfel, o gândire mult mai amplă în sectorul construcțiilor. Modul de funcționare a acestor panouri este realizat prin captura părții spectrului solar care nu se poate vedea cu ochiul liber. Astfel, prin capturarea ultravioletelor și părților infraroșii ale spectrului solar, radiația infraroșie se ghidează spre marginea sticlei, spre benzile foarte subțiri de celule solare. Acest fenomen va transforma energia solară în electricitate. Astfel, înlocuind obișnuitele geamuri ale clădirilor cu panouri solare transparente se poate asigura o sursă de energie ecologică care poate fi folosită pentru iluminarea arhitecturală a clădirii, pentru iluminarea ambientală a încăperilor, pentru alimentarea sistemului antiefracție a clădirii și nu numai. Autorii au realizat o analiză cu privire la utilizarea acestor panouri fotovoltaice transparente luând în considerare utilizarea unei sere urbane pe acoperișul clădirii Iulius Mall din Iași.

Cuvinte cheie

Panouri fotovoltaice transparente, sectorul construcțiilor, energie ecologică, sere urbane.

1.1 Istoric

Panoul fotovoltaic este o tehnologie inovatoare pentru producerea energiei electrice și este din ce în ce mai populară. Acesta reprezintă o sursă de energie verde ce este recunoscută și explorată de decenii. Societatea în care trăim a depins mereu de sursele de energie pentru a se dezvolta, iar găsirea și valorificarea unor surse de energie cu mai mult potențial și mai eficiente reprezintă un factor important pentru aceasta. Astfel că, o dată cu trecerea în timp s-a căutat o nouă sursă mult mai eficientă și mult mai ușor de prelucrat: lemnul a fost înlocuit cu cărbunele, acesta cu gazul, țițeiul și așa mai departe.

De întrebuințarea energiei solare se știa încă din Grecia Antică, grecii au orientat razele soarelui cu ajutorul unor oglinzi pentru a alunga flota romană în 212. î.Hr. Tot aceștia foloseau energia soarelui pentru a aprinde flacăra olimpică. Efectul fotovoltaic a fost demonstrat pentru prima dată în istorie de fizicianul francez Alexander Edmond Becquerel, într-un experiment în anul 1839. Însă prima celulă solară în stare solidă a fost proiectată de Charles Fritts în 1883, acoperind materialul semiconductor de seleniu cu un strat foarte subțire de aur, pentru a forma o joncțiune. Eficiența acestuia era de 1%. În anul 1905 este



explicat efectul fotoelectric de către Albert Einstein, primind astfel premiul Nobel pentru Fizică în anul 1921. Cu 25 de ani mai târziu Russell Ohl patentează celula solară cu joncțiune semiconductoare modernă, descoperită în timpul unor cercetări ce au condus la inventarea tranzistorului [1].

În Laboratoarele Bell a fost descoperită prima celulă fotovoltaică practică în anul 1954, de către Daryl Chapin, Calvin Souther Fuller și Gerald Pearson. Joncțiunile conductoare de silicon au ajuns la o eficiență de 6% în comparație cu cele cu joncțiunile conductoare de seleniu, ce ajungeau cu greu la 0,5-1%. Eficiența celulelor este îmbunătățită de Les Hoffman, în anul 1960, ajungând la o eficiență de 14%. În toamna anului 2013, conform Institutului pentru Sisteme de Energie Solară Fraunhofer din Germania (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems) celula solară ajunge la o eficiență record de 44,7% [2].

1.2 Absorbția luminii

Lumina este compusă din fotoni. Aceștia pot trece prin anumite materiale pe care le pot traversa. În general, atunci când o rază de lumină atinge suprafața unui mediu, poate suporta trei fenomene optice:

- Reflexia: lumina este „trimisă” înapoi din mediu care a venit;
- Transmisia: lumina trece prin obiect;
- Absorbția: lumina penetrează obiectul, energia fiind transformată în altă formă.

Electronii reprezintă sarcinile negative elementare responsabile pentru apariția curentului electric în urma iluminării. Aceștia sunt conținuți de materialele semiconductoare.

Electronii periferici primesc energia cedată de fotoni, permițându-le să se elibereze de energia exercitată de nucleu. Electronii eliberați pot forma un curent electric, dacă sunt extrași din material.

1.3 Transformarea energiei luminoase în electricitate. Colectarea sarcinilor

Pentru ca sarcinile eliberate prin iluminare să producă energie electrică, trebuie ca acestea să se deplaseze. Deci trebuie luate din materialul semiconductor și creat un circuit electric. Astfel, se realizează o joncțiune în interiorul materialului, care va atrage sarcinile pozitive într-un sens, iar cele negative în celălalt sens. Prin doparea semiconductorului se realizează această alternanță a sarcinilor. Joncțiunea unei fotocelule cu siliciu (Si) este formată dintr-o parte dopată cu fosfor (P), numită de tip „N”, alăturată unei părți dopate cu bor (B), numită de tip „P”. Între cele două părți se crează un câmp electric care separă sarcinile negative de cele pozitive (vezi Figura 1) [3].

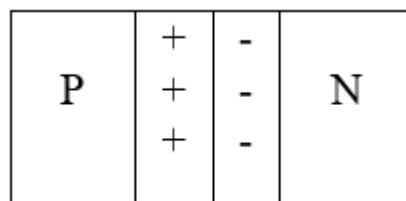


Figura 1. Formarea unui câmp electric [3]

Procesul în care se adaugă sarcini în plus, în structura unui material pentru a ameliora conductivitatea unui conductor se numește dopaj. Siliciul aflat în starea intrinsecă, nu este un fotoconductor. Acesta fiind dopat cu fosfor, va apărea un exces de sarcini negative. Materialul

obținut va fi potențial „donator” de electroni. Acest tip de material este siliciu de tip „N” (vezi Figura 2) [3].

Siliciul dopat cu bor, apare un excedent de „goluri”, respectiv de sarcini pozitive, deoarece borul are 3 electroni pe stratul exterior. Materialul va fi potențial „acceptor” de electroni, fiind de tip „P”.

Grosimea stratului „N” este de cca. 0,002mm iar grosimea totală a unei celule fotovoltaice este de cca. 0,3. De obicei, deasupra electronului negativ al celulei fotovoltaice se amplasează un strat antireflexie, cu atribuția de a împiedica reflexia radiației solare incidente pe suprafața celulei, astfel încât electronii de valență din cele două straturi semiconductoare să primească cea mai mare cantitate de energie [3].

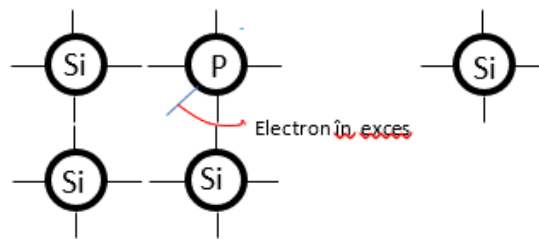


Figura 2. Doparea cu fosfor [3]

1.4 Caracteristici și componente

Un panou fotovoltaic are următoarele caracteristici: tensiunea de mers în gol, tensiunea de la bornele celulei, intensitatea curentului la scurt circuit, tensiunea în punctul optim de funcționare, curentul în punctul de putere maximă, puterea maximă, randamentul celulei solare, coeficient de modificare a puterii cu temperatura celulei și factorul de umplere.

Componentele unui sistem fotoelectric depind de zona de aplicare: locuință izolată sau în apropierea unei rețele, utilizarea doar a energiei solare sau doar a unei baterii, convertoare statice de putere.

Un sistem fotoelectric cuprinde următoarele: celulele fotovoltaice, baterii acumulatori, regulatoare de sarcină, convertoare statice și alte componente.

Pentru ca panourile fotovoltaice să funcționeze la capacitate cât mai mare este nevoie de radiația directă a soarelui. Astfel, în cazul unui cer senin, intensitatea cea mai mare a radiațiilor se găsește atunci când soarele se află în punctul de maxim, spre sud în emisfera nordică și spre nord în emisfera sudică. Acest lucru se datorează distanței celei mai scurte pe care undele electromagnetice le parcurg de-a lungul atmosferei terestre.

NASA a evaluat fluxul energetic incident la nivelul Pământului (fără a lua în considerare atmosfera) la 1367 W/m². Deci, radiația care ajunge pe Pământ, la nivelul solului, nu este mai mare de 1000 W/m², iar la această valoare s-ar putea obține, la altitudinea noastră, pe durata a câtorva zile.

1.5 Puterea în variație cu temperatura

Un parametru foarte important în ceea ce privește puterea unui panou fotovoltaic este temperatura, deoarece celulele sunt expuse radiației solare. Mai mult, o parte din energia solară absorbită nu este convertită în energie electrică, ci se disipă sub formă de căldură. Astfel, la un număr de 150 de celule aflate în serie, puterea este influențată de temperatură. (vezi Figura 3) [3].

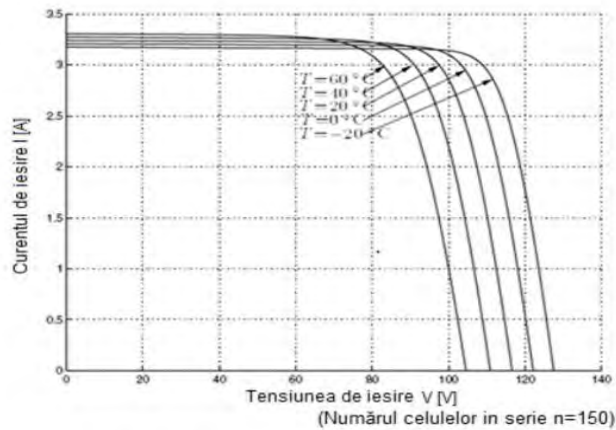


Figura 3. Variația puterii în funcție cu temperature [3]

1.6 Puterea în variație cu temperatura

Randamentul unei celule este, în general, destul de scăzut, de ordinul 10 - 20%. Au fost obținute randamente mai bune cu materiale noi (în laborator, arseniură de galiu GaAs oferă un randament mai mare de 25%), cu tehnologii experimentale, deseori dificile și costisitoare pentru a fi puse deocamdată în practică. În aceste condiții, materialul fotoelectric cel mai utilizat este siliciul, care reprezintă o soluție economică. Pentru astfel de celule, randamentul energetic nu depășește 15%.

Tabelul 1. Tipuri de panouri fotovoltaice.

Tipuri de panouri fotovoltaice	Material	Randament	Cost	Aspect
Panourile fotovoltaice monocristaline	Cristal de siliciu pur	12 - 16%	Cel mai înalt	Celule negre sau albastre închise cu colțuri rotunjite
Panourile fotovoltaice policristaline	Fragmente de siliciu	~ 13%	Înalt	Celule dreptunghiulare albastre
Panouri fotovoltaice cu strat subțire	Variat	11%, dar poate atinge 19% 19,2% cu celule CIS (CuInSe ₂) [4]	Cel mai mic	Suprafață uniformă neagră sau albastră



1.7 Panoul fotovoltaic transparent

Panoul fotovoltaic transparent este probabil cea mai avansată tehnologie nouă a panourilor solare care pot genera literalmente electricitate din ferestrele caselor, birourilor, serelor. Cercetătorii de la Michigan State University (MSU) au creat pentru prima dată primul concentrator solar complet transparent în anul 2014, iar apoi până în 2020 a fost realizată transparența deplină de către cercetătorii din SUA și Europa. Aceste panouri solare transparente pot fi instalate cu ușurință într-o varietate de locuri, de la zgârie-nori cu ferestre mari la un telefon mobil. Dacă cu această tehnologie am înlocui ferestrele tradiționale din sticlă din birouri și case, transformăm practic fiecare clădire într-un producător de energie. Aceste panouri transparente funcționează într-o proporție foarte mare ca cele opace. Diferența constă că în modul de absorbție a luminii. Celula valorifică selectiv o porțiune din spectrul solar care este invizibilă pentru ochiul uman, permițând în același timp să treacă lumina vizibilă de către ochiul liber. În loc ca cercetătorii să facă imposibilul prin crearea unei celule de sticlă fotovoltaice transparente, au dezvoltat concentratorul solar luminescent transparent (Transparent Luminescent Solar Concentrator TLSC).

TLSC-ul este compus din săruri organice care sunt proiectate să absoarbă lungimi de undă invizibile specifice cu lumină UV și infraroșu, care apoi sunt transformate în altă lungime de undă invizibilă care luminează. Cea din urmă este ghidată către marginea plasticului ferestrei, unde sunt așezate benzi subțiri cu celule solare fotovoltaice (PV), ce o transformă în electricitate. Cercetătorii estimează, odată cu producția în masă, că TLSC ar trebui să poată furniza o eficiență de aproximativ 10%.

Este important aici să înțelegem că eficiența panoului nu este totul. În practică, o fereastră solară mai puțin eficientă înseamnă doar că fereastra trebuie să aibă dimensiuni mai mari comparativ cu un panou mai eficient pentru a genera aceeași cantitate de energie electrică. Atunci când panourile solare complet transparente se integrează în ferestrele mari ale clădirilor, eficiența lor mai scăzută va fi sigur compensată de potențialul lor de desfășurare. Atunci când sunt combinate panourile solare transparente cu panourile solare opace, pot duce la clădiri cu un consum aproape zero de energie (nZEB).

1.8 Panoul fotovoltaic – nZEB

Clădirea cu consum de energie aproape de zero (nZEB - nearly zero energy building) este caracterizată de un consum redus de energie provenită din surse fosile și întrebunțează surse regenerabile de energie (nefosile), într-o proporție stabilită prin procedura de definire a cerințelor minime, în conformitate cu prevederile Art. 4 și Art. 5 ale Directivei 31/2010/UE. Conform acestei directive, de la 31 decembrie 2020, toate clădirile noi vor fi clădiri ale căror consum de energie este aproape egal cu zero. Astfel, o casă nZEB se construiește într-o nouă paradigmă: se ține cont de configurația arhitecturală și de orientarea față de punctele cardinale, pentru a înmagazina energie cât mai eficient, se cere folosirea într-un anumit procent (30%) de energie din surse regenerabile (pompe de căldură, panouri fotovoltaice, eoliene, recuperatoare de căldură etc.), sunt necesare sisteme termoizolante extrem de performante, fără punți termice. Această combinație între panourile fotovoltaice opace și cele transparente pot asigura procentul de 30% de energie [5].

2. Studiu de caz

Pentru realizarea studiului de caz, a fost utilizată clădirea Iulius Mall din Iași, de pe Bulevardul Tudor Vladimirescu. A fost analizată posibilitatea de utilizare a panourilor



fotovoltaice transparente pentru a moderniza clădirea existentă cu scopul de a reduce costurile de energie.

Iulius Mall Iași este al doilea centru comercial modern de tip shopping mall din România și primul din afara Bucureștiului, inaugurat în luna aprilie a anului 2000 [6]. Este deținut de compania Iulius Group din Iași. Este construit în campusul studentesc din cartierul Tudor Vladimirescu, cu o suprafață închiriabilă de 25 400 m² și peste 200 magazine. Iulius Mall a fost făcut în asociere cu Universitatea Tehnică Gheorghe Asachi. Acesta a fost construit pe locul unde a funcționat una dintre cele mai mari cantine din România (cu o suprafață de 12000 metri pătrați), [7, 8] printr-o investiție care în momentul inițial a fost de șapte milioane de dolari. [6, 9] La acel moment, ocupa o suprafață totală de 19.632 m², iar cele patru etaje ale sale găzduiau aproximativ 130 de magazine. În anii următori, 2005 și respectiv 2008, suprafața a fost extinsă la 38 000 m², investiția în acest centru comercial din Iași ajungând la 22 milioane de euro.

În România, energia solară pe care o putem capta anual pe un m² este între 900-1450 kWh, vara fiind de 5 ori mai mare decât iarna, dar și o zi senină de iarnă ne poate aduce 5kWh/m²/zi [10].

Clădirea Iulius Mall este situată între: în vest, Bulevardul Tudor Vladimirescu, în partea din sud Alea Profesor Dimitrie Anastasiu, în est Cămin T1, iar în nord Alea Profesor Gheorghe Alexa. Astfel, urmărim în acest studiu de caz reducerea costurilor de energie electrică prin amplasarea unor structuri de panouri fotovoltaice pe acoperișul mall-ului cu scopul de a produce o parte din energie electrică consumată de acesta. Vom folosi panourile fotovoltaice menționate anterior pentru a crea acele structuri.

În partea din sud a clădirii, au fost prevăzute panouri fotovoltaice transparente. Acestea au o suprafață de întindere de aproximativ 3 000 m², permițând astfel luminarea naturală a clădirii pe timpul zilei. Panourile vor fi suplimentate cu panouri solare monocristaline ce vor fi montate în dreptul ramelor și a structurilor de rezistență.

Pe acoperișul clădirii, cu ajutorul panourilor fotovoltaice transparente și semitransparente vom construi sere, în care se vor putea pune răsaduri ce ulterior se vor putea folosi în prepararea unor băuturi sau feluri de mâncare sau chiar comercializarea acestora în incinta Iulius Mall. Astfel, aceste sere au dublă întrebuințare, iar spațiul pe care îl ocupă este utilizat la maxim. Pe lângă aceste structuri vom putea amenaja un loc în care clienții acestui complex vor putea servi o cafea sau chiar masa, iar panorama de deasupra clădirii - râul Bahlui, sera cu plante, faleza râului - va inspira un sentiment de liniște, de relaxare. Pe locul rămas liber al acoperișului se vor monta panouri fotovoltaice transparente, la o înălțime de aproximativ de 2-2,5 m, ce vor ține loc de copertină în zilelele însorite de vară, pentru oamnei ce vor lua masa pe acoperișul clădirii.

Serele, în număr de 3, au dimensiunea de 4 m lățime și 12 m lungime, pereții verticali sunt formați din panouri solare transparente cu dimensiunea de 2,5 m înălțime și 12 m lungime respectiv 4 m, iar acoperișul acestora va fi format de panouri semitransparente cu o eficiență de 18%, ce dezvoltă o putere de 270 W [11]. Acoperișul va avea o înclinație de 30° având aria de 55,44 m². Pe spațiul neocupat al acoperișului se vor monta panouri fotovoltaice cu strat subțire de tipul CIS, cu un randament de 19,2%, având o putere de 140W pe o suprafață de aproximativ 3500 m² [12] (vezi Figura 4).

Formula randamentului este prezentată prin relația 1:

$$\eta\% = \frac{P}{A}$$

Relația 1



Unde r este eficiența/rendamentul, P este puterea nominală STC (Condiții Standard de testare) (W) și A reprezintă aria panoului (m^2). Formula energiei este prezentată cu ajutorul relației 2 [13].

$$E = A * r * H * PR$$

Relația 2

Unde E este energia (kWh), r este eficiența/rendamentul, H este radiația solară medie anuală pe panouri înclinate (aproximativ $1300kWh/m^2$) și PR este raportul de performanță, coeficient pentru pierderi (interval între 0,5 și 0,9, valoarea implicită = 0,75).

Calculăm câtă energie produc panourile solare.

$E = 3 * 55,44 * 18 * 1300 * 0,75 = 2\,918\,916$ kWh Pentru panourile solare semitransparente.

$E = 3500 * 19,2 * 1300 * 0,75 = 65\,520\,000$ kWh Pentru celulele CIS.

Iulius Mall Iași promovează un stil de viață tineresc, dinamic și activ. În continuă evoluție și atent la preferințele clienților săi, este destinația favorită a celor care vor să îmbine shoppingul cu momentele de relaxare, în compania prietenilor. Vitalitate, dinamism și stil sunt cuvintele care definesc Iulius Mall Iași.



Figura 4. Prototip Iulius Mall



3. Concluzie

Panourile solare sunt, la momentul actual, una dintre cele mai bune opțiuni pentru cei care vor să apeleze la o metodă neconvențională de producere a energiei, să se bucure de un mediu mai puțin poluat, apelând la o resursă regenerabilă și inepuizabilă. Această tehnologie poate fi utilizată pentru satisfacerea standardului nZEB, cu ajutorul căruia putem realiza o clădire cu o performanță energetică foarte ridicată, la care necesarul de energie pentru asigurarea performanței energetice este aproape egal cu zero sau este foarte scăzut și este acoperit în proporție de minimum 30% cu energie din surse regenerabile, energie produsă la fața locului sau în apropiere, pe o rază de 30 de km față de coordonatele GPS ale clădirii. Astfel, acest standard nu se referă la faptul ca o clădire să nu consume deloc energie (pentru necesități care includ, în principal, încălzirea, apa caldă menajeră, răcirea, ventilarea și iluminatul). Studiul de față ne arată faptul că tehnologia panourilor fotovoltaice ne oferă oportunități nelimitate privind producerea de energie verde atât în cazul clădirilor noi cât și al celor existente.

BIBLIOGRAFIE

1. Agerpres, SCIENTIA. Preluat de pe SCIENTIA: <https://www.scientia.ro/stiinta-la-minut/istoria-ideilor-si-descoperirilor-stiintifice/6822-panoul-solar-scurt-istoric.html> (2015).
2. Cine a inventat?, Preluat de pe Cine a inventat?: <http://www.cineainventat.ro/panoul-solar/> (2014)
3. EENERGY BOX... DESPRE ENERGIA VERDE, Preluat de pe EENERGY BOX... DESPRE ENERGIA VERDE <http://free-energy-monitor.com/index.php/energy/fotovoltaice> (fără an)
4. N. Severino, N. B. Guidelines for Optimization of the Absorber Layer Energy Gap for High Efficiency Cu(In,Ga)Se₂ Solar Cells. Journal of Materials Science and Chemical Engineering, Vol.6 No.4. (2018)
5. Spatiul Construit. Spatiul Construit. Preluat de pe Spatiul Construit: <https://www.spatiulconstruit.ro/articol/cladirile-nzeb.-consum-de-energie-aproape-zero.-un-subiect-prea-putin-dezbatut/24694> (2021)
6. Financiar, Z. Ziarul Financiar. Preluat de pe Ziarul Financiar: <https://www.zf.ro/companii/iulius-group-face-un-mall-de-38-de-milioane-de-dolari-la-timisoara-2870551> (2001)
7. Financiar, Z. Ziarul Financiar. Preluat de pe Ziarul Financiar: <https://www.zf.ro/companii/iulius-mall-upgrade-de-6-milioane-de-euro-2893781> (2005)
7. BZI. BZI. Preluat de pe BZI: <https://www.bzi.ro/se-vinde-cantina-din-tudor-vladimirescu-1700> (1999)
8. Virtual, J.. Jurnal Virtual. Preluat de pe Jurnal Virtual: <http://www.jurnalvirtual.ro/2011/05/08/la-13-ani-de-la-punerea-la-pamant-a-mega-cantinei-din-tudor-sefii-politehnicii-se-lauda-ca-dau-drumul-unei-cantine-cu-200-de-locuri/> (2001)
9. Financiar, Z. Ziarul Financiar. Preluat de pe Ziarul Financiar: <https://www.zf.ro/companii/iulius-mall-upgrade-de-6-milioane-de-euro-2893781> (2005)
10. Petrescu, R. Ziarul Financiar. Preluat de pe Ziarul Financiar: <https://www.zf.ro/companii/energie/harta-soarelui-care-sunt-cele-mai-bune-zone-din-romania-pentru-a-investi-intr-un-parc-solar-noul-subiect-fierbinte-al-energiei-verzi-9476382> (2012)
11. Altius.. Altius. Preluat de pe Altius: <https://altius-solar.com/wp-content/uploads/2019/09/Policristalin-60celule-270W.pdf> (2019)
12. PowerMax, A. AVANCIS. Preluat de pe AVANCIS: http://www.tehnosat.ro/pdf/PVmodules/Avancis_PowerMax_120-40.pdf (2015)
13. Energy, A. S. Amar Solar Energy. Preluat de pe Amar Solar Energy: <https://amarsolarenergy.ro/blog/instrumente-gratuite/estimarea-productiei-de-energie/> (fără an)

EVALUAREA CONFORTULUI TERMIC AL OCUPANȚILOR UNEI CLĂDIRI NATURAL VENTILATE

Autor:

A.R MIRON

Facultatea de Ingineria Instalațiilor, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, e-mail:

Miron.Ce.Andrei@utcluj.didatec.ro

Îndrumători:

Șef lucrări dr.ing. T. RUS

Facultatea de Ingineria Instalațiilor, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, e-mail:

tania.rus@utcluj.didatec.ro

Conferențiar dr. ing. A. ABRUDAN

Facultatea de Ingineria Instalațiilor, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, e-mail:

ancuta.abrudan@insta.utcluj.ro

Abstract

Confortul termic reprezintă starea de spirit al ocupanților unei încăperi care exprimă satisfacția față de mediul termic interior. Confortul termic se evaluează prin doua metode (una obiectivă și una subiectivă). In prezentul articol s-a realizat un studiu privind evaluarea confortului termic al unui grup de studenți aflați în sesiunea de examene. Prezenta cercetare își propune să verifice dacă ecuația confortului termic, elaborată de cercetătorul danez Fanger, pentru evaluarea obiectivă poate estima cu acuratețe percepția confortului termic al ocupanților supuși stresului examinării aflați într-o clădire natural ventilată. Pentru acest studiu au fost realizate măsurători atât obiective cât și subiective. Rezultatele obținute arată ca modelul matematic propus de Fanger subestimează percepția confortului termic al studenților aflați în condiții de stres datorate susținerii unui examen.

Cuvinte cheie: confort termic, studenți, facultate, ventilare, AMV, PMV.

1. Introducere

O atenție deosebită în ultimii ani este acordată calității mediului interior unei clădiri datorită faptului că peste 80% din timp oamenii își desfășoară diferitele activități în interior. Multe cercetări din ultimii ani au analizat confortul termic din sălile de curs în diferite părți ale lumii, pentru diferite condiții climatice și configurații arhitecturale. Multe studii raportează impactul mediului interior asupra sănătății, productivității și satisfacției persoanelor în diferite contexte, cum ar fi casa lor, locul de muncă, spitale și școli.

Metodologia de evaluare obiectivă a confortului termic din interiorul clădirilor este prezentată în Standardul ASHRAE 55 (2017) și ISO 7730 (2005), iar cea subiectivă se realizează pe baza de chestionar întocmit conform ISO 10551 (2019). Evaluare obiectivă presupune rezolvarea ecuației cercetătorului danez Fanger (1970), o ecuație în care sunt luați în calcul 6 parametri: temperatura aerului interior, temperatura radiantă, viteza aerului, umiditatea aerului, rata metabolică și izolația îmbrăcăminteii ocupantului. Toți acești parametri ajută la determinarea votului mediu prevăzut (PMV), un indice care evaluează confort termic în clădirile civile.[2], [3], [4], [5], [11]

Facultățile sunt clădiri complexe proiectate în conformitate cu nevoile și cerințele atât a studenților cât și a profesorilor. În cercetările efectuate există informații referitoare la mediul interior și legătura acestuia cu nivelul de stres/concentrare al studenților. Un mediu interior necorespunzător poate avea un impact negativ asupra nivelului de stres, care de obicei este ridicat în sesiunile de examinare. Astfel, mediul interior al sălilor de curs trebuie să asigure condiții optime pentru ocupanții săi pentru a creșterea performanțelor și creativității studenților.

În „Studiu de teren privind confortul termic într-o școală primară din Marea Britanie” este descris răspunsul termic specific al elevilor din Southampton Marea Britanie. Rezultatele arată că aceștia au o percepție termică diferită de cea a adulților. Pentru a găsi o corelație între datele experimentale au fost utilizate măsurători obiective cu ajutorul instrumentelor de măsură cât și subiective prin intermediul chestionarelor. [11]

Un studiu amplu privind evaluarea confortului termic în sălile de curs a fost realizat în trei anotimpuri diferite (toamna, iarna și primăvara) la Universitatea din Perugia, Terni și Pavia, Italia. [11] Lucrarea concluzionează că s-au obținut valori mai mari ale votului mediu actual (AMV) obținut pe baza chestionar decât cele pentru votul mediu prevăzut (PMV) realizat cu ajutorul instrumentelor de măsură. [2]

Scopul prezentului studiu este de a investiga confortul termic interior al unei clădiri natural ventilate prin măsurători obiective. Apoi, de evaluare a confortului termic interior de către studenți aflați din timpul susținerii unui examen prin metoda subiectivă, iar în final o comparație între rezultatele obținute.

2. Materiale și metode

Acest studiu a fost realizat într-una dintre clădirile Universității Tehnice din Cluj-Napoca, anume Facultatea de Inginerie a Instalațiilor. Perioada de evaluare s-a desfășurat în timpul iernii, în luna ianuarie 2020.

2.1 Caracteristicile geografice ale țării

Caracteristicile climatice ale României respectă modelul temperat-continental care este caracteristic pentru Europa Centrală și este clasificată de sistemul Köppen-Geiger ca Dfb. Clasificarea climatică Köppen este unul dintre cele mai folosite sisteme de clasificare climatică. Sistemul se bazează pe conceptul că vegetația nativă este cea mai bună expresie a climatului. Astfel, granițele zonelor climatice au fost selectate pe baza distribuției vegetației. Acesta combină temperaturile și precipitațiile medii anuale și lunare. Astfel, în România temperaturile de vară variază de la cald la foarte cald, iar iernile sunt reci și lungi.

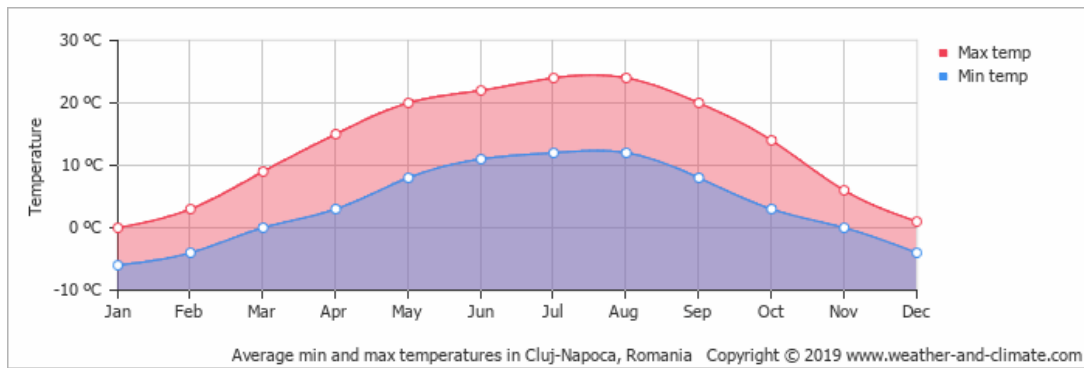


Fig. 1 - Temperaturile minime și maxime din Cluj-Napoca, România pentru 2019

Conform standardului SR 1907/1, Cluj-Napoca se încadrează pe timp de iarna in zona climatica III (fig. 2).

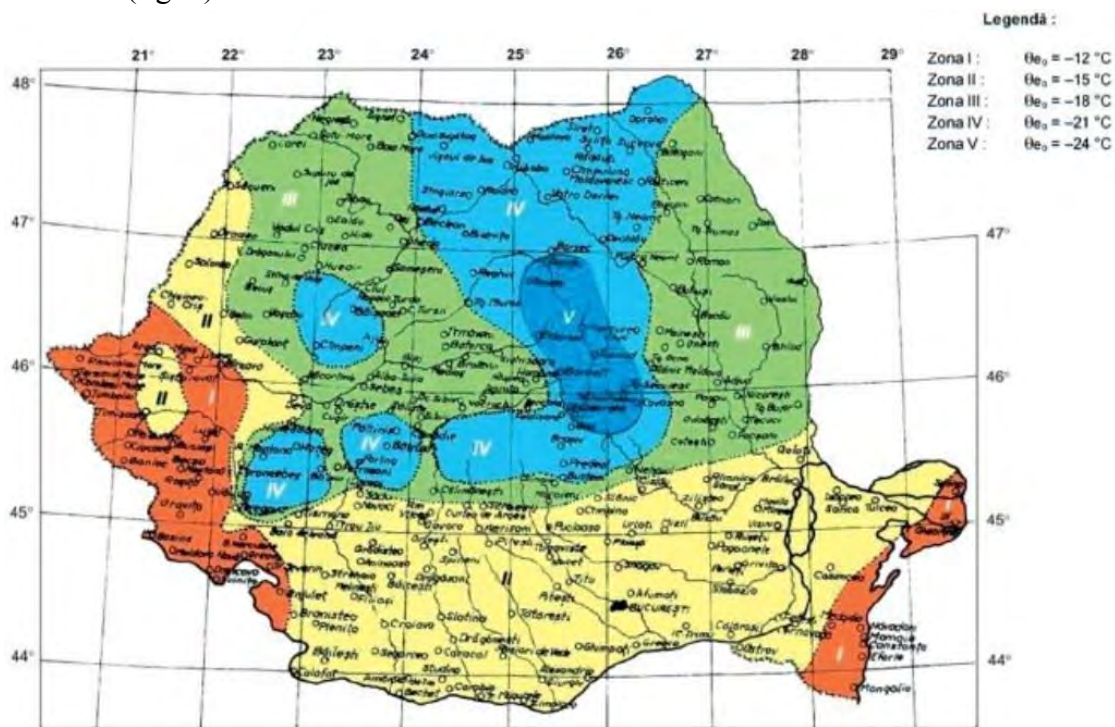


Fig. 2 – Harta de zonare climatica a României

2.2 Descrierea facultății

Datele experimentale prezentate în această lucrare au fost colectate într-o sala de curs a Facultății de Inginerie a Instalațiilor din Cluj-Napoca amplasată pe bulevardul 21 Decembrie 1989, aproape de centrul orașului. Clădirea are un regim de înălțime P+3E, iar ultimele renovări s-au încheiat în anul 2007. La parter și primele două etaje structura este realizată din beton armat și cărămidă roșie, iar ultimul etaj este realizat din structură metalică. Ferestrele tip termopan sunt cu rame din PVC și cu sticla dublă. Încălzirea se realizează prin intermediul unei centrale termice cu combustibil gazos, a ventiloconvectoarelor în sălilor de curs și a radiatoarelor pe holuri și în grupurile sanitare.

Sala de curs în care s-au desfășurat măsurătorile este amplasată la parterul clădirii cu acces atât din holul interiorul cât și din exterior (fig. 3).

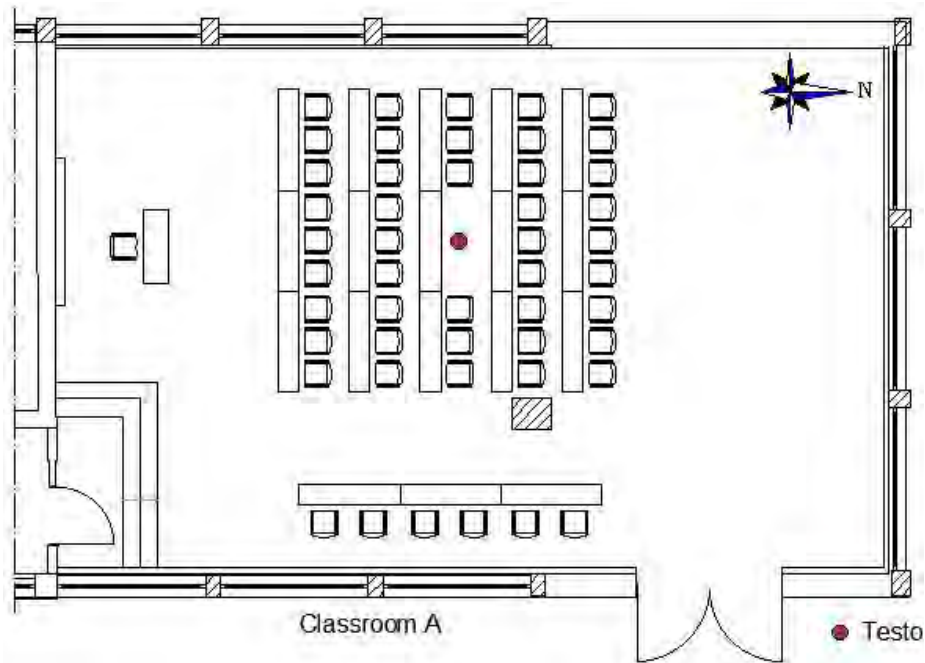


Fig. 3 – Configurația Sali de curs și amplasarea echipamentului de monitorizare

2.3 Măsurători obiective

Măsurătorile parametrilor mediului interior au fost realizate cu ajutorul unui echipament de monitorizare climatic Testo 480 având conectate diferite sonde (fig 4). Cu ajutorul acestora, au fost înregistrate valori ale temperaturii interioare, temperaturii radiante, umidității relative a aerului și a vitezei aerului. Echipamentul utilizat înregistrează valori ale parametrilor în următoarele intervale:

- Temperatura interioară între 0 și +50°C cu o acuratețe de $\pm 0.5^\circ\text{C}$;
- Temperatura radiantă între 0 și +150°C cu o precizie de $\pm 0.3^\circ\text{C}$;
- Umiditatea relativă între 0 și 100% cu o acuratețe de $\pm 1.8\%$;
- Viteza aerului între 0 și +5 m/s cu o precizie de ± 0.03 m/s.

Pentru obținerea votului mediu prevăzut (PMV) rata metabolică a ocupanților și izolarea îmbrăcăminteii au fost estimate conform standardului ASHRAE 55 cu valori de 1 met respectiv 0.92 clo. Aceste valori au fost introduse în echipamentul de monitorizare climatic înainte de începerea măsurătorilor.



Fig. 4 – Echipamentul de monitorizare climatic Testo 480

Amplasarea echipamentului in interiorul salii de curs a fost atent aleasă după analizarea recomandărilor standardelor ASHRAE 55 si ISO 7730 care prevăd ca echipamentele de măsurare sa păstreze o distanta minima de 1 metru fata de pereții interiori, ferestre si ocupanți si o distanță de 1.1 metri de la pardoseala. Astfel, studenții au fost așezați in bănci in așa fel încât echipamentul sa fie amplasat pe cat posibil in mijlocul salii, la o distanta minima de 1 metru fata de orice ocupant pentru a evita influențele locale ce pot apărea (fig.3).

Pe durata desfășurării măsurătorilor toate ușile si ferestrele au fost închise iar parametrii au înregistrați la un interval de 2,5 minute.

2.4 Măsurători subiective

Evaluarea subiectiva a mediului termic interior a fost realizata cu ajutorul unui chestionar distribuit studenților la intrarea in sala de examen. Aceștia au fost rugați sa completeze formularul după 15 min de la începerea măsurătorilor.

Chestionarul distribuit a fost realizat in conformitate cu standardul ISO 10551 (2019) si a cuprins întrebări privind percepția parametrilor climatici exemplificate in cele ce urmează:

- Care este percepția d-voastră privind temperatura aerului interior?
- Care este percepția d-voastră privind umiditatea relativa a aerului?
- Care este percepția d-voastră privind viteza aerului interior?

Fiecare răspuns a fost evaluat pe o scara de 7 puncte de la -3 la +3, astfel studenții având posibilitatea de a alege un răspuns din cele 7 alternative oferite:

- Pentru temperatura: foarte cald, cald, ușor cald, neutru, ușor rece, rece, foarte rece;
- Pentru umiditate: foarte umed, umed, ușor umed, neutru, ușor uscat, uscat, foarte uscat;
- Pentru viteza aerului: foarte statut, statut, ușor statut, neutru, ușoara adiere, adiere, adiere intensa.

La studiu au participat 21 de persoane cu vârste cuprinse intre 19 si 20 de ani, toți studenți ai anului I la ciclul de licență.

În urma colectării chestionarelor completa s-a determinat votul mediu actual (AMV) al confortului termic.

3. Rezultate și discuții

Rezultatele măsurătorilor efectuate precum și calculate automat ale PMV sunt prezentate în Tabelul 1, la un interval de timp de 2,5 min începând cu ora 10:00 și terminând cu ora 11:30.

Tabel 1. Rezultatele parametrilor înregistrați

Data și ora	Temperatura aerului [°C]	Temperatura radianța [°C]	Umiditatea relativă [%]	Viteza aerului [m/s]	PMV
27-Jan-20 10:00:35 AM	23.2	23.0	27.2	0.11	-0.35
27-Jan-20 10:03:05 AM	23.4	23.2	27.7	0.11	-0.30
27-Jan-20 10:05:35 AM	23.5	23.3	29.0	0.11	-0.27
27-Jan-20 10:08:05 AM	23.6	23.5	27.9	0.11	-0.25
27-Jan-20 10:10:35 AM	23.6	23.6	28.5	0.11	-0.22
27-Jan-20 10:13:05 AM	23.7	23.7	28.8	0.11	-0.19
27-Jan-20 10:15:35 AM	23.8	23.8	29.6	0.11	-0.17
27-Jan-20 10:18:05 AM	23.8	23.9	28.6	0.11	-0.17
27-Jan-20 10:20:35 AM	23.8	24.0	29.7	0.11	-0.15
27-Jan-20 10:23:05 AM	23.9	24.0	30.7	0.11	-0.13
27-Jan-20 10:25:35 AM	23.9	24.1	30.7	0.11	-0.12
27-Jan-20 10:28:05 AM	24.0	24.1	30.9	0.11	-0.10
27-Jan-20 10:30:35 AM	24.0	24.1	30.8	0.11	-0.10
27-Jan-20 10:33:05 AM	24.0	24.2	30.5	0.11	-0.09
27-Jan-20 10:35:35 AM	24.0	24.2	31.0	0.11	-0.08
27-Jan-20 10:38:05 AM	24.1	24.3	31.2	0.11	-0.06
27-Jan-20 10:40:35 AM	24.1	24.3	31.9	0.11	-0.06
27-Jan-20 10:43:05 AM	24.1	24.3	32.0	0.11	-0.05
27-Jan-20 10:45:35 AM	24.1	24.3	32.2	0.11	-0.05

27-Jan-20 10:48:05 AM	24.1	24.3	32.8	0.11	-0.04
27-Jan-20 10:50:35 AM	24.1	24.3	33.8	0.11	-0.03
27-Jan-20 10:53:05 AM	24.1	24.3	32.8	0.11	-0.03
27-Jan-20 10:55:35 AM	24.1	24.3	33.1	0.11	-0.04
27-Jan-20 10:58:05 AM	24.1	24.3	33.1	0.11	-0.04
27-Jan-20 11:00:35 AM	24.1	24.3	33.4	0.11	-0.03
27-Jan-20 11:03:05 AM	24.1	24.3	33.3	0.11	-0.04
27-Jan-20 11:05:35 AM	24.1	24.3	33.7	0.11	-0.03
27-Jan-20 11:08:05 AM	24.1	24.3	33.6	0.11	-0.04
27-Jan-20 11:10:35 AM	24.1	24.3	33.8	0.11	-0.03
27-Jan-20 11:13:05 AM	24.1	24.3	33.5	0.11	-0.04
27-Jan-20 11:15:35 AM	24.1	24.3	33.8	0.11	-0.04
27-Jan-20 11:18:05 AM	24.1	24.1	33.9	0.12	-0.06
27-Jan-20 11:20:35 AM	24.0	24.2	33.8	0.11	-0.05
27-Jan-20 11:23:05 AM	24.0	24.2	33.9	0.11	-0.05
27-Jan-20 11:25:35 AM	24.0	24.2	33.8	0.11	-0.07
27-Jan-20 11:28:05 AM	24.0	24.2	33.9	0.11	-0.06
27-Jan-20 11:30:35 AM	24.0	24.2	34.1	0.11	-0.06
Valori medii:	23.9	24.0	31.7	0.11	-0.11

Prin observarea datelor obținute în Tabelul 1, toate valorile PMV sunt negative pe întreaga perioadă de măsurare. Cele mai mici valori PMV corespund cu începutul sesiunii de măsurători. Până la momentul completării chestionarului, valorile PMV sunt în creștere, atingând valoarea de -0,17. Si după acest interval se observa în continuare o creștere a valorii indicelui PMV. Întrucât studenții au ritm și timp diferit de rezolvare a subiectelor examenului, au fost rugați să completeze chestionarul după 15 min de la începerea măsurătorilor. Înregistrarea parametrilor climatici a continuat până la finalizarea timpului alocat examenului. O reprezentare grafică a valorii medii obținute pentru indicele PMV este ilustrat în fig. 5.

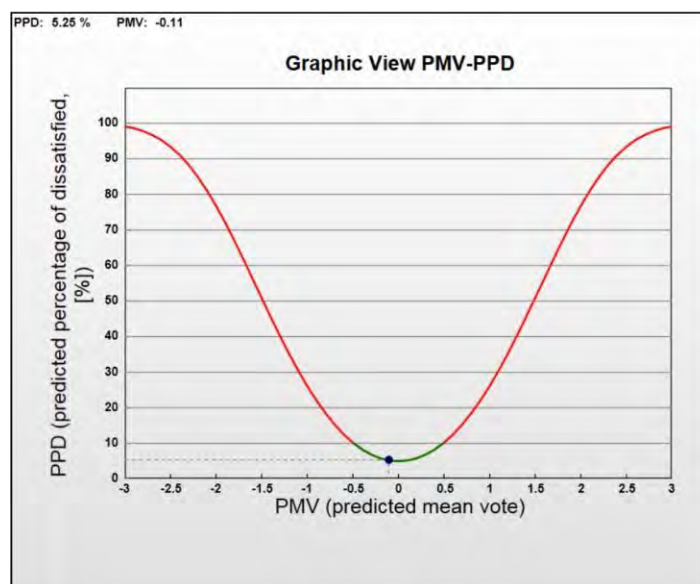


Fig. 5 - Grafic PMV-PPD

Indicele AMV este calculat prin media aritmetică a rezultatelor chestionarului împărțită la numărul de voturi. Distribuția rezultatelor obținute din chestionar privind percepția termică este ilustrată în fig. 6. Rezultatele arată că majoritatea studenților simt mediul termic interior neutru spre ușor cald.

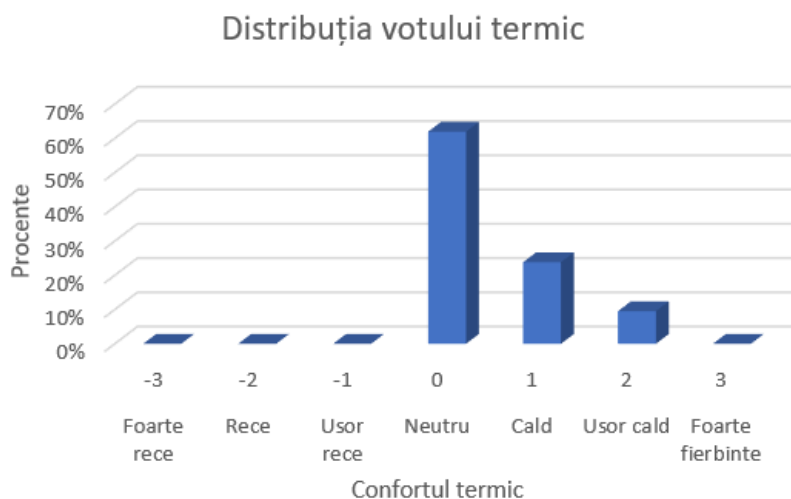


Fig. 6 - Distribuția votului termic

În tabelul 2 sunt prezentate valorile obținute pentru PMV și AMV la momentul completării chestionarelor.

Tabel 2. Comparatie între rezultatele obținute

PMV	AMV	Diferență AMV-PMV
-0.17	+0.33	0.5

Din tabel se observa o diferență semnificativă între măsurătorile obiective și cele subiective cu toate că temperatura interioară a rămas relativ constantă.

Valorile AMV obținute din chestionare indică un mediu „neutru” spre „ușor cald” în timp ce PMV calculat de echipamentul Testo 480 arată un mediu „ușor rece” spre „neutru”.

Unul dintre motivele unei astfel de inconsecvențe ar putea fi condițiile de funcționare liberă (ventilație naturală) în sala de curs, deoarece modelul Fanger se pretează mai bine în medii cu aer condiționat. În plus, activitatea metabolică a adolescenților este de așteptat să fie mai mare decât a adulților maturi, din cauza vârstei mai reduse.

Acest lucru se poate explica prin faptul că sala era goală și închisă înainte ca elevii să intre și să înceapă măsurătorile. Datorită densității mari a elevilor (aproximativ 100 de studenți) care ocupă sala în perioada de măsurare, temperatura mediului a crescut cu aproape 3 ° C,

4. Concluzii

Scopul prezentei lucrări a fost investigarea obiectivă și subiectivă a percepției confortului termic într-o sală de curs a Facultății de Ingineria a Instalațiilor fără aer condiționat, în timpul susținerii unui examen. Rezultatele au arătat că votul mediu prevăzut subestimează senzația subiectivă de confort termic. Acest rezultat se datorează fie subestimării ratei metabolice a studenților, fie stresului datorat examinării, fie aplicabilității modelului lui Fanger pentru clădiri natural ventilate.

5. Bibliografie

- [1]. Papazoglou E., Moustrisa K.P., Nikasa K.S.P, Nastosb P.T., Statharas J.C, 2018. Assessment of human thermal comfort perception in a non-airconditioned school building in Athens, Greece mperature function for a long-term district heat demand forecast. Technologies and Materials for
- [2]. ANSI/ASHRAE Standard 55, 2017. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc., Atlanta, ISSN 1041-2336.
- [3]. Fanger, P.O., 1970. Thermal Comfort. Danish Technical Press, Copenhagen.
- [4]. Fanger, P.O., 1973. Assessment of man's thermal comfort in practice. Br. J. Ind. Med. 30, 313–324.
- [5]. ISO 10551, 2019. Ergonomics of the thermal environment – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective scales. International Organization for Standardization, Geneva.
- [6]. <https://weather-and-climate.com/average-monthly-Rainfall-Temperature-Sunshine,Cluj-Napoca,Romania>. Accessed April 29, 2020.
- [7]. Corgnati S.P., Ansaldi R. and Filippi M. “Thermal comfort in Italian classrooms under free running conditions during mid seasons: Assessment through objective and subjective approaches”. Building and Environment 44 (2009): 785-792.
- [8]. Nico M.A., Liuzzi S., Stefanizzi P. “Evaluation of thermal comfort in university classrooms through objective approach and subjective preference analysis”. Applied Ergonomics 48 (2015): 111-120.
- [9]. SR 1907-1:1997. Instalații de încălzire. Necesarul de căldură de calcul. Metodă de calcul. ICS 91.140.20
- [10]. SR 1907-2:1997. Instalații de încălzire. Necesarul de căldură de calcul. Temperaturi interioare convenționale de calcul. ICS 91.140.20.
- [11]. ISO 7730, 2019. Ergonomics of the Thermal Environment-Analytical Determination and Interpretation of Thermal Comfort Using Calculation of the PMV and PPD Indices and Local Thermal Comfort Criteria. International Organization for Standardization, Geneva.
- [12]. Udrea I., Croitoru C., Nastase I., Dogeanu A., Badescu V., 2014. THERMAL COMFORT

ANALYSES IN NATURALLY VENTILATED BUILDINGS. Mathematical Modelling in Civil Engineering, vol. 10, no. 3-2014, doi: 10.2478/mmce-2014-0016.

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
Facultatea de Construcții

Sesiunea Națională de Comunicări Științifice Studentești, ediția a XIX-a
Cluj-Napoca, 14-15 Mai 2021
Comisia 2 - Ingineria instalațiilor
Președinte: Prof. dr. ing. Carmen MÂRZA

Premii

Premiul	Numele și prenumele autorului/autorilor	Instituția	Titlul lucrării	Îndrumător / îndrumători	Punctaj mediu (din 100)
1	MIRON Andrei Razvan	UTCN Facultatea de Inginerie a Instalațiilor	Evaluarea confortului termic al ocupanților unei clădiri natural ventilate	RUS Tania ABRUDAN Ancuța	94.50
Mențiune	PANDELEA Adriana Georgiana SIMONIAK Denis	UTCN Facultatea de Inginerie a Instalațiilor	Studiu comparativ privind metodele de dedurizare ale apelor utilizate în domeniul ingineriei instalațiilor	ILUȚIU-VARVARA Dana-Adriana	88.20
Mențiune APDP	PĂDUREANU Rafail DRĂGUȚ Alexandra-Nicoleta TODIREL Magdalena	Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Iași Facultatea de Construcții și Instalații	Studiul radiațiilor solare în producerea energiei ecologice	MAXINEASA Sebastian George	83.80



Comisia 3

- **„Căi ferate, drumuri și poduri - CFDP”**
- **„Inginerie urbană și dezvoltare regională - IUDR”**
- **„Măsuratori terestre și cadastru - MTC”**

1. Șef lucr. dr. ing. Rodica CADAR - președinte

2. Conf. dr. ing. Sanda NAȘ

3. Șef lucr. dr. ing. Andrei CLITAN

4. Șef lucr. dr. ing. Mircea BONDREA

5. Șef lucr. dr. ing. Alexandra DANCIU

6. Ing. Minerva CRIȘAN (APDP)

7. Masterand Mihai Dorin ISAC

• Membri supleanți:

1. Șef lucr. dr. ing. Paul SESTRĂȘ

2. Șef lucr. dr. ing. Melania BOITOR

3. Șef lucr. dr. ing. Vladimir MARUSCIAC



ROLUL MĂSURĂTORILOR TOPOGRAFICE ÎN STUDIUL FENOMENULUI DE RAVENARE – STUDIU DE CAZ

Autor/autori

Oana-Manuela I. CIUREAN¹

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, [e-mail:manu.ciurean@gmail.com](mailto:manu.ciurean@gmail.com).

Îndrumător/îndrumători

Sef.l.Dr.Ing. Mircea BONDREA

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Mircea.Bondrea@mtc.utcluj.ro

REZUMAT: *Această lucrare urmărește studiul fenomenului de eroziune în adâncime, sau ravenare, prin realizarea de măsurători topografice specifice monitorizării în timp. Ravena studiată se găsește în extravilanul comunei Ciurila, jud. Cluj și se întinde pe o suprafață de 1175 m². Măsurătorile au fost efectuate cu aparatură modernă, și anume receptor GNSS și aparatură UAV. Prin combinarea celor două tipuri de aparatură, și, implicit, a celor două metode de măsurare utilizate, se dorește obținerea unei imagini reale la un timp dat. Această imagine va fi prelucrat și analizată prin procedee specifice, scopul final al acestui studiu fiind determinarea gradului în care aceste două tipuri de măsurători pot fi exploatare cu precizie ridicată pentru studiul mai extins al fenomenelor de eroziune.*

Cuvinte cheie

Eroziune, ravenă, GPS, monitorizare, profile

1. Introducere

Această lucrare își propune să evidențieze importanța realizării activităților de monitorizare asupra formelor de microrelief create în urma fenomenului de eroziune în adâncime, precum și metodele de prelucrare a măsurătorilor și analiză a datelor obținute.

Factorul cauzator al apariției acestor forme este eroziunea în adâncime. Prin eroziune se înțelege un proces complex de roadere și săpare a scoarței terestre prin acțiunea unor agenți externi [1]. Eroziunea în adâncime este provocată, în mare parte, de către apa rezultată din ploii sau din topirea zăpezilor. În funcție de stadiul de dezvoltare, putem face următoarea clasificare a formelor de microrelief obținute în urma acestui fenomen: rigolele, ogașele și ravenele [2].

O ravenă este formată din trei mari componente: vârful ravenei, canalul de scurgere și conul de dejecție. Vârful ravenei este locul în care se concentrează șiroaiele și șuvoaiele de apă.

Acestea antrenează procesul de rupere și de deplasare al materialelor din zona afectată. De aici, materialele sunt purtate prin canalul de scurgere. Canalul de scurgere prezintă două mari componente: fundul sau talvegul și taluzurile. Talvegul este zona cea mai joasă a ravenei, unde are loc procesul de transport al materialelor. Taluzurile sunt zonele de legătură între talvegul și marginile ravenei. Acestea sunt afectate de procese de eroziune laterală, iar materialele rezultate se adaugă celor provenite din vârf, în fundul ravenei. Canalul de scurgere se sfârșește cu gura ravenei, care face trecerea către ultima componentă a acesteia: conul de dejecție. Aici ajung și se acumulează materialele dislocate din părțile precedente. [2] [3]

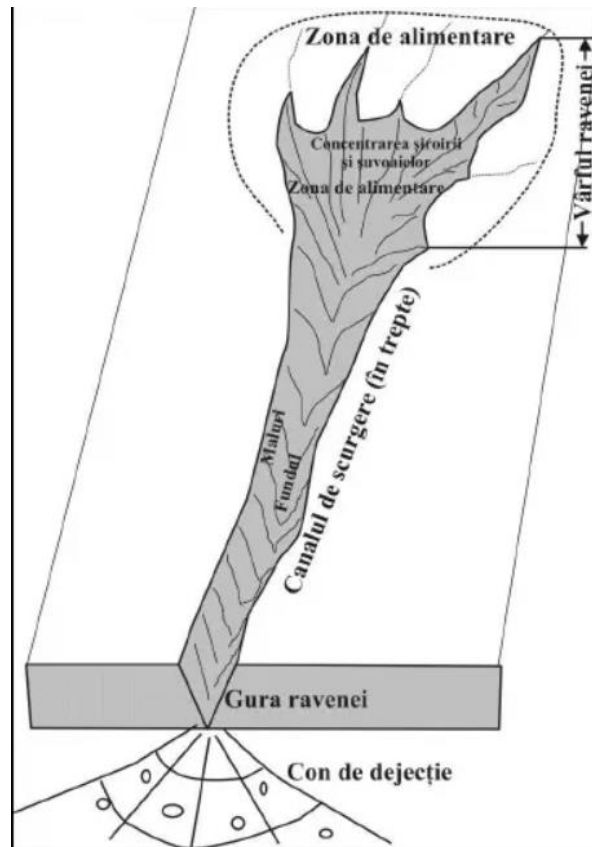


Figura 1. Părțile componente ale unei ravene

2. Alegerea zonei de studiu și realizarea măsurătorilor

Zona de studiu a fost aleasă astfel încât să satisfacă mai multe criterii: ravena ce va fi studiată să fie activă, să existe accesibilitate până la ravenă, să se întrunească condițiile necesare efectuării măsurătorilor cu aparatură GNSS în zona de studiu.

Ravena studiată se găsește în extravilanul comunei Ciurila. Aceasta se întinde pe o suprafață de aproximativ 1170 m², având lungimea de aproximativ 64 m, lățimea maximă de 29 m, și adâncimea maximă de circa 12 m. Comuna Ciurila se află în județul Cluj, la aproximativ 20 km de reședința acestuia, municipiul Cluj-Napoca. [4]

Pentru alegerea ravenei, s-au studiat mai întâi imaginile satelitare oferite de Google Earth. Astfel, s-a identificat o regiune de pășuni, pe care se găseau mai multe ravene. Mergând la fața locului, s-a realizat etapa de recunoaștere a terenului, în care s-a parcurs zona identificată anterior și s-a ales cea mai bună opțiune pentru prezentul studiu.

Măsurătorile s-au realizat cu receptorul GNSS GeoMax Zenith 10, împreună cu PDA-ul Getac PS236. Metoda folosită la ridicarea topografică este metoda profilelor. Ravena studiată are, la modul general, secțiunea în formă de V. Pentru a putea prezenta evoluția acestei forme, de la vârf către gura ravenei, s-a considerat că realizarea de profile transversale este cea mai bună abordare. Pentru a putea prezenta și evoluția talvegului ravenei, s-a realizat profilul longitudinal al acesteia. La fața locului s-a efectuat o analiză a configurației ravenei și s-a decis ca traseul profilelor transversale să se suprapună peste treptele observate pe fundul ravenei. Concomitent cu ridicarea punctelor pentru profilele transversale s-au ridicat și punctele pentru profilul longitudinal, dar și puncte suplimentare cu ajutorul cărora s-au reprezentat conturul ravenei și formele treptelor, al gropilor și al acumulărilor de materiale. Punctele ridicate pentru profile sunt acele puncte în care se observă o schimbare de declivitate.



Pentru realizarea ortofotoplanului, s-a realizat un zbor cu un aparat UAV (Unmanned Aerial Vehicle), și anume drona Mavic 2 Enterprise. Această dronă este dotată cu cameră foto-video și receptor GPS, fiind posibilă utilizarea ei în cadrul acestui proiect.

Pentru întocmirea acestui proiect, s-au realizat două cicluri de măsurători cu aparatură GNSS, în data de 28.06.2019, respectiv 23.09.2019. Zborul cu drona s-a efectuat în data de 23.09.2019.

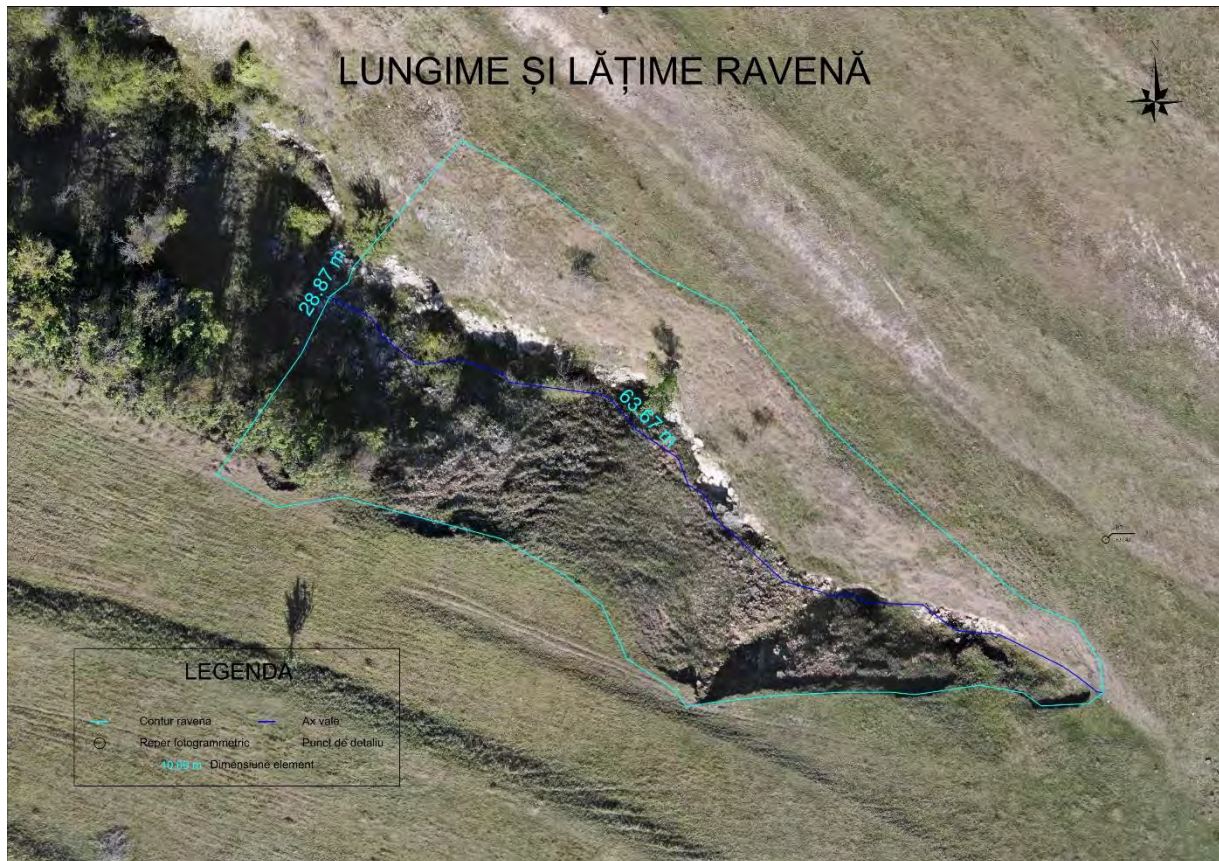


Figura 2. Lungimea și lățimea maximă a ravenei

3. Studiu fizico-geografic al zonei studiate

Pentru a putea înțelege cât mai bine procesul de ravenare, sunt foarte important de precizat factorii care au facilitat acest fenomen. În acest scop, se va realiza un studiu fizico-geografic al zonei.

3.1. Așezarea geografică

Ravena studiată se află în extravilanul comunei Ciurila. Comuna Ciurila se găsește în județul Cluj, la aproximativ 20 km de reședința acestuia, Cluj-Napoca și la 25 de km de municipiul Turda. Comuna Ciurila este compusă din șapte sate componente, după cum urmează: Ciurila, Filea de Jos, Filea de Sus, Pădureni, Pruniș, Sălicea, Săliște și Șutu. Suprafața comunei este de 72 km². Accesul în comună se face doar pe cale rutieră, pe drumul județean 107R. Prin comună mai trece drumul județean 107L. O porțiune din autostrada A3 traversează teritoriul administrativ al comunei, fără a exista un nod rutier cu aceasta în zona învecinată. [4] Ravena studiată s-a format pe un teren înclinat, cu o pantă aproximativ constantă.

3.2. Geologia

Depresiunea Transilvaniei, din care face parte și subunitatea studiată, este o unitate de orogen carpatic. [5] Comuna Ciurila se găsește pe foaia de plan L-34-XVIII a hărții geologice

la scara 1:200.000. Conform acestei hărți, substratul geologic datează din era cenozoic, perioada neogen, epoca miocen, cu aproximativ 12-13 milioane de ani în urmă. [6,7] Depozitele care se găsesc în zona comunei Ciurila sunt depozite lacustre, iar rocile întâlnite sunt de tip sedimentar, și anume marne și nisipuri. [7]

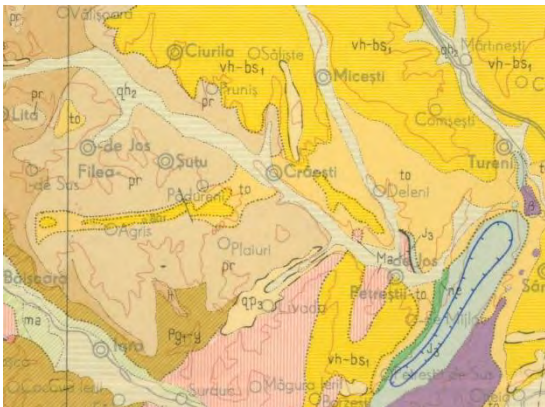


Fig. 3. Ciurila pe harta geologică 1:200.000

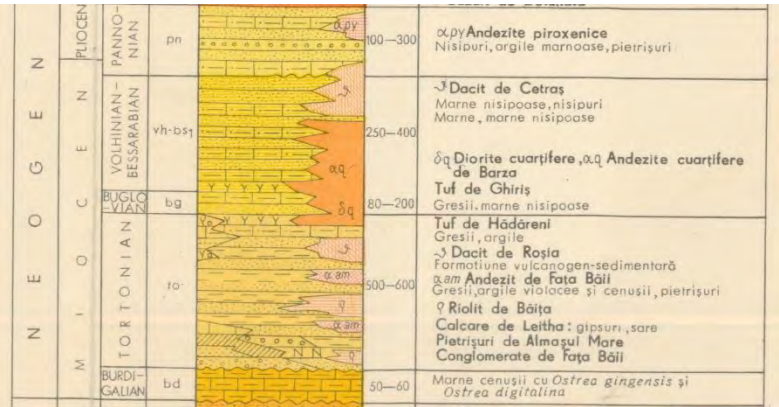


Fig. 4. Parte din legenda hărții geologice 1:200.000

3.3. Relieful

Comuna Ciurila se găsește în subunitatea Depresiunii Colinare a Transilvaniei denumită Dealurile Feleacului. Raportat la aceasta, Ciurila se găsește în extremitatea vestică, în Depresiunea Hășdatelor. Depresiunea Hășdatelor face parte din sectorul sudic al Dealurilor Feleacului, care se prezintă sub forma unui complex depresionar care separă Munții Apuseni de Podișul Someșan. Acest complex depresionar se grupează în trei bazine de eroziune modelate în formațiuni miocene. [8]

3.4. Hidrografia

Ravena studiată se află la nord de Valea Hășdate și de complexul lacustru Ciurila, dezvoltat pe aceeași vale. [8]



Fig. 5. Dealul Feleacului și componentele acestuia

3.5. Clima

Clima comunei Ciurila se înscrie în tipul climatului continental moderat, de dealuri și podișuri. Acesta prezintă anumite trăsături, cum ar fi: climat de adăpost, fiind atenuată circulația de tip foehnica dinspre Munții Apuseni; precipitații medii de 500-550 mm; înregistrarea fenomenelor de inversiune termică în vatra depresiunii. [8]

3.6. Vegetația

Ca și tipologie a vegetației, cea întâlnită în zona studiată se înscrie în categoria vegetației de tip pajiște de deal și podiș. [5]

3.7. Solurile

Datorită factorilor pedogenetici existenți, în Dealurile Feleacului se găsește un sol intens mozaicat. Fondul litologic predominant în partea median-nordică a Dealurilor, din care face parte și unitatea studiată, este predominant acid. Tipurile de soluri întâlnite fac parte din



categoria cambisolurilor și argiluvisolurilor, mai precis soluri brune argiloiluvial, soluri brune luvice și brune eu-mezobazice. [5,8]

4. Prelucrarea datelor

4.1. Software-uri și metode de prelucrare folosite

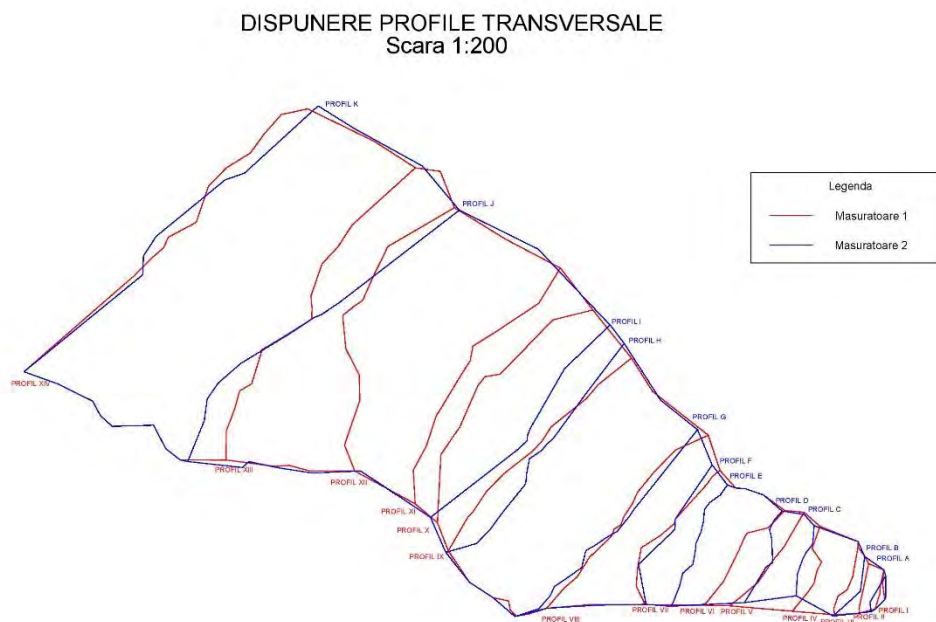
Datele obținute din măsurători au fost prelucrate cu ajutorul software-urilor specializate, și anume: AutoCAD 2013, AutoCAD Map 3D 2013, extensia TopoLT, Agisoft Photoscan Pro și Global Mapper. Ultimele două programe menționate au fost utilizate la prelucrarea imaginilor obținute cu ajutorul dronei și obținerea ortofotoplanului și modelului digital de elevație (DEM-ul).

Prelucrarea măsurătorilor cu GPS-ul a urmat câteva etape: raportarea punctelor cu ajutorul extensiei TopoLT, desenarea conturului ravenei, obținerea modelului 3D al terenului și desenarea curbelor de nivel cu ajutorul extensiei TopoLT, desenarea profilului longitudinal prin punctele de cea mai mică cotă, desenarea profilelor transversale. Pentru a face o corelare între profilele obținute după primul ciclu de măsurători și după al doilea ciclu de măsurători, s-au folosit, la numerotarea profilelor transversale, următoarele notații: numere romane pentru profilele din primul ciclu, litere mari pentru profilele din al doilea ciclu. Profilele au fost desenate manual, iar calculele aferente au fost realizate în Microsoft Office Excel 2013.

Deoarece configurația fundului ravenei s-a schimbat în intervalul dintre cele două măsurători, unele profile din a doua măsurătoare nu se suprapun, din punct de vedere planimetric, peste profilele din prima măsurătoare și nu vor fi incluse în comparația dintre măsurători.

4.2. Analiza profilelor transversale

După prelucrarea datelor brute, acestea urmează să fie analizate. Într-o primă etapă, s-au analizat profilele transversale care se găsesc în același loc din punct de vedere planimetric.



Intocmit de: Ciurean Oana-Manuela

Fig. 6. Dispunerea profilelor transversale - schiță



Analiza acestora a fost făcută în baza tabelelor și calculelor din Excel 2013. În cadrul acestei lucrări vor fi prezentate doar o parte dintre tabelele obținute. Pentru simplificare, în tabelele prezentate vor apărea doar marginile profilelor, împreună cu punctul corespunzător din talveg. De asemenea, vor apărea doar pantele medii, care au fost obținute prin următorul procedeu:

$$\text{Calculul pantei între două puncte: } p\% = \frac{\Delta H}{D} \cdot 100$$

$$\text{Calculul pantei medii: } p_{\text{mediu}} = \frac{\sum D \cdot p\%}{\sum D}$$

unde: p% - panta exprimată în procente

ΔH – diferența de nivel între două puncte consecutive din profil

D – distanța între două puncte consecutive în profil

p_{mediu} – panta medie

De menționat este faptul că pantele medii au fost calculate separat pentru versantul stâng, respectiv pentru versantul drept.

Tabelul 1. Comparație între profilul I și profilul A

PROFIL I					
Punct	X	Y	Cota	Distanța	Panta
40	572812.918	389176.206	630.824		
254	572813.642	389176.412	629.957	0.753	-115.18
43	572815.929	389176.864	630.943	1.306	42.11
PROFIL A					
2002	572812.708	389175.878	630.766		
2004	572813.445	389175.799	629.965	0.741	-108.06
2000	572815.482	389177.001	630.885	2.365	38.90

Scăderea pantelor pe ambii versanți, împreună cu ușoara creștere a cotei talvegului, duc la concluzia de acumulare de materiale provenite din vârful ravenei. Aceste materiale nu vor staționa aici, ci vor fi purtate de torent către gura ravenei.

În cazul comparației dintre profilul IV și profilul C, diferența de cotă din talveg este de ordinul a 20 cm în minus. Pantele cresc pe ambii versanți, fapt care indică o spălare a materialelor de pe aceștia. Analiza cotei talvegului indică că aceste materiale nu s-au acumulat aici, ci au fost transportate către gura ravenei, împreună cu o cantitate de materiale spălată chiar din talveg.

Tabelul 2. Comparație între profilul IV și profilul C

PROFIL IV					
Punct	X	Y	Cota	Distanța	Panta
297	572812.745	389169.811	630.847		
262	572815.882	389171.715	628.817	1.023	-44.03
46	572819.280	389171.950	630.576	1.814	54.83
PROFIL C					
2031	572813.934	389170.123	630.278		
2009	572817.243	389170.852	628.618	0.504	-48.31
2012	572819.341	389171.489	630.566	0.900	85.17

Spre gura ravenei, se observă o menținere a pantei versanților și o cotă aproximativ constantă a talvegului, fapt care indică că în această zonă, ravena este stabilizată.

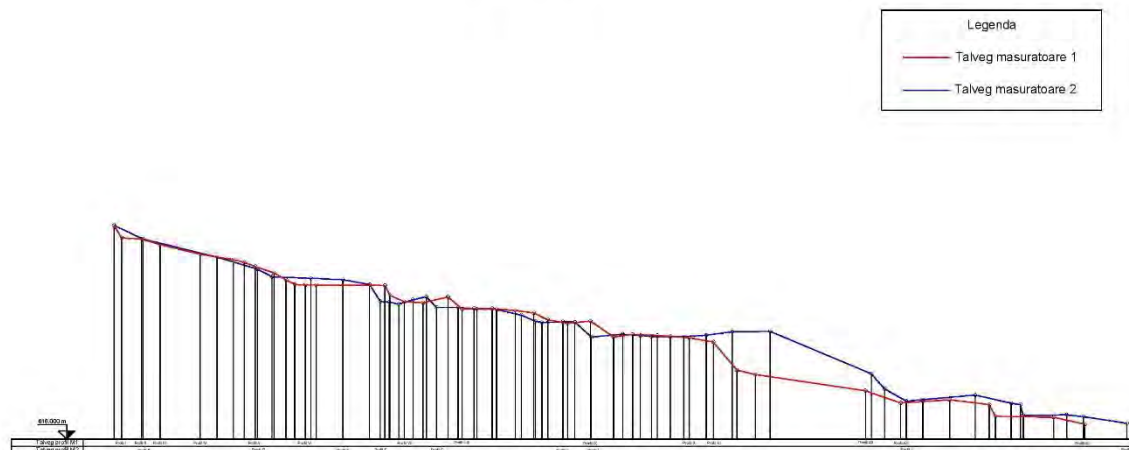
Tabelul 3. Comparație între profilul XIV și profilul K

PROFIL XIV					
Punct	X	Y	Cota	Distanța	Panta
5	572831.194	389110.636	629.268		
71	572841.561	389121.758	617.031	0.874	-80.07
63	572851.450	389132.499	626.387	2.078	60.71
PROFIL K					
5	572831.194	389110.636	629.268		
2230	572841.625	389120.822	617.095	1.790	-80.84
2283	572851.675	389133.295	626.519	7.675	58.44

4.3. Compararea profilelor longitudinale

Pentru a confirma concluziile obținute prin analiza profilelor transversale, dar și pentru a obține noi concluzii, se va analiza, prin suprapunere în AutoCAD 2013, evoluția talvegului între cele două măsurători.

SUPRAPUNERE PROFILE LONGITUDINALE Scara 1:200



Intocmit de: Ciurean Oana-Manuela

Fig. 7. Comparația profilelor longitudinale – schiță

Între cele două momente de măsurare, se pot identifica mai multe diferențe. În zona vârfului ravenei se observă o acumulare de materiale, față de prima măsurătoare. Până în zona profilului C se observă ușoare acumulări, de până la 10 cm. De la profilul C până la profilul V apare o zonă de săpătură, cu o diferență de nivel între cele două momente de maxim -30 cm, în dreptul profilului V. Urmează o zonă de acumulare, până în dreptul profilului F, cu o diferență de nivel de circa 50 cm. De la profilul F până în dreptul profilului VII se formează o cascadă, cu o diferență de nivel de -1,2 m. Se păstrează direcția descrescătoare, tot prin săpare, până în dreptul profilului X, unde începe o zonă de acumulare, unde diferențele de nivel ajung chiar la 3 m. După această zonă a fost identificată gura ravenei, de unde materialele vor fi deversate în conul de dejecție.



5. Concluzii

Măsurătorile topografice realizate cu aparatură modernă (GNSS, UAV) sunt o soluție viabilă pentru observațiile în zone cu teren foarte accidentat, cu diferențe mari de nivel, unde ar fi mai greu de folosit aparatura clasică (teodolitul, stația totală, nivela). Ravena studiată este o astfel de zonă, cu versanți foarte abrupti, diferențe de nivel între margini și talveg care ajung chiar și la 10 m și foarte multe puncte de detaliu.

Realizarea de măsurători repetate asupra obiectivului poate da o imagine precisă asupra evoluției în timp a fenomenului de eroziune. Această imagine poate fi reprezentată, atât din punct de vedere grafic, prin planuri și profile, dar și din punct de vedere matematic, prin tabelele de calcul. În cadrul acestei lucrări s-au realizat calculele prin care s-au determinat pantele versanților în zonele profilelor, precum și pantele dintre punctele profilului longitudinal. Pantele aceste pot fi folosite pentru a evalua evoluția în timp a spălării și a acumulării de materiale, dar și pentru a crea un model care ar simula evoluția ravenei într-o perioadă determinată. Precizia acestui model poate fi îmbunătățită prin corelarea cu date din alte domenii, cum ar fi date hidrologice sau meteorologice. Pe lângă toate acestea, măsurătorile asupra ravenei ar putea servi ca bază pentru specialiștii de îmbunătățiri funciare, în încercarea de a reda o suprafață însemnată de teren circuitului agricol.

Pe lângă posibilele întrebări, studiul mai prezintă importanță și prin prisma faptului că obiectivul studiat se găsește foarte aproape de zona locuită a satului Ciurila, iar revărsarea de materiale asupra construcțiilor din zonă reprezintă un pericol. Studiarea ciclică a evoluției ravenei poate să ofere din timp o atenționare asupra unui pericol iminent, astfel încât populația să poată fi prevenită din timp.

În concluzie, măsurătorile topografice au un rol însemnat în studiul fenomenului de eroziune în adâncime. Măsurătorile, împreună cu prelucrările ulterioare, stau la baza unor studii interdisciplinare asupra acestui fenomen, dar și la baza circuitului decizional, fie pentru încercarea de îmbunătățire a terenului, fie pentru o posibilă decizie de evacuare a locuitorilor din imediata apropiere a ravenei.

BIBLIOGRAFIE

1. <https://dexonline.ro/definitie/eroziune>
2. <https://ro.scribd.com/doc/52511078/Formatiunile-eroziunii-de-adancime>
3. https://www.academia.edu/17293606/CURS_DE_GEOMORFOLOGIE
4. https://ro.wikipedia.org/wiki/Comuna_Ciurila,_Cluj
5. Autori multipli, Geografia României I. Geografia fizică, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București, 1983
6. https://www.researchgate.net/figure/Stratigraphy-of-the-Miocene-especially-of-the-Late-Sarmatian-and-Early-Pannonian-based_fig1_222683423
7. <http://www.geo-spatial.org/download/harta-geologica-a-romaniei-scara-1-200-000>
8. Autori multipli, Geografia României III. Carpații Românești și Depresiunea Transilvaniei, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București, 1987



Analiza comparativă privind caracteristicile de dezvoltare ale Municipiului Cluj-Napoca, județ Cluj, Orașului Seini, județ Maramureș și Comunei Bodești, județ Neamț

Autori

Bogdan I. CHIOREAN¹, Rebeca V. COCAN², Cătălin C. CATANĂ³

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, e-mail: chioreanbogdan@yahoo.com

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, e-mail: rebecacocan@yahoo.com

³Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, e-mail: catalin_cta111@yahoo.com

Îndrumători

Șl. Dr. Ing. Rodica D. CADAR⁴

⁴Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, e-mail: rodica.cadar@cfdp.utcluj.ro

REZUMAT: *Lucrarea prezintă caracteristicile celor trei unități administrativ-teritoriale (UAT) – Municipiul Cluj-Napoca, Orașul Seini, județ Maramureș și Comuna Bodești, județ Neamț, privind dezvoltarea la nivelul rangului dobândit de către acestea la ultima evaluare națională, evidențiind îndeplinirea indicatorilor minimali în acest sens. Suplimentar, sunt reprezentate aspecte privind managementul localităților și analiza comparativă a factorilor ce influențează dezvoltarea acestora. Analizele au fost realizate cu ajutorul statisticii descriptive în Excel și al interogărilor spațiale în GIS.*

Cuvinte cheie

Management urban, Rang, UAT, localități, Excel, GIS

1. INTRODUCERE

Managementul urban reprezintă activitatea și arta de a conduce, ansamblul activităților de organizare, de planificare și de gestiune a unei localități sub aspectul celor trei componente esențiale: teritorială, demografică și socio-economică.

Managementul urban se referă la activitatea administrației publice privind asigurarea creșterii calității vieții, în condițiile realizării unei dezvoltări urbane durabile [1].

Orașul este o formă complexă de așezare omenească, cu dimensiuni variabile și dotări edilitare, având funcție administrativă, industrială, comercială, politică și culturală, cu denumiri diferite: cetate, citadelă, urbă, târg etc.[1] Municipiile sunt localități urbane cu roluri funcționale multiple, grad de dezvoltare și de locuire mai ridicat decât orașele și teritorii de influență mai mari. Comuna este o așezare mai puțin complexă dar care în prezent tinde să ofere rezidenților condiții de viață tot mai bune, similare cu cele din localitățile urbane. Toate aceste localități formează singure sau alături de sate componente UAT-urile din țara noastră. Legea 2 din 16.02.1968[2] reglementează organizarea teritoriului României în localități de diferite ranguri de la 0 – capitala la 5 – satele componente. Acest rang se atribuie în funcție de o serie de indicatori minimali, conform aceleiași legi.

În studiul efectuat asupra celor trei UAT-uri am evaluat următoarele aspecte: rangul, număr de localități componente, demografia, suprafețele UAT-urilor, intravilanului și extravilanului acestora, vecinii, localizarea în județ și țară, limitele administrativ-teritoriale, funcția de transport și zonificarea funcțională, pe care le vom prezenta comparativ în cele ce urmează. Acestea ne vor ajuta pe de o parte să verificăm dacă UAT-urile și-au păstrat valorile indicatorilor minimali aferenți rangului primit conform Legii 2 din 16.02.1968[2] și pe de alta, prin analiza comparativă vom evidenția gradul de dezvoltare al rangului superior față de cel inferior.



Analizele comparative prezintă evoluția a populației față de lungimea drumurilor în fiecare UAT în ultima decadă, precum și accesibilitatea la transportul public local și regional din UAT-urile studiate.



Fig.1. Amplasare UAT în județ

Datele analizate sunt obținute din următoarele surse: rang și indicatori minimali din Legea 2 din 16.02.1968 [2], datele statistice pe ultima decadă privind populația de la Institutul Național de Statistică [3] iar privind lungimea drumurilor din măsurători realizate în GIS. Datele statistice privind suprafețele teritoriale ale UAT-urilor, intravilanului și extravilanului au fost determinate cu ajutorul GIS.

Datele sursă pentru reprezentările și analizele GIS au fost obținute de la geoportal [4], openstreetmap [5] baze de date prelucrate anterior [6],[7]. Acestea au fost prelucrate cu aplicația ArgisPRO de la Esri din dotarea Laboratorului de trafic din departamentul CFDP [8].

Datele statistice au fost prelucrate în Excel, disponibil prin contul de student oferit de aplicația MS TEAMS [9].

2. DATE GENERALE PRIVIND UAT-URILE

Prezentăm în tabelul de mai jos elemente generale caracteristice fiecărui UAT. Tabelul 1. Elemente generale privind UAT-urile Cluj-Napoca, Bodești și Seini

UAT	CLUJ-NAPOCA, CLUJ	BODEȘTI, NEAMȚ	SEINI, MARAMUREȘ
Tip	Municipiu	Comuna	Orașul
Rang	I	IV	III
Stemă			
Nr. locuitori	327985	4470	8987
Suprafața UAT(kmp)	174.83	63.43	58.91
Suprafață extravilan UAT (kmp)	107.7071	13.81	9.86
Suprafață intravilan UAT (kmp)	67.1229	49.62	49.05



Localitățile studiate în județe			
Localități componente	-	Bodești Boștestii de jos Corni Oșlobeni	Seini Viile Apei Săbișa

Cluj-Napoca este municipiul de reședință al județului Cluj, România. Cu o istorie de peste două milenii orașul este supranumit „Inima Transilvaniei”. Municipiul este situat în nordul Depresiunii Transilvaniei, între Munții Apuseni și Câmpia Transilvaniei, pe valea râului Someșul Mic la confluența cu râul Nadăș și cinci alte pârâie.

Orașul Seini este un oraș din județul Maramureș, România, situat la 26 km vest de municipiul Baia Mare și la 42 km est de Satu Mare.

Comuna Bodești este o comună în județul Neamț, România. Aceasta se află în centrul județului, pe malurile Cracăului. Este străbătută de șoseaua națională DN15C, care leagă Piatra Neamț de Fălticeni.

Aria terenului intravilan și al celui extravilan din UAT-urile studiate



Fig.2. Aria UAT Cluj-Napoca

Cluj-Napoca

Teritoriul administrativ în Cluj-Napoca este de 174.83 kmp, din care 107.71 kmp este aria terenului extravilan, iar aria terenului intravilan este 67.12 kmp.

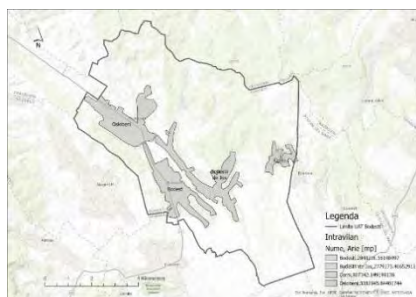


Fig.3. Aria UAT Bodești

Bodești

Teritoriul administrativ al Comunei Bodești este de 63.43 kmp, din care 13.81 kmp este aria terenului extravilan, iar 49.62 kmp este aria terenului intravilan.

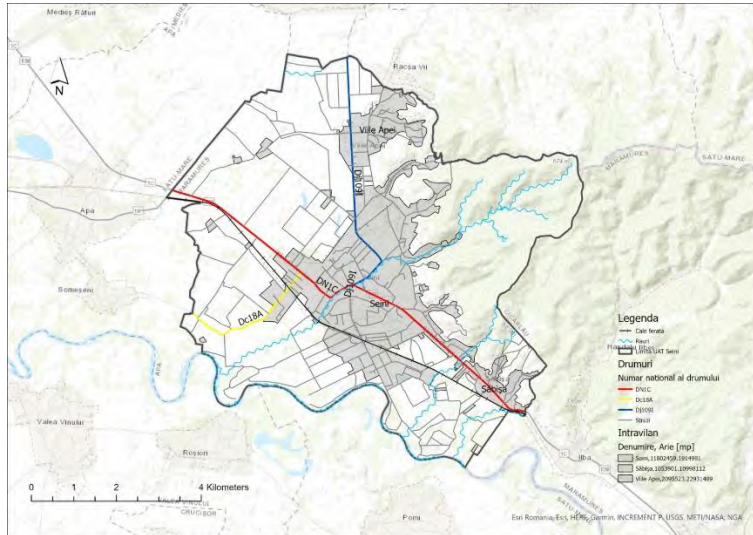


Fig.7. Rețeaua de drumuri din Seini

Seini

Sistemul rutier din orașul Seini se axează în cea mai mare parte pe traficul rutier, deși atunci când va începe modernizarea tramei stradale din localitate, se vor amenaja mai multe piste pentru biciclete, astfel va scădea indicele de poluare din zonă și va fi încurajată mișcarea.

3. ANALIZE COMPARATIVE

În continuare sunt realizate câteva analize comparative care dau măsura complexității UAT-urilor studiate.

Populația și lungimea drumurilor din UAT-urile studiate

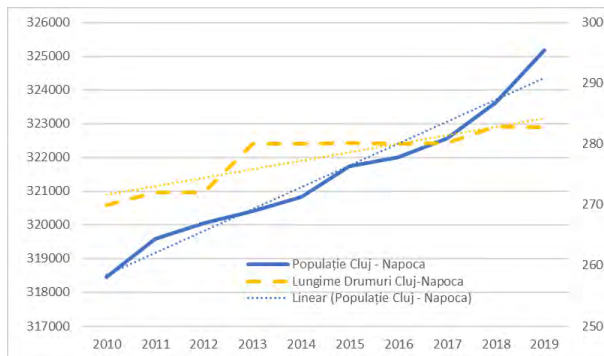


Fig.8. Populație și lungime drumuri Cluj-Napoca

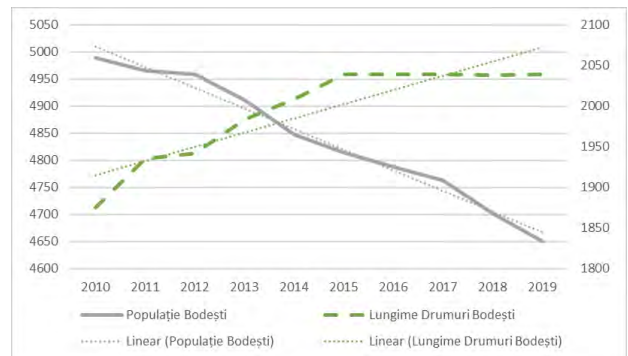


Fig.9. Populație și lungime drumuri Bodești

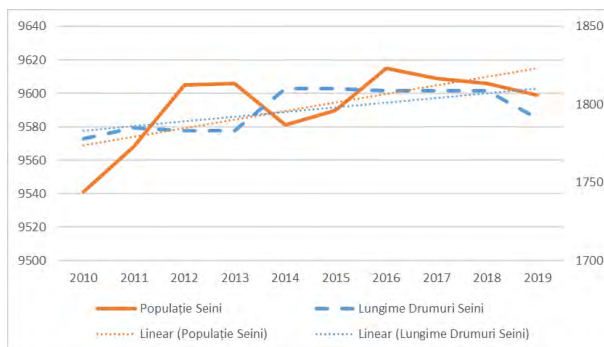


Fig.10. Populație și lungime drumuri Seini

Populația municipiului Cluj-Napoca este în creștere din anul 2010 până în 2019 cu 2%, orașul Seini este într-o creștere minoră, sub 1%, iar comuna Bodești este într-o scădere importantă de peste 7%.

În toate UAT-urile studiate există un trend ascendent al lungimii drumurilor, cel mai important fiind în comuna Bodești, unde acesta crește cu peste 8%.

Am analizat, de asemenea, raportul dintre drumurile naționale și cele județene și comunale, raportul în toate localitățile studiate fiind de aproximativ 20% drumuri naționale și 80% drumuri județene și comunale.

Accesibilitatea la transportul în comun și acoperirea zonelor modelului de transport

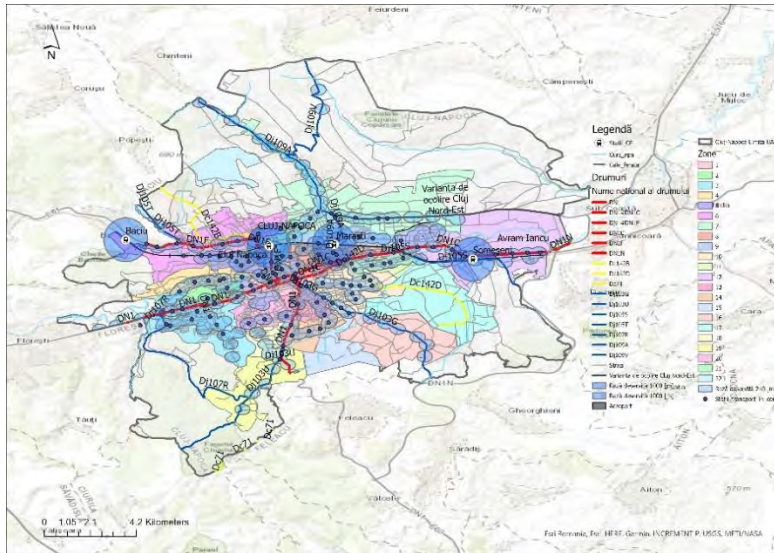


Fig.11. Accesibilitatea la transportul public în Cluj-Napoca

Cluj-Napoca

În municipiul Cluj-Napoca rețeaua de transport în comun este foarte bine dezvoltată, existând trei gări funcționale, un aeroport internațional și numeroase stații de autobuz.

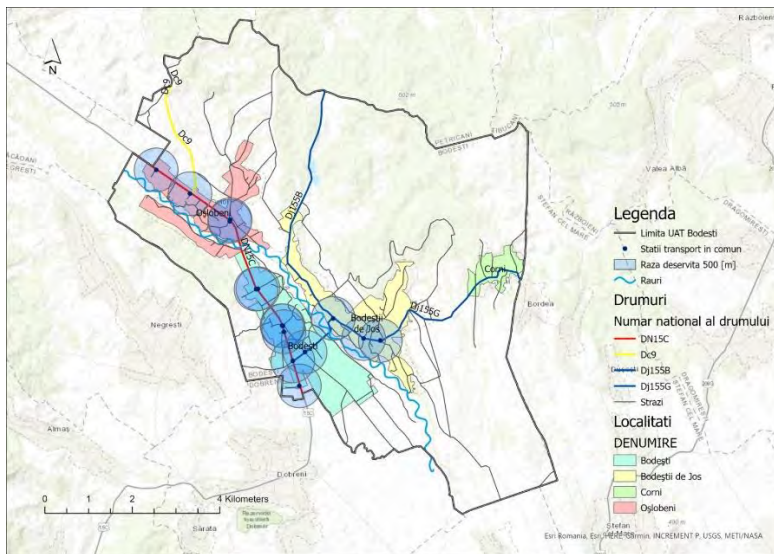


Fig.12. Accesibilitatea la transportul public în Bodești

Bodești

Rețeaua de transport în comun în comuna Bodești este deficitară, având doar 11 stații de autobuz pentru transportul județean. Nu este organizat serviciul de transport public local.

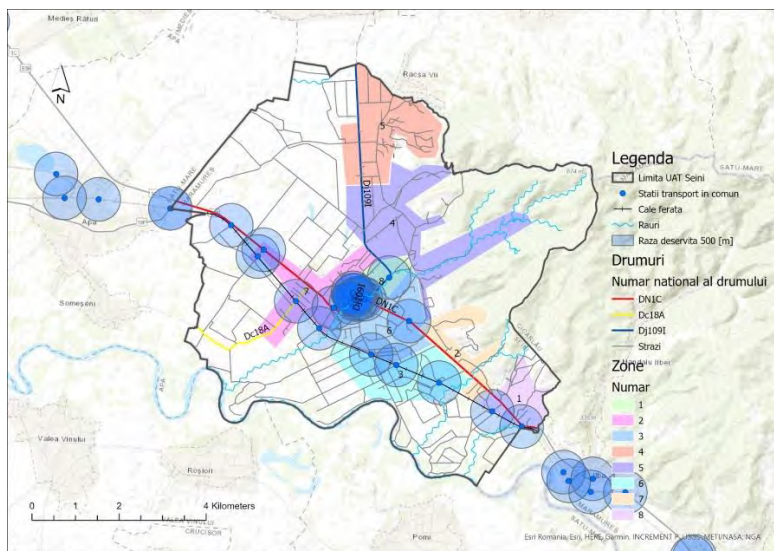


Fig.13. Accesibilitatea la transportul public în Seini

Seini

În orașul Seini, rețeaua de transport în comun este asemănătoare comunei Bodești, având 14 stații de autobuz. În viitor este prevăzută înființarea serviciului de transport public local.

Zone Funcționale

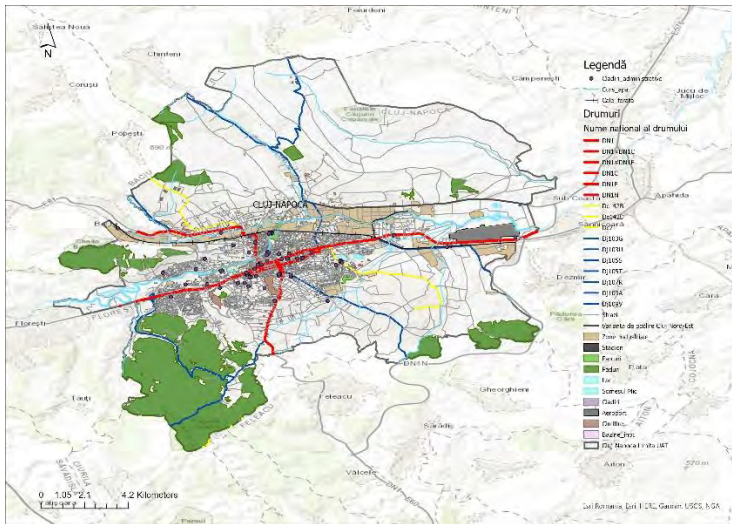


Fig.14. Zone funcționale din orașul Cluj-Napoca

Cluj-Napoca

Tiparul urban tipic, aplicabil municipiului Cluj-Napoca, este un centru dens, multifuncțional, înconjurat de complexe industriale mari și zone rezidențiale.[1]

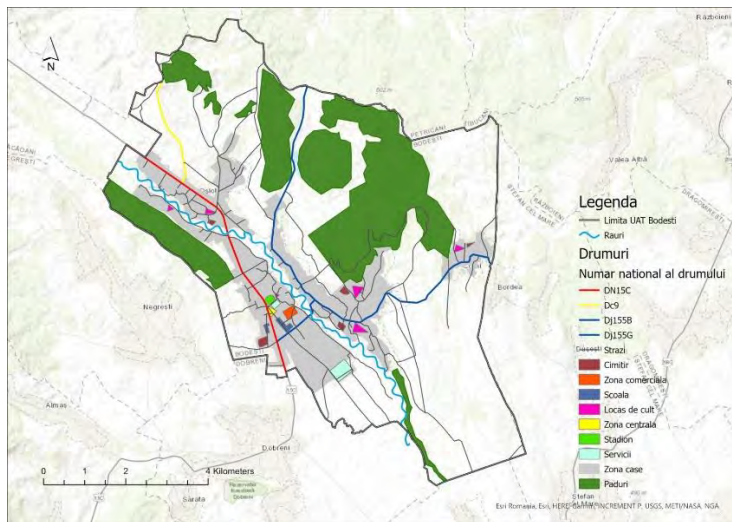


Fig.15. Zone funcționale din comuna Bodești

Bodești

Având în vedere că aparține mediului rural, comuna Bodești este slab dezvoltată în ceea ce privește zonele funcționale, aici existând doar: școli gimnaziale, câteva locașuri de cult și o zonă comercială mică.

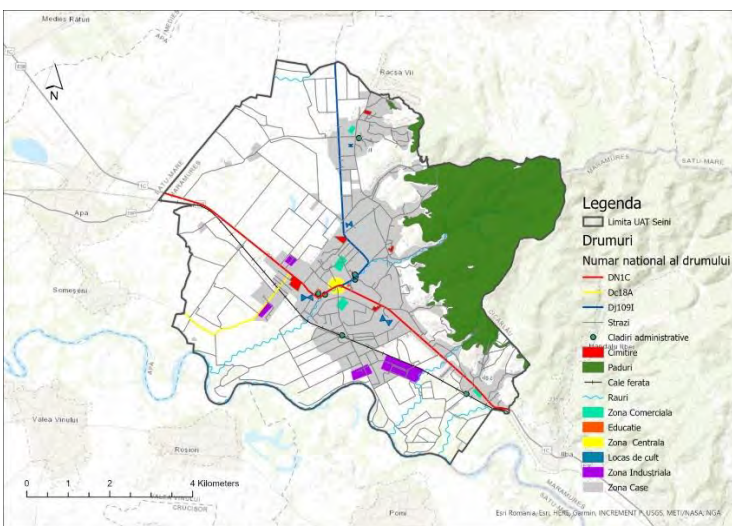


Fig.16. Zone funcționale din orașul Seini

Seini

Comparativ cu municipiul Cluj-Napoca, orașul Seini dispune de mai puține zone funcționale, însă este cunoscut pentru Pădurea cu pini Comja, o zonă naturală protejată de interes național.



4. REZULTATE ȘI CONCLUZII

Problemele dezvoltării localităților trebuie abordate în raport cu mega-tendențele ce se manifestă în lumea de azi și cu particularitățile perioadei pe care o traversează România – integrarea în Uniunea Europeană și globalizarea, progresul tehnologic, dezvoltarea durabilă, descentralizarea în administrație, edificarea societății smart. În acest context GIS-ul (Sistem Informațional Geografic) este cadrul care permite culegerea, gestionarea și analiza datelor. Această lucrare a prezentat o serie de analize de start necesare pentru înțelegerea contextului de management a trei UAT-uri cu un grad diferit de dezvoltare, cu rang diferit, fiind folosită această aplicație pentru redarea aspectelor semnificative legate de gestiunea teritoriului, sistemul de transport și zonificarea funcțională.

Indicatori minimali aferenți rangului obținut de către cele trei localități în anul 2001 conform Legii 2 din 16.02.1968 sunt îndepliniți în prezent.

Analiza accesibilității la transportul public arată diferit în cazul celor trei UAT-uri analizate, astfel că doar Municipiul Cluj-Napoca, cel care beneficiază în prezent de transport public local oferă această oportunitate de transport sustenabil cetățenilor săi.

Soluțiile privind gestiunea transportului auto trebuie abordate diferit la cele trei localități. Dacă în cazul Bodeștiului și Seiniului acesta trebuie studiat din perspectiva asigurării conexiunilor între localitățile componente și cele din zona funcțională urbană cărora aparțin, în cazul municipiului Cluj-Napoca problema este mult mai complexă și vizează chiar transportul multimodal.

În concluzie, analiza spațială a datelor este esența pentru administrarea unei comunități smart sau pentru luarea celor mai bune decizii în cazul unor proiecte de dezvoltare a localităților.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Dr. Ing. Cadar Rodica – curs materia Management urban, Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
- [2] Legea 2 din 16.02.1968
- [3] <https://insse.ro/cms/>
- [4] <https://geoportal.ancpi.ro/>
- [5] <https://www.openstreetmap.org>
- [6] Dr. Ing. Boitor Melania - Strategii alternative pentru îmbunătățirea mobilității urbane în municipiul Cluj-Napoca – Teza de doctorat, din anul 2014
- [7] Asociația MOS – Mobilitate sustenabilă - Studiu de trafic UAT Seini, județul Maramureș, din Noiembrie 2017
- [8] Grupul de cercetare în Domeniul Sistemelor de Transport din cadrul Universității Tehnice din Cluj-Napoca <https://iit.utcluj.ro>
- [9] <http://o365.utcluj.didatec.ro/Home/Licensing>



SIGURANȚA CIRCULAȚIEI DIN PUNCT DE VEDERE AL CONFORTULUI OPTIC

Autor/autori

Bianca F. HÎRLEA^{1*},

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, hf.bianca@yahoo.com

Îndrumător/îndrumători

Conf.Dr.Ing. G. Hoda²

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, gavril.hoda@cfdp.utcluj.ro

REZUMAT: *Obiectivul principal al unui proiect de drumuri este de a oferi structuri viabile, rezistente, care să confere participanților la trafic, siguranță și confort. În condițiile îmbunătățirii caracteristicilor autovehiculelor, a creșterii vitezei de circulație, asigurarea siguranței este un deziderat major pentru orice administrator de drumuri sau proiectanți. În acest context, confortul optic care este un ansamblu complex format din conducătorul auto, vehicul și traseu, devine tot mai important în proiectarea drumurilor, cu atât mai mult cu cât acest lucru se realizează în mod curent doar la autostrăzi și ocazional la drumuri naționale.*

Examinarea traseului din punct de vedere al confortului optic se poate realiza prin reprezentarea ortogonală a drumului în trei planuri de proiecție (transversal, longitudinal și orizontal) în care proiectantul analizează elementele geometrice ale drumului care influențează modul de desfășurare a traficului. Se urmăresc în spațiu punctele în care se pierde vizibilitatea, eventuale poziții în care apar frângeri spațiale ale traseului, care disturbă percepția confortabilă a șoferului asupra manevrelor pe care urmează să le facă și se modifică anumite elemente ale proiectării, fie axul în plan, fie linia roșie, fie profilul transversal.

Cuvinte cheie

Traseu, vizibilitate, perspectivă, confort.

1. INTRODUCERE

Prin analizele spațiale ale traseului, se pot observa ușor punctele critice ale traseului și analiza modului prin care proiectul corespunde criteriilor de performanță ale traseului de drum pentru care a fost realizat. Se poate analiza porțiunea din traseu pe care este asigurată vizibilitatea în vederea efectuării manevrelor de depășire și se poate evalua confortul optic al participanților la trafic.

Examinarea traseului din punct de vedere al confortului optic se poate face prin mai multe metode:

- Analiza tabloului spațial al drumului cu ajutorul modelelor întocmite pe baza elementelor geometrice ale drumului în plan, profil longitudinal și profil transversal, reprezentate la o anumită scară;
- Studiul pe machete la scara 1:200, care să cuprindă drumul cu lucrările de artă și accesoriile aferente încadrate în formele de relief, dezavantajul machetei rezultă din complicația întocmirii ei pe sectoare lungi și din costurile ridicate de realizare;
- Metoda tradițională de proiectare bazată pe reprezentarea ortogonală a drumului pe 3 planuri de proiecție (plan de situație, profil longitudinal și profil transversal) nu mai poate satisface



în cele mai bune condiții cerințele traficului rutier modern: densități mari, viteze relative mari, intersecții numeroase etc.

Analiza traseului pe baza tabloului perspectiv al drumului, care se poate realiza din mai multe puncte de vedere:

- al pietonului, necesar sistematizării arterelor urbane, sistematizărilor vertical din zona construcțiilor monumentale, la accesele pasajelor denivelate etc;
- al turistului, specific vederilor panoramice din poziții laterale platformei, situate în general la altitudine;
- al conducătorului auto, corespunzător pozițiilor succesive pe care le ocupă autovehiculul în timpul deplasării;

Metode de întocmire a tabloului perspectiv:

- Metoda carioajelor perspective – se obține un tablou perspectiv panoramic util observațiilor din punctul de vedere al turistului;
- **Metoda coordonatelor relative** obținute pe baza coordonatelor reale ale unui punct al drumului reprezentat spațial tridimensional;
- Metode mecanice și semimecanice, folosind perspectografe;
- Metode automate, folosind calculatorul electronic;

Panorama oferită conducătorului auto, datorită mobilității sale neîntrerupte și schimbătoare, cuprinde perspective succesive, care se proiectează conic pe transparenta parbrizului său. Pentru a stabili geometric elementele tabloului perspectiv, trebuie fixat planul tabloului și punctul de vedere. Planul tabloului trebuie să fie invariabil în raport cu ochiul conducătorului și este situat la înălțimea h față de calea de rulare, iar tabloul este parbrizul, considerat la distanța f de punctul de vedere (“distanța focală”).

Pentru întocmirea tabloului perspectiv se folosesc datele din planul de situație, profilul longitudinal și profilul transversal. Se consideră punctul de vedere V și sistemul de referință format din planele:

- H (planul orizontal care conține punctul de vedere V);
- T (planul tabloului);
- P (planul perpendicular pe H și T , care trece prin punctul de vedere).

Se stabilesc punctele de pe axa drumului care se vor transpune în tabloul perspectiv și față de care se marchează marginile platformei. Pozițiile punctelor de pe axul drumului se precizează prin coordonatele x , d și y față de sistemul de referință.

Coordonatele relative:

$$x = \frac{x}{d} f; \quad y = \frac{y}{d} f$$

unde d este ordonata în planul orizontal H .

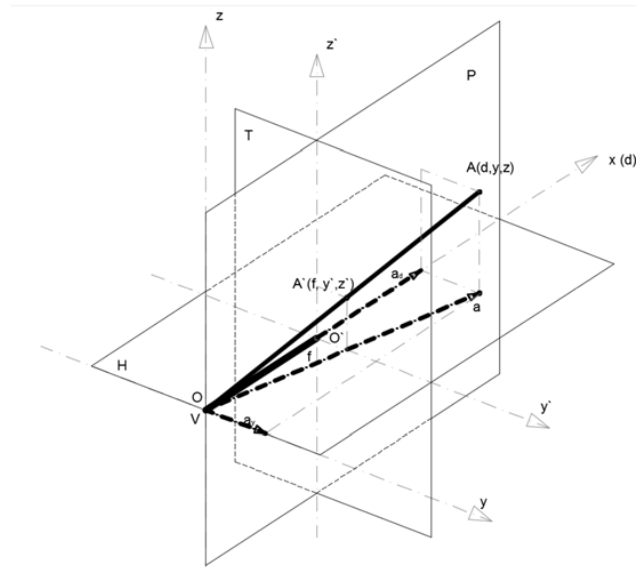


Fig. 1. Sistemul de referință al tabloului perspectiv

Perspectiva axei drumului se obține unind punctele de coordonate relative x' și y' . Pentru a obține perspectiva marginilor părții carosabile se calculează lățimea proiectată pe planul tabloul

$$b = \frac{B}{d} f$$

unde B este lățimea părții carosabile.

În același mod poate fi obținută perspectiva oricărei linii geometrice (coronamentul unui zid de sprijin, muchia unui taluz de debleu etc.).

Pentru aprecierea confortului optic se utilizează metoda câmpului de vedere optim (C.V.O.):

Drumul în plan și profilul longitudinal trebuie să aibă caracteristicile geometrice ale drumului astfel încât să nu oblige pe conducatorul autovehiculului să-și concentreze atenția asupra unui punct de imobilitate prelungită sau asupra unor puncte situate în afara câmpului de vedere optim. Delimitarea câmpului de vedere constă în stabilirea unui cadru în interiorul căruia conducatorul să se poată concentra asupra oricărui punct al cadrului și fără să le piardă din vedere pe celălalte și fără ca acestea să presupună un efort suplimentar.

Pentru întocmirea tabloului perspectiv se consideră următoarele valori practice:

$$h = 1,20\text{m};$$

$$f = 0,50\text{m};$$

și câmpul optim de vizibilitate pe planl tabloului cu dimensiunile $x = 16\text{ cm}$ și $y = 10\text{ cm}$



Fig.2.Exemplu de tablou perspectiv

Vederea umană se poate aproxima cu un sistem de proiecție conică în care razele vizuale ce formează un con vizual, urmăresc marginile obiectului privit și delimitează conturul aparent al acestuia. Prin intersectarea conului vizual cu un plan (tabloul perspectiv) se obține imaginea perspectivă a obiectului studiat.

Înălțimi uzuale ale observatorului și ale obiectului țintă pentru analiza vizibilității asupra traseului de drum în diverse țări din lume:

Tabelul 1. Înălțimi uzuale ale observatorului în diferite țări

Țara țintă	Înălțimea Autovehicul/Camion	Înălțimea obiectului
Australia	1.15-1.80	0.20
Austria	1.00	0.00 - 0.19
Marea Britanie	1.05	0.26
Canada	1.05	0.38
Franța	1.00	0.35
Germania	1.00-2.50	0.00-0.45
Grecia	1.00	0.00-0.45
Africa de sud	1.05-1.80	0.15-0.60
Suedia	1.10	0.20
Elveția	1.00-2.50	0.15
SUA	1.07	0.15



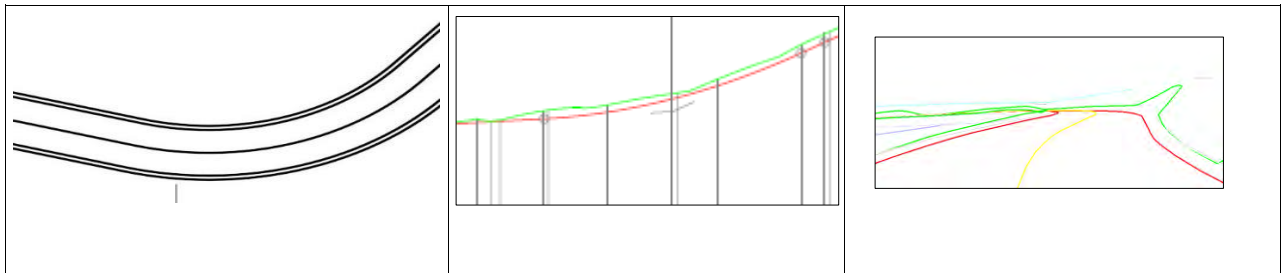
2. Studiu de caz

Traseul studiat este un drum județean aflat în județul Caraș-Severin și are o lungime de 12000 m, clasă tehnică IV în zona de munte și viteza de proiectare de 40 km/h. Partea carosabilă are o lățime de 5.50 m și acostamentul de 50 cm. Profilul transversal s-a amenajat tip acoperiș cu panta de 2.5% și 4% în cazul acostamentelor. Amenajarea traseului s-a realizat în conformitate cu prevederile STAS-ului 863-85, care reglementează “Elementele geometrice ale traseelor” pentru lucrările de drumuri. Drumul însumează 181 de curbe (arc de cerc, clotoidă, cap la cap) și 34 de frânturi, însumând un total de 215, fiind un traseu accidentat cu multe curbe . Racordarea aliniamentelor se realizează prin curbe cu raze cuprinse între 30 și 300 m. În profil longitudinal s-au realizat racordări concave cu raza între 330 și 2800 m și respectiv convexe cu raze cuprinse între 640 și 20000 m.

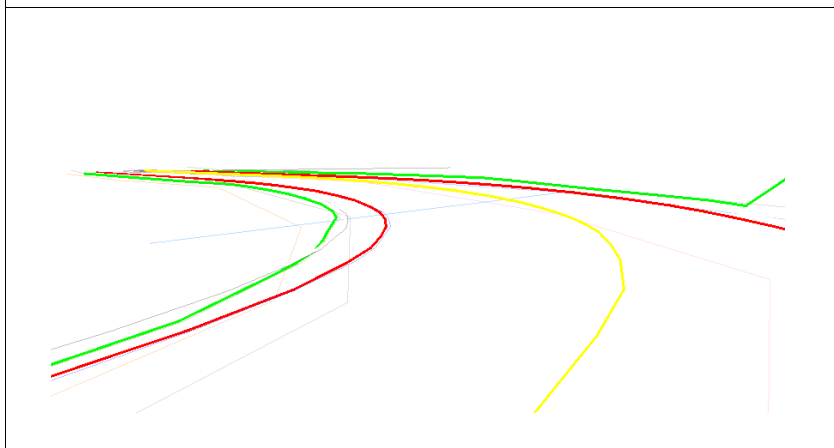
Prin analizele spațiale ale traseului, se pot observa ușor punctele critice ale traseului și analiza modului prin care proiectul corespunde criteriilor de performanță ale traseului de drum pentru care a fost realizat. Se poate analiza porțiunea din traseu pe care este asigurată vizibilitatea în vederea efectuării manevrelor de depășire și se poate evalua confortul optic al participanților la trafic. În tabelul de mai jos sunt prezentate câteva situații în care s-a analizat vizibilitatea și modul de formare a imaginii spațiale a traseului în mai multe cazuri.

Tabelul 2. Modul formării imaginii spațiale a traseului prin corelarea traseului în aliniament din plan, cu diferite moduri de amenajare în profil longitudinal:

Modul de amenajare în plan a traseului	Modul de amenajare în profil longitudinal a traseului	Imagine spațială a traseului
Cazul I – Curbă convexa la dreapta		
Se observa în profilul longitudinal ca drumul este în rampa și ușor convex iar vizibilitatea este puțin diminuată în curbă datorită taluzului (linia verde).		
		După ce s-a ridicat axul drumului cu aproximativ 10 cm, se poate observa o îmbunătățire a caracteristicilor traseului, prin sporirea vizibilității, fiind astfel mai ușor pentru șoferi să perceapă porțiunea de traseu care se desfășoară în fața lor.
Cazul II – Curba concava la stanga		

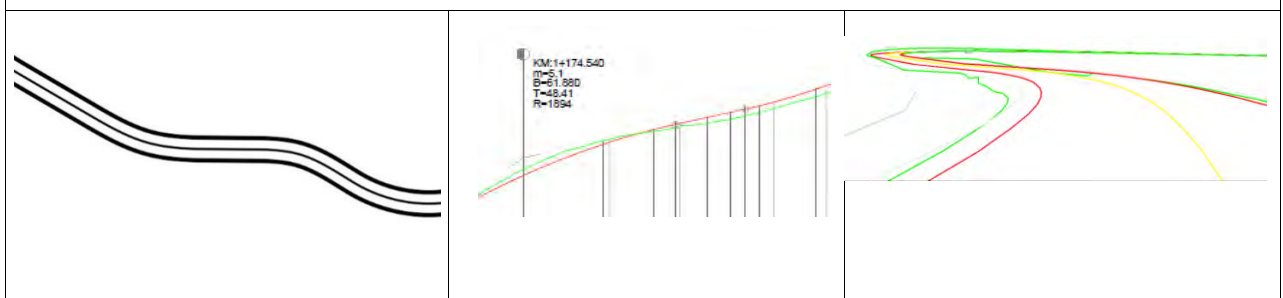


Analizând planul de situație care are în curbă o rază mică de racordare și profilul longitudinal cu o racordare concavă, apare o pierdere a perspectivei traseului, fiind obturată vizibilitatea, oferindu-i conducătorului o senzație de nesiguranță. În condițiile în care taluzurile ar fi mai accentuate, senzația de nesiguranță ar spori.



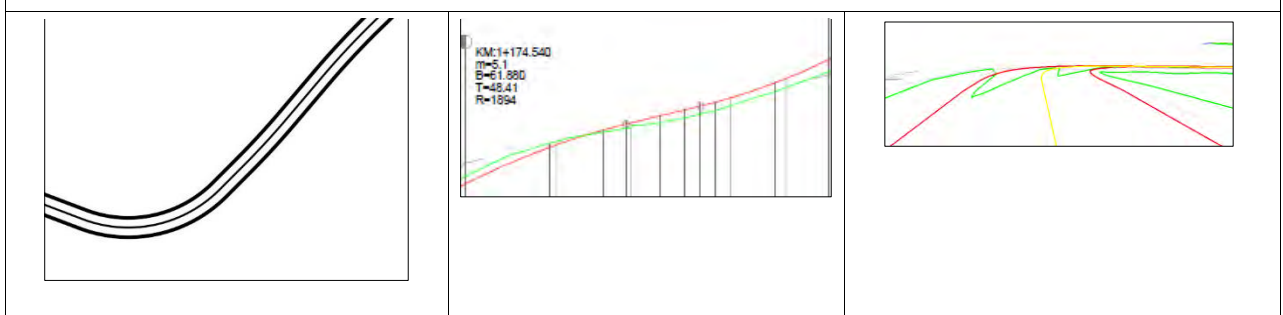
La fel ca și cazul de mai sus, s-a ridicat axul drumului cu aproximativ 5- 10 cm și se poate observa o îmbunătățire a vizibilitatii traseului.

Cazul III – Succesiune de curbe



Se poate observa că traseul se conturează clar în perspectivă, marginile benzii carosabile sunt închise asimptotic în centrul câmpului de vedere optim, fiind astfel ușor pentru conducătorii auto să urmărească traseul în mod confortabil și să-și programeze din timp manevrele pe care urmează să le facă.

Cazul IV – Curbă la dreapta



În continuare se poate observa o curbă la dreapta asupra căreia conducătorul autovehiculului are o vizibilitate clară, liniile sunt definite clar fără a deranja vizibilitatea. Traseul se conturează clar în perspectivă, marginile benzii carosabile



fiind închise asimptotic în centrul câmpului de vedere optim, fiind astfel ușor pentru conducătorii auto să urmărească traseul în mod confortabil și să-și programeze din timp manevrele pe care urmează să le facă.

3. Concluzii

Din analiza realizată asupra tronsonului de drum s-a constatat că trebuie evitate următoarele situații: succesiunii rapide de racordări convexe și concave, declivități scurte între două curbe de racordare convexă deoarece acestea sunt percepute drept movile sau praguri (spinare de măgar), evitarea declivităților scurte între două racordări concave (dau senzație de aplatizare), evitarea curbilor scurte deoarece acestea sunt percepute drept frângerii ale traseului, evitarea rambleurilor înalte și a debleurilor adânci deoarece acestea produc întreruperi nedorite ale liniei orizontului, cu consecințe nefavorabile asupra confortului optic.

Cu cât curbele de racordare (atât cele din planul de situație cât și cele din profil longitudinal), au o lungime mai mică, cu atât mai mult crește disconfortul optic și pot să apară mult mai des puncte în care se pierde complet vizibilitatea. Aceste fenomene sunt accentuate și de limitarea lățimii benzilor de circulație, respectiv la drumuri de clasă tehnică IV sau V.

De asemenea, foarte important este evitarea suprapunerii racordărilor verticale peste cele din planul de situație, în special coincidența pichetilor. Se recomandă ca declivitatea să fie schimbată pe zonele de aliniament în planul de situație, iar dacă acest lucru nu este posibil, ea se va schimba în curba, cât mai aproape de bisectoare pe curba arc de cerc central, nu pe clotoidă.



BIBLIOGRAFIE

1. D. Elena, D. Mihai, R. Carmen, *Căi de comunicații rutiere - principii de proiectare* – Compress, București, 2006;
2. Dorobantu S., *Drumuri – calcul și proiectare*, Editura tehnică, București, 1980;
3. R. Coquand , *Drumuri – circulație – traseu – construcție*, Editura Tehnică, București, 1968;
4. G. Hoda - *Curs confort optic*
5. Stefan Horon - *Teza de doctorat*



„SOLUȚII ȘI PROPUNERI DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A AMENAJĂRI UNOR INTERSECȚII EXISTENTE”

Autor

Antonia S. Ochis

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, antonia_ochis@yahoo.com

Îndrumător

Conf. Dr. Ing. Gavril Hoda

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, gavril.hoda@cfdp.utcluj.ro

REZUMAT: *Lucrarea analizează situația actuală a unor intersecții existente și propune soluții de amenajare și îmbunătățire a acestora. Intersecțiile care fac obiectul prezentei lucrări au fost selecționate în urmă identificării unor deficiențe legate de nivel de serviciu depășit, lipsa siguranței conducătorilor auto și a pietonilor, timpi considerabili de traversare și manevre numeroase/multiple, marcaje deficitare, neasigurarea scurgerii apelor, etc. Pe baza acestui studiu, s-au stabilit soluții de îmbunătățire care pot fi aduse acestor intersecții, astfel încât să fie respectate cerințele de siguranță, funcționalitate, eficiență socio-economică și nivel de serviciu necesar infrastructurii de transport din zonă în conformitate cu standardele în vigoare.*

Cuvinte cheie

intersecție, amenajare, disfuncționalități, siguranță, îmbunătățire.

1. Introducere

1.1. Scopul și rolul lucrării

Amenajarea unei intersecții are ca obiect sporirea siguranței și fluenței circulației, a comodității și a debitului prin amenajarea corespunzătoare a carosabilului și a acceselor sale. Amenajarea trebuie să fie inspirată din următoarele principii:

a) Viteza vehiculelor pe anumite sectoare trebuie limitată în funcție de vizibilitate: între punctul de unde se poate observa un concurent prioritar și punctul de conflict, orice vehicul trebuie să se poată opri;

b) Este recomandabil să se evite situația în care un vehicul intra în conflict într-un singur punct, cu mai mulți curenți de circulație diferiți: intersecțiile importante trebuie amenajate astfel încât să se localizeze și să se separe diversele puncte de conflict între circuite;

c) Pe cât posibil între două puncte de conflict successive, vehiculele trebuie să găsească o zonă de selecție/stocaj, unde să poată reduce viteza sau să se oprească pentru a pregăti noua manevră. Lungimea acestei zone trebuie să fie cel puțin egală cu cea a vehiculului care urmează a se selecta. Dacă circulația este intensă, aceste zone de adăpostire trebuie să poată cuprinde mai multe vehicule, căpătând astfel numele de zone de stocaj;

d) Realizarea insulelor trebuie să se facă astfel încât să ușureze diversele manevre premise și să reducă sau să facă imposibile manevrele interzise.

Studiul de față își propune să ofere pe o parte, o imagine cu situația unor intersecții care nu mai fac față traficului actual, să corecteze sau să îmbunătățească anumite aspecte ce țin de intersecții, iar pe de altă parte să corecteze și să dezvolte infrastructura de transport care să ghideze spre o dezvoltare durabilă a orașului.

2. Situația actuală

Acest capitol prezintă o analiză detaliată a situației existente pentru fiecare intersecție în parte. În urma acestei analize se dorește obținerea a cât mai multe date necesare pentru îmbunătățirea stării intersecțiilor analizate.



În funcție de intensitatea traficului rutier, străzile se vor clasifica în patru categorii și anume străzi de categoria I, II, III, IV. Conform Normei Tehnice din 27/01/1998, Publicată în Monitorul Oficial, Partea I nr. 138 din 06/04/1998, privind proiectarea și realizarea străzilor în localități urbane și străzile urbane.

Ca urmare a acestor observații, au fost stabilite disfuncționalitățile fiecărei intersecții în parte. Locațiile au fost alese ca fiind cunoscute de ceva vreme în Cluj-Napoca, cu probleme de circulație atât pentru conducători auto cât și pentru cicliști și pietoni.

1.1 Intersecție strada Fagului – strada Romul Ladea – strada Borhanciului – strada Constantin Brâncuși

Localizare: Intersecția analizată este localizată în municipiul Cluj Napoca și face legătura între cartierele Bună Ziua și cartierul Borhanci. Intersecție este poziționată în Sud-Estul municipiului Cluj Napoca, fiind considerată o zonă în plină dezvoltare în ceea ce privește numărul de locuitori.



Figura 1 Situație actuală intersecție 1.1

Descrierea zonei: Intersecția analizată dintre str. Fagului – str. Romul Ladea – str. Borhanciului (DJ 103G)– str. Constantin Brâncuși în ultimii ani a cunoscut o amploare în urma dezvoltării accentuate a noului cartier Borhanci, precum și a localităților învecinate – Gheorgheni, Aiton, Reditu, ceea ce a condus la congestionarea severă a circulației în zona intersecției. Principala cauză a producerii congestiei traficului este faptul că intersecția este dirijată cu ajutorul indicatoarelor și marcajelor rutiere.

În urmă celor prezentate, se observă că în intersecția studiată există probleme de trafic materializate în șiruri de așteptare și nesiguranță pentru pietoni care circulă prin zonă.



Conform legislației (Ordonanță 43/1997) în vigoare, arterele de circulație care formează intersecția analizată se clasifică astfel: *Strada Fagului* se încadrează în străzi de categoria III (străzi colectoare) – are rol de colectare a traficului de la locuințe, având 2 benzi de circulație (câte una pentru fiecare sens).



Strada Constantin Brâncuși este încadrată în categoria străzilor de legătură deoarece preia traficul de pe toate străzile colectoare din zona dar și de pe strada de folosință locală, strada Romul Ladea

Figura 2. Congestie pe strada Fagului Profilul transversal al străzii este alcătuit din doua benzi de circulație (cate una pentru fiecare sens) dar mai dispune și de zona acostamentului care sunt destinate staționarii și parcări autovehiculelor.

Strada Romul Ladea este o stradă de categoria IV (stradă de folosință locală) deoarece este o zonă cu trafic redus, asigurand doar accesul la locuințe și la serviciile curente. Profilul transversal al străzii se caracterizează prin prezența a două benzi (câte una pe fiecare sens), pentru circulația pietonilor este prevăzută pe o singură parte o zonă cu trotuar.

În ceea ce privește strada Borhanciului este vorba tot despre o stradă de categoria III (stradă de legătură), având rolul de preluare a traficului de pe toate străzile adiacente colectoare sau de folosință locală din noul cartier.

Ca măsură de perspectivă în intersecția studiată, este deosebit de important amenajarea intersecției cu semaforizare, aceasta are rolul decongestionării traficului din zona în orele de vârf și îmbunătățirea condiției de siguranță pentru toți participanții la trafic. Siguranța participanților la trafic care traversează intersecția este cel mai important aspect luat în considerare la reconfigurarea intersecției.

1.2 Intersecție DN1C (Strada Ion Pop-Reteganu) – strada Libertatii – Strada 22 Decembrie 1989

Localizare: Intersecția analizată este amplasată pe raza municipiului Dej, este poziționată la ieșirea din oraș și are rolul de a conduce fluxul de trafic de mare tonaj spre ocolirea centrului orașului.

Această intersecție este o intersecție tip „T”, adică o intersecție simplă în care se întâlnesc doar două artere.

Descrierea zonei: Intersecția care urmează să fie analizată prezintă o mulțime de probleme din mai multe puncte de vedere. Prima problema evidențiată este lipsa unei treceri de pietoni pe Strada Ion Pop-Reteganu iar acest lucru creează un disconfort pietonilor care vor să traverseze strada, fiind nevoiți să traverseze neregulamentar. Deasemenea un detaliu deosebit de important în analiză profilului transversal al acestei străzi este discontinuitatea trotuarului pe un sens de mers iar acest factor expune pietoni la pericol, aceștia fiind nevoiți să continue circulația pe marginea părții carosabile

Fluxului de trafic care circulă pe drumul național DN1C (fiind vorba în general de trafic greu și foarte greu) intră în conflict direct cu fluxul care circulă pe strada Libertății și strada 22 Decembrie 1989 iar acest fapt conduce la înrăutățirea situației. Uneori din cauza faptului ca soferii sunt nevoiți să petreacă mult timp în coloanele formate pe strada Ion Pop-Reteganu unii soferii fortează trecerea iar din acest motiv în zona sunt întâlnite dese accidente rutiere.

Conform legislației în vigoare, arterele de circulație care formează intersecția analizată sunt caracterizate astfel:

- Strada Ion Pop-Reteganu este o stradă de categoria III fiind o stradă colectoare, având în permanentă flux de trafic deoarece această stradă se suprapune cu drumul național DN 1C.



• Strada Libertății și 22 Decembrie 1989 sunt străzi de categoria II, fiind artere de legătură care asigură circulația majoră între zonele funcționale și de locuit; În prezenta amenajare pe strada Ion Pop-Reteganu există două semafoare defuncte care erau în trecut intermitențe dar în momentul de față ele nu mai funcționează și acest lucru susține necesitatea reconfigurării intersecției respectând normele în vigoare și cerințele actuale de trafic din zona.



Figura 3. Situație actuală strada Ion Pop-Reteganu (DN 1C)

1.3 Intersecție strada Fabricii – strada Tudor Vladimirescu - strada Armoniei

Localizare: Intersecția propusă spre analiză este amplasată în municipiul Zalău, județul Salaj. Fiind o intersecție care este străbătută de o artera intens circulată (Strada Tudor Vladimirescu) congestiunea arterei și accidentele din zona nu a întârziat să apară. Strada Tudor Vladimirescu se suprapune cu drumul județean DJ 191C, fiind zilnic o stradă străbătută de traficul greu și de autovehiculele care tranzitează orașul evitând zona de centru.

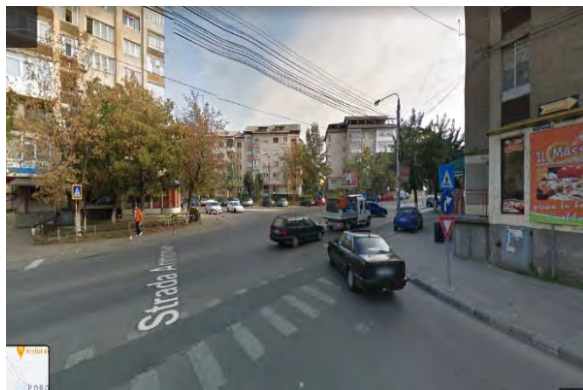


Figura 4. Situație actuală strada Armoniei

Descrierea intersecției propusă spre analiză: Intersecția analizată este o intersecție nesemaforizată, dirijată fiind doar de marcajul orizontal și de indicatoarele rutiere. Strada Tudor Vladimirescu care traversează această intersecție are o pondere foarte mare de aglomerație deoarece este strada pe care sunt coordonate mașinile de tonaj pentru a evita centrul orașului și a ajunge direct spre drumul European E81.

Profilul transversal al străzii Tudor Vladimirescu este format din două benzi, câte una pentru fiecare sens și trotuare amplasate pe ambele părți a străzii. Această stradă face parte din categoria de străzi III care colectează traficul din zona funcțională și îl dirijează spre ieșirea din oraș.

Strada Fabricii și Strada Armoniei sunt străzi care fac parte din categoria IV, adică sunt considerate străzi de folosita locală care asigură accesul la locuințe.



În prezent din cauza amenajări defectuoase a intersecției se ceeaza cozi de așteptare genoroase pe strada Fabricii și strada Armoniei deoarece este destul de dificila încadrarea pe strada Tudor Vladimirescu din cauza intensității fluxului de trafic care tranzitează strada. Nici pietoni nu sunt scutiți de dificultatea traversării pe strada Tudor Vladimirescu, din acest motiv este necesară o reconfigurare a acestei intersecții.



Figura 5. Situație actuală Strada Tudor Vladimirescu

3. Prezentarea noilor propuneri

Calitatea amenajării și funcționalității spațiului public este un factor major al calității vieții în orașe, prin îmbunătățirea accesului la obiectivele culturale și comerciale, prin creșterea atractivității și siguranței spațiilor publice.

3.1. Intersecție strada Fagului – strada Romul Ladea – strada Borhanciului – strada Constantin Brâncuși

Se propune semaforizarea acestei intersecții, cu asigurarea în condiții de siguranță a traficului auto și pietonal în intersecție. Automatul destinat semaforizării este recomandat să ofere posibilitatea a minim 40 de autovehicule de pe o strada să traverseze intersecția. Acest lucru se aplică pentru toate aparatele de semaforizare amplasate în această intersecție, astfel fluxurile de circulație care traversează această intersecție sunt dirijate în 4 faze (câte o fază pentru fiecare stradă care formează această intersecție). La montarea semaforului se va ține seama de vizibilitatea semaforului atât pe timp de zi cât și pe timp de noapte de la o distanță de minim 50 m. Această organizare a fluxurilor de circulație elimină punctele de conflict între autovehicule pe direcția principală și pietoni.

În perioada în care nu o să funcționeze semafoarele, semnalizarea trecerii de pietoni se va face după regula priorității de dreapta și respectând indicatoarele rutiere amplasate. Automatul pentru dirijarea traficului o să fie amplasat pe domeniul public, pe spațiu verde, lângă trotuarul de pe partea dreapta a sensului de mers.

Deoarece numărul populației din ultimi ani a crescut cu peste 50% este necesară introducerea trecerilor de pietoni pentru fiecare stradă; de asemenea pentru strada Fagului și pentru strada Romul Ladea se cere amenajarea unui trotuar pe partea pe care acesta nu există pentru a asigura circulația în siguranță a pietonilor.



Figura 6. Situație propusă intersecție 3.1

Intersecția nou amenajată necesită introducerea unor indicatoare rutiere noi, cum sunt: „Cedează trecerea”, „Trecere pentru pietoni”, „Prioritate stanga” și marcajelor necesare.

3.2. Intersecție DNIC (Strada Ion Pop-Reteganu) – strada Libertății – Strada 22 Decembrie 1989

În urma analizei constat următoarea soluție: reconfigurarea intersecției prin dirijarea tuturor fluxurilor de trafic care circulă pe cele 3 străzi cu ajutorul semaforizării, câte o fază de semaforizare pentru fiecare stradă. Aceasta propunere este cea mai sigură și eficientă soluție pentru eliminarea congestiei traficului de pe strada Ion Pop-Reteganu dar și pentru sporirea siguranței tuturor participanților la trafic care traversează zona.



Figura 7. Situație propusă intersecție 3.2

Pentru soluționarea problemei referitoare la siguranța pietonilor s-a identificat următoarea soluție: este necesară continuizarea trotuarului pe strada Ion Pop-Reteganu pe partea în care acesta a fost întrerupt până în intersecție și introducerea pe această stradă a unei treceri de pietoni care o să fie dirijată cu ajutorul unui semafor pentru trafic pietonal. Din cauza faptului că în

zona exista aglomerări pietonale numai în anumite intervale orare o să fie amplasat un semafor care are funcția de acordare a permisiunii de traversare pentru pietoni la cererea acestora.



Figura 8. Situație de îmbunătățire a străzi Ion Pop-Reteganu

Deasemenea pe strada Ion Pop-Retegan în momentul de față există un sens giratoriu cu o insulă înelară la o distanță de aproximativ 50m față de intersecție care considerăm că încă este funcțional deoarece ajută conducătorii de autovehicule de tonaj mare sau cu gabarit să poată efectua manevra de întoarcere fără să stănjenească restul participanților la trafic.

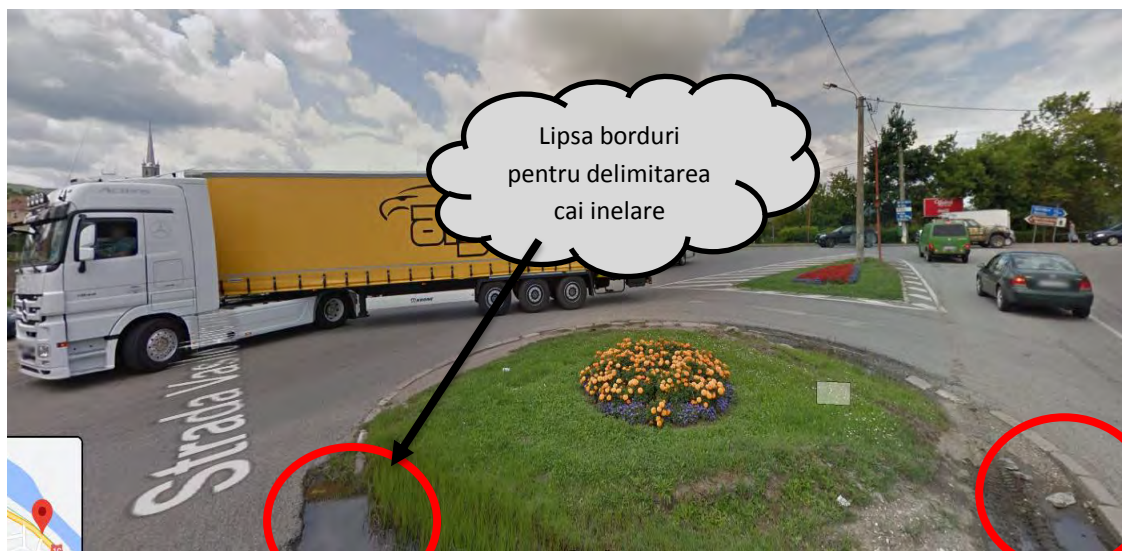


Figura 9. Necesitatea reabilitării insulei de giratie de pe strada Ion Pop-Reteganu



3.3 Intersecție strada Fabricii – strada Tudor Vladimirescu - strada Armoniei

În urma analizei amănunțite consider că pentru soluționarea acestei intersecții este necesară amenajarea unui sens giratoriu. Sensurile giratorii au ca scop reducerea vitezei în intersecții, evitarea coliziunilor laterale și frontale, precum și faptul că au o mai mare capacitate mai mare decât restul intersecțiilor.

Conducătorul unui autoturism care se apropie de sensul giratoriu este obligat să reducă viteza la intrare, iar acest fapt conduce la reducerea gravității unui potențial accident.

Intersecția nou amenajată necesită introducerea unor indicatoare rutiere noi, cum sunt: „Cedează trecerea”, „Trecere pentru pietoni”, „Intersecție cu sens giratoriu”, „Ocolire”, respectiv a marcajelor necesare.

Modificări care sunt recomandate:

Soluția propusă de organizare a traficului în intersecție este cea de intersecție cu sens giratoriu, ne semaforizată. Sensul giratoriu va avea 4 intrări și 4 ieșiri, toate străzile care alcătuiesc intersecția au sens dublu de circulație. A fost asigurată vizibilitatea atât pe timp de zi cât și pe timp de noapte la fiecare intrare și ieșire din intersecție



Figura 10. Situație propusă intersecție 3.3

Avantajele noi amenajări: capacitate sporită a intersecției, siguranță sporită pentru șoferi, accesibilitate mai bună pentru pietoni

Circulația în sensul giratoriu se face pe baza cedării priorității de către participanții la trafic care intră în sens, participanților prezenți deja în intersecție, dar în același timp conducătorii auto au obligația să cedeze trecerea și pietonilor care sunt angajați în traversarea regulamentară a străzilor.



4. Concluzii si recomandari

Această secțiune concluzionează analiza traficului efectuată în zona de studiu (Intersecție strada Fagului – strada Romul Ladea – strada Borhanciului – strada Constantin Brâncuși; intersecție DN1C (Strada Ion Pop-Reteganu) – strada Libertatii – Strada 22 Decembrie 1989; intersecție strada Fabricii – strada Tudor Vladimirescu - strada Armoniei)

În analiza de reconfigurare a intersecțiilor am avut în vedere câteva criterii și anume: siguranța participanților la trafic (fie ei conducători auto sau pietoni), reducerea timpilor de așteptare în anumite intersecții și reducerea numărului de conflicte care pot să apară în unele intersecții.

Traficul sau circulația reprezintă o cerință a societății derivate din necesitatea desfășurării diferitelor activități dispersate în teritoriu și oferă posibilitatea de participare în viața publică și de valorificare a legăturilor sociale și economice. În prezent, participarea la tot mai multe activități zilnice a intensificat mobilitatea circulației. Necesitățile de deplasare au crescut sub influență dezvoltării economice, iar mobilitatea se manifestă în principall prin uiizarea autoturismelor.

Principiile generale care au stat la baza studiului amenajării intersecțiilor:

- asigurarea succesiunii curentilor de circulație cu maximum de confort și securitate la anumite viteze;
- reducerea la minim a manevrelor de conducere a autovehiculelor;
- satisfacerea debitelor de circulație pentru diferite direcții;
- reducerea la minim a timpului de traversare a intersecțiilor;
- adoptarea de soluții simple în intersecții.

În urma analizei s-au identificat greutăți în fluența circulației în unele intersecții recensate, și s-au elaborat necesități de amenajare a configurațiilor funcționale existente, dar și realizarea unor noi infrastructuri de transport, care să îmbunătățească fluența circulației.

Congestia traficului reprezintă una din cele mai iritante probleme ale lumii moderne, reprezentând prețul plătit pentru multiplele beneficii în urma concentrării populației în marile aglomerări urbane. În urma analizei intersecțiilor înainte și după sistematizare se observă următoarele îmbunătățiri:

- În intersecții giratorii se recomandă amenajarea trecerilor de pietoni la o distanță de zona inelara care să asigure stocarea macar a două-trei vehicule atunci când pietonii sunt angajați în traversare, pentru a nu bloca giratia;
- Sporirea razelor de racordare la borduri;
- Introducerea benzilor de viraj la dreapta (după exproprieri)
- Verde intermiment dublat de Cedeaza Trecerea pentru virajul la dreapta...

BIBLIOGRAFIE

1. AND 600/2010
2. STAS-URI 10144
3. SR 1848
4. Norme tehnice privind intersecțiile giratorii la același nivel pe drumurile din afara orașelor, BOMACO
5. „Proiectare drumurilor”, Editura UTPRESS, Mihai Iliescu 2012
6. „Cai de comunicație”, Editura UTPRESS, Hoda Gavril, Mihai Iliescu, 2009
7. Imagini Google Maps
8. <https://ro.wikipedia.org/wiki/Cluj-Napoca>



STUDIU COMPARATIV PRIVIND RANFORSAREA CU BETON DE CIMENT RUTIER A UNEI STRUCTURI RUTIERE AEROPORTUARE RIGIDE EXISTENTE

Autor

Constantin – Alexandru M. VÎJILĂ

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, vijilaalexandru@gmail.com

Îndrumător

Șef. Lucr. Dr. Ing. Nicolae CIONT

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, nicolae.ciont@cfdp.utcluj.ro

REZUMAT:

Majoritatea structurilor rutiere aeroportuare din România sunt structuri rigide care comportă o îmbrăcăminte din beton de ciment rutier aflată la limita superioară a duratei normale de exploatare. Numeroase astfel de structuri au fost realizate în urmă cu min. 30 de ani și trebuie să fie aduse la o stare tehnică corespunzătoare, având în vedere solicitările mecanice asociate aterizoarelor moderne, cât și condițiile naturale de exploatare: climatice, hidrologice și de teren. Lucrarea își propune dimensionarea comparativă a ranforsării cu beton de ciment rutier a unei structuri rutiere aeroportuare rigide existente, prin două metode: 1) Metoda românească, standardizată prin normativul NP 038 și adaptată după metoda franceză, respectiv 2) Metoda americană, utilizând aplicația electronică FAARFIELD, standardizată prin AC 150-5320-6F. De asemenea, se realizează verificarea structurilor sub acțiunea fenomenelor de îngheț-dezghet, conform STAS 1709.

Cuvinte cheie : ranforsare, aerodrom, structuri rutiere rigide, dimensionare, aeroporturi.

1. Introducere

Suprafețele de mișcare reprezintă acele părți ale unui aerodrom destinate a fi utilizate pentru decolarea, aterizarea și rularea aeronavelor, cuprinzând atât suprafețele de manevră, cât și platformele aerodromului. Standardele în vigoare privind proiectarea geometrică se bazează pe clasificarea suprafețelor de mișcare aeroportuare în funcție de una sau mai multe aeronave de referință. Suprafețele de mișcare reprezintă un procent de 80-95 % din întreaga suprafață ocupată de un aerodrom. Ranforsarea cu beton de ciment rutier se poate realiza prin mai multe metode, de regulă, în România este folosit normativul NP 038 adaptat după metoda franceză de dimensionare iar în America se folosește aplicația electronică FAARFIELD.

Obiectivul lucrării este acela de a analiza și compara două metode de dimensionare a ranforsării cu beton de ciment rutier a structurilor rutiere aeroportuare rigide existente. Pe parcursul lucrării o să fie explicați pașii pentru a realiza din punct de vedere tehnic aceste dimensionări conform normativelor în vigoare și a programelor de specialitate din domeniul aerodromurilor.



2. Metoda Românească

Metoda românească de proiectare a ranforsărilor cu beton rutier a structurilor rutiere rigide existente este indicată în normativul NP 038 din 1999 și se referă la structuri cu următoarele caracteristici principale:

- Îmbrăcămiți din beton de ciment rutier, nearmate, turnate monolit peste o structură rigidă existentă
- Durata de viață : 10 ani.

Criteriul de dimensionare a ranforsării cu beton rutier a structurilor rutiere rigide aeroportuare noi este tensiunea admisibilă la întindere din încovoiere a betonului de ciment, $\sigma_{t,adm}$ la baza dalei existente.

2.1. Previziuni de trafic:

Tabelul 1: Metoda românească – Previziuni de trafic

Nr. Crt.	Aeronave		Număr de mișcări zilnice	Masa Totală maximă autorizată [kg]	
	Producător	Model		Decolare	Aterizare
1	Boeing	737-800	30	79016	66361
2	Embraer	EMB-135 LR	20	19000	18500
3	Bombardier	CRJ 200 ER	20	23133	21319

Pentru aeronavele de referință se folosesc fișele tehnice pentru datele din Tab. 1, masa totală și numărul de mișcări zilnice se folosesc pentru echivalarea coeficienților de siguranță.

2.2. Configurație suprafețe de mișcare:

- Teren de fundare: argilă prăfoasă
- Regim hidrologic: mediocru/defavorabil 2b (conform STAS 1709/2-90)
- Amplasament aerodrom: Mun. Timișoara, jud. Timiș, România
- Structură rutieră aeroportuară existentă :
 - 25 cm dală din beton de ciment rutier, BcR 4.5;
 - 20 cm strat superior de fundație din agregate naturale stabilizate cu lianți hidraulici;
 - 22 cm strat inferior de fundație din balast;
- Tip climatic: I – Timișoara (conform Indicativ PD 177-2001)
- Pământul din patul structurii rutiere: P5
- Perioada de perspectivă: 10 ani
- Coeficient de stare structurală: $C_{SS} = 0,75$
- Coeficient de siguranță structurală $C_s = 1,80$



2.3. Dimensionare:

2.3.1. Determinarea grosimii dalei existente (H_e) și a rezistenței la rupere prin întindere din încovoiere a betonului de ciment, la vârsta de 90 zile ($R_{ti,90}$)

În acest pas, conform normativului NP 038 – rezistența la întindere prin despicare a betonului, determinată pe carote este echivalentă cu rezistența la întindere prin încovoiere, determinată pe prisme la vârsta de 28 zile.

$$R_{ti,28} = 4.50 \text{ [MPa]}$$

$$R_{ti,90} = 1,10 \times R_{ti,28} = 4,95 \text{ [MPa]} \quad (1)$$

2.3.2. Stabilirea grosimii echivalente a fundației se stabilește cu următoarea formulă:

$$H_{ech} = \sum_{i=1}^n (h_i \cdot c_{e,i}) \quad (2)$$

- H_{ech} : grosimea echivalentă a fundației [cm]
- n : numărul straturilor de fundație;
- h_i : grosimea stratului “i” de fundație [cm]
- $c_{e,i}$: coeficient de echivalare, funcție de material, conform Tab. 2

Tabelul 2: Coeficienți de echivalare straturi de fundație

Nr. Crt.	Materiale	Coefienți de echivalare, C_e
1	Nisip	0,50
2	Balast	0,75
3	Nisip stabilizat cu lianți hidraulici sau puzzolanici	1,00
4	Piatră spartă	1
5	Balast stabilizat cu lianți hidraulici sau puzzolanici	1,50

$$H_{ech} = 25 \times 0,75 + 20 \times 1,50 = 48,75 \text{ [cm]} \quad (3)$$

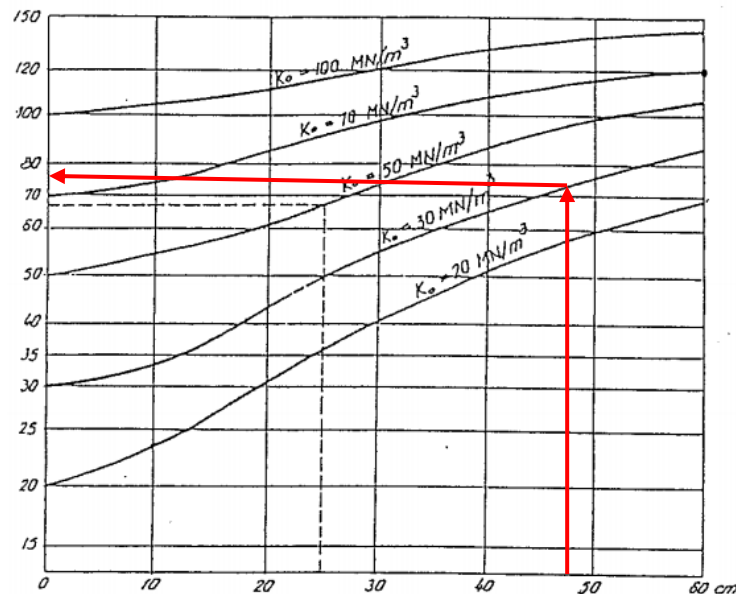
2.3.3. Stabilirea modulului de reacție al pământului de fundare (K_0)

În funcție de grosimea echivalentă, se stabilește valoarea modulului de reacție la suprafața straturilor de fundație, K :

- Dacă $20 \text{ MN/m}^3 \leq K_0 \leq 100 \text{ MN/m}^3$, atunci K se stabilește conform Fig. 1, cu posibilitatea interpolării între curbele indicate.

$$K_0 = 32 \text{ MN/m}^3 \text{ din care rezultă } K = 72 \text{ MN/m}^3$$

Figura 1 : Modulul de reacție la suprafața fundației K [MN/m^3]



Se stabilește tensiunea admisibilă la întindere prin încovoiere, conform ec. (4) rezultând :

$$\sigma_{t.adm} = \frac{R_{t190}}{C_s} \times C_{ss} = 2,75 \text{ [MPa]} \quad (4)$$

2.3.4. Stabilirea încărcării reale (P) careia îi corespunde un număr de mișcări reale zilnice N ale aeronavei de referință. Încărcarea reală (P) este încărcarea pe aterizorul principal.

Cunoscând previziunile de trafic din Tab. 1, se alege nava de referință ca fiind Boieng 737-800, deoarece masa acesteia este superioară față de celelalte aeronave din listă. Aeronava este echipată cu 2 (două) aterizoare principale, respectiv unul frontal.

Încărcarea reală pe aterizorul principal se obține din manualul tehnic al aeronavei, în cazul de față valoarea este de 37,06 tone.

2.3.5. Stabilirea încărcării reale ponderate (P')

- PDA (30 m centrali): $P' = P \times C_F = 37,06 \times 1,0 = 37,06 \text{ t}$;
- Căi de rulare: $P' = P \times C_F = 37,06 \times 1,0 = 37,06 \text{ t}$;
- Platformă: $P' = P \times C_F = 37,06 \times 1,2 = 44,47 \text{ t}$;

2.3.6. Stabilirea încărcării normale de calcul (P'')

Pentru stabilirea încărcărilor normale de calcul, se evaluează numărul de mișcări reale zilnice (N) pentru fiecare tip de suprafață de mișcare. Coeficientul de corecție c este calculat cu următoarea relație : $c = 1,2 - 0,2 \times \log(N)$ (5) . Iar încărcarea normală de calcul se calculează ca fiind raportul dintre coeficientul de corecție (c) și încărcarea reală ponderată (P').



Nr. Crt	Suprafață de mișcare	Încărcare reală P [t]	Coeficient de ajustare, Cf	Încărcarea reală ponderată P' [t]	Nr. Mișcări reale zilnice, N	Coeficient de corecție c	Încărcare normală de calcul P'' [t]
1	PDA	37,06	1	37,06	30	0,9045757	40,96948215
2	Căi de rulare	37,06	1	37,06	30	0,9045757	40,96948215
3	Apron	37,06	1,2	44,472	30	0,9045757	49,16337857

2.3.7. Stabilirea grosimii dalei de ranforsare din beton de ciment rutier :

În cazul de față, aeronava de referință are un aterizor de tip dual și calculele se fac în funcție de:

Valoarea tensiunii admisibile la întindere din încovoiere a betonului, pe diagrame ale încărcărilor pe orizontală; Următorul pas este intersectarea diagramei care indică valoarea modulului de reacție la suprafața fundației (K). Pe verticală se obține grosimea dalei de ranforsare din beton rutier, iar în cele din urmă se realizează interpolarea pentru evaluarea grosimii dalei de ranforsare aferente încărcării normale de calcul (P'').

$$P = 35,0 \text{ t} \dots H_r = 22,5 \text{ cm}$$

$$P = 42,5 \text{ t} \dots H_r = 27,0 \text{ cm}$$

$$\Delta P = 7,5 \text{ t} \dots \Delta H_r = 4,5 \text{ cm}$$

$$\text{Pentru PDA, căi de rulare} \quad \Delta P = 41,0 - 35,0 [t] = 6,0 \text{ t} \Rightarrow \Delta P = 6,0 \text{ t} \dots \Delta H_r = 3,6 \text{ cm}$$

$$\text{Pentru Apron} \quad \Delta P = 49,2 - 35,0 [t] = 14,2 \text{ t} \Rightarrow \Delta P = 14,2 \text{ t} \dots \Delta H_r = 8,5 \text{ cm}$$

$$\text{PDA :} \quad H_r = 22,5 + 3,6 [cm] = 27 \text{ cm};$$

$$\text{Căi de rulare:} \quad H_r = 22,5 + 3,6 [cm] = 27 \text{ cm};$$

$$\text{Apron:} \quad H_r = 22,5 + 8,5 [cm] = 31 \text{ cm};$$

2.3.8. Se verifică structura la acțiunea fenomenelor de îngheț-dezghet

$$C1 = 0,45 \quad h1 = 27 \text{ cm}$$

$$C2 = 0,45 \quad h2 = 27 \text{ cm}$$

$$C3 = 0,65 \quad h3 = 25 \text{ cm}$$

$$C4 = 0,80 \quad h4 = 20 \text{ cm}$$

$$H_{sr} = h1 + h2 + h3 + h4 = 99 \text{ cm}$$

$$H_e = h1 \times c1 + h2 \times c2 + h3 \times c3 + h4 \times c4 = 56,55 \text{ cm} \quad Z = 70 \text{ cm}$$

$$\Delta Z = H_{sr} - H_e = 42,45 \text{ cm}; \quad Z_{cr} = Z + \Delta Z = 112,45 \text{ cm} \quad k = \frac{H_e}{Z_{cr}} = 0,503$$

$$k_{adm} = 0,35$$

Pentru ca structura să reziste la fenomenul de îngheț – dezghet trebuie ca k să fie mai mare decât k_{adm} , ceea ce în studiul nostru condiția este adevărată. structura rutieră aeroportuară propusă rezistă.



3. Metoda Americană (prin aplicația FAARFIELD)

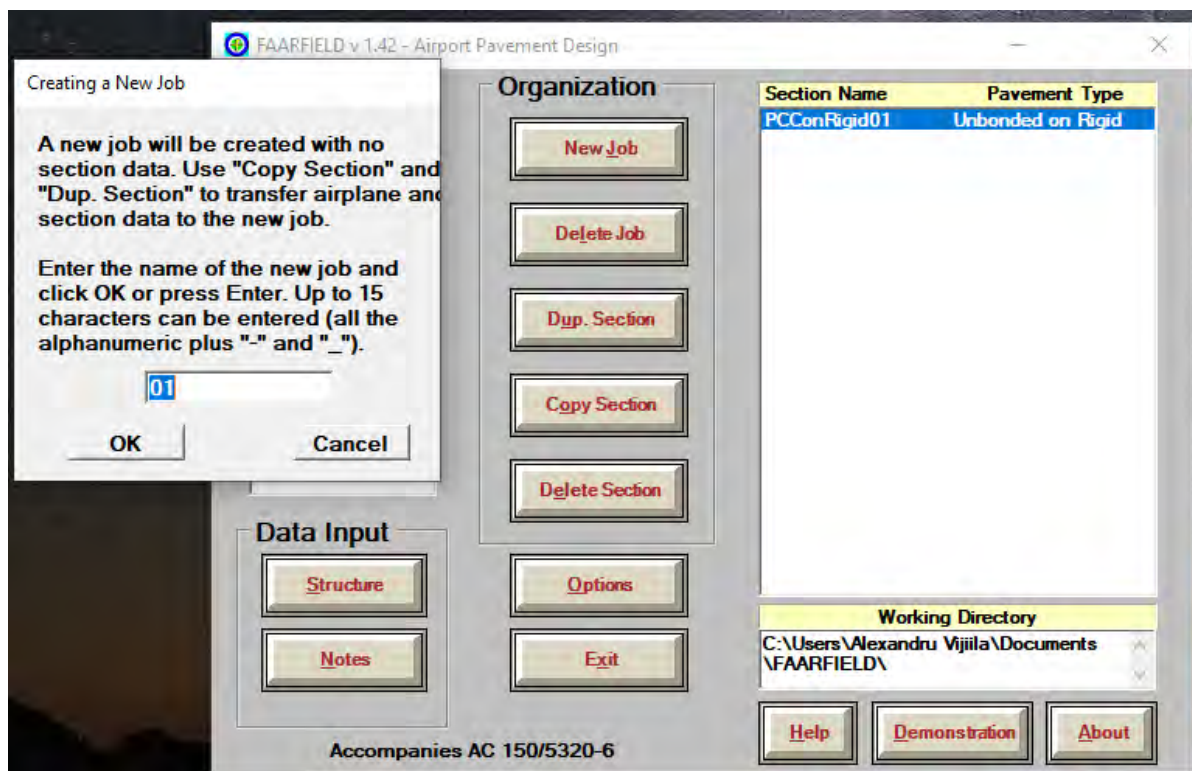
Generalități:

Pentru evaluarea grosimii necesare a unei dale din beton de ciment rutier pentru ranforsarea unei structuri rigide existente, se utilizează aplicația electronică (FAARFIELD).

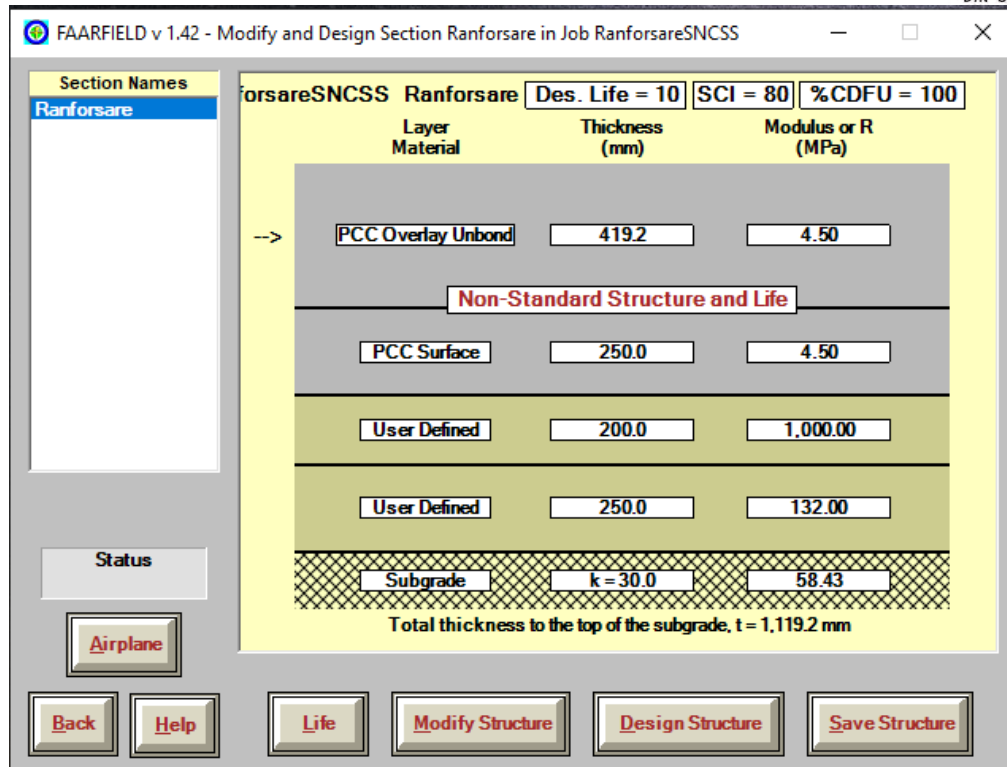
Criteriul de dimensionare pentru structuri rutiere aeroportuare rigide este tensiunea la întindere la baza dalei din beton de ciment rutier. FAARFIELD consideră mecanismul de cedare inițiat prin fisurarea dalei de jos în sus și nu ia în calcul cedarea structurală a straturilor de fundație. Principiul de calcul se bazează pe stabilirea grosimii necesare a dalei din beton rutier astfel încât tensiunea de întindere la baza dalei să nu depășească limita admisibilă, controlând astfel fisurarea dalei sub acțiunea unui anumit trafic și considerând o anumită configurație a straturilor suport.

Pași pentru dimensionare:

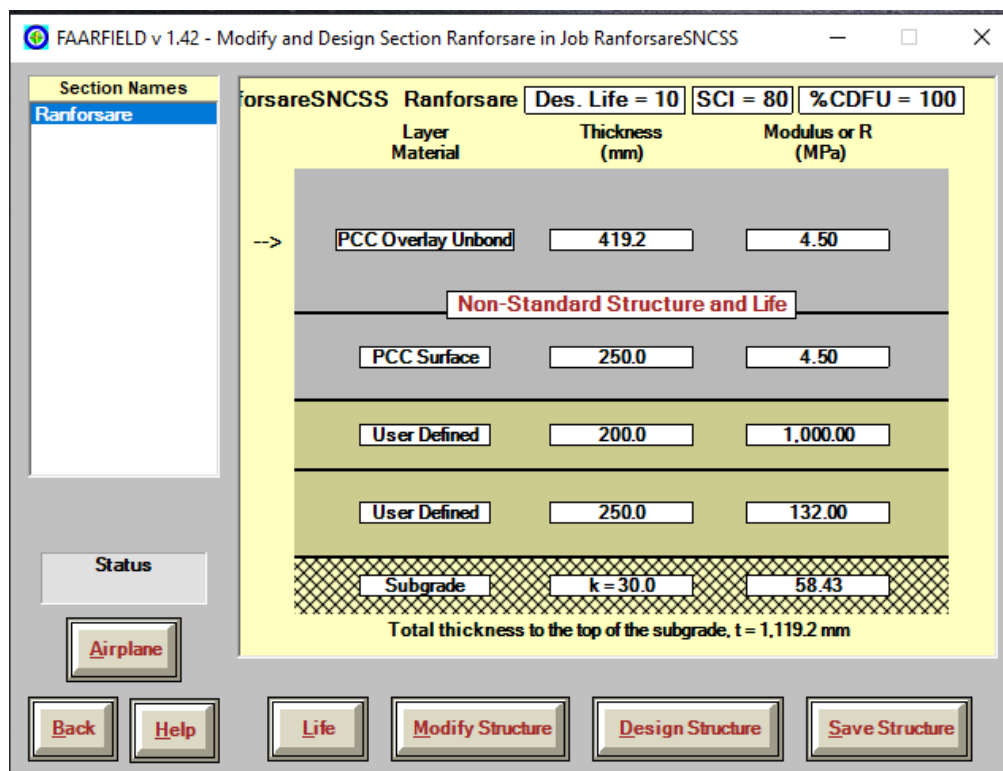
Pasul 1 : Se generează un nou fișier în programul FAARFIELD pentru tipul de lucrare pe care îl avem, programul are mai multe secțiuni de calcul prestabilite în funcție de ce vrem să facem. În momentul de față, voi alege secțiunea denumită PCC on rigide, care are drept scop ranforsarea unor structuri rutiere aeroportuare rigide cu beton de ciment rutier.



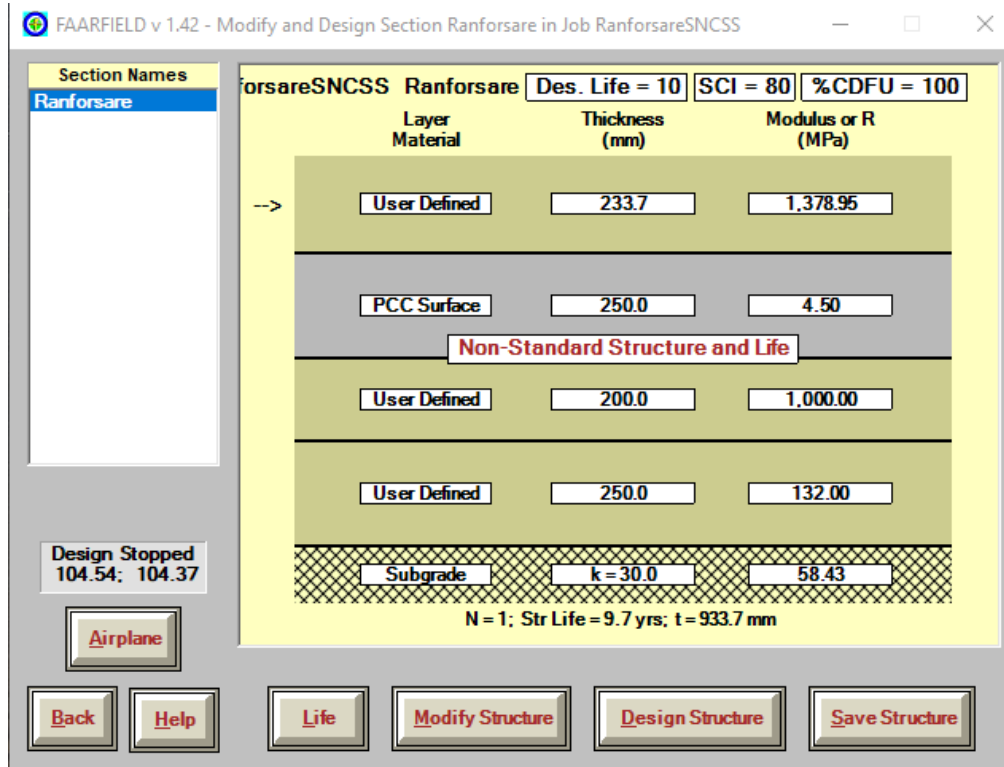
Pasul 2: Se introduc datele structurilor rutiere aeroportuare existente, unde Des. Life = 10 este perioada de viață de calcul stabilită de 10 ani, SCI = 80 este condiția de structurare, %CDFU = 100 este factorul de deteriorare cumulativ.



Pasul 3: Se introduc navele de referință conform previziunilor de trafic :



Pasul 4: Se calculează prin design structure, conform datelor introduse programul a generat o dimensionare de 24 cm a dalei de beton din ciment rutier care rezistă la convoiul de calcul ales pentru această structură.



3. Tabel Comparativ pentru ambele dimensionări

Dimensionarea aleasă	Rapiditate calcul	Dimensiune dală de beton	Precizia datelor	Este reglementat conform legilor
Metoda Românească	NU	27 cm	DA	DA
Metoda Americană	DA	24 cm	NU	DA

După cum se poate observa, ambele metode sunt bune pentru dimensionare, fiecare are un minus sau plus una față de cealaltă. Pentru metoda românească a rezultat o dală de 27 de cm beton de ciment rutier în timp ce la metoda americană a rezultat o dală de 24 cm de beton de ciment rutier.

4. Concluzii:

Pentru o dimensionare rapidă de ranforsare a structurilor rutiere aeroportuare rigide existente se recomandă a se folosi FAARFIELD, dacă se dorește un studiu mai amănunțit asupra dimensionării trebuie aleasă dimensionarea Românească. Pentru ambele dimensionări se pot optimiza pașii de realizare prin introducerea sau adaptarea unor soluții de programe software mai avansate.

5. Bibliografie:

1. Normative de proiectare a ranforsării cu beton de ciment a structurilor rutiere rigide aeroportuare INDICATIV NP 038-99
2. Normativ de proiectare pentru structurile rutiere rigide aeroportuare INDICATIV NP 034-99
3. Inginerie Aeroportuară, Nicolae CIONT, Matrix Rom București 2020 ISBN 978-606-25-0591-2
4. Suport de curs și laborator de la materia Aeroporturi (master Ingineria Infrastructurii Transporturilor, Facultatea de Construcții)
5. Programul FAARFIELD din America

Studiu privind poluarea fonică în localitatea Florești

Autor

M. S. Mateș Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca

scari.sebi@gmail.com

Îndrumător

S.I.dr.ing. I.M. Beca, Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică Cluj Napoca

Ilinca.BECA@cfdp.utcluj.ro

Rezumat

În Cartea Verde asupra strategiei viitoare privind zgomotul, Comisia Europeană a desemnat zgomotul ambiental ca fiind una din principalele probleme de mediu din Europa. Sursa principală a poluării fonice în zonele urbane o reprezintă categoric sistemul de transport, în special vehiculele rutiere.

În conformitate cu legislația Comunității Europene (Directiva 2002/49/EC a Parlamentului European și a Consiliului din 25 iunie 2002), în țara noastră trebuie culese, compilate și raportate date privind nivelul de zgomot ambiental pentru principalele zone/aglomerări urbane. Aceasta implică utilizarea indicatorilor armonizați (L_{den} și L_{night} – niveluri medii de presiune, ponderat A, în interval lung de timp, conform definiției din ISO 1996-2: 1987) și metode de evaluare pentru zgomotul produs de traficul rutier.

În lucrarea de față va fi prezentat un studiu privind nivelul de zgomot produs de traficul rutier de pe trei artere din localitatea Florești. Pentru măsurători se va utiliza sonometrul Metter Level HD2010UC și se vor respecta condițiile de măsurare din normativele în vigoare.

Rezultatele măsurătorilor vor fi comparate cu valorile limită ale indicatorilor L_{day} , L_{den} și L_{night} , stabilite de către Uniunea Europeană, la depășirea cărora autoritățile competente trebuie să ia în considerare sau să pună în aplicare măsuri menite să micșoreze această valoare.

Cuvinte cheie: zgomot

trafic rutier

indicator

i

armoniz

ați

mediu

Abstract

In the Green Paper on Future Noise Policy, the European Commission addressed noise in the environment as one of the main environmental problems in Europe. The main source of noise pollution is transportation systems especially motor vehicle.

In accordance with the European Community legislation (Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002), our country must collect, collate and report data about environmental noise levels for the main urban areas. This implies the use of harmonized indicators (L_{den} and L_{night} – A-weighted long-term average sound level as defined in ISO 1996-2: 1987) and assessment methods for road traffic noise.

In the present paper will be related a study regarding the noise level for three major urban roads in Florești. For the measurements it will be used a Sound Metter Level HD2010UC and the conditions according with the legislation in force.

The results of these measurements will be compared with the "limit values" of L_{day} and L_{night} , as determined by the Member State, the exceeding of which causes competent authorities to consider or enforce mitigation measures.

Keywords: noise
road traffic
harmonized indicators
environment

1. CADRUL JURIDIC

În anul 1996, Comisia Europeană a publicat Cartea Verde privind politica viitoare despre problema zgomotului. Acest document, împreună cu observațiile culese pe parcursul consultărilor publice au constituit baza pentru comunicările oficiale ale CE din cadrul Conferinței de lansare de la Copenhaga din 1998, unde a fost demarată activitatea de elaborare a DZA (Directiva privind zgomotul ambiental).

Comisia a desemnat zgomotul ambiental ca fiind una din principalele probleme de mediu din Europa iar atingerea unui nivel înalt de protecție a sănătății și a mediului este parte a politicii comunitare.

Directiva 2002/49/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 25 iunie 2002 ar trebui să asigure o bază pentru dezvoltarea și completarea măsurilor comunitare existente privind zgomotul emis de sursele principale, în special vehicule rutiere și feroviare și infrastructura acestora, precum și elaborarea unor măsuri suplimentare pe termen scurt, mediu și lung. Scopul acestei directive este de a stabili o abordare comună în vederea evitării, prevenirii sau reducerii, cu prioritate, a efectelor nocive, inclusiv a disconfortului, provocate de zgomotul ambiental. [1]

Aliniindu-se la normele Uniunii Europene, Guvernul României a adoptat în anul 2005, Hotărârea 321/2005, privind evaluarea și gestionarea zgomotului ambiental, ce abordează la nivel național metodologia evitării, prevenirii sau reducerii efectelor dăunătoare provocate de zgomotul ambiental și ulterior Legea 121/2019 referitoare la Gestiunea zgomotului.

În context european populația țărilor membre este expusă în fiecare zi la niveluri de zgomot considerate deranjante. În figura următoare este prezentat indicele de dezvoltare durabilă referitor la procentul populației europene afectată de poluare fonică. În context național populația țării noastre afectată de zgomot a crescut în ultimii ani, conform datelor statistice.

2. INDICATORI DE ZGOMOT ȘI METODE DE EVALUARE

În conformitate cu prevederile Legea 121/2019 indicatorii de zgomot folosiți pentru realizarea hărților strategice de zgomot sunt L_{zsn} (L_{den} în limba engleză), L_{noapte} și după caz L_{zi} și $L_{seară}$.

Valorile limită ale indicatorilor de zgomot pot varia în funcție de tipurile de zgomot (zgomot provocat de trafic rutier, feroviar sau aerian), de zonele

înconjurătoare și de sensibilitatea la zgomot a populației, iar conform legislației în vigoare pentru sursa de zgomot trafic rutier acestea sunt prezentate în Tabelul 1.

Tabel 1. Valorile maxime permise (L_{den} și L_{night}) pentru anul 2012 [2]

L_{den} - dB(A)		L_{night} - dB(A)	
Sursa de zgomot: Străzi, drumuri și autostrăzi urbane			
Ținta de atins pentru valorile maxime permise pentru anul 2012	Valori maxime permise	Ținta de atins pentru valorile maxime permise pentru anul 2012	Valori maxime permise
65	70	50	60

Indicatorul L_{den} (L_{zsn} - nivelul de zgomot zi-seară-noapte în decibeli) este definit cu ajutorul următoarei relații:

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right)$$

unde:

L_{den} = Indicator de zgomot zi-seară-noapte, dB (A);

L_{day} = Nivelul mediu de presiune sonoră, ponderat A, determinat pentru suma perioadelor de zi dintr-un an, dB (A);

$L_{evening}$ = Nivelul mediu de presiune sonoră, ponderat A, determinat pentru suma perioadelor de seară dintr-un an, dB (A);

L_{night} = Nivelul mediu de presiune sonoră, ponderat A, determinat pentru suma perioadelor de noapte dintr-un an, dB (A);

și unde:

- ziua are 12 ore, seara 4 ore și noaptea 8 ore, intervalele orare implicite sunt 07.00 – 19.00, 19.00 – 23.00, 23.00 – 07.00.

3. EVALUAREA NIVELULUI DE ZGOMOT DE PE STRAZIILE CETĂȚII, FLORILOR ȘI EROILOR DIN COMUNA FLOREȘTI

Zona studiată din localitatea Florești este o zona care a observat o creștere în dezvoltare în ultimii 10 ani. Majoritatea populației din această zona locuiește în locuințe colective.

Principalele surse de zgomot din comuna Florești sunt:

- traficul rutier, mai ales pe marile artere peste care suprapun și traseele de transport în comun;
- traficul aerian.

3.1. Descrierea arterelor din aglomerarea Florești

Studiul prezentat s-a realizat pe trei artere din Florești respectiv strada Cetății, Eroilor, Florilor, străzi comunale care deservește și transportul în comun.

Conform datelor oferite de primăria comunei Florești, aceste străzi deservește 13169 de persoane dintre care: strada Eroilor: 5554 persoane, Florilor: 6152 persoane, Cetății: 1463 persoane.[3]

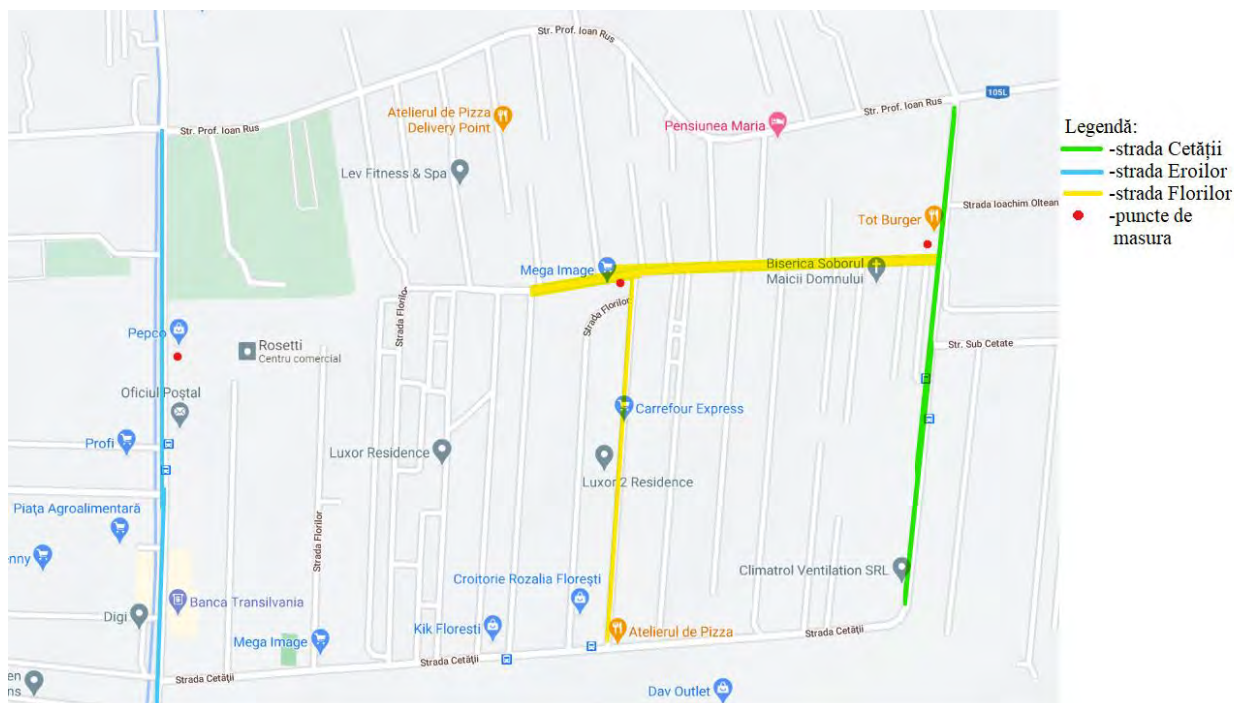


Figura 1. Poziționarea străzilor pe harta comunei Florești.[4]

Clădirile din vecinătățile străzii au rol administrativ, rezidențial sau comercial, cu un regim de înălțime de maxim P+4E, poziționate la o distanță de 5 metri de carosabil.

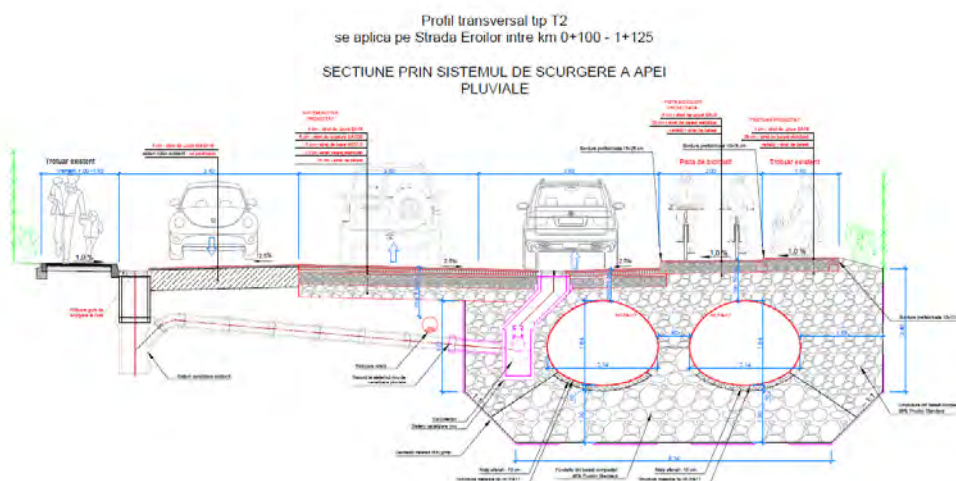


Figura 2. Profilul străzii evaluate

Calendarul măsurătorilor a urmărit anchete referitoare la nivelurile de zgomot pentru cele 3 intervale standardizate. Pentru fiecare receptor (punct de măsurătoare) s-au desfășurat măsurători și s-au înregistrat, iar apoi validat valorile din teren

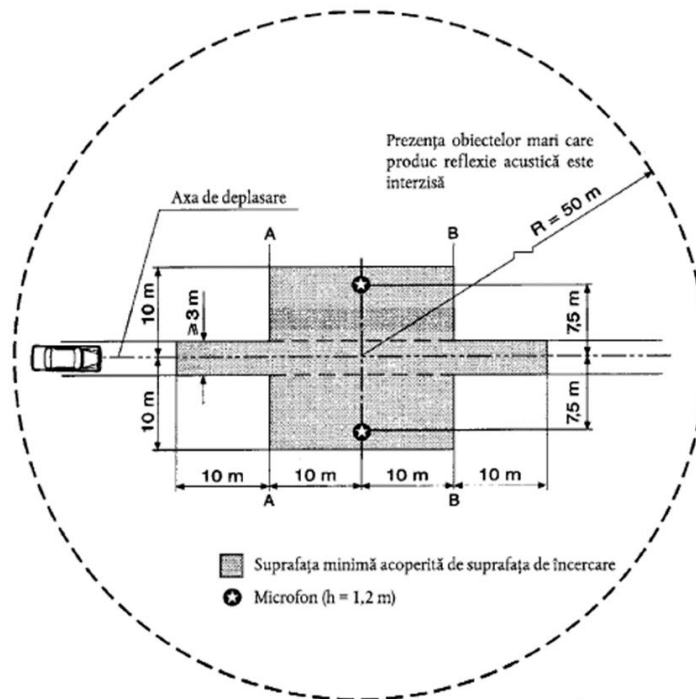
3.2. Instrumente și metoda de măsurare

Pentru efectuarea măsurătorilor s-a folosit sonometrul Delta OHM Sound Level Meter HD2010UC din dotarea Laboratorului de Trafic al Facultății de Construcții. Aparatul este dotat cu un microfon și un amplificator, montat pe un

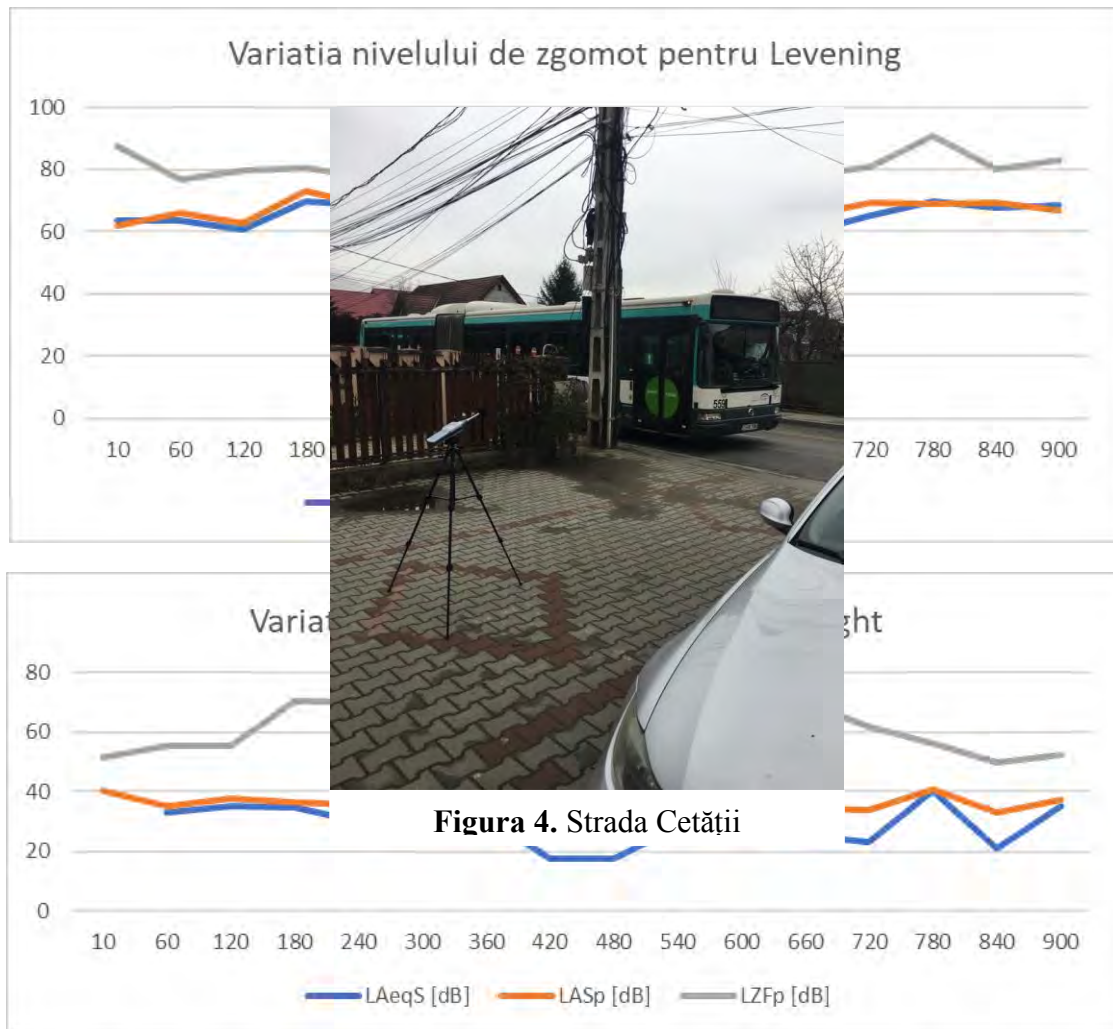
trepied. Sonometrul a fost poziționat pe trotuar, la 1,20 metri înălțime față de sol și aproximativ 7,5 metri față de axa de deplasare a autovehiculelor.

Măsurătorile au fost efectuate în cele trei intervale orare specificate mai sus, respectiv 07.00 – 19.00, 19.00 – 23.00, 23.00 – 07.00, începând cu luna martie a acestui an, în diferite zile ale săptămânii, pentru aceeași secțiune de drum și în condiții meteorologice optime, respectând prescripțiile normativelor în vigoare.

Figura 3. Condiții pentru efectuarea măsurătorilor.



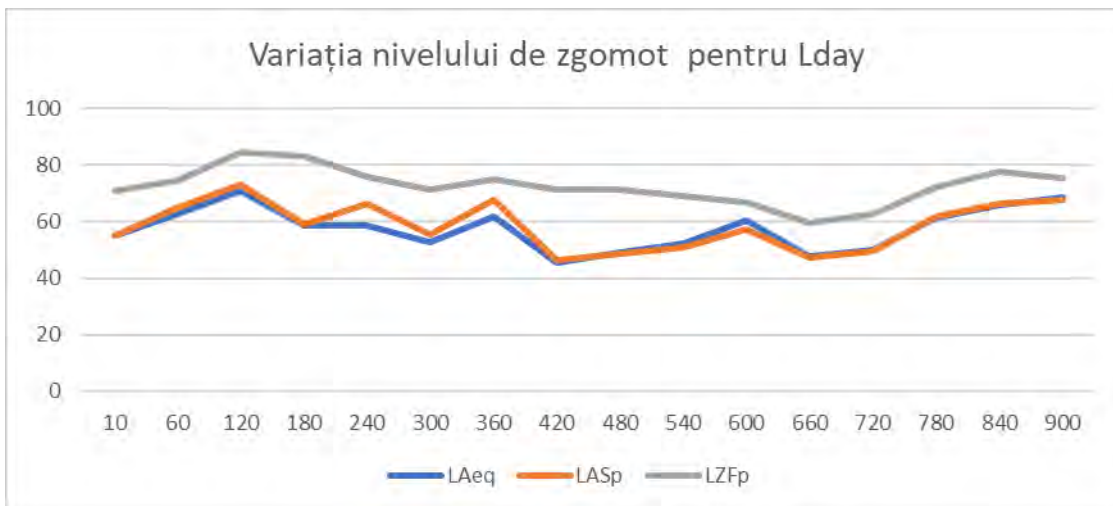
În imaginea de mai jos este prezentat modul de lucru pentru măsurătorile efectuate în fiecare receptor.



3.3. Rezultatele măsurătorilor

În următoarele grafice sunt prezentate valori reprezentative ale nivelului de presiune acustică înregistrate în cele trei intervale standardizate ale zilei, în urma prelucrării datelor descărcate din sonometru.

În tabelul de mai jos (Tabelul 2) sunt prezentate valorile medii pentru indicatorii de zgomot, din fiecare interval orar, pentru aceleași secțiuni de drum.



Tabelul 2. Valori maxime, minime și medii pentru indicatorii de zgomot

Indicator	Interval orar	Min. dB (A)	Max. dB (A)	L _{med} dB (A)
L _{day}	07.00 -19.00	36.6	83.8	65.89
L _{evening}	19.00 -23.00	44.6	87.3	66.35
L _{night}	23.00 -07.00	20.3	74.1	45.70

Înlocuind astfel în formula pentru calculul indicatorului de zgomot L_{den} obținem:

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{65.89}{10}} + 4 * 10^{\frac{66.35+5}{10}} + 8 * 10^{\frac{45.70+10}{10}} \right)$$
$$L_{den} = 66.37 \text{ dB}$$

Conform tabelului 1, L_{den} se încadrează în limitele maxim admise, iar L_{night} este sub ținta de atins pentru valorile maxime din 2012.

4. Concluzie

Din acest studiu putem observa ca valorile maxime sunt depășite, în mod frecvent, în principal datorita traficului auto. De asemenea, un fapt care merita menționat, este că măsurătorile pentru L_{night} s-au efectuat în scenariul restricțiilor de circulație pe timp de noapte.

1. „Directiva 2002/49/CE a parlamentului European și a Consiliului privind evaluarea și gestiunea zgomotului ambiental”, 25 iunie 2002
2. „H.G. 321/2005 Hotărârea Guvernului privind evaluarea și gestionare zgomotului ambiental”, Monitorul Oficial al României, nr. 19/ 10.I.2008
3. Birou fond funciar și registru agricol, Primăria comunei Florești, www.floresticluj.ro
4. Harți Google, www.maps.google.com 2021



Studiu comparativ al mixturilor asfaltice

Autor/autori

Istvan Ș.T. KOVRIG

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, kovrigistvan@gmail.com

Îndrumător/îndrumători

Conf. Dr. Ing. Gavril HODA

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, gavril.hoda@cfdp.utcluj.romail

REZUMAT: În lucrarea de față s-a studiat interacțiunea dintre roată și suprafața de contact, precum și diferențele și asemanarile dintre 2 căi de rulare.

Obs. Varianta finală în totalitate o v-oi preda în data de 10.04.2021 în orele de după amiază. Multe Scuze.

Cuvinte cheie:

Rugozitate, mixturi asfaltice, BAR16, BA16, roata, cale

1. Interacțiunea dintre roată și cale nedeformabilă,

În mișcarea autovehiculelor apar anumite forțe care se translatează pe suprafața de rulare.

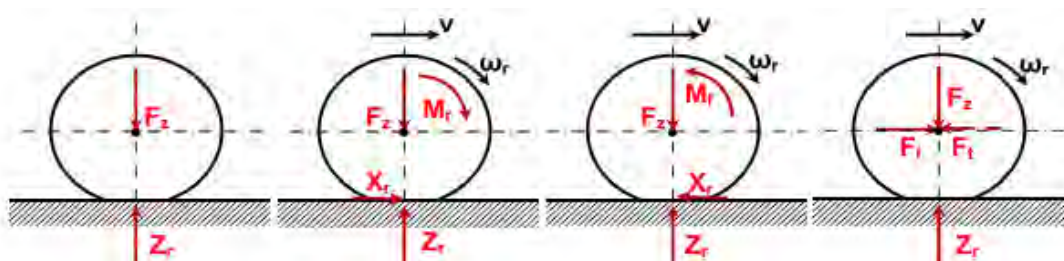
În funcție de forțele care acționează pe roată avem următoarele cazuri: poziția statică, poziția motoare, poziția de frânare și poziția trasă (fig. 1).

Poziția statică, este aceea poziție în care asupra roții acționează doar forțe verticale din greutatea proprie a vehiculului.

Poziția motoare, este aceea poziție a roții în care spre deosebire de Poziția statică acționează asupra roții și un Moment motor care are același sens cu viteza unghiulară a roții.

Poziția de frânare, este aceea poziție în care roata este acționată de o forță verticală din greutatea proprie a vehiculului ca și în Poziția statică, în schimb față de Poziția motoare, acționează un Moment de frânare de sens opus vitezei unghiulare a roții.

Poziția trasă, este poziția în care roata este acționată de o forță orizontală dată din forța de tracțiune.



Poziția statică

Poziția motoare

Poziția de frânare

Poziția trasă

FIG.1 Interacțiunea dintre roată și cale nedeformabilă

Unul dintre factorii care influențează în mod hotărâtor siguranța unui vehicul în mișcare este rugozitatea suprafeței de rulare



2. Rugozitatea

b) Generalități

Rugozitatea este o caracteristică a materialelor care descrie textura suprafeței acestora.

Asigurarea unei rugozități corespunzătoare în cazul drumurilor, conduce la obținerea calității antiderapante a acestora, necesară pentru desfășurarea circulației în condiții de siguranță și confort.

Rugozitatea suprafeței bracamintii de rulare se caracterizează pe baza indicatorilor obținuți prin intermediul: Testului SRT (Skid Resistance Test) și cu HS (hauteur de sable). Rugozitatea SRT se determină cu prin folosirea pendului SRT valorile fiind exprimate prin unități SRT. Rugozitatea HS constituie înălțimea petei de nisip exprimată în mm, folosită pentru exprimarea rugozității suprafețelor de rulare din beton de ciment respectiv betoane asfaltice.

b) Factorii ce influențează rugozitatea suprafeței

S-a constatat că, în timp, textura suprafeței îmbrăcămintii rutiere se modifică substanțial odată, datorită calității materialelor care intră în componența straturilor structurii rutiere, inclusiv efectului îmbătrânirii acestora, și apoi, datorită factorilor externi adică condițiilor climatice și nu în ultimul rând al traficului.

Agregatele influențează rugozitatea prin dimensiunile, forma și asperitatea suprafeței acestora.

Prin urmare variația rugozității pe timpul anului urmărește aproximativ variația unei sinusoide. Figura de mai jos reprezintă variația rugozității

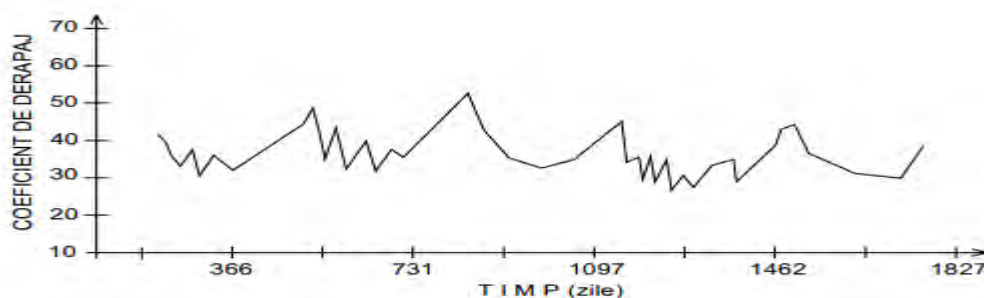


FIG.2 Variația rugozității în funcție de anotimp

3. Aderența pneului cu calea de rulare

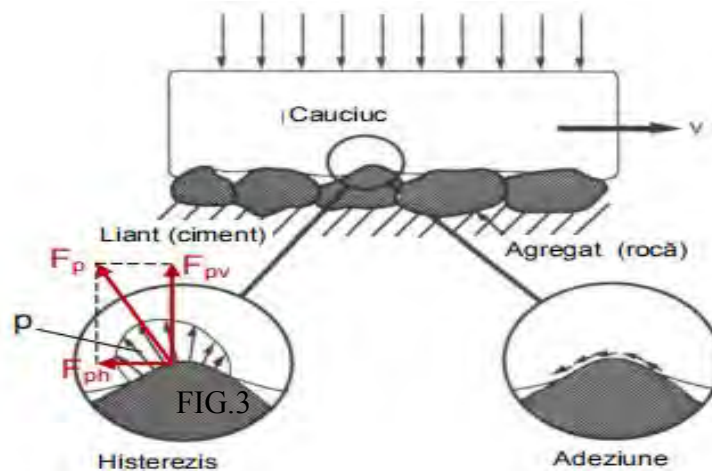
Mecanismul frecării dintre calea de rulare și anvelopă

Histerezis- pierdere de energie în cauciuc atunci când se deformează mulându-se pe suprafața de beton sau asfalt. La deplasarea anvelopei cu viteză v pe calea de rulare, agregatele de pe suprafața drumului, pe suprafața acestora distribuția presiunii este neuniformă, din cauza histerezisului specific anvelopei. Pe punctul de contact între anvelopă și agregat, presiunea este mai mare decât pe porțiunea de degajare.



Adeziune- forța de frecare de suprafață determinată de fenomenul lipire- alunecare (stick-slip)

Fenomenul stick-slip, este mișcarea spontană de supraaccelerație care poate apărea în timp ce două obiecte alunecă unele peste altele.



De regulă în condiții normale componenta de histerezis reprezintă 1/3 din frecări. Pe drum ud, componenta de adeziune scade foarte mult în timp ce componenta de histerezis se modifică foarte puțin.

4. BAR16 și BA16

a) Granulometrie

În studiul de față se compară un beton asfaltic cu granula maximă de 16 mm și un beton asfaltic rugos cu granula maximă de 16 mm. În tabelul de mai jos se poate observa că în componenta uni BA înra criblura 4-8, criblura 8-12, sau criblura 8-16 alături de nisipul de concasare 0-4 nisipul natural 0-4, și fillerul, în timp ce pentru BAR se va utiliza criblura 4-8, criblura 8-16 nisipul de concasaj 0-4 și fillerul.

Tabel 1

Marimea ochiului sitei, conform SR EN 933-2, mm	BA8	BA12,5	BA16; BAPC16	BAR16	BAD20	BAD25, BADPC25, BADPS25	AB16 ABPC 16 ABPC 16 ABPS 16	AB25 ABPC 25 ABPC 25 ABPS 25
31,5mm	-	-	-	-	100	100	-	100
25	-	-	100	100	-	90..100	-	90..100
20	-	-	-	-	90..100	-	100	-
16mm	100	100	90..100	90..100	73..90	73..90	90..100	74..97
12,5	-	90..100	-	-	-	-	-	-
8	90..100	70..85	66..85	61..74	40..60	42..61	52..85	52..85
4	56..78	52..66	42..66	39..53	28..45	28..45	37..66	37..66
2	30..55	35..50	30..50	27..40	20..35	20..35	20..48	22..50
1	22..42	24..38	22..42	21..31	14..30	14..32	11..36	14..39
0,63	18..35	-	18..35	18..25	-	10..30	8..33	10..35
0,20	11..25	-	11..25	11..25	-	5..20	5..20	4..22
0,125	-	8..16	-	-	5..10	-	-	-
0,10	8..14	-	8..13	8..11	-	3..8	3..12	3..12
0,063	7..11	5..10	7..10	7..9	3..7	2..5	2..7	2..7

Astfel prima diferență dintre cele două rețete o dau componentele scheletului mineralogic. În ceea ce privește scheletul mineralogic zona granulometrică diferă pentru fiecare beton asfaltic în parte așa cum se vede și în tabelul de mai jos

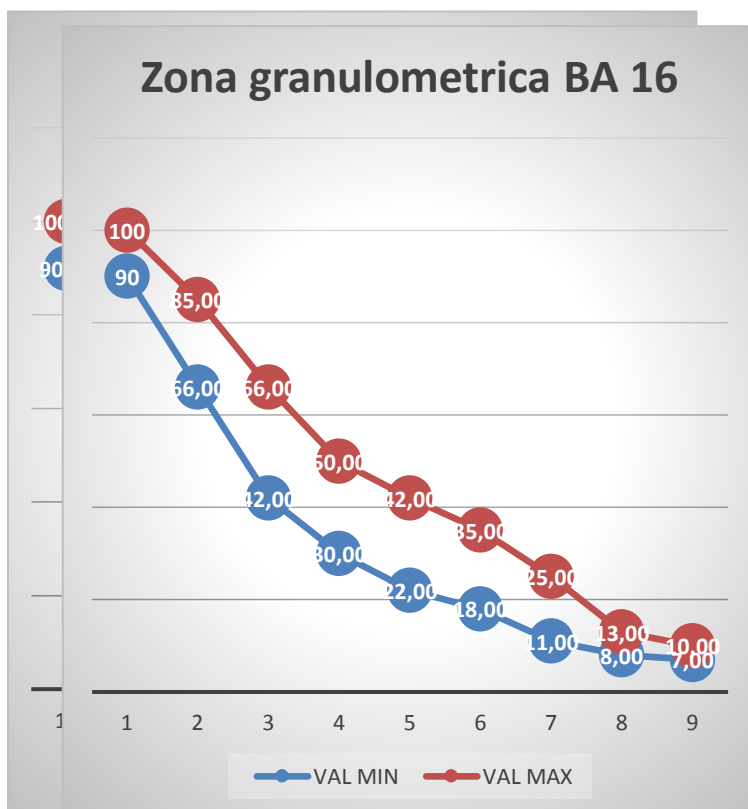
Pentru a putea analiza aceste valori s-au extras valorile marcate din tabelul 2 și a rezultat următoarele grafice, graficul nr 1 și graficul nr 2. Se poate observa pe cele 2 grafice de granulometrie (vezi "Grafic 2") ce aparține de BA16 au o cerestere mult mai liniară decât



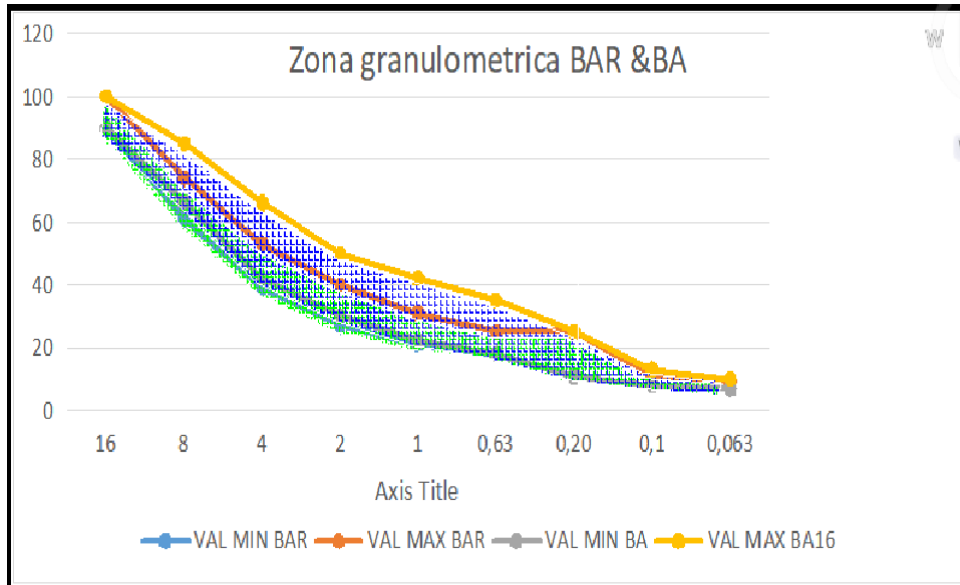
graficele ce apartin de BAR16(vezi “Grafic1”). Totodată cele doua grafice ce apartin mixturii BA16(vezi “Grafic 2”) sunt mult mai apropiate unul de celalalt. Datorita acestor doua criterii mixtura BA16 v-a avea un schelst mineralogic mai omogen.

Omogenitatea mai scazuta a mixturii BAR 16 se concretizeaza prin aportul mai scazut al nisipului de concasaj 0-4 si majorarea aportului de sort 4-8 aceste doua caracteristici vor conduce la o porozitate mai mare a structurii mixturii asfaltice. Aceasta porozitate apare din cauza ca materialul, partea fina, fiind mai putina nu va mai forma aceeasi legatura intre sorturile mari 4-8 si 8-16 ca si in cazul mixturii BA16. Aceasta porozitate mai mare se concretizeaza la suprafata caii de rulare printr-o rugozitate mai mare fata de un BA16

Grafic 1 - Zona granulometrica pentru BAR16 Grafic 2 - Zona granulometrica BA16



Daca sprapunem cele 2 zone granulometrice odtinem graficul 3. In acest grafic se poate observa ca cele doua zone se suprapun intr-o proportie mare. Aceasta zona reprezentand 45% din totalul zonei. Adica granulometric BAR16 si BA16 pot fi asemanatoare. In consecinta diferenta in ceea ce privesc agregatele in constructia unui BAR16 si un BA16 o constituie componenta de nisip natural conform AND 605-2016.



Grafic 3 - Zona granulometrica BAR16 si BA16

b) Continutul de liant

În ceea ce privește conținutul de liant aceasta are un procentaj mai restrâns în cazul unui BAR 16 valorile procentuale variând între 5,7 și 6,2 % , până ce procentajul de liant pentru un BA16 variază între 5,7 și 6,5%

Tabel2 - nu e bun

Tipul stratului	Tipul mixturii asfaltice	Conținut de liant, % în mixtură
Uzura (rulare)	MAS 8	min. 6,5
	MAS 12,5	min. 6,0
	MAS 16	min. 5,9
	BAR 16	5,7... 6,2
	BA12,5; BA 16	5,7... 6,5

Din cauza neomogenității și a porozității ridicate a scheletului mineral al mixturii asfaltice scade necesitatea liantului și conduce la retragerea liantului de la suprafața de rulare a mixturii asfaltice datorită și acestui aspect mixtura va fi rugoasă la suprafață

c) Comparatii retete de asfalt

Ținând seama de toate cele sus menționate să conceput o granulometrie pentru un beton asfaltic cu granula maximă de 16 mm și un beton asfaltic rugos cu granula maximă de 16 mm: Granulometrie BA16

SORT	DOZAJ (%)	TRECERI PE SITE SI CIURURI (%)								
		0.063	0.1	0.2	0.63	1.0	2.0	4.0	8.0	16
FILER	8.5	6.9	7.3	8.3	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
NISIP NATURAL 0/4	8.0	0.2	0.5	2.2	2.9	4.6	5.7	7.6	8	80.8
NISIP CONCASAT 0/4	28.9	0.8	1.2	6.4	11.6	15.9	21.4	28.6	28.9	28.9
Criblura sort 4/8	24	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	1.8	23	24
Criblura sort 8/16	30.6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	1	1.5	29.1
TOTAL	100	8.1	9.3	17.2	23.3	29.4	36.2	47.6	69.9	98.5



Granulometrie BAR16

SORT	DOZAJ (%)	TRECERI PE SITE SI CIURURI (%)								
		0.063	0.1	0.2	0.63	1	2	4	8	16
FILER	9	6.87	7.7	8.85	9	9	9	9	9	9
NISIP NATURAL 0/4	8.5	0.391	0.425	0.833	1.4	2.04	3.3	7.6	8.5	8.5
NISIP CONCASAT 0/4	25.5	0.4	0.4	1.8	4.3	7.2	14.3	25.2	25.5	25.5
CRIBLURA 4/8	27	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	1.9	27	27
CRIBLURA 8/16	30	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	29.4	29.37
TOTAL	100	7.83	8.7	11.6	15	18.5	27	43.8	99.4	99.4

Se poate observa că procentajul de bitum dintr-un beton asfaltic poros se întinde pe o sacara mai restransa si cu pas de variatie mai mic. Avand in vedre materialele avute la dispozitie cu dozajul lor stabilit anterior s-au prelevat 5 variante de beton asfaltic care au fost incercate pe rand pentru stabilirea retetei optime . Astfel cele 5 retete de asfalt au fost determinate/testate la Stabilitate la 60 de grade, indicele de curgere, raportul S/I, absorbtia de apa, si masa volumica aparenta.

Nr Crt	CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE	UM	VALORI OBTINUTE					LIMITE AND 605/2016
			BITUM 5.6%	BITUM 5.7%	BITUM 5.9%	BITUM 6.1%	BITUM 6.3%	
			VARIA NTA1	VARIA NTA 2	VARIANT A 3	VARIA NTA 4	VARIA NTA 5	
INCERCARI PE CILINDRII MARSHALL (valori medii pe epruvete cilindrice)								
1	STABILITATE(S) LA 60°C	KN	10.54	10.85	11.28	8.1	7.7	6.0 - 13.0
2	INDICE DE CURGERE(I)	mm	3.21	3.7	3.85	4.1	4.25	1.5-4.0
3	RAPORT S/I	mm	2.33	2.39	2.93	2	1.8	1.6-4.3
4	ABSORBTIA DE APA	%	2.5	2.36	2.18	1.8	1.6	1.5-5.0
5	MASA VOLUMICA APARENTA	Kg/m ³	2.316	2.325	2.336	2.342	2.344	—

Tabel incercari pe cilindrii Marschall BA16

NR. Crt	CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE	UM	VALORI OBTINUTE					LIMITE AND 605/2016
			BITUM 5.5%	BITUM 5.6%	BITUM 5.7%	BITUM 5.8%	BITUM 6.0%	
			VARIA NTA1	VARIA NTA2	VARIA NTA3	VARIA NTA4	VARIA NTA5	
INCERCARI PE CILINDRII MARSHALL (valori medii pe epruvete cilindrice)								
1	STABILITATE(S) LA 60°C	KN	6.5	6.7	9.1	8.9	8.8	8.5-15
2	INDICE DE CURGERE(I)	mm	2.8	3.1	3.3	3.6	3.7	1.5-4.0



3	ABSORBTIA DE APA	%	1.5	1.46	0.8	0.4	0.2	Max 1.5
4	MASA VOLUMICA APARENTA	Kg/m ³	2321	2325	2362	2366	2368	Min.2350

Tabel incercari pe cilindrii Marschall BAR16

In urma determinarii fiecare indice si valoare mixtura mixtura cu continutul de bitum optim sau acela car satisface toate valorile admisibile se va alege . **NU SUNA BINE...**

Se poate observa ca valorile admisibile pentru incercarea stabilitatii la 60 grade C au valori mai mari pentru BAR16 deca pentru betonu ascatic 16. Aceasta diferenta apare datorita faptului ca, avand granulometrie discontinua, un dozaj de liant mai redus decat BA16, respectiv cu o porozitate mai mare mixtura se considera una mai salba din punct de vedere al stabilitatii.

Discutia fiind despre un beton asfaltic rugos suprafata ei rugoasa va asigura o absorbtie de apa mai mare decat un BA16, pentru acesta atat valorarea minima cat si valoarea maxima au o valoare mai mare decat.

Nr. crt.	Tipul mixturii asfaltice	Caracteristici pe epruvete cilindrice tip Marshall				
		Stabilitate la 60 °C, KN,	Indice de curgere, mm,	Raport S/I, min. KN/mm	Absorbția de apă , % vol.	Sensibilitate la apă, %
1.	BA12,5; BA16; BAPC16	6.5...13	1.5...4.0	1.6	1.5...5.0	60...90
2.	BAR16	8.5...15	1.5...4.0	2.1	2.0...6.0	60...90

d) Utilizare beton asfaltic rugos

Caracteristica de absorbtie de apa mai mare datorata scheletului mineralogic neomogen si continutul de bitum scazut face ca aceasta mixtura sa se foloseasca in zonele cu umiditatea aerului ridicata. ploioasa unde apa este prezenta repetat si de lunga durata pe suprafata caili de rulare, poate avea efecte negative din punct de vedere al sigurantei circulatiei. Asemenea in zonele de padure si in zonele cu umbra unde din cauza variatiilor mari de temperatura si a umiditatii mari a aerului se formeaza asa zisa “mazga”, in literatura americana “black ice” sunt considerate zone din punct de vedere al sigurantei circulatiei zone cu risc de accident.

Pentru aceste zona din cauza faptului ca BAR16 este un material cu suprafata rugoas, iar asta confera un plus de aderenza fata de un strat de uzura compus din BA16 este recomandat ca aceasta sa fie utilizata in aceste zone. Toate aceste caracteristici ale lui sporeste siguranta conducatorului auto de la derapaje in cazurile mai sus mentionate.

Avand caracteristica rugoasa si oferind performante la aderenza mai bune decat BA16 ea se recomanda a se utiliza in zone cu declivitati mari. Aceste zone cu declivitati mai sunt zone unde pot aparea dificultati de de pornire in ranpa a autovehiculelor aportul de rugozitate ce il are aceasta mixtura face ca sa fie recomandata in aceste zone. Asemnator situatie mentionate



mai sus in care apa sau condesul apar pe suprafata de rulare aceste doua pot aduce dificultati pentru conducatorii auto. Pentru a imbunatati conditiile de trafic si siguranta in circulatie se recomanda a se utiliza din aceste motive ca si strat de uzura BAR16 in loc de BA16.

Bibliografie:

AND 605 -2016 /SR-EN 13108-1/ AND 546/2013

Mineral Fillers in Asphalt Paying Mixtures B. F. KALLAS, V. P. PUZINAUSKAS, and H. C. KRIEGER, The Asphalt Institute, College Park, Maryland

RUGOZITATEA – INDICATOR DE DETERMINARE A STĂRII TEHNICE A DRUMURILOR - Rozalia Melania BOITOR , Rodica Dorina CADAR, Cristian TOȘA



CALCULUL VOLUMELOR DE STOCURI DE MATERIALE PRIN MIJLOACE CLASICE SI MODERNE DE MĂSURARE ȘI PRELUCRARE A DATELOR

Autor

Robert I. Băncioiu

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, [e-mail: robertbancioiu@gmail.com](mailto:robertbancioiu@gmail.com).

Îndrumători

Prof.Dr.Ing. Ioel Samuel Vereș³

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, [e-mail: Ioel.Veres@mtc.utcluj.ro](mailto:Ioel.Veres@mtc.utcluj.ro)

Ș.L.Dr.Ing. Paul SESTRĂȘ³

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, [e-mail: Paul.Sestras@mtc.utcluj.ro](mailto:Paul.Sestras@mtc.utcluj.ro)

REZUMAT: Prezenta lucrare cuprinde notiuni teoretice si notiuni aplicative privind calculul volumelor de stocuri de materiale prin mijloace clasice: masurarea stocurilor de materiale cu statia totala si calculul volumului prin metode clasice/software-uri de specialitate; dar si prin mijloace moderne de masurare si prelucrare prin intermediul tehnologiei UAV si fotogrammetriei.

Cuvinte cheie

Volum stocuri de materiale, stație totală, UAV, fotogrammetrie.

1. Introducere

1.1. Zona de studiu si importanța măsurătorilor

Zona studiată se afla în județul Cluj, la apoximativ 82 km de municipiul Cluj-Napoca, pe raza satului Lunca Vișagului, de pe Valea Drăganului din Munții Apuseni.

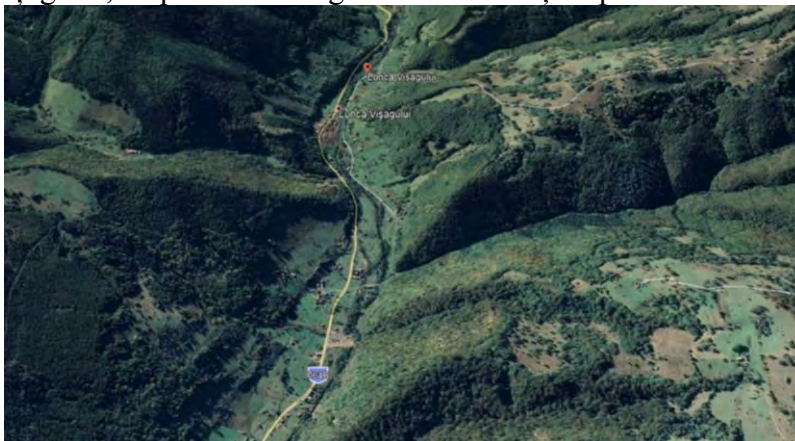


Figura 1. Lunca Vișagului-vedere din satelit.

Importanța măsurătorilor constă in calculul volumului de stocuri de agregate necesare lucrărilor de îmbunătățire a infrastructurii rutiere, privind modernizarea DJ 108K (limita jud. Bihor-Baraj Dragan) de la km. 26.455 la km. 29.455 și DJ 764B (Baraja Drăgan-intersecție DN1) de la km. 0+0.000 la km. 22+164.500. Obiectivul acestei lucrări fiind creșterea accesibilității unei zone rurale montane deosebite a județului Cluj- Drumul Apuseni.



Figura 2. Lucrări de modernizare a DJ 764B.

2. Efectuarea măsurătorilor

Efectuarea măsurătorilor s-a făcut atât în modul clasic cu ajutorul stației totale și a tehnologiei GNSS, cât și modern cu ajutorul fotogrammetriei UAV.

2.1. Ridicarea topografică cu stația totală

La ridicarea topografică cu stația totală am utilizat dispozitivul de la Stonnex RW2+



Figura 3. Stația totală Stonnex RW2+.

Pentru efectuarea măsurătorilor am amplasat la sol 4 puncte de stație ale căror coordonate le-am determinat cu ajutorul tehnologiei GNSS, făcând 3 citiri medii pentru fiecare punct.



Figura 4. Punct de stație.



Figura 5. Determinarea coordonatelor punctelor de stație.

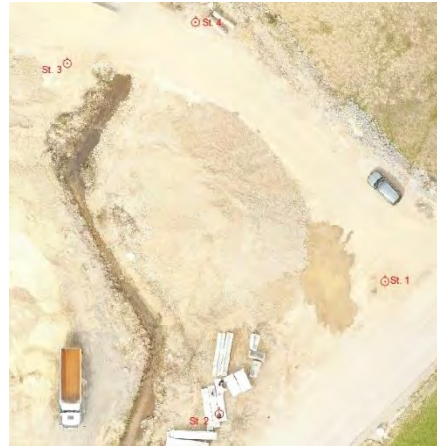


Figura 6. Dispunerea punctelor de stație.

Din fiecare punct de stație am realizat măsurători pe stocul de agregate(balast), prin metoda profilelor, pornind de la bază înspre vârf cu ajutorul tehnologiei de măsurare cu laser a stației totale: ridicarea a 303 puncte.



Figura 6. Efectuarea măsurătorilor cu stația totală prin metoda profilelor.

2.2 Efectuarea măsurătorilor cu ajutorul tehnologiei fotogrammetriei UAV

Efectuarea măsurătorilor cu ajutorul tehnologiei UAV a fost realizată cu ajutorul dronei DJI Matrice 210RTK, echipată cu camera ZENMUSE X5S și sistemul de scanare LIDAR VELODYNE.

Pentru a realiza măsurătorile a fost nevoie de amplasarea la sol a 12 puncte de control (Ground Control Point)-poziția lor fiind determinată de asemenea cu ajutorul tehnologiei GNSS.





Figura 7. Amplasare și determinare coordonate GCP.

Premergător zborului s-a realizat planul de zbor care a cuprins: arealul de zbor, traseul de zbor, înălțimea de zbor, viteza, fotografierea și timpul necesar misiunii.

În același timp la sol am amplasat un dispozitiv GNSS UNISTRONG G10 pe trepied în modul static, care avea ca scop determinarea și transmiterea corecțiilor sistemului RTK asamblat pe drona.



Figura 8. Drona și sistemul de poziționare GNSS pregătite pentru începerea misiunii de zbor.

3. Prelucrarea datelor și calculul volumului stocului de agregate.

3.1. Metode clasice de calcul ale volumului de agregate.

Pentru calculul volumului de agregate prin metoda clasică am propus 2 metode:
-metoda secțiunii orizontale;
-metoda prismelor.

3.1.1 Metoda secțiunii orizontale

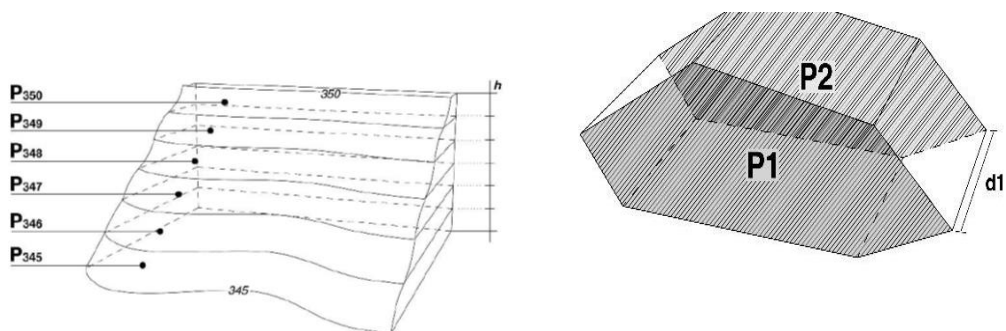


Figura 9. Metoda secțiunii orizontale

Metoda secțiunii orizontale utilizează liniile de contur clasice plasate la o echidistanță adecvată; volumul este împărțit în solide mai elementare prin planuri orizontale corespunzătoare conturului linii (Figura 9). Volumul este calculat cu ajutorul formulei:

$$V_i = h * \frac{P1 + P2}{2}$$

unde h = echidistanța; P1= suprafața plană cotă inferioară și P2= suprafața plană cotă superioară.

Pentru realizarea acestei metode clasice și mai puțin precise am raportat punctele măsurate cu stația totală, apoi am generat curbe de nivel la o echidistanță de 0.5m cu ajutorul softwareului TopoLT și am făcut calculul de volum pentru fiecare trunchi rezultat între două secțiuni orizontale.

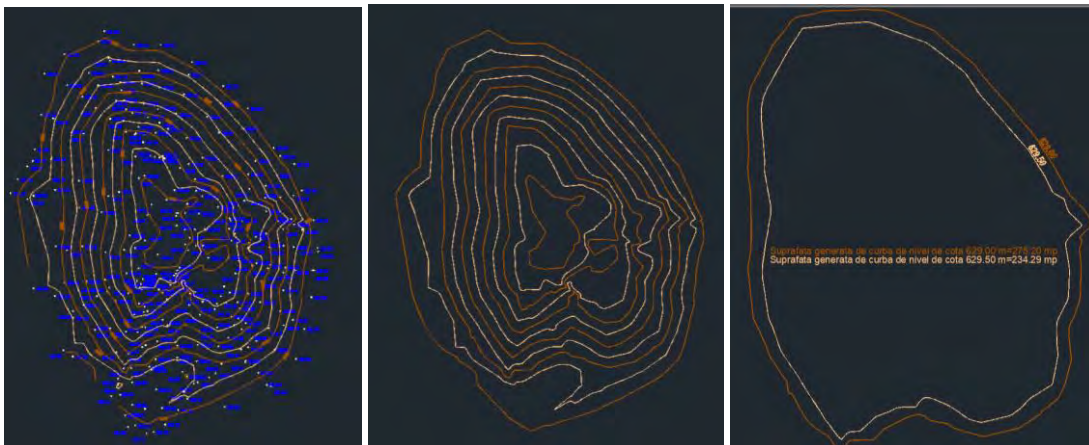


Figura 10. Generarea curbelor de nivel și evidențierea suprafețelor cuprinse în cadrul curbelor

Tabelul 1. Calculul volumului prin metoda secțiunii

Nr.crt	Cotă[m]	Suprafața[mp]	Echidistanță[m]	Volum[m ³]
1	628.00	411.93	0.5	185.913
2	628.50	331.72	0.5	151.743
3	629.00	275.25	0.5	127.385
4	629.50	234.29	0.5	107.630
5	630.00	196.23	0.5	89.223
6	630.50	160.66	0.5	71.660
7	631.00	125.98	0.5	55.468
8	631.50	95.89	0.5	40.190
9	632.00	64.87	0.5	26.340
10	632.50	40.49	0.5	13.653
11	633.00	14.12	0.5	3.530
Volum total				872.733

3.1.2 Metoda prismelor triunghiulare

Metoda prin prisme între două suprafețe constă în definirea a două suprafețe, determinată prin interpolare a datelor spațiale 3D, dintre care una are funcția de real suprafața (suprafața superioară) și cealaltă a unei suprafețe de referință (suprafața inferioară); solidul delimitat de acestea suprafețele sunt discretizate în prisme elementare cu o bază triunghiulară (Figura 11) din care se calculează volumul folosind următoarea formulă (cazul unei prismei triunghiulare):

$$V_i = P * \frac{\sum_{i=1}^3 H_i}{3}$$

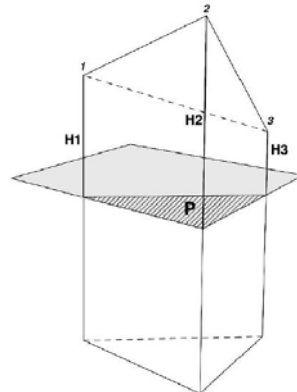


Figura 11. Metoda prismelor triunghiulare

Pentru a înțelege modul de calcul al volumului prin acest procedeu am luat ca și exemplu o prisma triunghiulară din ridicarea topografică cu stația totală. Baza de sus a prisme este definită de triunghiul spațial format de punctele 381, 382, 388; iar baza de jos este definită de triunghiul spațial format de punctele 371, 307, 170.



Figura 10. Evidențierea prisme și a suprafețelor de referință necesare calculului de volum.

Tabelul 1. Calculul volumului unei prisme din modelul TIN(Triangulated Irregular Network)

Numar punct	Cota[m]	Cota plan de referinta[m]	Hi[m]	Suprafata plana[m ²]	Volum[m ³]
381	629.598	627.870	1.728	0.98	2.59
382	630.692	627.870	2.822		
388	631.239	627.870	3.369		

Această metodă este des întâlnită în softwareurile de specialitate precum: Topograph, TopoLT, Surfer.

3.2 Calculul volumului stocului de agregate cu ajutorul TopoLT

Pentru calculul volumului cu ajutorul softwareului de specialitate TopoLT a fost nevoie de următoarele operațiuni:

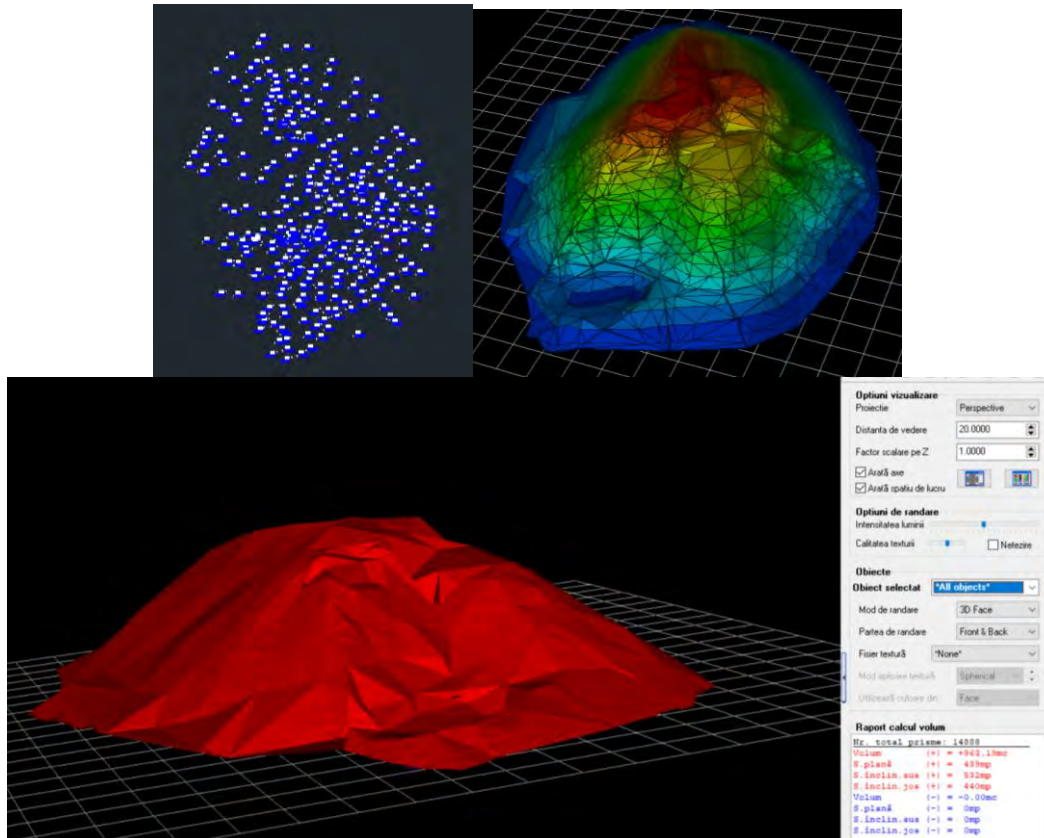
Pasul 1: importarea și raportarea punctelor în Autocad.

Pasul 2: crearea polilinie 3D prin punctele de la baza stocului de agregate.



Pasul 3: crearea modelului TIN prin toate punctele din ridicarea topografică având ca limită polilinia 3D.

Pasul 4: crearea modelului TIN prin punctele de la baza stocului din ridicarea topografică având ca limită polilinia 3D.





Analiza comportării grinzilor cu zăbrele de tip Bailey și Warren pentru o pasarelă pietonală cu deschiderea de 30m

Autori

Andrei-Dorel SARA^{1*}, Blanka-Zsófia SIMON²

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, saraandrei2703@gmail.com

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, simonblankazsofia@yahoo.com

Îndrumător

S.L. Dr. Ing. Alexandra Denisa DANCIU

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, alexandra.danciu@cfdp.utcluj.ro

REZUMAT: Această lucrare are ca scop prezentarea și compararea grinzilor cu zăbrele de tip Bailey și de tip Warren din punct de vedere structural. Conformarea geometrică a celor două structuri este aceeași. Analiza structurală va fi realizată cu ajutorul programului de calcul SAP2000. Încărcările considerate pentru grinzi sunt: încărcări permanente din greutate proprie, încărcări utile din oameni, vehicul accidental pe pasarelă și acțiunea indirectă a vântului. Combinațiile de încărcări se vor aplica pe structura bidimensională. În urma rezultatelor obținute se vor compara cantitativ eforturile apărute în cele două tipuri de grinzi cu zăbrele. După aceste analize se va descrie tehnologia de execuție a structurilor de tip Bailey și importanța lor în domeniul construcțiilor.

Cuvinte cheie

Grindă cu zăbrele, Warren, Bailey, analiză structurală, comparație

1. Introducere

Grinzi cu zăbrele sunt structuri cu rigiditate mare și comportament bun la diferite solicitări, sunt rentabile și reprezintă o bună opțiune pentru realizarea diferitelor construcții. Structurile Warren, prin lunga lor istorie, oferă baza pentru podurile cu deschideri medii și mari, și diferite sisteme structurale din toate colțurile lumii. Modelul structurii a fost brevetat în anul 1848 de către inginerii James Warren și Willoughby Theobald Monzani [1]. Primul pod care a folosit configurația Warren este Manhattan Bridge din New York City. Aceste structuri sunt utilizate în mod obișnuit pentru deschideri mari cuprinse între 20 și 100m [2]. Structura este realizată din două tălpi care sunt legate prin diagonale sub formă de triunghiuri echilaterale. Pentru o mai bună rigidizare se utilizează elemente verticale numite montanți. Unul dintre principalele avantaje ale grinzii cu zăbrele Warren este capacitatea sa de a răspândi uniform încărcările în elementele sale, acesta este valabil în cazul în care podul este acționat de încărcări uniform distribuite. În cazul încărcărilor concentrate structura are o comportare nefavorabilă. Prin configurația structurală și datorită nodurilor fixe în elementele structurii apar doar eforturi de întindere și compresiune neglijând încovoierea [3]. Grinzile cu zăbrele Warren sunt frecvent folosite pentru realizarea infrastructurii podurilor feroviare. De asemenea se utilizează la executarea hangarelor aeroportuare și la aripile avioanelor.

Una din cele mai mari invenții în domeniul podurilor din anii 1900 a fost podul mobil de tip Bailey inventat de către inginerul Donald Bailey. A fost dezvoltat în 1940–1941 de către britanici pentru utilizare militară în timpul celui de- al doilea război mondial și a fost utilizat pe scară largă de către unitățile de inginerie militară britanice, canadiene și americane. Structura Bailey (Figura 1) are avantajele de a nu necesita unelte speciale sau echipamente grele pentru asamblare. Elementele podului din lemn și oțel erau suficient de mici și ușoare pentru a fi transportate de camioane și ridicate pe poziție cu mâna, fără utilizarea unei

macarale. Podurile erau suficient de puternice pentru a fi străbătute de tancuri. Podurile Bailey continuă să fie utilizate pe scară largă în proiectele de construcții de inginerie civilă și să asigure treceri temporare pentru circulația pietonilor și a vehiculelor [4].

Piesele Bailey erau fabricate din aliaje standard de oțel și erau suficient de simple încât părțile fabricate în diferite locuri să fie interschimbabile. Fiecare parte individuală putea fi transportată de un număr mic de oameni, permițând inginerilor armatei să se deplaseze ușor și rapid, pregătind calea pentru trupe și materiale care înaintau în spatele lor. Proiectarea modulară le-a permis inginerilor să construiască fiecare pod pentru a fi la fel de lung și de puternic, după necesități, dublând sau triplând panourile laterale de susținere sau secțiunile patului de drum. Astfel, configurația podurilor Bailey are diferite forme și este denumită printr-o pereche de cuvinte: SINGLE-SINGLE, DOUBLE-SINGLE, TRIPLE-SINGLE, DOUBLE-DOUBLE, TRIPLE-DOUBLE (Figura 2) [5]. Primul cuvânt reprezintă numărul de panouri puse una lângă alta iar al doilea cuvânt numărul de niveluri pe care se montează panourile. O caracteristică utilă a structurii Bailey este capacitatea sa de a fi lansată dintr-o parte în alta a unui obstacol (Figura 3) [6]. În prima fază se montează pe traseul accidentat niște role care fac posibilă translația podului, după care se iau panourile și se îmbina unul în celălalt formând-se mai multe zone a podului, tot odată se montează și structura căii pe pod. În acest sistem, porțiunea din față a podului este înclinată în sus cu ajutorul unor pene pentru a ușura trecerea dintr-o parte în alta a podului. În capătul celălalt avem o structură ajutătoare pe care o împing oamenii, un camion sau un vehicul cu șenile pe rolele montate. În final, după ce podul este așezat în poziția finală, se îndepărtează rolele cu ajutorul unor cricuri. Astfel, din acel moment se poate exploata în regim normal.

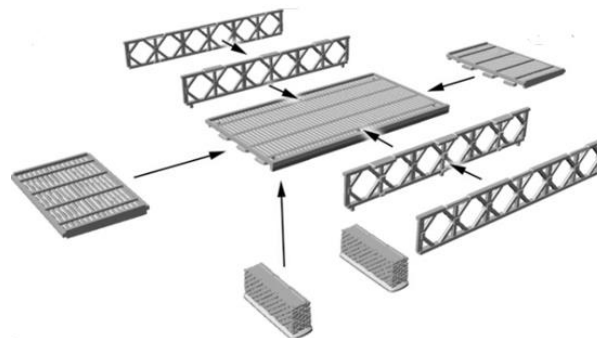


Figura 1. Elemente structură Bailey

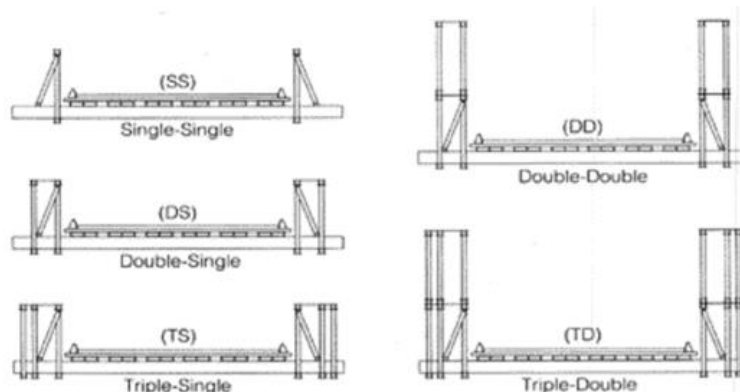


Figura 2. Tipuri de alcătuire

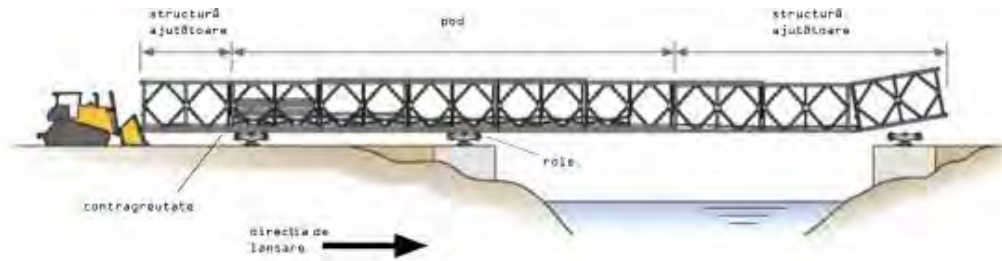


Figura 3. Lansare pod Bailey

2. Analiza comparativă

În cadrul acestei lucrări am studiat o pasarelă cu deschiderea de 30m, lățimea de 2.8m și înălțimea grinzilor principale de 1.5m. Schemele geometrice ale celor două structuri analizate sunt prezentate în figurile 4 și 5. Grinzile principale ale structurii au fost alese în soluția grinzi cu zabrele tip Warren și tip Bailey pentru a realiza o comparație a distribuției eforturilor în elementele grinzilor cu zăbrele. În etapa următoare am realizat predimensionarea tălpilor grinzilor cu zăbrele la solicitarea axială maximă obținută. Partea carosabilă va fi realizată dintr-o placă de beton, iar îmbrăcămintea o îmbrăcăminte asfaltică. În etapa prezentată aici, de predimensionare, nu s-a ținut cont de comportamentul compozit dintre grinzile căii și placa de beton. În a doua etapă s-au evaluat încărcările normate sau caracteristice. Acțiunile se împart în mai multe categorii în funcție de cauza din care apar. Încărcarea pe metru liniar este dată de greutatea proprie a grinzilor principale, a pieselor de îmbinare, a dalei din beton și din asfaltul turnat. Încărcările variabile sunt reprezentate de încărcarea utilă din circulația pietonilor, din vehiculul de serviciu și acțiunea indirectă a vântului. Valorile încărcărilor sunt prezentate în cadrul subcapitolului 2.2.

A treia etapă o constituie alegerea materialelor și a secțiunilor. Materialul folosit din care s-au construit cele două poduri este oțel S275 cu rezistența de curgere $f_y=275\text{N/mm}^2$ și rezistență la tracțiune $f_u=430\text{N/mm}^2$. Secțiunile folosite la cele două structuri se găsesc în Tabelul 1 și Tabelul 2.

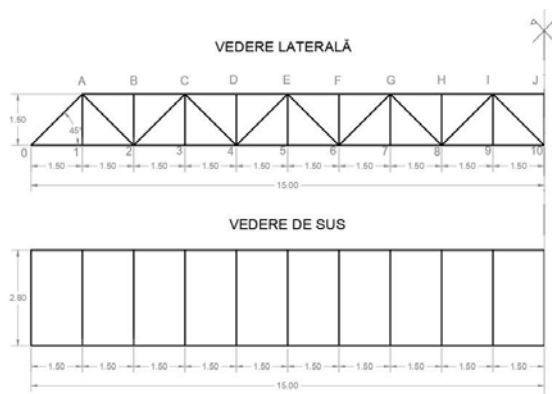


Figura 4. Schema geometrică structură Warren

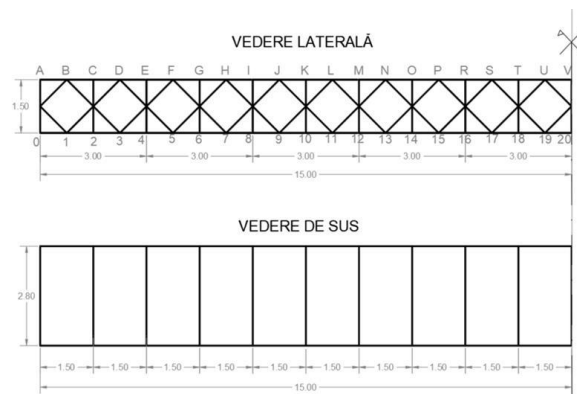


Figura 5. Schema geometrică structură Bailey

Tabelul 1. Secțiuni structură Warren

Element	Secțiune (mm)	Aria (cm ²)
Talpa superioară	180x100x12.5	63.75
Talpa inferioară	180x100x12.5	63.75
Diagonale	100x60x10	12,16
Montanți	100x40x4	10,56

Tabelul 2. Secțiuni structură Bailey

Element	Secțiune (mm)	Aria (cm ²)
Talpa superioară	2IPE 200	63.75
Talpa inferioară	2IPE 200	63.75
Elemente înclinate	IPE140	12,16
Elemente verticale	IPE140	10,56



2.1 Geometria structurii

Geometria structurilor studiate este prezentată în figurile 4 și 5. Elementele referitoare la geometrie sunt prezentate sintetic în Tabelul 3.

Tabelul 3. Geometria structurilor

	Warren	Bailey
Lungime (L)	30 m	30 m
Lățime (B)	2,8 m	2,8 m
Lățime utilă (Bc)	2,6 m	2,6 m
Unghi alfa	45 °	45 °
Lungime panou (l)	1,5 m	1,5 m
Înălțime structură (H)	1,5 m	1,5 m
Grosime dală beton	0,12 m	0,12 m
Grosime înveliș asfaltic	0,04 m	0,04 m

2.2 Încărcări

Încărcările pe care le-am luat în considerare pentru calculul grinzii principale sunt: încărcări permanente, încărcări din acțiunea variabilă principală reprezentată de oameni pe pasarelă sau vehicul de serviciu și acțiunea vântului. Situațiile de proiectare care au fost luate în considerare sunt situațiile permanente care corespund unor condiții de exploatare normale a structurii, care conform grupării fundamentale, se combină conform relației (1):

$$\sum_j \gamma_{G,j} * G_{k,j} + \gamma_{Q,1} * Q_{k,j} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} * \Psi_{0,i} * Q_{k,i} \quad (1)$$

unde: $G_{k,j}$ - valori caracteristice ale acțiunilor permanente, $Q_{k,1}$ - valoarea caracteristică a unei acțiuni variabile, $Q_{k,i}$ - valori caracteristice ale acțiunilor variabile, $\gamma_{G,j}$ - coeficient parțial de siguranță al acțiunii permanente $G_{k,j}$, $\gamma_{Q,j}$ - coeficient parțial de siguranță al acțiunii variabile $Q_{k,j}$, Ψ_0, Ψ_1, Ψ_2 - coeficienți de reducere la gruparea acțiunilor variabile [7].

Conform SR EN 1991-2-2004: Acțiuni asupra structurilor. Partea 2: Acțiuni din trafic la poduri, acțiunile impuse pentru pasarele sunt: încărcări datorate traficului pietonal și a cicliștilor, a construcțiilor minore și comune, din acțiunea de întreținere a structurilor (din vehicule de serviciu) și din situații accidentale. Aceste încărcări determină apariția în structură a unor forțe statice și dinamice verticale și orizontale. În calculul static pentru încărcări verticale se consideră încărcarea uniform distribuită $q_{flk} = 5 \text{ kN/m}^2$ și încărcarea concentrată $Q_{fwk} = 10 \text{ kN}$. În cazul în care o pasarelă este prevăzută cu un vehicul de serviciu, încărcarea concentrată Q_{fwk} se neglijează. Vehiculul de serviciu considerat ca și încărcare accidentală la cele două structuri este prezentat în Figura 6. Vehiculul are patru roți, fiecare având o amprentă de 0,20x0,20m iar distanța dintre cele două osii fiind 3 metri și distanța între roți de 1,30m. Încărcarea roților din față se notează cu Q_{SV2} și are valoarea de 40kN. Roțile din spate au o încărcare de două ori mai mare decât cele din față notate cu $Q_{SV1} = 80 \text{ kN}$.

În cadrul calculelor se folosesc coeficienți parțiali de siguranță de 1,35 pentru greutatea proprie cât și la încărcările din oameni și din vehiculul de serviciu. Totodată la acțiunile indirecte a vântului coeficientul parțial de siguranță este de 1,5 iar valoarea coeficientului de reducere este de 0,3. În conformitate cu grupurile de încărcări la pasarele, se poate lua pasarela încărcată fie cu oameni, fie cu vehicul de serviciu, cele două acțiuni nu se iau în

considerare simultan în situațiile de proiectare corespunzătoare exploatarei normale a pasarelei.

Încărcările rezultate în urma evaluării încărcărilor sunt prezentate în Tabelul 4. Acțiunea vântului a fost evaluată luând în considerare o altitudine de referință a celor două structuri ca fiind $Z_e = 10 \text{ m}$ pe un teren de categoria a II-a care corespunde unor zone cu vegetație redusă și cu obstacole izolate, unde viteza vântului este $V_b = 16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ și densitatea aerului este de $\rho_{aer} = 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. În funcție de datele prezentate mai sus am extras din grafic coeficientul de expunere $c_{e,Z_e} = 2,35$.

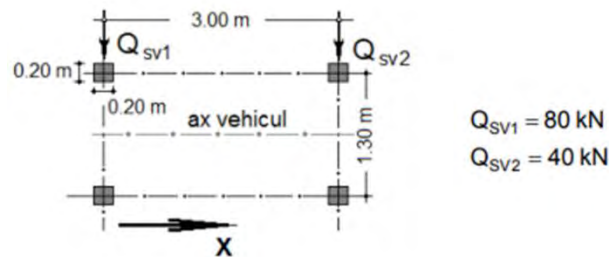


Figura 6. Vehicul de serviciu

Tabelul 3. Evaluarea încărcărilor

Tip încărcare	Valoarea [kN/m]	Valoare [kN]
Permanente	$g_{tot} = g_{gp} + g_{sec} + g_{dala} + g_{asfalt} = 13,59 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ $g_{permanent} = \frac{g_{tot}}{2} = 6,79 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	
Utilă - oameni	$p_{om.calc} = 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ $p_{om.tot} = p_{om.calc} * B_c = 13 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	
Utilă - vehicul accidental		$Q_{sv1} = 80 \text{ kN}$ $Q_{sv2} = 40 \text{ kN}$
Acțiunea vântului	Presiunea exercitată de vânt pe structură: $w = C_{f,x} * q_{p,Z_e} = 0,79 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ Acțiunea indirectă a vântului: $p_{w.ind} = \frac{p_w * \frac{h_w}{2}}{B} = 0,32 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	

2.3 Calculul eforturilor

Eforturile axiale în barele grinzilor cu zabrele le-am obținut în urma modelării structurilor 2D în SAP2000. Am considerat încărcările preluate în mod egal de cele două grinzi principale. Încărcările au fost aplicate asupra structurilor sub forma de încărcări statice (greutatea proprie, acțiunea indirectă a vântului, încărcarea din aglomerări de oameni). Datorită faptului că vehiculul de serviciu reprezintă un convoi de forțe mobile, forțe care în

orice moment pot ocupa orice poziție pe lungimea structurii, am modelat acțiunea vehiculului ca o încărcare mobilă.

Am considerat 4 combinații diferite de încărcări, la ambele stări limită de serviciu, SLS (starea limită de serviciu) și ULS (starea limită ultimă). În aceste stări limită am luat în calcul separat încărcările din oameni și din vehicul, conform cerințelor Eurocode. În fiecare caz de combinații am folosit diferiți coeficienți de multiplicare, care se găsesc în tabelul 5 .

Tabelul 5. Coeficienți de multiplicare pentru fiecare caz de încărcare

	Greutate proprie (g.Ed.g)	Acțiunea indirectă din vânt (Pw)	Încărcare din oameni (Pom)	Vehicul serviciu (VehServ)
Comb_OM_SLS	1	0,3	1	-
Comb_Veh_SLS	1	0,3	-	1
Comb_OM_ULS	1,35	0,45	1,35	-
Comb_Veh_ULS	1,35	0,45	-	1,35

La SLS am calculat cu ajutorul programului SAP deformațiile elastice maxime, Tabelul 6 și la ULS am determinat eforturile axiale maxime, Tabelul 7.

Tabelul 6. Valorile deformațiilor elastice maxime

Element	Combinatie	Val sagetii		% reduction Bailey vs Warren	% reduction Warren vs Bailey
		WARREN	BAILEY		
Deformatia elastica	OM_SLS	-0,187	-0,138	26,20%	-35,51%
	Veh_SLS	-0,14	-0,103	26,43%	-35,92%
Deformatia elastica din utile	P.om	-0,09	-0,067		
	Veh.serv	-0,44	-0,032		

Tabelul 7. Valorile eforturilor axiale maxime

Element	Combinatie	Val ef axial max		% reduction Bailey vs Warren	% reduction Warren vs Bailey
		WARREN	BAILEY		
Talpa sup	OM_ULS	-1357	-1287	5,16%	
	Veh_ULS	-1066	-1010	5,25%	
Talpa inf	OM_ULS	1339	1282	4,26%	
	Veh_ULS	1040	1006	3,27%	
Diagonale +	OM_ULS	319	175	45,14%	
	Veh_ULS	259	140	45,95%	
Diagonale -	OM_ULS	-368	-170	53,80%	
	Veh_ULS	-288	-137	52,43%	
Montanti	OM_ULS	29	-240	927,59%	112,08%
	Veh_ULS	16	-187	1268,75%	108,56%

Diagramele de eforturi din combinația de încărcări din oameni și combinația de încărcări cu vehiculul de serviciu sunt prezentate în Figurile 7 și 8.



Figura 7. Diagrama din combinația de încărcări din oameni





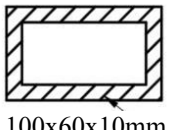
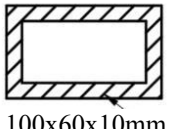
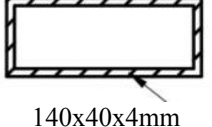
Figura 8. Diagrama din combinația de încărcări din vehiculul de serviciu

3. Dimensionarea structurii 2D

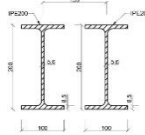
Cele două structuri analizate au fost dimensionate la eforturile obținute în urma analizei bidimensionale. Pentru ambele structuri s-a luat în considerare oțel S27: $f_y = 275 \frac{N}{mm^2}$ și $f_u = 430 \frac{N}{mm^2}$.

Secțiunile transversale utilizate pentru elementele structurii Warren sunt prezentate în Tabelul 8, alături de verificarea de rezistență corespunzătoare solicitării din fiecare element, pentru structura Bailey aceleași elemente sunt prezentate în Tabelul 9.

Tabelul 8. Secțiuni transversale Warren

Element	Secțiune	Solicitare de calcul [kN]	Efort capabil [kN]	Verificare
Talpa inferioară	 180x100x12.5mm	$N_{T.I.W} = 1339$	$N_{pl.Rd.T.I.W} = \frac{A_{T.I.W} * f_y}{\gamma_{M0}}$ $= 1753,13$	$\frac{N_{T.I.W}}{N_{pl.Rd.T.I.W}} = 0,76 < 1$
Talpa superioară	 180x100x12.5mm	$N_{Ed.T.S.W} = -1357$	$N_{b.Rd.T.S.W} = \chi_{T.S.W} * \frac{A_{T.S.W} * f_y}{\gamma_{M1}}$ $= 1494,94$	$\frac{N_{Ed.T.S.W}}{N_{b.Rd.T.S.W}} = 0,91 < 1$
Diagonala comprimată	 100x60x10mm	$N_{Ed.D.c.W} = -368$	$N_{b.Rd.D.W} = \chi_{D.W} * \frac{A_{D.W} * f_y}{\gamma_{M1}}$ $= 412,3$	$\frac{N_{Ed.D.c.W}}{N_{b.Rd.D.W}} = 0,89 < 1$
Diagonala întinsă	 100x60x10mm	$N_{Ed.D.i.W} = 319$	$N_{pl.Rd.D.i.W} = \frac{A_{D.W} * f_y}{\gamma_{M0}}$ $= 770$	$\frac{N_{Ed.D.i.W}}{N_{pl.Rd.D.i.W}} = 0,41 < 1$
Montanți	 140x40x4mm	$N_{Ed.M.W} = 29$	$N_{pl.Rd.M.W} = \frac{A_{D.W} * f_y}{\gamma_{M0}}$ $= 290 \text{ kN}$	$\frac{N_{Ed.M.W}}{N_{pl.Rd.M.W}} = 0,1 < 1$

Tabelul 9. Secțiuni transversale Bailey

Element	Secțiune	Solicitare de calcul [kN]	Efort capabil [kN]	Verificare
Talpa inferioară	2 x IPE 200 	$N_{Ed.T.I.B} = 1282$	$N_{pl.Rd.T.I.B} = \frac{A_{TB} * f_y}{\gamma_{M0}}$ $= 1567,5 \text{ kN}$	$\frac{N_{Ed.T.I.B}}{N_{u.Rd.T.I.B}} = 0,79 < 1$
Talpa superioară	2 x IPE200	$N_{Ed.T.S.B} = -1287$	$N_{b.Rd.T.S.B}$ $= \chi_{T.S.B} * \frac{A_{T.B} * f_y}{\gamma_{M1}}$ $= 1439,25$	$\frac{N_{Ed.T.S.B}}{N_{u.Rd.I.B}} = 0,89 < 1$
Elemente verticale și înclinate	IPE 140	$N_{Ed.i.B} = 240$	$N_{u.Rd.i.B} = 362,48$	$0,66 < 1$

4. Concluzii

În urma analizei realizate s-a constatat că pentru o structură de pasarelă pietonală de aceeași deschidere și gabarit, distribuția eforturilor axiale în structurile de tip Bailey cunosc o reducere de 4...5% în tălpi (talpa superioară și talpa inferioară) comparativ cu structurile de tip Warren, în timp ce valoarea efortului axial este redusă cu 50% în elementele verticale și cele înclinate în structura Bailey.

În urma dimensionării s-a constatat că pentru structura tip Bailey sunt necesare 2 profile IPE200 pentru a prelua solicitările din tălpi, iar pentru elementele înclinate sunt necesare profilele IPE140, a căror dimensiune rezultă din distanța la care sunt dispuse profilele IPE200 din tălpi, din punct de vedere al verificării de rezistență fiind ușor supradimensionate elementele înclinate și verticale.

Tot odată, succesul pe plan mondial al podurilor Bailey este designul modular unic și asamblarea lor cu ajutorul minim de echipamente grele deoarece sunt fabricate din oțel standard care are o greutate proprie mică. Astfel, sunt niște structuri economice atât la nivel de fabricare cât și la nivel de execuție [8].

BIBLIOGRAFIE

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Warren_truss
2. https://www.steelconstruction.info/Trusses#Warren_truss
3. <https://www.engineeringcivil.com/what-are-the-differences-among-warren-truss-howe-truss-and-pratt-truss.html>
4. https://ro.other.wiki/wiki/Bailey_bridge
5. <https://web.mst.edu/~rogersda/umrcourses/ge342/Bailey%20Bridge-revised.pdf>
6. <https://www.chuanu.com/our-products/steel-structures/bailey-bridge/>
7. UT Press, P. Moga, Ș. I. Guțiu, C. Moga, Pasarele pietonale – lucrare de sinteză.
8. <http://m.ro.jsbaileybridge.com/steel-frame-bridge>



TITLUL LUCRĂRII

URMĂRIREA COMPORTĂRII ÎN TIMP ASUPRA TERENURILOR CARE AU UN RISC RIDICAT DE ALUNECARE MONITORIZAT PRIN METODE COMPARATIVE

Autor/autori

Kiss G. Norbert^{2*}

Vlad-Cristian TRIF^{1*}

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, vlad_trif24@yahoo.com

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, norby_n@yahoo.com

Îndrumător/îndrumători

Conf.dr.ing. Adrian RĂDULESCU

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, adrian.radulescu@mtc.utcluj.ro

REZUMAT: Pentru realizarea studiului s-a folosit aparatura: Teodolit Leica TS06, Hi-Target V30 Plus GNSS RTK System și drona Dji matrice m210 rtk v2. Măsurătorile au fost realizate în județul Maramureș în localitatea Sarasău. S-au observat în localitățile respective un risc de alunecare a terenului ridicat și s-a cerut o cercetare asupra zonelor respective. Prelucrarea datelor s-a făcut cu ajutorul aplicațiilor AutoCad, Agisoft Metashape Professional.

Cuvinte cheie

RTK, Dronă, Alunecare de teren

1. Descrierea aparaturii

1.1. Stație totală Leica FlexLine TS 06



Specificatii:

- Deviație standard 5''
- Zoom telescop 30x
- Câmp vizual 1°30' (27 m la 1 Km)
- Distanța minimă de măsurare 1,7 m
- Acuratețe compensator 0.5 ''
- Distanța maximă de măsurare cu prismă rotundă GPH1 – 3500 m
- Măsurare cu laser fără prismă – distanța maximă 500 m



1.2 GPS RTK Hi-Target V30



1.2.1 Specificații receiver Hi-Target V30 GNSS:

Număr de canale: 220

Recepționează semnalele următorilor sateliți:

- GPS simultan L1 C/A, L2 E, L2 C, L5
- Glonass simultan L1 C/A, L1 P, L2 C/A (Glonass M), L2 P
- SBAS simultan L1 C/A, L5
- Giove-A: simultan L1 BOC, E5A, E5B, E5AltBOC1
- Giove-B: simultan L1 CBOC, E5A, E5B, E5AltBOC1
- Galileo: Upgrade

Timp de inițializare: 60 sec

Inițializare RTK: 10 sec

1.2.2 Acuratețe:

- Orizontal static: +/-2.5 mm + 1ppm
- Vertical static: +/-5 mm + 1 ppm
- Orizontal RTK: +/-1 cm + 1 ppm
- Vertical RTK: +/- 2 cm + 1 ppm

1.2.4 Specificații controller iHand 30

1.2.4.1 Configurație hardware

- sistem de operare: Android 6.0
- procesor MTK6737, 4 core, 1.5 Ghz, 64 biti, 2 Gb RAM, 16 Gb stocare interna
- suporta card de stocare externa de pana la 32 Gb
- senzori: G, E-compass, barometru, gyro, light-field
- port USB de tip C

1.2.4.2 Specificatii GNSS

- GNSS: GPS, GLONASS, AGPS
- 20 canale
- rata de actualizare: 1 Hz

1.2.4.4 Date fizice

- greutate 440 g cu baterie
- dimensiuni: 208 x 83 x 24 mm
- temperatura de lucru: -20°C ~ 60°C
- temperatura de depozitare: -30°C ~ 70°C
- factor de protectie la apa si praf: IP67
- rezista ca caderea libera pe beton de la inaltimea de 1.2 m

Sursa de alimentare

Acumulator Li-Ion, 3.7 V, 5200 mAh

Asigura o functionare de 30 ore

Incarcare rapida in 1,4 ore

1.3 Dronă Dji Matrice 210 RTK V2



Drona Matrice 210, include o cameră FPV care permite operatorului să fie cu ochii pe direcția quadcopter-ului, în orice moment.

Aceasta va permite, de asemenea, unui al doilea operator să aibă un control deplin asupra camerei utilizată pe platformă.

DJI Matrice 210 are suport pentru o gama de camere: Z30, X4S, X5S sau XT.

Sistemul dual de acumulatori Matrice 200/ 210 dispune de un sistem de baterii dublu, pentru a furniza redundanta,

în timpul zborului. Suportul pentru baterii include TB50, respectiv TB55 de mare capacitate.

DRONE	
Distanța de zbor	2000-5000 m
Senzori de altitudine	Da
Senzori de coliziune	Da
Timp de zbor	25-30 minute
Transmisie în timp real	Da
Gimbal	Da

TB55 de mare capacitate, va permite Matricei un timp de zbor mai lung, indiferent de setarea aparatului foto utilizat.

1.3.2 Camera și Gimbal Dji Zenmuse X5S



Echipat cu un senzor Micro 4/3, Camera Zenmuse X5S are 12.8 stopuri pe scara dinamică, îmbunătățind sensibilitatea culorilor, în comparație cu precedentul X5R. Zenmuse X5S suportă până la 8 lentile (include cele pentru zoom) cu o distanță focală între 9mm și 45mm (echivalentul cu 18mm-90mm pe o cameră de 35mm), venind cu o flexibilitate mai mare.

Noul sistem de procesare al imaginilor CineCore 2.0 de pe Inspire 2, face ca Zenmuse X5S să fie capabil de captură 5.2K la 30fps cu licențele CinemaDNG, iar cu ajutorul Apple ProRes permite 4K la 60fps (H.264) și 4K

la 30fps (H.265), ambele variante la 100Mbps. Este suportată și fotografierea în mod BURST la 20fps cu 20.8MP.



Senzorul și sistemul optic sunt independente și pot fi interconectate printr-un quick-release conector. Proiectarea camerei în acest fel, protejează senzorul de interferențele magnetice ale procesorului. Permite de asemenea atașarea unor camere ușoare în diferite situații.

Senzorul M4/3 și suportul de lentile interschimbabile îi permite camerei Zennuse X5S să captureze imagini de rezoluție și calitate mare, toate cu ajutorul sistemului de procesare al imaginilor CineCore 2.0.

Senzor îmbunătățit Micro 4/3

Acest senzor a fost îmbunătățit, cu dimensiunea unui pixel de 3.3.μm și 20.8MP, acest senzor capturează detaliile mult mai clar față de versiunea precedentă. Are 12.8 stop-uri pe scară dinamică, de asemenea funcția “noise ratio” și “color sensitivity” vor permite crearea unor materiale de foarte înaltă calitate.

Lentile compatibile

Cu noul Micro 4/3, camera DJI Zennuse X5S permite adaptarea a maxim 8 lentile profesionale cu distanțele focale cuprinse între 9mm și 45mm.

Utilizând CineCore 2.0., camera Zennuse X5S înregistrează video la rezoluția de 5.2K la 30fps cu licența CinemaDNG (12bit), 5.2K la 30fps cu Apple ProRes 422 HQ și 4K la 30fps cu Apple ProRes 4444 QX.

Opțiunile adiționale includ video-uri 4K la 60fps (H.264) sau 4K la 30fps (H.264/H.265), ambele cu 100Mbps.

Raza de acțiune mare și focus

Preia controlul camerei, formatului, și setărilor cu ajutorul aplicației DJI GO. Funcția opțională DJI Focus permite controlul filmărilor pe toată durata transmisiei. Utilizând DJI Focus, nu sunt necesare cabluri sau dispozitive suplimentare, tehnologia Lightbridge fiind mai mult decât suficientă în trimiterea/receptarea semnalelor de până la 7km. (în condițiile în care nu sunt interferențe).

2. Prezentarea Soft-urilor în care am prelucrat datele

2.1 AutoCad Map

AutoCad este un program CAD utilizat în proiectarea planurilor de construcție în două dimensiuni (2D), mai puțin în trei dimensiuni (3D), dezvoltat și comercializat de compania americană Autodesk.

Printre caracteristicile principale ale AutoCAD-ului se pot enumera:

- Crearea unor construcții geometrice corecte;
- Existența obiectelor grafice și multiplele posibilități de definire a acestora de către utilizator;
- Posibilitățile de editare a elementelor grafice;
- Existența unui sistem de cotare și hașurare foarte elaborat;
- Capacitatea de modelare în două și trei dimensiuni;



2.2 AgiSoft

AgiSoft este un produs software de sine stătător care efectuează procesarea fotogrametrică a imaginilor digitale și generează date spațiale 3D pentru a fi utilizate în aplicații GIS, documentația patrimoniului cultural și producția de efecte vizuale, precum și pentru măsurători indirecte de obiecte de diferite scale.

3. Prezentarea zonei de interes

Zona studiată a fost aleasă deoarece au fost surprinse alunecări de teren semnificative și dorim să monitorizăm acestea pentru a evita propagarea în continuare ale acestora.



4. Prezentarea metodelor

4.1 Metoda clasică

4.1.1 Măsurare prin GPS și Stație totală

Prima metodă constă în măsurători efectuate cu stația totală Leica FlexLine TS 06 și s-a efectuat o drumuire formată din 2 puncte de stație din care s-au radiat detaliile din teren prin metoda radierii, efectuându-se măsurători din toate cele 2 puncte de stație, care au fost determinate prin măsurători GNSS.

Principalele operațiuni realizate în această etapă au constat în stabilirea poziției în teren a celor 20 borne supuse monitorizării, identificarea zonelor în vederea efectuării profilurilor, efectuarea măsurătorilor, iar în urma prelucrării acestora a rezultat planul de situație și modelul 3D al terenului, prelucrarea datelor s-a realizat cu ajutorul softurilor: Autocad Map 3D, TopoLT.

Pentru o mai bună eficientizare a lucrărilor topo-geodezice s-au efectuat măsurători cu ajutorul tehnologiei GPS GNSS, în mod RTK, cu ajutorul GPS-ului Hi-Target V30, în paralel cu măsurătorile efectuate cu stația totală. În general, s-a folosit GPS-ul pentru determinarea coordonatelor punctelor de stație, coordonate care s-au obținut prin metode RTK, prin fixarea „ciupercii” GPS-ului deasupra punctului de stație, cu ajutorul trepidului și a modului baza a acestuia, și utilizând media a 10 citiri. De asemenea, GPS-ul s-a mai folosit pentru îndesirea punctelor radiate, precum și la ridicarea de puncte radiate care nu au putut fi ridicate cu ajutorul stației totale, datorită vizibilității.

4.2 Măsurare cu ajutorul dronelor

După efectuarea măsurătorilor prin metode clasice, am trecut și la efectuarea măsurătorilor cu ajutorul metodelor moderne, și anume utilizând UAV-ul (Unmanned Aerial Vehicle) sau drona, cum mai este cunoscută în termeni populari.

Drona pe care am folosit-o a fost de la producătorul DJI, seria Matrice (seria lor enterprise), modelul 210 RTK V2, precum și telecomanda acestuia. La aceasta am avut atașată și camera DJI Zenmuse X5S, care a efectuat fotografiile.



Etapa de teren propriu-zisă utilizând această metodă a constat în calibrarea dronei (giroscop, camera, GPS) și setarea parametrilor acesteia, delimitarea arealului ce trebuie măsurat de aceasta, pe urmă, aceasta a calculat care este traseul optim de abordat precum și de câte fotograme este nevoie a fi efectuate. După ce s-au rezolvat toate acestea, s-a efectuat zborul în modul de pilot automat, drona putând fi controlată de la sol în caz ca apar neregularități. După efectuarea traseului, drona revine și aterizează în aceeași locație în care a decolat, urmând a fi recuperată de către pilot/observator. Toate aceste operațiuni pe care le-am enumerat mai sus au durat în jur de 30 de min.

5. Compararea metodelor

Începând cu situația dată în teren (forma de relief, prezența vegetației, sol dezechilibrat) putem observa faptul că zona studiată are un grad de dificultate ridicat din punct de vedere topografic. Aparatura trebuie deplasată de către operatori o distanță semnificativă, minimul de personal trebuie să conțină minim 2 persoane care să facă față misiunii. Acoperirea semnalului RTK fiind una redusă deoarece zona studiată prezintă o vegetație care nu permite semnalului o să redea o precizie maximă. Toate punctele de detaliu trebuie radiate, în cazul unei zone accentuate această metodă trebuie făcută cu o acuratețe mare (puncte ridicate din 0,5 în 0,5 metrii). Prin descrierea respectivă putem observa că lucrarea necesită mult timp de teren și de efort fizic. Din această cauză dorim să prezentăm o nouă metodă mai eficientă prin care să încurajăm ca măsurătorile să fie realizate într-un timp mult mai util și precis.

Prin metode fotogrammetrice de ultimă generație dorim să prezentăm un model de lucru care poate să fie revoluționar pentru multe persoane autorizate. Drona poate fi folosită în cinematografie, fotogrammetrie, telemetrie, topografie, etc.

În topografie ne bazăm pe date fotogrammetrice de precizie și de senzori foarte puternici care reușesc să scaneze și să redea situația din teren cu o precizie uluitoare. Beneficiul utilizării acestei metode este că reduce timpul de lucru, dacă pe teren cu metode clasice am făcut observații timp de 2-3-4 ore în funcție de echipaj, de pregătirea acestora și de condiția fizică ale acestora, cu drona un zbor se aproximează undeva la 5 minute. În teren reușim cu gps-ul și stația totală să facem observații asupra unui set de puncte în jur de 200-300, un zbor mediu cu drona realizează undeva la 6.000.000 de puncte. Redarea modelului 3D este unul foarte amplu, curbele de nivel au o exactitate apropiată de realitate. Profilele și calculul volumelor sunt redată cu o marjă de eroare mult mai mică. Drona poate fi conectată la o rețea RTK și poate primi date cu poziția sa, ușurând operatorului să transforme datele în sistem Stereografic.

Suntem conștienți că această metodă nu se poate aplica mereu, sunt cazuri în care trebuie folosite metode clasice. Depinde foarte mult de condițiile dronei achiziționate și de performanțele acesteia. În unele cazuri legislația pilotului de dronă nu permite efectuarea unui zbor asupra anumitor locuri fără o permisiune sau în cazul zonelor protejate necesită mai multe aprobări. Metoda pe care am prezentat-o este una de viitor și dorim să informăm, să ajutăm și să evoluăm tehnologia.

BIBLIOGRAFIE

1. [Marcad - Stație totală Leica FlexLine TS 06 Plus 5" R500 SH](#)
2. [Marcad - GPS RTK Hi-Target V30](#)
3. [Drona Profesională DJI Matrice 200/ 210/ RTK, Rezistentă la intemperii, 38 min zbor | GNEX](#)
4. [Camera și Gimbal Dji Zenmuse X5S, 5.2K, 20Mpx , pentru Inspire 2 | GNEX](#)
5. [Agisoft Metashape](#)
6. https://www.usamvcluj.ro/files/teze/2015/szilagyi_istvan.pdf



DETERMINAREA NUMERICĂ A PARAMETRILOR DE TRANSFORMARE A COORDONATELOR ÎNTRE DOUĂ SISTEME DE REFERINȚĂ

Autori

Răzvan-Gabriel ALEXE¹, Laura Andreea EFTINCĂ²

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, [e-mail: galexell@yahoo.com](mailto:galexell@yahoo.com).

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, [e-mail: lauraeftinca@yahoo.com](mailto:lauraeftinca@yahoo.com).

Îndrumători

Prof.Dr.Ing. Ioel D. VEREȘ³, Șef lucr.dr.ing. Raluca GÂLGĂU⁴

³Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, [e-mail: ioel.veres@mtc.utcluj.ro](mailto:ioel.veres@mtc.utcluj.ro)

⁴Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, [e-mail: raluca.farcas@mtc.utcluj.ro](mailto:raluca.farcas@mtc.utcluj.ro)

REZUMAT: Transformarea coordonatelor dintr-un sistem de referință în altul reprezintă o operație importantă întâlnită frecvent în domeniul ingineriei geodezice. Transformările pot fi efectuate între sisteme de referință plane sau între sisteme de referință spațiale pe baza unor parametri de transformare. Dacă parametri de transformare sunt cunoscuți, transformarea coordonatelor se face ușor. Determinarea parametrilor de transformare rămâne o problemă complicată mai ales când e vorba de transformarea între două sisteme spațiale. Lucrarea de față prezintă modul în care pot fi determinați parametri de transformare prin rezolvarea numerică a unor sisteme de ecuații neliniare.

Cuvinte cheie

Sisteme de coordonate, parametri de transformare, ecuații neliniare, rezolvare numerică.

1. Importanța transformărilor de coordonate

Reprezentarea suprafeței terestre se face folosind de la o regiune la alta sisteme de referință diferite. Existența mai multor sisteme de referință e motivată de o mulțime de aspecte ce au stat la baza conceperii acestor sisteme. De exemplu, în țara noastră s-au folosit proiecții și sisteme de referință locale pentru a rezolva probleme de ordin local. Dar odată cu trecerea timpului a fost necesară rezolvarea unor probleme de ordin național sau internațional, astfel că au fost concepute alte sisteme de referință.

De-a lungul timpului s-au creat baze de date prin care sunt descrise pozițiile unui număr mare de obiecte sau puncte din spațiul terestru dar există dezavantajul ca, adesea, informațiile sunt date într-un sistem de referință, iar din punct de vedere practic ar fi importantă cunoașterea într-un alt sistem de referință. Astfel, este necesară corelarea bazelor de date pentru a face posibilă transformarea coordonatelor între sisteme. De exemplu, odată cu introducerea tehnologiei G.N.S.S. (*Global Navigation Satellite Systems*) în măsurătorile terestre de precizie efectuate pe teritoriul României, cererea pentru transformările directe și inverse între sistemele naționale/locale de coordonate și cele internaționale (W.G.S. 84, E.T.R.S. 89) a devenit din ce în ce mai acută.

De asemenea, transformările de coordonate sunt întâlnite frecvent în prelucrarea măsurătorilor realizate cu tehnici moderne, cum ar fi tehnologia L.I.D.A.R. sau U.A.V.. Norul de puncte obținut este adesea cunoscut într-un sistem de referință local și trebuie georeferențiat într-un sistem de referință folosit la scară mai largă. Georeferențierea

presupune existența unui număr de puncte comune, puncte care să fie cunoscute, atât în sistemul local, cât și în sistemul general. Tocmai din acest motiv se face un reperaj la sol, ca și în determinările fotogrammetrice, ca apoi întregul ansamblu de informații achiziționate să fie "așezat" peste punctele cunoscute în sistemul de referință general.

Transformarea coordonatelor dintr-un sistem în altul se poate face pe baza unor parametri de transformare.

2. Determinarea parametrilor de transformare

Numărul parametrilor de transformare depinde de factorii care fac diferența între cele două sisteme de referință [1].

În cazul sistemelor de referință plane, pot exista trei sau patru parametri de transformare. Trecerea de la un sistem la altul se poate face prin translație, rotație și eventual mărire sau micșorări la scară. Astfel, transformarea depinde de 2 parametri de translație (câte unul pe fiecare axă), 1 parametru de rotație și eventual 1 parametru de scară.

În cazul sistemelor de referință spațiale, transformarea depinde mai mulți parametri. Și de această dată trecerea de la un sistem la altul se poate face prin translație, rotație și eventual mărire sau micșorări de scară, însă în astfel de situații vor exista 3 parametri de translație (câte unul pe fiecare axă), 3 parametri de rotație (câte unul în jurul fiecărei axe) și unul sau mai mulți parametri de scară.

Considerând că trecerea de la un sistem spațial la altul se face prin mărire/micșorare izotropă (la fel pe toate cele 3 direcții din spațiu), atunci transformarea va fi caracterizată de 7 parametri. În alte situații se poate considera că trecerea de la un sistem spațial la altul se face prin mărire/micșorare anizotropă (diferită pe cele 3 direcții din spațiu), atunci transformarea va fi caracterizată de 9 parametri de transformare, adică 3 parametri pentru translații, 3 parametri pentru rotații și 3 parametri de scară (câte unul pentru fiecare direcție).

2.1. Transformarea plană cu 4 parametri

Considerând două sisteme de referință "A" și "B" deplasate unul față de celălalt ca în figura 1, poziția unui punct P poate fi exprimată în ambele sisteme iar legătura dintre coordonate este dată prin relațiile (1).

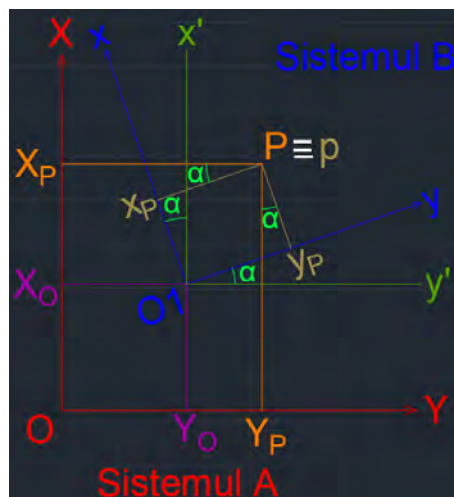


Figura 1. Poziția unui punct P exprimată în două sisteme de referință

$$X_P^A = X^O + m \cdot (x_P^B \cdot \cos \alpha + y_P^B \cdot \sin \alpha) \quad (1)$$



$$Y_P^A = Y^O + m \cdot (-x_P^B \cdot \sin \alpha + y_P^B \cdot \cos \alpha)$$

unde:

$X_P^A; Y_P^A$ sunt coordonatele punctului P în sistemul A;

$x_P^B; y_P^B$ sunt coordonatele punctului P în sistemul B;

$X^O; Y^O$ sunt parametrii de translație;

α este parametrul de rotație iar m este parametrul de scară.

Relațiile (1) pot fi scrise în formă matriceală astfel:

$$X^A = X + m \cdot R \cdot x^B \quad (2)$$

unde

$$X^A = \begin{pmatrix} X_P^A \\ Y_P^A \end{pmatrix}; \quad X = \begin{pmatrix} X^O \\ Y^O \end{pmatrix}; \quad R = \begin{pmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}; \quad x^B = \begin{pmatrix} x_P^B \\ y_P^B \end{pmatrix} \quad (3)$$

Dacă se cunosc coordonatele unui singur punct în ambele sisteme de referință, sistemul (1) nu este suficient pentru determinarea celor patru parametri de transformare, deoarece din două ecuații nu pot fi determinate patru necunoscute. Ca urmare este necesară cunoașterea a două puncte din care se pot forma 4 ecuații.

Deși sistemul (1) este neliniar, totuși rezolvarea lui se poate face relativ ușor. Dacă P și Q sunt cele două puncte cunoscute în ambele sisteme, se poate determina mai întâi unghiul de rotație între cele două sisteme ca fiind diferența orientărilor dintre P și Q calculate din coordonate în cele două sisteme de referință (Figura 2).



Figura 2. Determinarea unghiului de rotire

Parametrul de scară se poate determina ca raport al distanțelor dintre punctele P și Q, calculate în cele două sisteme de referință din coordonate.

Parametrii de translație se pot determina apoi foarte ușor din relațiile (1) scrise pentru unul dintre punctele P și Q.

2.2. Transformarea spațială cu 7 parametri

Transformarea spațială este mult mai des utilizată dar are o rezolvare mult mai complexă, deoarece determinarea parametrilor de transformare necesită rezolvarea unui sistem de 7 ecuații neliniare [1].

Pentru un punct cunoscut în ambele sisteme (figura 4) se pot scrie trei ecuații cuprinse într-o relație matriceală de forma:

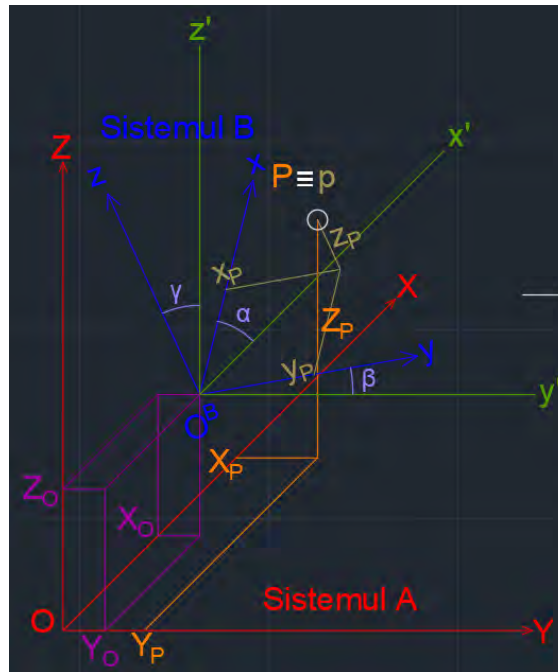


Figura 3. Poziția reciprocă a doua sisteme de coordonate spațiale

$$\begin{pmatrix} X_P^A \\ Y_P^A \\ Z_P^A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X^O \\ Y^O \\ Z^O \end{pmatrix} + m \cdot R \cdot \begin{pmatrix} x_P^B \\ y_P^B \\ z_P^B \end{pmatrix} \quad (4)$$

unde matricea R are forma (5):

$$R = \begin{pmatrix} \cos\beta \cos\gamma & -\cos\beta \sin\gamma & \sin\beta \\ \cos\alpha \sin\gamma + \sin\alpha \sin\beta \cos\gamma & \cos\alpha \cos\gamma - \sin\alpha \sin\beta \sin\gamma & -\sin\alpha \cos\beta \\ \sin\alpha \sin\gamma - \cos\alpha \sin\beta \cos\gamma & \sin\alpha \cos\gamma + \cos\alpha \sin\beta \sin\gamma & \cos\alpha \cos\beta \end{pmatrix} \quad (5)$$

Valorile α, β, γ sunt parametrii de rotație, adică acele unghiuri de rotație a axelor unui sistem de referință față de axele celuilalt sistem de referință.

Când unghiurile de rotație în jurul axelor au valori mici, se poate folosi matricea de rotație din relația (6):

$$R = \begin{pmatrix} 1 & \varepsilon_Z & -\varepsilon_Y \\ -\varepsilon_Z & 1 & \varepsilon_X \\ \varepsilon_Y & -\varepsilon_X & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

unde $\varepsilon_X, \varepsilon_Y, \varepsilon_Z$ reprezintă unghiurile euleriene.

Soluția precisă a unei transformări spațiale este posibilă doar prin folosirea matricei de rotație descrisă de relația (5), mai ales în situațiile în care unghiurile de rotație în jurul axelor au valori mari. Acest fapt conduce la un set complex de relații neliniare prin care sunt descrise transformările dintre sisteme.



Determinarea celor 7 parametri de transformare necesită 7 ecuații care pot fi obținute prin cunoașterea a trei puncte în ambele sisteme de referință. Având în vedere ca pentru un punct comun celor două sisteme pot fi scrise 3 ecuații, două puncte ar asigura doar 6 relații iar cea de-a 7-a relație poate fi oricare din relațiile scrise pentru al treilea punct comun.

3. Rezolvarea sistemului de ecuații neliniare

Relațiile care stabilesc legăturile între cele două sisteme de coordonate corelate prin n parametri de transformare, pot forma un sistem a cărui formă generală este

$$\begin{aligned} F_1(x_1; x_2; \dots; x_n) &= 0 \\ F_2(x_1; x_2; \dots; x_n) &= 0 \\ &\dots \\ F_n(x_1; x_2; \dots; x_n) &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

unde necunoscutele $x_1; x_2; \dots; x_n$ sunt chiar parametrii de transformare între cele două sisteme iar expresiile F_1, F_2, \dots, F_n sunt ecuații neliniare.

Rezolvarea unui astfel de sistem se poate face numeric [2] prin alegerea arbitrară a unui set de valori $x_1^0; x_2^0; \dots; x_n^0$ pentru cei n parametri de transformare.

Prin dezvoltare în serii Taylor a expresiilor F_1, F_2, \dots, F_n în jurul valorilor $x_1^0; x_2^0; \dots; x_n^0$ și luând în considerare doar termenii de ordinul I ai dezvoltărilor, sistemul (7) poate fi scris în forma matriceală (8):

$$F + J \cdot dX = 0 \quad (8)$$

Unde:

$$F = \begin{pmatrix} F_1(x_1^0; x_2^0; \dots; x_n^0) \\ F_2(x_1^0; x_2^0; \dots; x_n^0) \\ \dots \\ F_n(x_1^0; x_2^0; \dots; x_n^0) \end{pmatrix}; \quad J = \begin{pmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial x_1} & \frac{\partial F_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial F_2}{\partial x_1} & \frac{\partial F_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_2}{\partial x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial F_n}{\partial x_1} & \frac{\partial F_n}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_n}{\partial x_n} \end{pmatrix}; \quad dX = \begin{pmatrix} dx_1 \\ dx_2 \\ \dots \\ dx_n \end{pmatrix} \quad (9)$$

Valorile $dx_1; dx_2; \dots; dx_n$ reprezintă creșterile din jurul valorilor $x_1^0; x_2^0; \dots; x_n^0$ care ar asigura îndeplinirea relațiilor (7) respectiv (8). Altfel spus, valorile $dx_1; dx_2; \dots; dx_n$ reprezintă corecțiile care trebuie aduse parametrilor de transformare $x_1^0; x_2^0; \dots; x_n^0$ aleși în mod arbitrar pentru început. Astfel valorile $dx_1; dx_2; \dots; dx_n$ joacă rolul necunoscutelor în sistemul (8) și se pot determina cu relația:

$$dX = -J^{-1} \cdot F \quad (10)$$

Determinarea corecțiilor parametrilor de transformare se face în mai multe etape. În prima etapă:

$$X^{(1)} = X^{(0)} + dX^{(1)} \quad (11)$$

Valorile obținute în prima etapă vor constitui valorile de plecare în etapa următoare de căutare a soluției. Pentru etapa k , determinarea parametrilor de transformare se poate face cu relația:

$$X^{(k)} = X^{(k-1)} + dX^{(k)} \quad (12)$$



Procesul de căutare se oprește atunci când, de la o aproximare la alta, valorile parametrilor de transformare variază nesemnificativ sau când sunt îndeplinite relațiile (7).

4. Studiul de caz

Studiul de caz a fost realizat pe un eșantion de trei puncte P, Q și R cunoscute în două sisteme de referință diferite – Sistemul A și Sistemul B. Coordonatele celor trei puncte au fost introduse într-o foaie de lucru din programul Microsoft Excel, ca în figura 4:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2	<i>Determinarea numerică a parametrilor de transformare a coordonatelor între două sisteme de referință</i>										
3											
4	Nr. Punct	Coordonate	Sistem A	Sistem B							
5	P	X _P [m]	1369,763	1395,000							
6		Y _P [m]	3011,031	2087,000							
7		Z _P [m]	1608,434	759,000							
8	Q	X _Q [m]	1532,555	1523,000							
9		Y _Q [m]	2973,638	1964,000							
10		Z _Q [m]	1541,763	790,000							
11	R	X _R [m]	1407,616	1482,000							
12		Y _R [m]	3099,527	2123,000							
13		Z _R [m]	1570,928	716,000							

Figura 4. Coordonatele punctelor comune

Valorile inițiale ale parametrilor de transformare au fost alese în mod aleatoriu și completate ca în figura 5, celulele C17-C23. Pe baza lor și a coordonatelor punctelor P, Q și R cunoscute în ambele sisteme s-au determinat valorile expresiilor F din relația (9):

$$F17 = C17 + C20 * (E22 * E23 * \$D\$5 + (-E22 * D23) * \$D\$6 + D22 * \$D\$7) - \$C\$5$$

$$F18 = C18 + C20 * ((E21 * D23 + D21 * D22 * E23) * \$D\$5 + (E21 * E23 - D21 * D22 * D23) * \$D\$6 + (-D21 * E22) * \$D\$7) - \$C\$6$$

$$F19 = C19 + C20 * ((D21 * D23 - E21 * D22 * E23) * \$D\$5 + (D21 * E23 + E21 * D22 * D23) * \$D\$6 + E21 * E22 * \$D\$7) - \$C\$7$$

$$F20 = C17 + C20 * (E22 * E23 * \$D\$8 + (-E22 * D23) * \$D\$9 + D22 * \$D\$10) - \$C\$8$$

$$F21 = C18 + C20 * ((E21 * D23 + D21 * D22 * E23) * \$D\$8 + (E21 * E23 - D21 * D22 * D23) * \$D\$9 + (-D21 * E22) * \$D\$10) - \$C\$9$$

$$F22 = C19 + C20 * ((D21 * D23 - E21 * D22 * E23) * \$D\$8 + (D21 * E23 + E21 * D22 * D23) * \$D\$9 + E21 * E22 * \$D\$10) - \$C\$10$$

$$F23 = C17 + C20 * (E22 * E23 * \$D\$11 + (-E22 * D23) * \$D\$12 + D22 * \$D\$13) - \$C\$11$$

Blocul G17:M23 conține Jacobianul din relația (9), adică matricea cu derivatele funcțiilor din celulele F17:F23 în funcție de parametrii de transformare din celulele C17:C23.

Matricea inversă J^{-1} și matricea creșterilor/corecțiilor dX au fost calculate cu relațiile:

$$N17:T23 = \text{MINVERSE}(G17:M23)$$

$$O17:O23 = \text{MMULT}(N17:T23; F17:F23)$$



Formulele din foaia de lucru au fost scrise în așa fel încât să poată fi copiate la pașii următori din procesul de căutare a soluției. Astfel întreg blocul D17:O23 poate fi preluat prin copiere la pașii următori.

Începând de la pasul al doilea, valorile parametrilor de intrare în pasul respectiv se calculează ca sume între valorile parametrilor și corecțiile acestora preluate de la pasul precedent. Astfel:

$$C24 = C17 + U17$$

iar formula din C24 se copiază mai jos în blocul C25:C51.

Se poate observa că, după primii 5 pași de aproximare se obțin valori ale parametrilor de transformare prin care se asigură o bună corelare a coordonatelor dintre cele două sisteme.

5. Concluzii

Transformările de coordonate între două sisteme de referință sunt regăsite în mod aplicativ atunci când informațiile de natură topo-geodezică trebuie transferate dintr-un sistem de referință în altul. Transformarea în bune condiții a coordonatelor se poate face doar dacă sunt bine cunoscuți parametrii de transformare. În cazul transformărilor între sisteme spațiale care necesită cel puțin 7 parametri de transformare, aflarea parametrilor este greoaie sau chiar imposibilă pe cale analitică. Din acest motiv lucrarea de față prezintă o variantă numerică de rezolvare a sistemelor de ecuații neliniare din care rezultă parametrii de transformare. Rezolvarea numerică se face într-un număr mic de pași, iar aceștia pot fi rezolvați destul de ușor în Microsoft Excel atunci când beneficiem de faptul că relațiile folosite pentru primul pas pot fi copiate și utilizate în pașii următori de căutare a soluției. De asemenea, odată creat un șablon de calcul în Excel, acesta poate fi utilizat și pentru alte situații similare, singura modificare fiind asupra coordonatelor punctelor comune dintre cele două sisteme care trebuie corelate.

BIBLIOGRAFIE

1. Vereș I., *Automatizarea lucrărilor topo-geodezice*, Editura Universitas, 2006
2. Vereș I. *Metode numerice*, Note de curs, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2020
3. Vereș I. *Compensarea măsurătorilor și statistică matematică*, Note de curs, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2021
4. Ruffhead A.C., Whiting B.M., *Introduction to geodetic datum transformations and their reversibility*, University of East London, 2020
5. *** *Mică enciclopedie matematică*, Editura Tehnică, 1980
6. Ortelecan M. *Geodezie elipsoidală*, Note de curs, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2021
7. Ortelecan M. *Geodezie matematică*, Note de curs, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2021
8. Naș S. *Topografie generală*, Note de curs, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2020

Tehnici moderne de preluare a datelor de tip “Point Cloud” necesare în reabilitarea monumentelor istorice

Autor/autori

Ing. Iuliu S. IVANCIUC

*Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca,
ivanciuciuliu@gmail.com (autorul corespondent)*

Îndrumător/îndrumători

Conf. dr.ing.Sanda NAȘ

*Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca,
sanda.nas@mtc.utcluj.ro*

Șef l.dr.ing.Raluca GÂLGĂU

*Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca,
raluca.farcas@mtc.utcluj.ro*

Rezumat:

Lucrarea de față tratează un studiu comparativ asupra metodelor moderne de preluare și prelucrare a datelor de tip “Point Cloud” în vederea evaluării stării de degradare a clădirilor de patrimoniu. Analiză s-a realizat pe baza unui studiu de caz asupra unei cladiri inclusă în programul de conservare și reabilitare a clădirilor din patrimoniul național amplasată în municipiul Sighisoara, jud. Mures.

Cuvinte cheie

Nor de puncte, scaner 3D, UAV, reabilitare, precizie.

1. Introducere:

Municipiul Sighisoara este situat într-o zonă coliniară a Podisului Tarnavelor, la poalele dealurilor: Gării în partea de nord, Stejariș în partea de est, Dealul de Mijloc în partea de sud, Bradet în partea de vest și dominat de Dealul Cetății. Localitatea are o suprafața totală de aproximativ 7.12km² fiind situată la o distanță de 56 km de municipiul Tîrgu Mures.



Fig.1 Localizare- Mun. Sighisoara



Fig.2 Obiectiv- Monumentul istoric
“Casa istorică” str. Zaharia Boiu nr. 9

Zona Municipiul Sighisoara este cunoscută ca o zonă cu un număr mare de clădiri istorice incluse în patrimoniul cultural național al României. Aceste clădiri se află într-o stare avansată de degradare, fapt ce impune conservarea și reabilitarea lor pentru a rămâne mărturie istorice generațiilor viitoare.

2. Metode și aparate

O etapă premergătoare alegerii aparaturii topografice pentru realizarea obiectivului este cea de identificare a zonei de studiu și aprecierea caracteristicilor geometrice ale acestuia. În urma analizei s-a constatat o amprentă la sol a construcției de aproximativ 200 mp și un regim de înălțime de P+E. În acest context, pentru obținerea rezultatelor cerute de beneficiar, s-a ales o aparatură topografică cu specificații tehnice de nivel mediu, din punct de vedere al performanțelor tehnice.

Pentru îndeplinirea obiectivului propus în cadrul acestei lucrări s-au utilizat două tehnici avansate de preluare a datelor de tip "Point Cloud" și anume:

- Tehnologia de scanare laser terestră – unde s-a utilizat ca aparatură un scanner 3D Leica Blk 360
- Tehnologia UAV – aparatură utilizată fiind o dronă DJI Mavic Pro.

Tehnologia de Scanare Laser Terestră

Preluarea datelor în cadrul acestei tehnologii s-a realizat cu un scanner 3D Leica Blk 360. Aparatul utilizează un fascicul laser, pentru preluarea informațiilor din teren, care poartă și denumirea de "Point Cloud" sau "Nor de puncte". Capacitatea de preluare a acestuia este de 360.000 de puncte/secundă, având o acuratețe de 4-7mm la o distanță cuprinsă în intervalul 10-20m. Acest aparat a fost montat pe un trepied extensibil, care are posibilitatea de extindere pe verticală până la o înălțime de 3.6 m, fapt ce permite preluarea detaliilor de la nivelurile superioare a construcției cu eficiență și precizie ridicată.

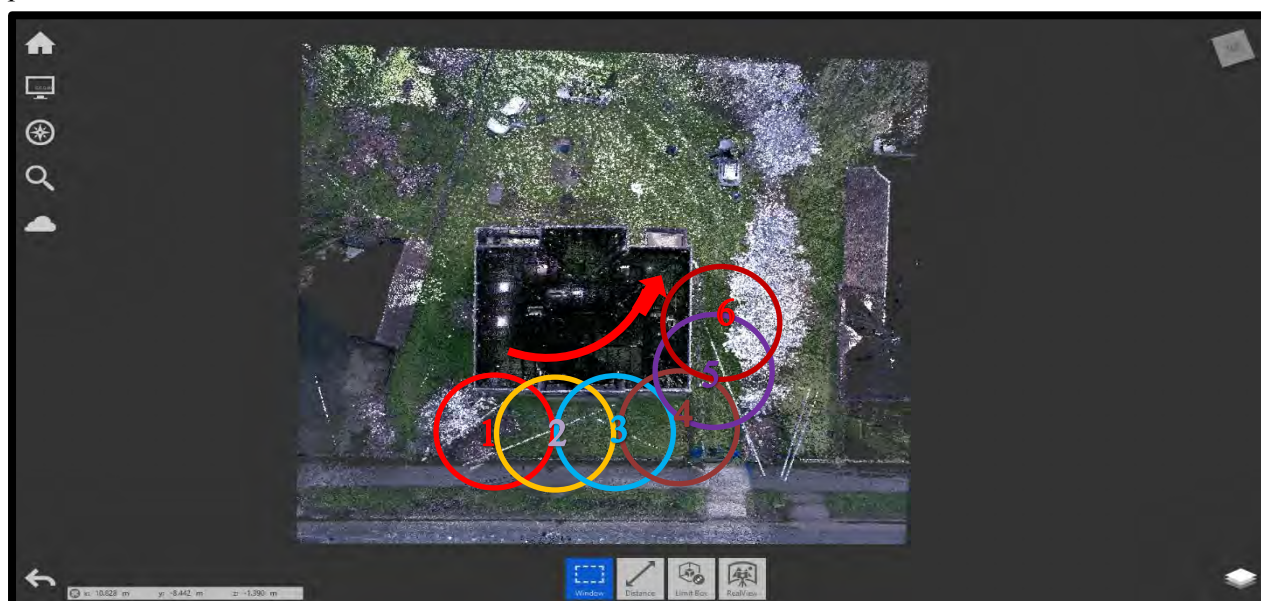


Fig. 3 Poziționarea stațiilor pentru realizarea scanării 3D cu scanner BLK 360

Pentru translatarea norului de puncte și georeferențierea acestuia, în sistemul national planimetric Stereografic 70 (STEREO70), am utilizat o rețea de sprijin, realizată 3 puncte materializate, amplasate în curtea interioară. Coordonatele acestor puncte, din rețeaua de sprijin, au fost determinate cu ajutorul unui aparat HiTarget V90 plus, dotat cu un controler IHand30.

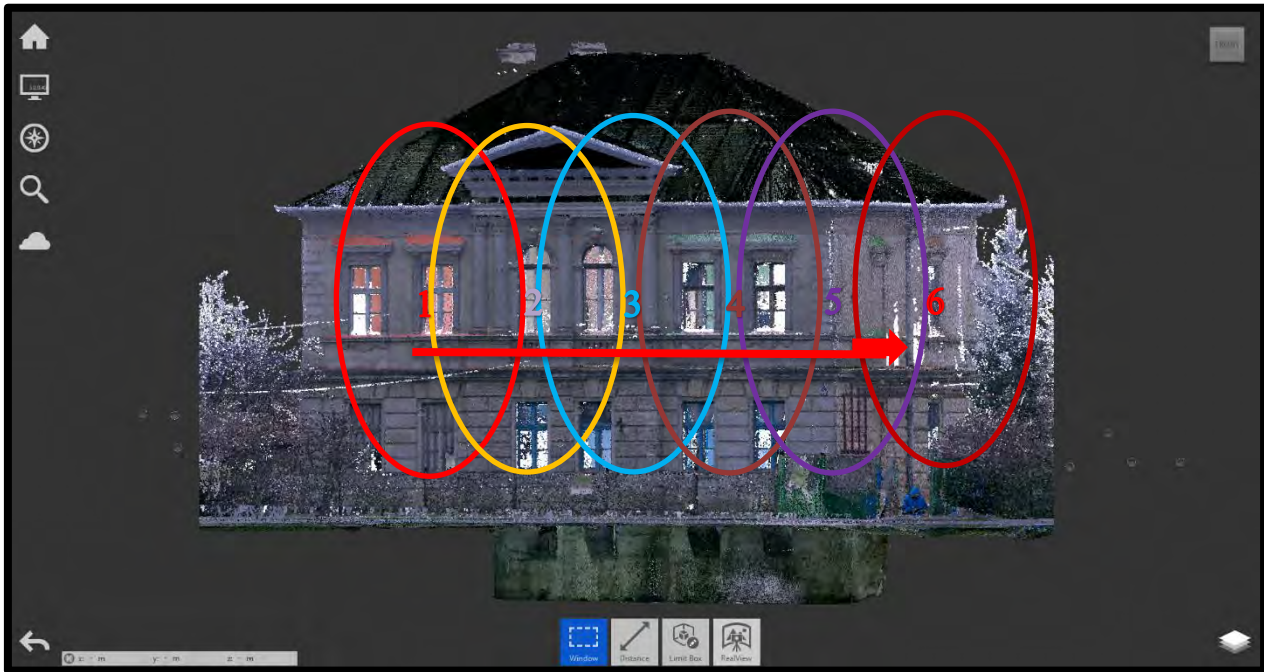


Fig. 4 Poziționarea stațiilor pentru realizarea scanării 3D cu scanner BLK 360

Fiecare bulină colorată (vezi Fig. 4) reprezintă o stație în care scannerul 3D a fost poziționat, aceasta reprezentând o zona care a fost scanată dintr-o poziție fixă. Aceste stații se realizează printr-o însiruire (într-un caz ideal pentru o bună gestionare a datelor) sau pot să fie aleatorii, însă în final trebuie să existe anumite stații de legătură cu o anumită cantitate de informații comune, pentru unirea acestora.

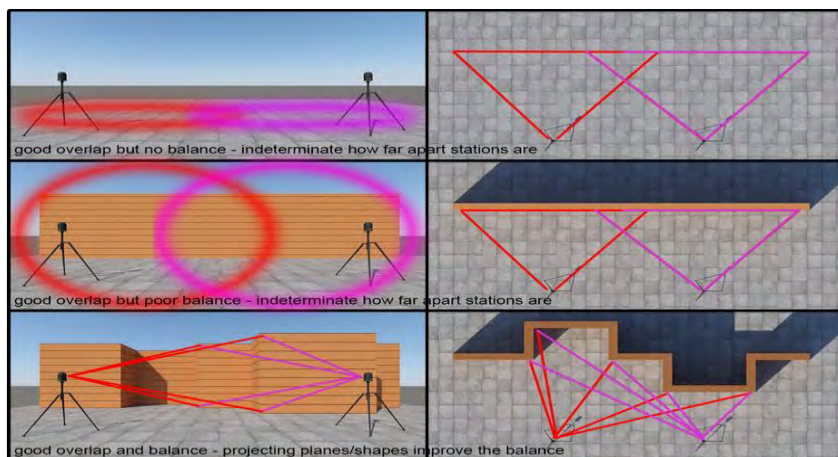


Fig.5 Poziționarea corectă a stațiilor de scanare

Aceste informații comune sunt necesare pentru o bună unire a stațiilor. În cazul preluării informațiilor preluate cu ajutorul scannerului BLK360, este necesară realizarea unei poligonatii, în jurul construcției, fiecare stație fiind unică. Programul în care a fost realizată unirea și prelucrarea punctelor, lucrează după 2 parametri, urmând ca precizia de determinare a punctelor să fie legată direct de acești 2 parametri, prezentată în (vezi Fig.6). Primul parametru este identificat prin cantitatea de informații comune captată din două stații succesive, în program fiind identificat ca și termenul de “overlap”. Cel

de-al doilea parametru identificat ca și “balance”, este legat direct de zona de scanare, astfel încât existența mai multor planuri cu poziționari diferite, în spațiu, ajută la o unire și prelucrare mult mai eficientă și corectă

scan name	overlap	balance	points < 6mm
sighisoara 99	39.3%	83.9%	98.9%
sighisoara 98	49.7%	84.7%	99.2%
sighisoara 97	44.6%	82.8%	98.0%
sighisoara 96	44.6%	72.6%	99.1%
sighisoara 95	43.7%	73.1%	99.2%
sighisoara 94	41.2%	82.9%	100.0%
sighisoara 93	42.5%	29.0%	99.4%
sighisoara 92	55.1%	71.5%	100.0%
sighisoara 91	55.5%	69.8%	100.0%
sighisoara 90	69.5%	71.8%	100.0%
sighisoara 9	53.5%	75.7%	100.0%
sighisoara 89	46.9%	45.4%	95.3%

✓ OK

Fig.6 Eroarea norului de puncte preluat cu ajutorul scannerului 3D

Tehnologia UAV

Preluarea datelor în cadrul acestei tehnologii s-a realizat cu o drona DJI Mavic Pro. Distanța destul de redusă față de construcțiile alăturate, au exclus utilizarea unei drone mai mari, precum un DJI Phantom 4 RTK, însă cu toate acestea, specificațiile acestei drone mult mai portabile o recomandă pentru anumite lucrări specifice. Costul de achiziție al sistemului UAV utilizat este foarte accesibil, din punct de vedere al costului, comparativ cu un sistem UAV net superior precum DJI Phantom 4 RTK, motiv pentru care am dorit să vedem posibilitățile de utilizare ale unui astfel de sistem UAV. Această drona este echipată cu o cameră de 12mp, având un câmp vizual de 78.8°. Dimensiunile reduse au ajutat la strecurarea acestei drone printre diferite obstacole prezente la fața locului, precum cabluri de curent, diferiți arbori și arbuști. De asemenea pentru georeferențierea informațiilor, am utilizat același aparat Hitarget V90, ca și în cazul prelucrării datelor provenite de la scannerul BLK 360.

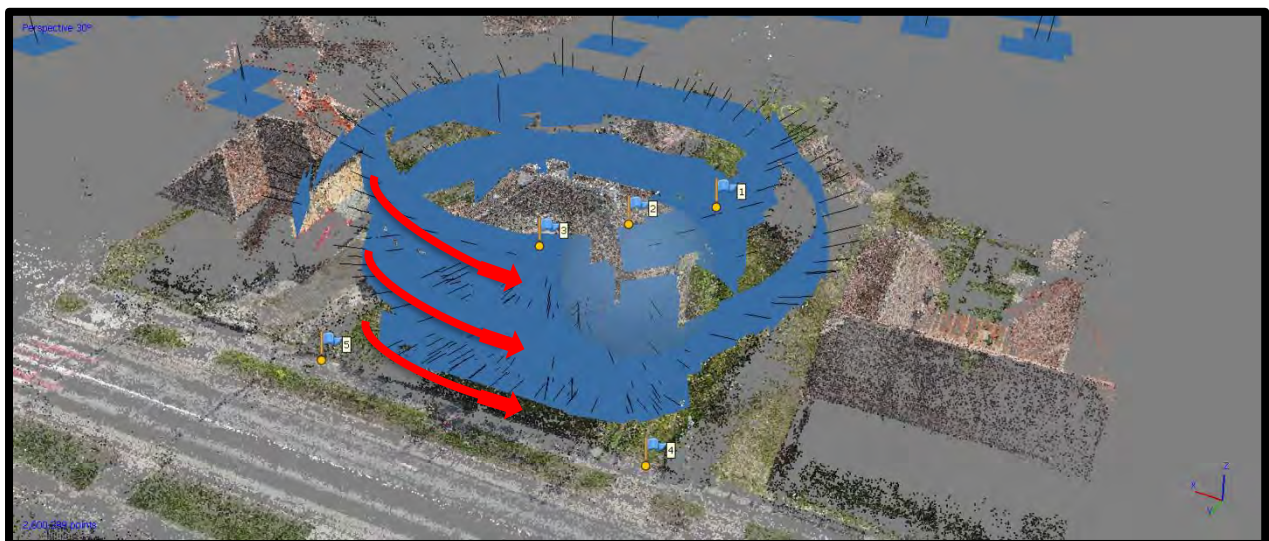


Fig.7 Realizarea zborului 360 cu ajutorul tehnologiei UAV

În cazul informațiilor preluate cu ajutorul sistemului UAV, am realizat un zbor, pe toată zona de interes, având camera sistemului UAV la un unghi de 90°. Ulterior, s-a realizat un zbor, având ca și punct de interes construcția, având camera un unghi de 60°. Această etapă a fost realizată atât în modul

automat, în cazul unei înalțimi mai mari, iar în cazul în care elementele aflate în jurul construcției puteau să interfereze cu aparatul UAV, am preferat trecerea în modul manual de preluare a acestor informații.

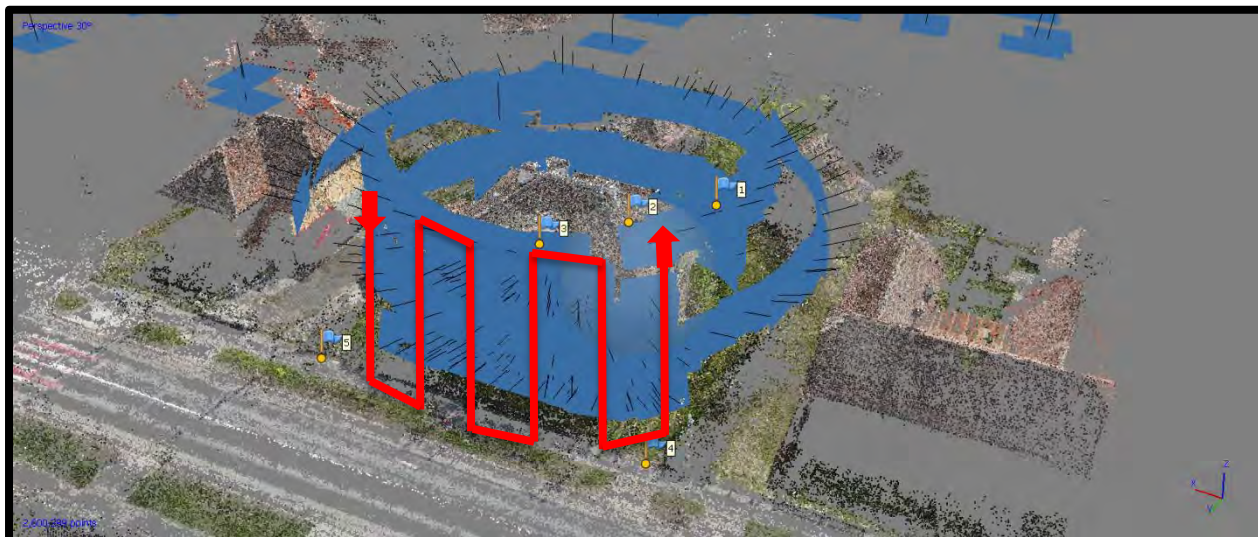


Fig.8 Realizarea zborului specific preluării datelor de pe fațadele construcției cu ajutorul tehnologiei UAV

Pentru început, am realizat 3 zboruri 360° în jurul clădirii, aceste zboruri fiind realizate la 3 altitudini diferite, pentru captarea cât mai multor detalii, prezentat în Fig.7. Ulterior s-a realizat un zbor, după un anumit traseu specific preluării datelor prezente pe fațadele construcțiilor (vezi Fig.8). La fațada principală a construcției au fost prezente mai multe cabluri electrice care comunicau cu rețeaua principală, acest lucru a dus la operarea manuală a dronei în anumite zone pentru o siguranță mult mai crescută.

Prelucrarea datelor preluate cu cele două tehnologii a fost realizată cu 2 softuri, specifice fiecărui mod de preluare a datelor astfel:

- datele preluate cu ajutorul scannerului 3D, au fost prelucrate cu softul Recap,
- datele preluate cu ajutorul sistemului UAV au fost prelucrate cu softul Agisoft MetaShape.

3. Rezultate. Analize comparative.

Conform raportului final, obținut în urma prelucrării norului de puncte în softul Recap, am obținut o precizie de sub 6mm al norului de puncte pentru un procent cuprins între 98% și 100%, pentru fiecare stație în parte, aceasta fiind o valoare rezonabilă pentru acest tip de aparat. Această valoare a satisfăcut cerințele prezentate în caietul de sarcini. În cazul acestei prelucrări, a fost necesară o curățare a norului de puncte, de anumite informații care nu prezintă interes pentru beneficiar. Acest lucru trebuie să fie realizat în mod manual, de către operatorul programului, fiind o muncă de finețe și care de cele mai multe ori necesită timp.

Această metodă de preluare a datelor, este utilizată în principiu pentru zonele inferioare ale construcțiilor, având o limitare foarte mare, aceasta fiind înălțimea. Fără diferite etape sau echipamente suplimentare, unice în fiecare caz și specific fiecărei construcții în parte, nu putem să obținem informații care nu sunt în raza de acțiune a aparatului, precum zona acoperisului. Acest lucru reprezintă o limitare, în cazul anumitor proiecte.

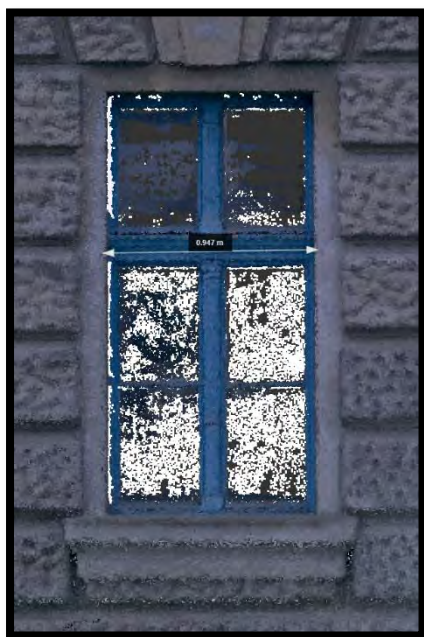


Fig.9 Distanța măsurată pe norul de puncte preluat cu ajutorul scannerului 3D



Fig.10 Distanța măsurată pe norul de puncte preluat cu ajutorul tehnologiei UAV

În cazul norului de puncte obținut cu ajutorul sistemului UAV, putem să observăm o precizie de aproximativ $\pm 1\text{cm}$ a norului de puncte. Această precizie nu este una standard, fiind afectată în prima fază de numărul imaginilor care sunt capturate cu obiectivul, calitatea acestor imagini precum și modul în care aceste imagini sunt interpretate și prelucrate de către softul în cauză. Bazându-ne pe experiențele trecute, am putut anticipa o precizie aproximativă a norului de puncte final, astfel încât, la fața locului, știm în ansamblu, un număr de imagini ce trebuie să fie realizate pentru asigurarea cerințelor tehnice cerute.

Această metodă prezintă un avantaj, din punct de vedere al razei de acțiune, având posibilitatea de realizare a unor modele de dimensiuni considerabile, amplasate pe direcția Z. Această metodă permite inspectarea zonelor acoperisului sau diferite zone aflate la mare înălțime, fără utilizarea anumitor echipamente suplimentare.

În figura numărul 9 se poate vedea faptul că valoarea înregistrată, pentru lățimea ferestrei, pe norul de puncte captat cu ajutorul scannerului 3D este de 0.947m, această având o diferență de -0.3cm, față de valoarea înregistrată în teren cu ajutorul unui telemetru.laser

În figura numărul 10 se poate observa faptul că valoarea înregistrată, pentru lățimea ferestrei, pe norul de puncte captat cu ajutorul tehnologiei UAV este de 0.956m, această având o diferență de +0.6cm, fata de valoarea înregistrată în teren cu ajutorul unui telemetru laser.

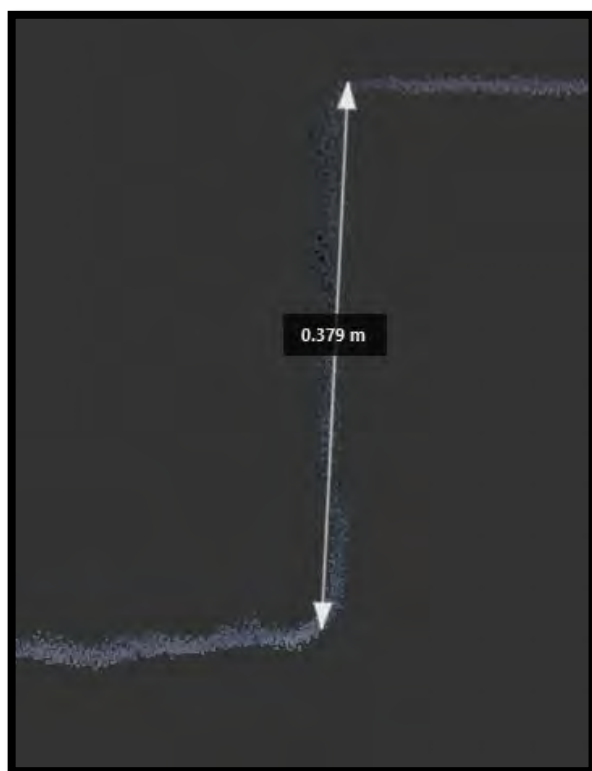


Fig.11 Distanță măsurată pe norul de puncte preluat cu ajutorul scannerului 3D

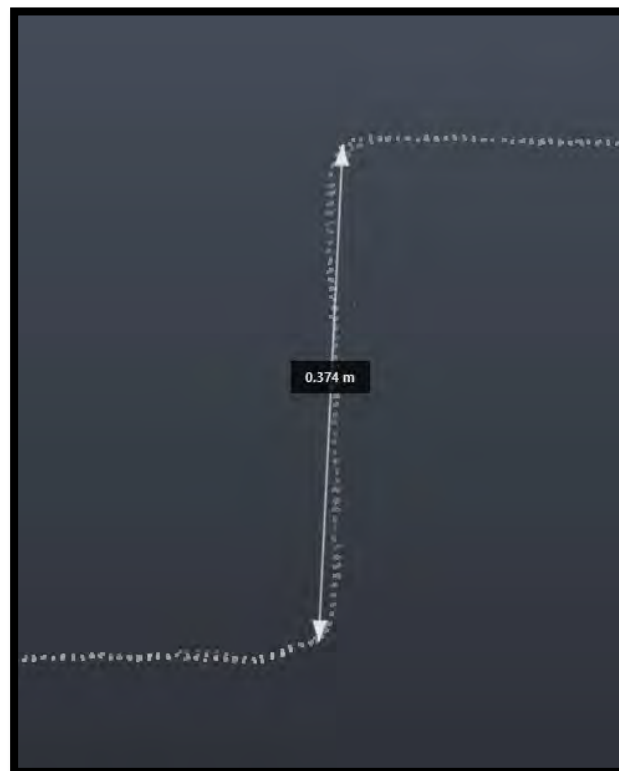


Fig.12 Distanță măsurată pe norul de puncte preluat cu ajutorul tehnologiei UAV

În figura numărul 11, se poate observa că distanța măsurată pe norul de puncte, preluat cu ajutorul scannerului 3D, este de 0.379m, astfel existând o diferență de -0.1cm față de valoare fizică măsurată în teren, de 0.380m măsurată cu ajutorul unui telemetru laser. Telemetrul laser este un instrument precis de măsurare a distanțelor, aparatul utilizând un fascicul laser pentru determinarea distanței

În figura numărul 12, se poate observa că distanța măsurată pe norul de puncte, preluat cu ajutorul tehnologiei UAV, este de 0.374, astfel existând o diferență de -0.6cm față de valoarea fizică măsurată în teren, de 0.380m măsurată cu ajutorul unui telemetru laser.

4. Concluzii

Metodele aplicate în cazul acestui studiu reprezintă un exemplu clar și concret al evoluției tehnologice din domeniul măsurătorilor terestre, care în ultima perioadă a fost unul extrem de alert. Având ca punct de referință, modul de preluare a informațiilor prezente pe fațada principală a construcției, cele două metode aplicate s-au ridicat la nivelul așteptărilor, din punct de vedere a preciziilor obținute. Aceste informații sunt relevante și urmează să fie utilizate de către specialiști pentru stabilirea soluției optime de conservare și reabilitare a acestei clădiri.



Fig. 13 Nivel detalii nor de puncte preluat cu Fig. 14 Nivel detalii nor de puncte preluat cu

scaner 3D

tehnologie UAV

Conform rezultatelor prezentate în etapa anterioară, putem să comparăm direct cele 2 metode de preluare a datelor, eroarea norului de puncte preluat cu ajutorul scannerului 3D fiind de $\pm 0.3-0.6$ cm conform raportului final al scanării.

În cazul norului de puncte realizat cu ajutorul sistemului UAV, observăm o eroare de aproximativ $\pm 0.5-1$ cm, comparativ cu norul de puncte preluat cu ajutorul scannerului 3D.

Pentru un produs final complex și detaliat, este indicat să combinăm cele 2 metode de preluare a detelilor, astfel încât avantajele fiecărei metode să fie utilizate la potențialul maxim, iar modelul rezultat să fie unul cât mai apropiat de realitate.

Bibliografie

- [1] Mircea Eugen Teodorescu (2003), *Statica Construcțiilor*, editura MatrixRom.
- [2] Ion Ionescu (2010), *Fotogrametrie inginerească. Modelarea digitală altimetrică a terenului*, editura Matrixrom.
- [3] Iosif Vorovencii (2010), *Fotogrametrie*, editura Matrixrom
- [4] Ersilia Oniga, Florea Zavoianu, *Fotogramtria digitală*, editura Matrixrom
- [5] Eric Wing (2020), *Revit for Architecture*, Editura Sybex
- [6] George Vosselman, Hans-Gerd Maas (2010), *Airborne and Terrestrial Laser Scanning*, editura CRC Press; 1 edition.
- [7] Martin Weinmann (2016), *Reconstruction and Analysis of 3D Scenes*, editura SpringerLink.
- [8] Brian Halliday (2017), *Drones: Mastering Flight Techniques*, Brian Halliday (2017)
- [9] Brian Halliday (2016), *Drones: The Professional Drone Pilot's Manual*
- [10] Corsi Cristina, Slapšak, Božidar, Vermeulen, Frank (2013), *Good Practice in Archaeological Diagnostics*, Springer International Publishing
- [11] Eric A Saczuk, *Processing UAS Photogrammetric Images in Agisoft Photoscan Professional*



CONSIDERAȚII PRIVIND SUPRAFEȚELE DE REFERINȚĂ ȘI SISTEMELE DE COORDONATE

Autori

Anamaria Luisa I.A. SUCIU¹, Mădălina Florina F. ROȘCA², Tudor Rareș I.M. COZMA³

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, [e-mail: luisasuciu18@gmail.com](mailto:luisasuciu18@gmail.com)

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, [e-mail: Roscamadalina3@gmail.com](mailto:Roscamadalina3@gmail.com)

³Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, [e-mail: cozma_rares15@yahoo.com](mailto:cozma_rares15@yahoo.com)

Îndrumători

Conf.Dr.Ing. Sanda Mărioara NAȘ⁴

⁴Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, [e-mail: sanda.nas@mtc.utcluj.ro](mailto:sanda.nas@mtc.utcluj.ro)

S.L.Dr.Ing. Raluca Claudia GÂLGĂU⁵

⁵Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, [e-mail: mailto:Raluca.Farcas@mtc.utcluj.ro](mailto:mailto:Raluca.Farcas@mtc.utcluj.ro)

REZUMAT: *Obiectul studiului nostru este reprezentat de sistemele de coordonate. În această lucrare prezentăm atât informații privind forma și suprafața Pământului cât și sistemele de coordonate. Astfel, prezentăm evoluția formei Pământului așa cum oamenii au considerat ca este de-a lungul timpului. Pentru a vorbi despre suprafața Pământului, am pornit cu o definiție a geodeziei și am continuat a pune în pagină informații privind suprafața terestră. Am adăugat în conținutul lucrării și sistemul de coordonate, căruia i-am făcut o clasificare - sisteme de coordonate geografice și sisteme de coordonate plane, care la rândul lor pot fi rectangulare, polare sau ortogonale.*

Cuvinte cheie

Sisteme de coordonate, suprafețe de referință, sisteme de coordonate rectangulare rectilinii, sisteme de coordonate geodezic polar, sisteme de coordonate geodezic ortogonal.

FORMA PĂMÂNTULUI

Forma Pământului o putem descrie prin: forma reală – geoidul și forma utilizată în geodezie, cartografie sau GIS – elipsoidul.

Geoidul reprezintă forma convențională imaginată a suprafeței terestre și se determină prin suprafața liniștită a Oceanului Planetar și prelungirea acestuia pe sub continente. Dorind să se faciliteze utilizarea geoidul în practică, cercetătorii au format prin numeroase calcule diverși elipsoizi de rotație. Fiind o formă a Pământului calculată matematic, elipsoidul este mult mai accesibil în practică (de exemplu în cazul proiecțiilor cartografice). Încă din antichitate, filosofii greci au considerat

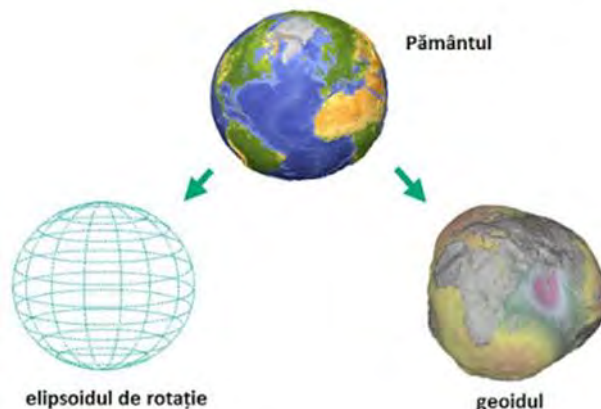


Fig.1. Pământul ca elipsoid și geoid



forma Pământului rotundă. Thales din Milet (640 î.Hr. – 550 î.Hr.) afirma ca forma Pământului este un disc. Anaximene din Milet (585 î.Hr. – 525 î.Hr.), discipolul lui Anaximandru din Milet, credea că Pământul plutește pe un ocean infinit, fiind ținut în spațiu de presiunea aerului. Mai târziu, Aristotel din Stagira (384 î.Hr. – 322 î.Hr.), elev a lui Platon, a explicat teoria sfericității Pământului. Exemplul pe care l-a adus în susținerea acestei teorii a fost cel al dispariției catargului unei corăbii la orizont. În anul 240 î.Hr., Eratostene a fost primul care a determinat dimensiunea razei Pământului. Hiparh din Niceea a introdus noțiunile de longitudine și latitudine. Ptolemeu a determinat proiecția cartografică dreaptă, utilă în mare parte și în zilele noastre pentru a putea reprezenta Pământul în forma sa sferică pe o hartă. Isaac Newton (1643-1727) a susținut teoria cum că Pământul este bombat la ecuator și mai turtit la poli, această formă reprezentând elipsoidul de rotație. Termenul de geoid a apărut în secolul al XIX-lea, când s-a stabilit că suprafața Pământului este neregulată.

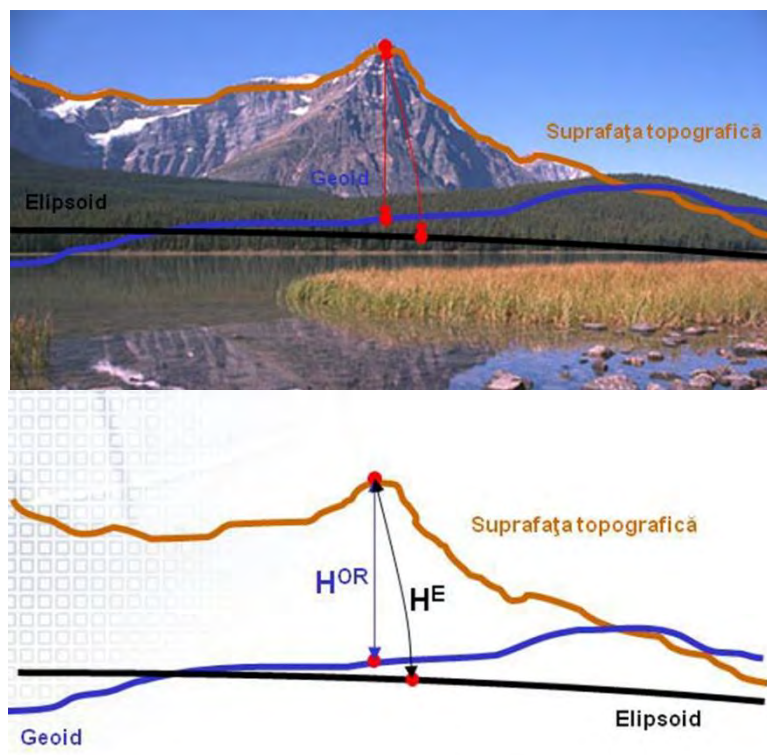


Fig.2 Suprafața topografică

SUPRAFAȚA PĂMÂNTULUI

Geodezia este o disciplină care reprezintă o ramură a matematicii aplicate și a științelor Pământului și care are ca obiect măsurarea și determinarea formei și dimensiunilor Pământului în ansamblul lui și pe porțiuni. Totodată, stabilește prin observații poziția precisă a punctelor fixe de pe teren ce formează rețeaua geodezică de sprijin pentru măsurătorile topografice, a figurii și a ariilor unor porțiuni mari din suprafața terestră.

Geodezia are ca preocupare identificarea variațiilor gravitației terestre în spațiu tridimensional și în timp. Denumirea de “geodezie” provine din greaca veche γεωδαισία (geôdaisía) și este un cuvânt compus din γῆ (gḗ) care înseamnă pământ și δαίω (daíō) care



înseamnă a împărți, a diviza. Pe scurt, pornind de la această etimologie putem formula o definiție mai concisă a geodeziei: știința împărțirii Pământului.

Suprafața terestră este într-o continuă schimbare sub acțiunea repetată a forțelor din interiorul Pământului, a proceselor de la suprafața lui și chiar sub ciocnirile din spațiul cosmic. Consecințele acestor modificări se pot observa abia după mii de ani.

Ca și efecte ale mișcării neîntrerupte a plăcilor tectonice, de-a lungul erelor geologice, de la suprafața terestră sunt: mișcarea continentelor, închiderea și deschiderea oceanelor, formarea munților și vulcanilor.

Din cauza expunerii materiei terestre la suprafață, aceasta este supusă unor procese de dezagregare, eroziune și transport de către vânt, apă și gheață. O mare parte din suprafața terestră este acoperită de apă, aceasta fiind un important agent modelator. Litosfera este stratul exterior de rocă a planetei noastre, este rece și fragil și este divizat în 7 plăci tectonice majore de mărimea continentelor și aproximativ 12 plăci mai mici. Suprafața Pământului este acoperită de îmbinarea acestor segmente de formă neregulată.

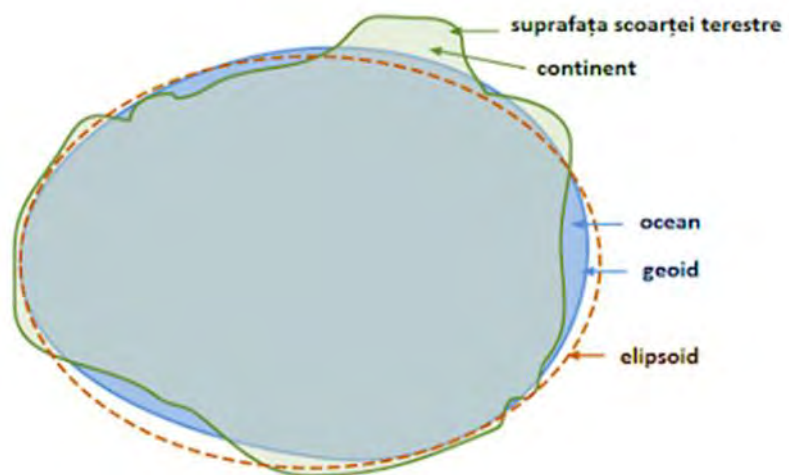


Fig.3 Raporturi între geoid, elipsoid și suprafața topografică

SISTEME DE COORDONATE

Sistemul de coordonate reprezintă o metodă de identificare a unei locații a unui punct de pe Pământ. Parametrii care caracterizează poziția unui punct sunt coordonatele față de un sistem de referință ales. Această poziție poate fi reprezentată prin coordonate geografice și coordonate plane, care pot fi rândul lor rectangulare sau polare.

COORDONATE GEOGRAFICE

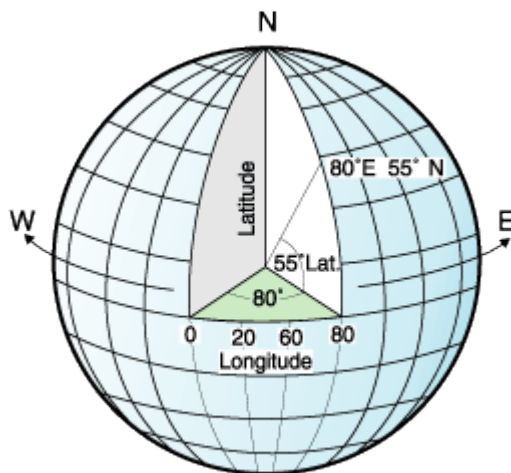


Fig. 4 Un sistem de coordonate geografice

Greenwich, Anglia.

Liniile care merg spre Est și spre Vest au fiecare o valoare constantă a longitudinii și se numesc meridiane. Ele formează cercuri de aceeași dimensiune în jurul Pământului și se intersectează la poli. Meridianul principal este linia de longitudine care definește originea pentru coordonatele de longitudine. Una dintre cele mai frecvent utilizate locații de meridian primar este linia care trece prin

Un sistem de coordonate geografice este un sistem care utilizează o suprafață sferică tridimensională pentru a determina locațiile de pe Pământ. Orice locație de pe pământ poate fi menționată printr-un punct cu coordonate de longitudine și latitudine. Sistemul de coordonate geografice este adecvat pentru seturi și aplicații globale de date, cum ar fi depozitele de imagini din satelit.

Liniile care merg spre Nord și Sud au fiecare o valoare longitudinală constantă și se numesc meridiane. Ele formează cercuri de aceeași dimensiune în jurul Pământului și se intersectează la poli. Meridianul principal este linia de longitudine care definește originea pentru coordonatele de longitudine. Una dintre cele mai frecvent utilizate locații de meridian primar este linia care trece prin

Liniile care merg spre Est și spre Vest au fiecare o valoare constantă a longitudinii și se numesc meridiane. Ele sunt echidistante și paralele între ele și formează cercuri concentrice în jurul Pământului. Ecuatorul este cel mai mare cerc și împarte Pământul în jumătate. Ecuatorul este egal în distanță față de fiecare dintre poli, iar valoarea acestei linii de latitudine este zero.

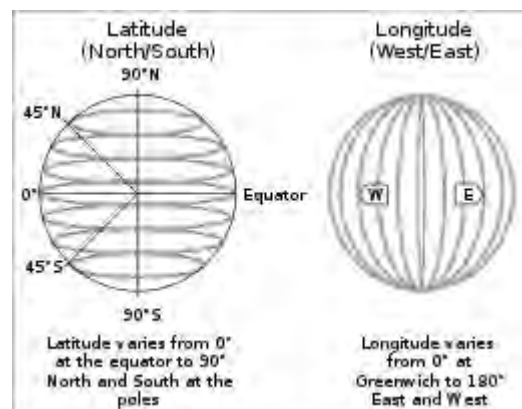


Fig. 5 Coordonate geografice

SISTEME DE COORDONATE RECTANGULARE RECTILINII

Acest sistem reprezintă un sistem simplu, format din trei axe x,y și z. Dacă sistemul de coordonate rectangulare este pus în legătură cu elipsoidul utilizat pentru aproximarea formei și dimensiunii pământului, atunci acest sistem poate constitui o alternativă pentru tripleta latitudine, longitudine și altitudine elipsoidailă. Este convenabil să utilizăm acest sistem de coordonate pentru a descrie locația unei stații pe suprafața pământului.

Punctul (0,0,0) este definit ca fiind centrul masei pământului, de unde și denumirea de geocentric. Originea sistemului și centrul masei pământului coincid, în timp ce axa z a acestui sistem și axa de rotație a pământului coincid, axa x este îndreptată spre meridianul greenwich. Axa y are direcția astfel încât să completeze un sistem dreptaci. Cu alte cuvinte, axa z indică un pol mediu de rotație al pământului. Un astfel de pol mediu, definit prin convenția internațională, se numește originea internațională convențională (cio). Atunci planul xy se numește plan ecuatorial mediu, iar planul xz este numit meridian zero mediu.



Distanța de la un punct de interes dat la centrul pământului se numește rază geocentrică sau distanță geocentrică.

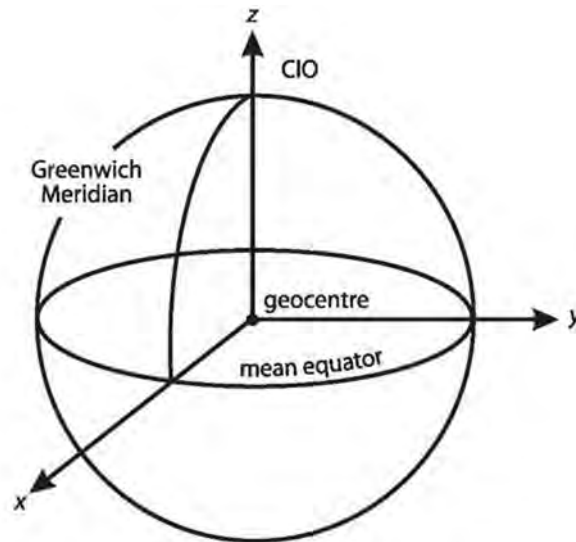


Fig. 6 Sistemul de coordonate rectangulare

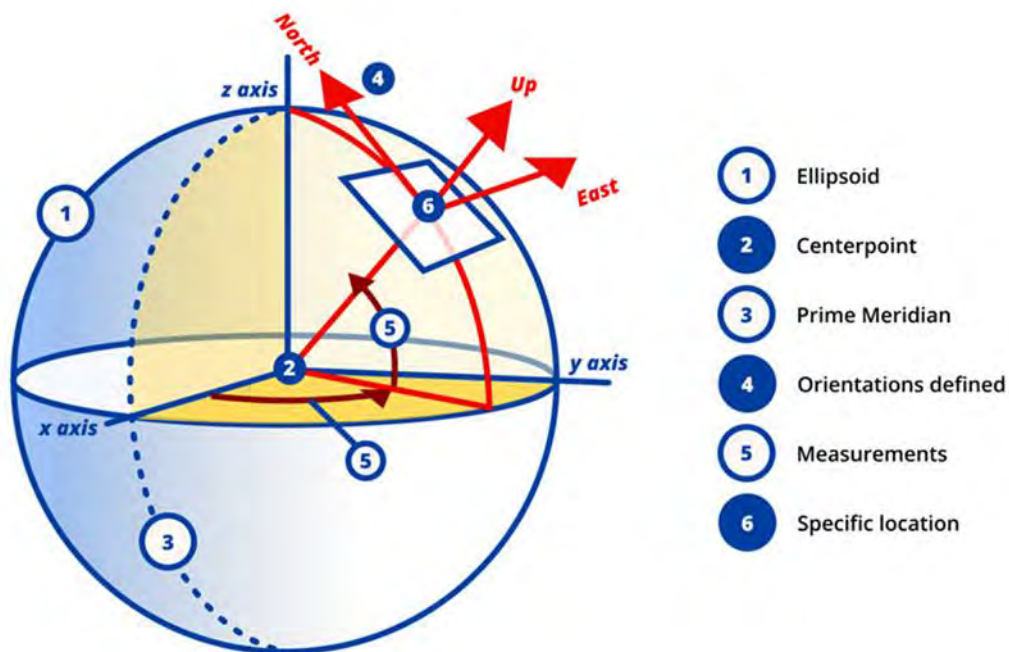


Fig. 7 sistem de coordonate geocentric

SISTEME DE COORDONATE POLARE

Ideea din spatele coordonatelor polare este să ofere o alternativă de a descrie punctele din plan, altele decât utilizarea coordonatelor carteziene. Coordonatele polare sunt, de asemenea, o pereche de numere utilizate pentru a descrie poziția unui punct într-un plan, dar numai una descrie o distanță, în timp ce cealaltă descrie direcția.

Coordonatele polare geodezice (GPC) sunt coordonate de suprafață locale care leagă un punct de suprafață de un parametru plan de lungimea și direcția unei curbe geodezice corespunzătoare. Aceste coordonate mai sunt și denumite coordonate Riemannian.

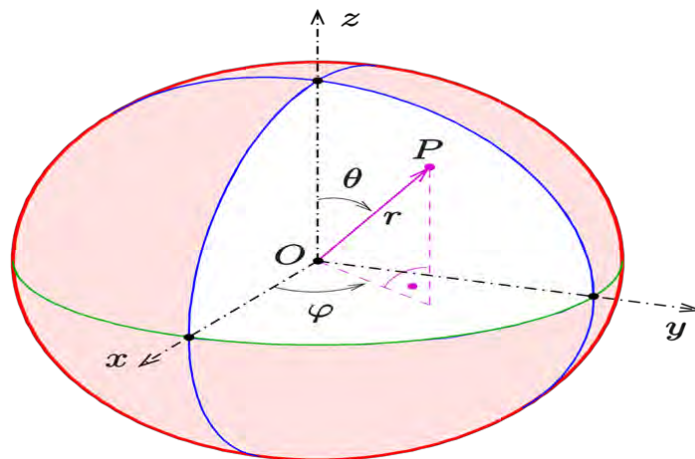


Fig. 8 Coordonatele polare geodezice

SISTEME DE COORDONATE ORTOGONALE

Două axe perpendiculare OX și OY, cu aceeași origine, constituie un sistem ortogonal de axe de coordonate, XOY. Sistemul ortogonal geodezic este un sistem de coordonate local. Găsirea distanței ortogonale la un elipsoid corespunde înălțimii elipsoidale din Geodezie.

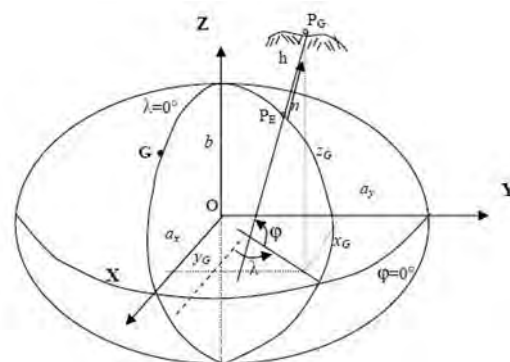


Fig. 9 Sistem de coordonate ortogonale



CONCLUZII

Toate măsurătorile geodezice efectuate pe suprafața fizică topografică a Pământului (care este considerată ca fiind suprafața de contact între uscat și atmosferă sau între uscat și apă), trebuia să se reducă la suprafața geoidului.

În cazul măsurătorilor geodezice curente (trilaterații, triangulații, poligonometrie), geoidul se poate aproxima cu un elipsoid de rotație, turtit la poli, având semiaxa mare (ecuatorială) de circa 6380 km. De asemenea pentru lucrări geodezice de precizie mai mică, suprafața geoidului se va putea aproxima și cu suprafața unei sfere de rază medie egală cu 6370 km.

Prin intermediul sistemelor de proiecție se face trecerea – prin procedee matematice – de la suprafața topografică la suprafața plană care este suportul hărții sau planului topografic. Se știe că o suprafață curbă (gen elipsoid, geoid) nu poate fi transpusă pe plan fără deformarea suprafețelor sau unghiurilor.

Toate aceste date referitoare la forma Pământului și a sistemelor de coordonate adunate până în prezent ajută și sunt o punte pentru noile descoperiri pentru planeta noastră care se află într-o continua schimbare.

BIBLIOGRAFIE

1. Dragomir, V., Ghițău, D., Mihăilescu, M., Rotaru, M, *Teoria figurii Pământului*, Editura Tehnică, București, (1977).
2. Ortelecan M., Sălăgean T. , *Geodezie – lucrări practice și proiect*, Editura Risoprint,
3. Moldoveanu C., *Geodezie*, Matrix Rom, București, (2002).
4. Neuner J. ,Sisteme de poziționare Globale, Editura Matrix ROM, (2000)
5. [HTTPS://RO.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/GEODEZIE](https://ro.wikipedia.org/wiki/Geodezie)
6. [HTTPS://WWW.SCRIBD.COM/DOC/273238081/GEODEZIA-NOTIUNI](https://www.scribd.com/doc/273238081/Geodezia-Notiuni)
7. QUANTITATIVE SEISMIC INTERPRETATION AUTORI-PER AVSETH,TAPAN MUKERJI,GARY MAVKO . PRELUARE-M.IOAN
[HTTPS://WWW.FACEBOOK.COM/SEISMICA/POSTS/PAMANTUL-IN-SCHIMBARE-SUPRAFATA-TERESTRA-SE-SCHIMBA-CONSTANT-SUB-ACTIUNEA-FORTEL/1395228374046306/](https://www.facebook.com/seismica/posts/pamantul-in-schimbare-suprafata-terestra-se-schimba-constant-sub-actiunea-fortel/1395228374046306/)
8. [HTTPS://GEOGRAFILIA.BLOGSPOT.COM/2015/09/FORMA-PAMANTULUI.HTML](https://geografila.blogspot.com/2015/09/forma-pamantului.html)
[HTTPS://RO.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/GEOID](https://ro.wikipedia.org/wiki/Geoid)
9. [HTTPS://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ECEF](https://en.wikipedia.org/wiki/ECEF)
10. [HTTP://WHAT-WHEN-HOW.COM/GPS/GEOCENTRIC-EARTH-FIXED-COORDINATE-SYSTEMS-GPS/](http://what-when-how.com/gps/geocentric-earth-fixed-coordinate-systems-gps/)
11. https://ro.wikipedia.org/wiki/Istoria_geodeziei
12. <https://topografiemm.wordpress.com/2016/03/09/istoria-topografiei-si-forma-pamantului/>
13. [HTTP://DOCSHARE01.DOCSHARE.TIPS/FILES/12569/125692254.PDF](http://docshare01.docshare.tips/files/12569/125692254.pdf)
14. [HTTPS://WWW.SAFE.COM/BLOG/2020/11/COORDINATE-SYSTEMS-101-BASICS/](https://www.safe.com/blog/2020/11/coordinate-systems-101-basics/)
15. [HTTPS://COLALG.MATH.CSUSB.EDU/~DEVEL/IT/MAIN/M11_CONIC/SRC/S06_POLAR.HTM
L](https://colalg.math.csusb.edu/~devel/it/main/m11_conic/src/s06_polar.html)
16. [HTTPS://DL.ACM.ORG/DOI/10.1111/J.1467-8659.2012.03187.X](https://dl.acm.org/doi/10.1111/j.1467-8659.2012.03187.x)



17. [HTTPS://ENCYCLOPEDIAOFMATH.ORG/WIKI/GEODESIC_COORDINATES](https://encyclopediaofmath.org/wiki/Geodesic_coordinates)
18. [HTTPS://WWW.SCIELO.BR/SCIELO.PHP?SCRIPT=SCL_ARTTEXT&PID=S1982-21702014000400970](https://www.scielo.br/scielo.php?script=scl_arttext&pid=S1982-21702014000400970)
19. [HTTPS://WWW.IBM.COM/DOCS/EN/INFORMIX-SERVERS/12.10/12.10?TOPIC=DATA-GEOGRAPHIC-COORDINATE-SYSTEM](https://www.ibm.com/docs/en/informix-servers/12.10/12.10?topic=DATA-GEOGRAPHIC-COORDINATE-SYSTEM)
20. [HTTPS://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/GEOGRAPHIC_COORDINATE_SYSTEM](https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_coordinate_system)



CONSIDERAȚII PRIVIND CORECȚIILE DE REDUCERE LA COARDĂ ÎN CAZUL PROIECȚIEI STEREOGRAFICE 1970

Autor/autori

BARTOȘ L. Cristina, DĂNILĂ M. Lavinia

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, cbartos43@yahoo.com

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, lavinia.danila21@gmail.com

Îndrumător/îndrumători

S.L. Dr. Ing. Raluca I. GÂLGĂU

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, raluca.farcas@mtc.utcluj.ro

REZUMAT:

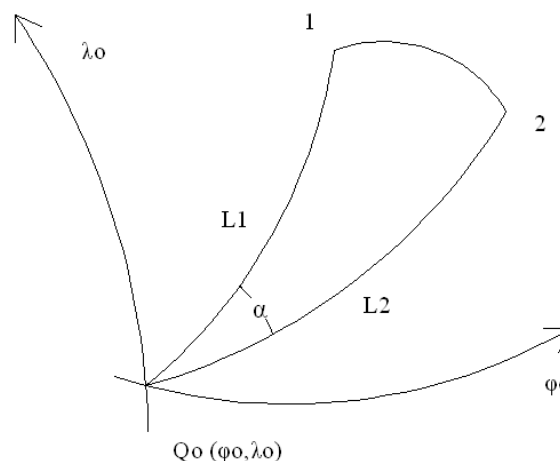
Lucrarea următoare prezintă maniera de calcul și verificare a corecțiilor reducerii la coardă privind măsurătorile de direcții proiectate pe suprafața topografică în proiecția Stereografică 1970 din zona Cluj-Napoca. De asemenea, lucrarea reiterează noțiuni de geodezie elipsoidale precum raza mare, raza medie de curbura, excesul sferic etc.

INTRODUCERE:

Metoda reducerii la coardă, se referă la corecția direcțiilor și unghiurilor măsurate pe suprafața topografică, în cazul proiectării acestora în planul de proiecție.

Reducerea direcțiilor la coardă se aplică direcțiilor azimutale măsurate în rețeaua de triangulație geodezică și trebuie să preceadă lucrările de compensare riguroasă propriu-zisă.

Corecțiile de reducere la coardă (δ_{12} și δ_{21}) reprezintă unghiurile mici formate de coardă cu proiecția curbă a liniei geodezice (fig. 1). Imaginea plană a liniei geodezice are concavitatea îndreptată spre polul de proiecție, care reprezintă și originea sistemului de axe de coordonate.



MATERIALE ȘI METODE:

Pentru calculul corecțiilor de reducere la coardă se va ține seama de următoarele considerente:



1. Reprezentarea să fie conformă (să conserve unghiurile în planurile de proiecție).
 2. Liniile geodezice care trec prin polul proiecției (Q_0) se vor reprezenta în planul de proiecție prin segmente de dreaptă care trec prin originea axelor.
 3. Arcele de cercuri mari, de pe sferă, care nu trec prin polul proiecției (Q_0), se vor reprezenta tot prin arce de cerc.
- Pe baza acestor considerente, proiecțiile direcțiilor în planul de proiecție vor apare ca în figura 2.

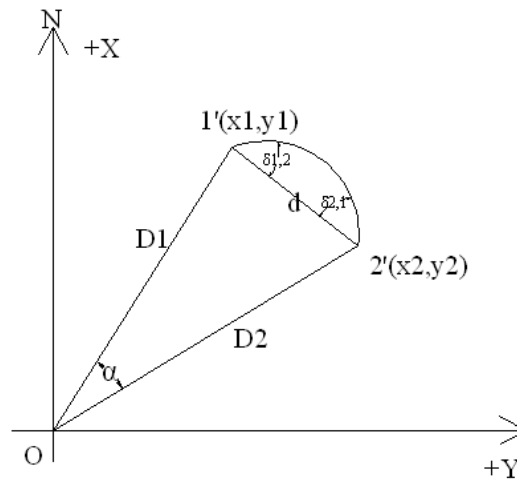


Fig.2

Reprezentarea este conformă, deci suma unghiurilor figurii din plan trebuie să fie egală cu suma unghiurilor figurii corespondente de pe elipsoid și rezultă:

$$\begin{aligned}180^\circ + 2\delta &= 180^\circ + \varepsilon \\2\delta &= \varepsilon \\ \delta &= \frac{\varepsilon}{2}\end{aligned}\quad (1)$$

În valoare absolută (δ), corecția este egală cu jumătate din excesul sferic ε al triunghiului format din punctul de stație, punctul vizat și polul Q_0 al proiecției. Calculul excesului sferic este dat de relația:

$$\varepsilon^{cc} = \rho^{cc} \frac{S}{R^2}\quad (2)$$

unde: ε – excesul sferic

S – aria triunghiului sferic

R – raza sferei

ρ – coeficient de transformare de la radiani în secunde

Raza sferei se calculează cu relația:

$$R = \sqrt{MN}\quad (3)$$

unde: M - raza elipsei meridian



N - raza de curbură a primului vertical

$$M = \frac{a(1 - e^2)}{W^3} \quad (5)$$

$$N = \frac{a}{W} \quad (6)$$

unde: a - semiaxa mare (raza ecuatorială)

e^2 - prima excentricitate

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} \quad (7)$$

b - semiaxa mică

W - funcție auxiliară

$$W = \sqrt{1 - e^2 \sin^2 B} \quad (8)$$

B - latitudinea

Aria unui triunghi plan S_1 se poate determina formând un determinant care conține coordonatele vârfurilor triunghiului și unitatea. Aria triunghiului sferic se poate asimila cu aria triunghiului plan.

$$S_1 = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \end{vmatrix} = \frac{1}{2} (x_1 \times y_2 - x_2 \times y_1) \quad (9)$$

Înlocuind cu relația (2) și (3) în relația (1) se obține:

$$\delta = \frac{\rho^{cc}}{4R^2} \times \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (10)$$

STUDIUL DE CAZ:

Studiul de caz privind proiectarea direcțiilor azimutale în planul de proiecție Stereo 70 s-a realizat în trei puncte din rețeaua de triangulație aferentă municipiului Cluj-Napoca. Astfel au fost luate în studiu punctele Popești, La Bazin și Sopor. Acestea fiind puncte de triangulație de ordinul II, III și IV.



Coordonate Stereo 1970		
Punct	X	Y
Popești (P)	592373.84	389535.84
Sopor (48)	584577.58	397156.93
Bazin (219)	584181.45	391671.64

Calculul corecțiilor de reducere la coardă precum și calculul modulului de deformație liniară se realizează cu coordonatele punctelor care au originea în polul de proiecție. În acest sens din coordonatele Stereo 1970 se va scădea pe X și Y valoarea originii false 500000 [m].

Coordonate cu originea în polul de proiecție		
Punct	X	Y
Popești (P)	92373.84	-110464.16
Sopor (48)	84577.58	-102843.07
Bazin (219)	84181.45	-108328.36

Conform relațiilor prezentate anterior s-au stabilit corecțiile de reducere la coardă pentru direcțiile măsurate.

Denumirea corecției	Valoarea corecției
$\delta_{P,48}$	-0.61493
$\delta_{P,219}$	-2.76792
$\delta_{219,48}$	1.973922
$\delta_{48,219}$	0.614926
$\delta_{219,P}$	2.767922
$\delta_{48,P}$	-1.97392



Pe baza ariei triunghiului plan determinăm calculul excesului sferic:

$$\varepsilon = \frac{636620}{2 \times 6379,391^2} \times \begin{vmatrix} 92373.84 & -110464.16 & 1 \\ 84577.58 & -102843.07 & 1 \\ 84181.45 & -108328.36 & 1 \end{vmatrix} = 0,3581$$

Prin diferența acestor coeficienți de direcție s-au stabilit corecțiile unghiulare pentru reducerea în planul de proiecție:

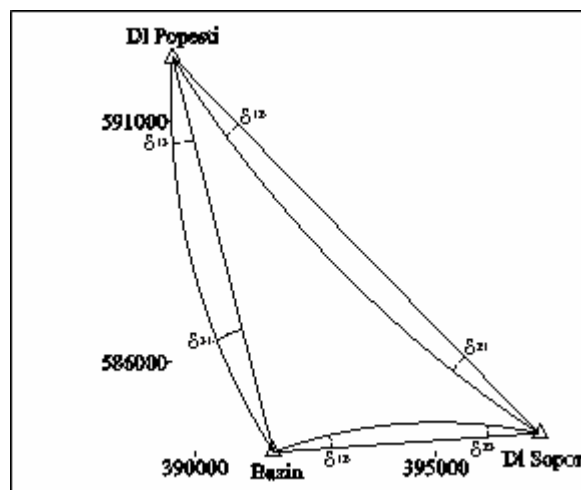


Fig.3.

Corecții unghiulare	Valoarea corecției
$\delta_{p,219}-\delta_{p,48}$	-2.152995804
$\delta_{48,219}-\delta_{48,p}$	2.588848546
$\delta_{219,48}-\delta_{219,p}$	-0.794000119
[]	-0.3581



Din acest tabel rezultă că suma corecțiilor unghiulare dintr-un triunghi a rețelei de triangulație este egală cu inversa valorii excesului sferic.

Semnul corecției de reducere la coardă se stabilește în funcție de direcția de deplasare de la imaginea curbă a liniei geodezice spre coardă. Când sensul este direct acelor de ceasornic corecția se va lua pozitivă iar în caz contrar negativă.

Stabilirea semnului trebuie făcută cu mare atenție pentru că o alegere greșită a semnului introduce o eroare dublă față de corecția stabilită greșit.

Concluzii

Calculul corecțiilor de reducere la coardă trebuie să preceadă compensarea unghiurilor în rețele de triangulație, având în vedere faptul că prin aplicarea acestor corecții se elimină excesul sferic.

Mărimea corecțiilor de reducere la coardă este influențată de lungimea vizei, de distanța de la polul de proiecție și de orientarea vizei.

Cu cât direcția de viză se apropie de orientarea de la punctul de stație spre centrul de proiecție, valoarea corecției de reducere la coardă se micșorează.

Valorile corecțiilor de reducere la coardă devin semnificative și trebuie aplicate pentru rețelele de triangulație de ordinul III, II, I.

Bibliografie

- [1] Moldoveanu, C., Geodezie, Editura Matrix Rom, București, 2004
- [2] Ortelecan, M., Geodezie, Editura AcademicPres, Cluj-Napoca, 2006
- [3] Munteanu, Gh., Constantin, Cartografie matematică, Editura Matrix Rom, București, 2003
- [4] Palamariu, M., Pădure, I., Ortelecan, M., Cartografie și cartometrie, Editura Aeternitas, Alba-Iulia, 2002



Influenta evolutiei aparaturii asupra masuratorilor topografice

Autori

Alin M. BOHOTICI¹, Alexandru V. MANOLE², Georgiana D. BOJINCĂ³, Gabriela G. COZMA⁴, Andreea L. GREC⁵

¹Facultatea de construcții, Universitatea tehnică din Cluj Napoca. , [e-mail: bohotalin@gmail.com](mailto:bohotalin@gmail.com) .

²Facultatea de construcții, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, [e-mail: alexandromanole12@gmail.com](mailto:alexandromanole12@gmail.com).

³Facultatea de Construcții., Universitatea Tehnică din Cluj - Napoca.,
[e-mai: ionelabojinca2004@gmail.com](mailto:ionelabojinca2004@gmail.com) .

⁴Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj - Napoca,
[e-mail:cozmag00027@gmail.com:](mailto:cozmag00027@gmail.com)

⁵Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj - Napoca , [e-mail:grecdeea@gmail.com](mailto:grecdeea@gmail.com).

Îndrumători

Conf.Dr.Ing. Sanda Mărioara NAȘ⁶

⁶Facultatea de Construcții., Universitatea Tehnică Cluj Napoca , [e-mail:Sanda.Nas@mtc.utcluj.ro](mailto:Sanda.Nas@mtc.utcluj.ro)

S.L.Dr.Ing. Raluca Claudia GÂLGĂU⁷

⁷Facultatea de Construcții., Universitatea Tehnică Cluj Napoca , [e-mail:raluca.farcas@mtc.utcluj.ro](mailto:raluca.farcas@mtc.utcluj.ro)

Influenta evolutiei aparaturii asupra masuratorilor topografice

1. Rezumat:

În cadrul acestui articol sunt prezentate influențele noilor tehnologii asupra măsurătorilor topografice. Dar mai ales, este prezentată în amănunt cea mai nouă și revoluționară astfel de tehnologie: Vehicul aerian fără pilot.

Această are în vedere o scurtă istorie al acestor aparate, utilizarea lor în viața de zi cu zi, rolul lor în îmbunătățirea măsurătorilor topografice, legislația care le reglementează dar și punerea în evidență atât al aspectelor pozitive cat si a celor negative.

Cuvinte cheie: dronă, imagini, cameră foto, tehnologie

2. Generalitati/Introducere:

Privind tehnologia din ultimele decenii, vedem ca exista cat mai multe aparate revolutionare de zbor fara a necesita o prezenta umana in mod direct. Atat DRONA, cat si Quadcopter-ul prezinta aceleasi atributii in diferite domenii:



Un quadcopter este un elicopter multirotor care este ridicat și propulsat de patru rotoare. Quadcopterele sunt clasificate ca nave cu rotor, spre deosebire de aeronave cu aripi fixe, deoarece ridicarea lor este generată de un set de rotoare (elice orientate vertical).



Fig. 1

2.1. Scrurt istoric:

În 1907, frații Jacques și Louis Bréguet au creat primul quadcopter (drona) din lume, iar după 6 ani, în plin Război Mondial, este dezvoltat avionul cu zbor automat Hewitt-Sperry. Astfel, primele drone au avut un scop militar, având ca urmare o dată cu trecerea timpului și scopuri umanitare. (Fig. 2).



Fig. 2 : Primele imagini surprinse de drona ce prezintă dezastrul produs de cutremurul din 1907

2.2. Legislație:

De la 1 Ianuarie 2021 a intrat în vigoare noul *Regulament (UE) nr. 2019/947* privind zborul dronelor, în toate statele membre, inclusiv România.

În consecință, au fost publicate pe site-ul Autorității Aeronautice Române noi informații cu privire la condițiile în care putem zbura cu dronele, de acum înainte.



2.3. Generalizarea dronei in viata noastra :

Dronele civile pot fi comerciale sau de agrement. Cele comerciale sunt folosite pentru filmări (din unghiuri altfel imposibile) și măsurători ale unor suprafețe întinse (de exemplu măsurători ale recoltelor sau măsurători topografice pentru proiecte de inginerie civilă). Dronele de agrement sunt cel mai des folosite pentru zbor FPV și competiții. Dronele militare sunt folosite pentru recunoaștere, supraveghere, spionaj sau în scop combativ. În funcție de scop ele au ca sarcină utilă aparatură de recunoaștere sau/și arme. Prin diferitele acțiuni ale oamenilor, specificăm faptul ca aceste aeronave pot fi folosite si in realizarea desfasurarii unor evenimente culturale, artistice, personale dar si in serviciile de curierat.



2.4. Tipuri de drone:

Pe scurt, noile prevederi spun că:

- Dronele sunt împărțite în mai multe categorii, în funcție de greutatea acestora:
 - sub 250g,
 - între 250g și 2Kg
 - 2 – 25Kg;
(Categoriile C1 – C4)
- Zborurile cu drona sunt încadrate în 3 categorii, în funcție de specificul lor și de riscurile implicate. Principala diferență este dată de limitele și distanțele de siguranță pe care va trebui să le respecti atunci când zbori:
 - zboruri în categoria Open (categoria zborurilor ”Deschise”, cele e mai ușor de efectuat, care implică riscurile cele mai mici, cu cele mai multe limitări operaționare, dar pentru care obții cel mai ușor certificarea – vezi mai jos)
 - zboruri în categoria Specific (”Specifice”)
 - zboruri în Certified (”Certificate”);
- Putem folosi drone cu greutatea sub 250 de grame dotate cu cameră foto-video (în scenariul de zbor A1 Open) doar după ce ne-am înscris platforma online AACR, afișând pe dronă codul unic de identificare și respectând doar câteva condiții de zbor de bun simț: zbor doar în raza vizuală, altitudine maximă 120m, distanță de minim 30m în plan orizontal, de orice clădire sau persoană (care nu pilotează drona);



- Pentru dronele cu greutatea mai mare de 250g de la 1 Ianuarie 2021 NU mai este necesară înmatricularea lor. Vom putea zbura, însă, în baza unei certificări obținută de pilot (de utilizatorul dronei), după parcurgerea unei documentații și în urma absolvirii unui examen susținut online (tip grilă), pe siteul Autorității Aeronautice Române. Plafonul maxim (altitudinea) de zbor este tot 120m, iar distanța de siguranță, în plan orizontal, este de minim 50m în categoria zborurilor Open.

2.5. Utilizarea dronelor in topografie:

Topografia este unul dintre domeniile asupra cărora dezvoltarea tehnologiei și-a pus amprenta în foarte mare măsură, cu consecințe extrem de pozitive. Recent, noua tehnologie digitală permite colectarea a numeroase informații despre orice teren, indiferent de zona în care se află acesta.

Una dintre ultimele invenții care reprezintă un mare progres în domeniul topografic este ortofotoplanul – o hartă foto care prezintă avantajul că indică situația din teren din momentul prezent.

Toate aceste date pot fi colectate datorită faptului că măsurătorile necesare pentru realizarea unei astfel de hărți sunt colectate din aer, cu ajutorul unui aparat de zbor fără echipaj uman, cunoscut sub numele de dronă, care se deplasează conform unui itinerar prestabilit.



Cum este folosită drona în topografie și cadastru?

Drona sau aeronava fără pilot (Unmanned Aerial Vehicle – UAV) este un aparat de zbor de mici dimensiuni ce poate fi controlat de la distanță pe baza unui traseu prestabilit sau cu ajutorul unei telecomenzi.

Înainte de zbor, pe suprafața vizată se marchează niște puncte de control, folosite mai apoi pentru procesarea imaginilor și transformarea acestora în modele digitale. Aceste puncte marcate pe teren permit specialiștilor să realizeze măsurători topografice cu precizie centimetrică.

Mai exact, procesul prin care se obțin datele topografice de care are nevoie clientul se desfășoară în mai multe etape:

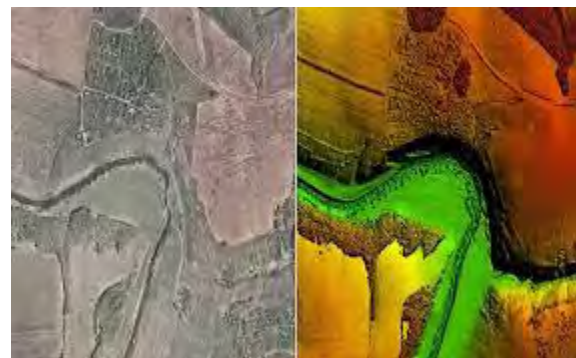
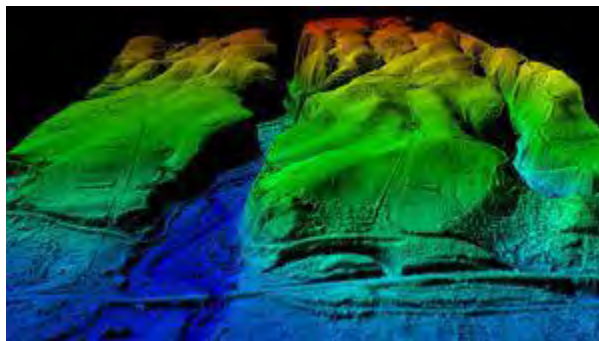
- Identificarea zonei țintă și stabilirea planului de zbor pe care îl va urma drona;
- Captarea unei succesiuni de fotografii aeriene în timpul zborului;
- Descărcarea imaginilor și datelor colectate de către dronă și corelarea acestora cu ajutorul unui soft special de pre-procesare;
- Procesarea imaginilor cu software specializat pentru a genera **modelul digital al terenului, un nor de puncte sau un ortofotoplan.**



Date topografice obținute cu ajutorul dronei: tipuri de modele digitale

Imaginile obținute cu ajutorul aparatului de zbor de mici dimensiuni sunt transformate într-un model digital al terenului în format Autocad. Acesta poate fi de două tipuri:

- **Modelul digital al suprafeței DEM** – constă într-o reprezentare 3D a suprafeței terestre folosind valorile altitudinale. Acest tip de model se folosește pentru generarea profilelor de elevație, conturilor, formelor de relief etc.
- **Modelul digital al terenului DTM** – este reprezentarea digitală a topografiei și a terenului. Acesta poate fi folosit pentru aplicații geologice, planificarea sistemului de transport și diverse alte studii referitoare la utilizarea terenurilor.



Modelul de teren digital este utilizat și pentru realizarea hărților fizice cu relief ridicat, programe pentru simulatoarele de zbor și diverse alte aplicații de modelare și vizualizare.

La cele două tipuri de modele digitale se adaugă și **ortofotoplanul**. Acesta este o hartă foto ce prezintă detaliat situația terenului asupra căruia s-au efectuat măsurători topografice cu drona. Ortofotoplanul permite măsurarea cu precizie a coordonatelor, unghiurilor, perimetrelor, distanțelor și suprafețelor.

2.6. Comparatie intre dronele normale si cele industriale

ASEMĂNĂRI:

- Ambele funcționează pe același principiu, cel al zborului;
- Omul continuă să aibă efect pasiv asupra controlului tuturor dronelor;
- Folosesc tehnologia implementată pentru ușurința job-urilor cât și a cercetărilor

DEOSEBIRI:

- Dronele industriale sunt deseori create de a avea mai multe facilități la utilizarea acestora
- Capacitatea de a zbura liber se limitează în funcție de greutatea acestora cât și de învățarea principiului de zbor prin care ele se misca
- Putem observa cum dronele normale apar foarte des prin marketuri ca fiind folosite chiar și de copii cu vârsta necesară, pe când cele industriale, ce necesită un nivel ridicat de cunoștințe, au nevoie de un certificat de zbor de pe urma propulsării acestora de la sol.



3. Concluzie:

AVANTAJE:	DEZAVANTAJE:
<ul style="list-style-type: none">-Obținerea unor unghiuri perfecte pentru cadrele foto și video-Localizarea din punct de vedere strategic a obiectivelor militare-Siguranța pilotului în momentul zborului (implicarea omului fiind făcută pasiv)	<ul style="list-style-type: none">-O dată cu înaintarea în raza de acțiune, drona poate pierde semnalul de la baza punctului de plecare (de scris ca și concluzie finală)-Alimentarea se face în momentul de față doar la baza punctului de plecare (deși există unele drone mai performante cum ar fi cele cu încărcare solară) acestea nu prezintă dubla funcționalitate, atât cea a încărcării, cât și a folosirii în mod simultan.

Bibliografie:

<https://www.clubulfoto.com/cum-zbori-legal-drona-romania/>

https://ro.wikipedia.org/wiki/Aeronav%C4%83_f%C4%83r%C4%83_pilot

<https://ro.wikipedia.org/wiki/Quadcopter>

<https://www.descopera.ro/istorie/16596686-aceasta-este-prima-drona-din-istorie-imaginile-aeriane-prezinta-dezastrul-produs-de-cutremurul-din-1907-galerie-foto>



ASPECTE PRIVIND ANALIZA APARATURII DE LA CLASIC LA MODERN

Autori

Georgiana Denisa D. BOJINCĂ¹, Gabriela G. COZMA², Andreea Loredana D. GREC³,
Alexandru V. MANOLE⁴, Alin M. BOHOTICI⁵

Prenume initiala. NUME¹, Prenume initiala NUME²

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj - Napoca., [e-mai: ionelabojinca2004@gmail.com](mailto:ionelabojinca2004@gmail.com) .

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj - Napoca, [e-mail:cozmag00027@gmail.com:](mailto:cozmag00027@gmail.com)

³Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj - Napoca , [e-mail:grecdeea@gmail.com.](mailto:grecdeea@gmail.com)

⁴Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj - Napoca , , [e-mail:alexandrumanole12@gmail.com.](mailto:alexandrumanole12@gmail.com)

⁵Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj - Napoca , , [e-mail:bohotalin@gmail.com.](mailto:bohotalin@gmail.com)

Îndrumători

Conf.Dr.Ing. Sanda Mărioara NAȘ⁶

⁶Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, [e-mail: sanda.nas@mtc.utcluj.ro](mailto:sanda.nas@mtc.utcluj.ro)

S.L.Dr.Ing. Raluca Claudia GÂLGĂU⁷

⁷Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, [e-mail:mailto:Raluca.Farcas@mtc.utcluj.ro](mailto:mailto:Raluca.Farcas@mtc.utcluj.ro)

REZUMAT

În cadrul acestui articol se prezintă evoluția aparaturilor de măsurare de-a lungul istoriei.

Analiza are la bază evoluția din punct de vedere a aparatelor topografice, dotările aduse acestora de-a lungul timpului pentru a ușura procesul de măsurare a terenului, dar se aduce în vedere și precizia acestora. Studiul este făcut de la cele mai simple elemente ce ne ajută la măsurat, pâna la cele mai dotate aparate.

Cuvinte cheie

Instrumente topografice, aparatură modernă, măsurători directe/indirecte, precizie

1. Generalități/ Introducere

De-a lungul timpului aparatele topografice s-au dezvoltat atât de mult încât, în secolul vitezei se pot realiza atât măsurători pe șantier, cu înclinație ușoară (unghiul de pantă $\varphi < 3$) cât și pe terenuri accidentale, cu pante abrupte (unghiul de panta $\varphi \geq 3$).

Știința măsurătorilor terestre are ca scop determinarea atât a formei cât și a dimensiunii Pământului.

În antichitate au avut loc mai multe descoperiri:

-marea piramidă a lui Kufu din Gaza în 2700 î.e.n; la bază are un pătrat cu laturile egale și



orientate pe direcția punctelor cardinale magnetice.



Fig. 1 Marea Kufu

piramidă a lui

-tăblițele de lut în cca. 1400 î.e.n permiteau stabilirea limitei de proprietate.



Fig. 2 Tăblițele din

lut

-în 600 î.e.n a apărut prima hartă realizată de Thales din Milet



Fig.3 Prima hartă

de Thales din Milet



În 1400 î.e.n măsurătorile se efectuau cu două persoane ce întindeau o sfoară cu noduri la intervale regulate.

În evul mediu odată cu marile descoperiri au avut loc realizări admirabile:

- -Mercator introduce sistemul proiecțiilor cartografice în reprezentarea teritoriilor (1554)
- -Galileo Galilei construiește luneta(1609)
- -Van Royen Snellius formulează metoda triangulației(1617)



Fig. 4 Prima luneta, a lui

În epoca modernă din secolul

- Rowley (1704) a
Sisson (1720)

Galileo Galilei

XVIII:

construit teodolitul, apoi Jonathan

Putem afirma că această evoluție a avut un impact semnificativ permițând mai ușor măsurarea diverselor tipuri de teren.

Datorită evoluției tehnologiei aparatelor de măsurare, în ziua de astăzi suntem capabili să măsurăm atât distanțele cât și unghiurile, cu cea mai fină precizie.

Distanțele dintre punctele topografice se măsoară în diferite moduri . La măsurarea directă a distanțelor , trebuie îndeplinite o serie de condiții printre care : accesibilitatea terenului , vizibilitatea între extremități și plasarea unor puncte intermediare și aliniament.

În măsurătorile topografice, distanțele se pot măsura în două moduri: direct și indirect.

După măsurarea directă a distanțelor , există o mare varietate de instrumente. După precizia pe care o asigură , acestea pot fi : expeditiv , precise si foarte precise .

Instrumente expeditiv



În această categorie sunt incluse mai multe procedee și instrumente , dar care au o caracteristică comună , aceea de precizie redusă.

Printre acestea mai frecvent utilizate sunt : pasul omenesc , podometrul , compasul , lanțul cu zale și ruleta

Ruleta este confecționată dintr-o bandă din oțel cu lățimea de 1,2 – 1,5 cm și grosimea de 0,2 mm. Precizia de măsurare este de 1 mm / 10 m, este un instrument pentru măsurarea lungimilor și distanțelor gradată, care are capacitatea de a se strânge prin rulare într-o casetă cilindrică, dotată cu un mecanism pentru retractarea panglicii. În anul 1869, Alvin J. Fellows din Connecticut (SUA) a obținut primul brevet pentru un instrument de măsură într-o carcasă circulară, iar în anul 1922, Inventatorul Hiram A. Farrand a reușit să ducă mai departe creația lui Alvin J. Fellows și să realizeze o ruletă asemănătoare cu cea pe care o folosim astăzi.



Instrumente precise pentru măsurarea directă a distanțelor

În această categorie de instrumente sunt incluse acelea care asigură o precizie de ± 3 cm la 100 m distanță . Cel mai frecvent utilizată este panglica de oțel .

2. Panglica de oțel Folosită la măsurarea laturilor în poligonații. Precizie de 1 mm/100 m. Confecționată din bandă de oțel de calitate specială, cu lățimea de 2-2,5 cm și grosimea de 0,4 mm. Divizată din 10 în 10 dm prin perforații, din 0,5 în 0,5 m prin nituri de Cupru (circulare sau romboidale), din m în m prin plăcuțe pe care este ștanțat numărul de metri și din 5 în 5 m. Diviziunile sunt marcate în sensuri diferite pe cele două fețe ale panglicii. Lungimea panglicilor poate fi de 20-50 sau 100 m. În timpul transportului panglica se depozitează pe un cadru metalic în formă de cruce. La capete panglica se termină cu 2 inele metalice, cu diametrul de 3-4 cm, cu posibilitate de rotire. Diviziunea zero a panglicii poate să fie în centrul de simetrie al inelului sau în axul de basculare al inelului. Pe capătul panglicii sunt trecute lungimea nominală și temperatura de etalonare.

Instrumente foarte precise pentru măsurarea directă a distanțelor .

În această categorie de instrumente intra firul de invar.

1. Firul de invar Invar = aliaj de 64 % Fe și 36 % Ni – cu o foarte bună comportare la variații de temperatură. Firul de invar are secțiune circulară de 1,6 mm diametru, și lungime de 24 m. Este considerat cel mai precis instrument pentru măsurarea directă a distanțelor, având precizia de măsurare de 1 mm / 1km. La capete este prevăzut cu două riglete gradate din invar, cu lungime de 80 mm, divizate milimetric. O trusă de invar este compusă din 4 fire de 24 m, și un fir de invar de 8 m. Trusa mai conține : 10 trepiede pentru susținerea pe aliniament a 10 portreper și doi scripeți cu două trepiede tensoare. Întinderea firului se face la capete cu două greutăți de 10 kg. Legătura între firul de invar și greutatea se realizează prin intermediul unor cabluri flexibile de oțel, petrecute după scripeți.

Instrumente și aparate pentru măsurarea indirectă a distanțelor. Măsurarea unghiurilor



Când vine vorba de măsurarea distanțelor în mod indirect și măsurarea unghiurilor, folosim același tip de aparatură. Aceste măsurători se efectuează cu ajutorul teodolitului și a tahimetrelor-stații totale

Teodolitul este instrumentul ce a apărut încă de la începutul secolului al XVIII-lea și servește la măsurarea direcțiilor orizontale între două sau mai multe puncte de pe teren, cât și a inclinației acestor direcții și este utilizat atât în geodezie, topografie cât și în construcții, minerit. Unghiurile orizontale și verticale se determină ulterior cu operații efectuate pe baza direcțiilor măsurate în teren. Măsurătorile se raportează la un plan orizontal care trece prin punctul de stație, adică punctul în care se staționează cu aparatul.

Teodolitele sunt utilizate în lucrările de determinare a rețelilor geodezice de triangulație, de îndesire a acestor rețele, în trasarea pe teren a proiectelor și la urmărirea comportării construcțiilor, adică în cadrul ridicărilor geodezice și ale topografiei inginerești

1. **Teodolite clasice(măsurarea unghiurilor)**, care au fost construite la începutul secolului al XVIII-lea. Erau instrumente voluminoase și greoaie, cu lunete lungi și diametre ale limburilor destul de mari pentru a asigura precizia necesară. Pe teren era necesar să fie rectificat des. Sistemul constructiv, cu părțile componente la vedere, conducea rapid la ancorarea câmpului vizual și a axelor. La care cercurile gradate sunt metalice, iar efectuarea citirilor se face cu ajutorul unor lupe sau microscopice fixate în vecinătatea cercurilor;



Fig. 1 Teodolit clasic fabricat în URSS în 1958 clasic



Fig. 2 Topograf lucrând cu un teodolit clasic

2. **Teodolite moderne (optice)** au aproape același principiu constructiv, dar conțin sisteme optice interioare care permit realizarea citirilor la cele două cercuri prin intermediul unui



microscop de lectură al cărui ocular se află alături de ocularul lunetei. Datorită acestui sistem de construcție teodolitele moderne se mai numesc și teodolite optice.

Teodolitele moderne au apărut la începutul anilor 1920 și sunt perfecționate în continuu până astăzi.



Fig. 3 Teodolit optic



Fig. 4 Teodolit electric

2. **Tahimetrele electronice** denumite și stații inteligente sau stații totale, reprezintă o generație nouă de aparate care cuprind realizări de vârf ale mecanicii fine, ale electronicii și ale opticii. Teodolite electronice (ultramoderne) au apărut odată cu deceniul 7 al secolului trecut și s-au perfecționat rapid. Ele conțin un microprocesor care servește la afișarea pe un display asemănător cu cel întâlnit la microcalculatoare (format din cristale lichide) a rezultatelor măsurătorilor, precum și a unei serii de elemente calculate automat (lungimea înclinată, diferența de nivel, distanța orizontală, orientarea, coordonatele, etc.).

Pe bandă magnetică, fiind denumite și stații totale de măsurare, din care se menționează următoarele tipuri realizate de firma Zeiss- Oberkochen: Rec Elta 5; Rec Elta 15; Rec Elta 13 C . [4]



Fig.7 Teodolit electronic FET 220- precizie 20'' de 5''



Fig. 8 Teodolit electric FET 405K cu precizie de 5''



TAHIMETRE ELECTRONICE

Tahimetrele electronice denumite și stații inteligente sau stații totale, reprezintă o generație nouă de aparate care cuprind realizări de vârf ale mecanicii fine, ale electronicii și ale opticii. Concepția constructivă a unui astfel de tahimetru reunește în cadrul unei singure unități portabile, de dimensiunile și aspectul unui teodolit obișnuit, componentele necesare măsurării cu ajutorul undelor electromagnetice a următoarelor elemente:

- unghiuri orizontale și verticale;
- distanțe înclinate și / sau distanțe reduse la orizont;
- coordonate rectangulare relative X și Y;
- diferențe de nivel H.

Stațiile totale de măsurare dispun de un centru de memorie propriu și de o memorie exterioară, precum și de o serie de programe de calcul specifice măsurătorilor topo-geodezice care sunt utilizate în ridicările topografice.

Datele măsurate și calculate sunt memorate și apoi transferate în memoria unui calculator, unde cu ajutorul unor programe de prelucrare se determină componentele grafice, ce se desenează în sistem automatizat cu plotere atașate la calculator.

Utilizarea tahimetrelor electronice în măsurătorile topo-geodezice asigură obținerea datelor de teren în formă digitală și automatizarea procesului de prelucrare, arhivare și editare a bazei de date. Tahimetrele electronice au fost concepute și realizate de către diverse firme constructoare, dintre care, se remarcă firmele:

Zeiss – Oberkochen, din Germania; Leica – Heerbrugg, din Elveția; Sokkia – Japonia și altele.

Principalele părți componente ale tahimetrului electronic REC ELTA 13C ZEISS

Tahimetrul electronic Rec Elta 13C este compus din tahimetrul propriu-zis și o unitate de calcul și de memorie a datelor, unde se disting următoarele părți componente:

- un cerc orizontal și unul vertical, electronice;
- o lunetă și distomatul pentru măsurarea distanțelor.
- un ecran cu patru linii de afișaj cu câte 40 de caractere fiecare, având rezoluția de 240x30 pixeli;
- o tastatură formată din 24 taste (butoane) cu funcții multiple;
- interfață RS 232 C de comunicație cu computerul și memorie interschimbabilă Mem E;



- memorie internă de 500 linii;
- memorie externă – cartelă PCMCIA – 1Mb;
- generator de semnal acustic;
- acumulatori de alimentare de 4.8 V și 2 Ah.

CONCLUZII

Teodolitele clasice sunt greoaie și voluminoase, având lunete lungi și diametrele limburilor mari pentru a determina o precizie optimă.

Teodolitele moderne au sisteme optice întoarse care permit citirea la cele două cercuri prin intermediul unui microscop de lectură.

Teodolitele electronice ce conțin un microprocesor ce ajută la afișarea rezultatelor pe un display ce e asemănător cu cel de la microcalculatoare.





Bibliografie:

- [1] https://www.ct.upt.ro/studenti/cursuri/musat/Studiul_Instrumentelor.pdf
- [2] <http://mirceabeldea.com/books/instrumente.pdf>
- [3] <https://www.horticultura-bucuresti.ro/images/pdf/Topografie.pdf>
- [4] <https://www.ct.upt.ro>
- [5] https://www.ct.upt.ro/studenti/cursuri/musat/Studiul_Instrumentelor.pdf
- [6] <https://www.horticultura-bucuresti.ro/images/pdf/Topografie.pdf>
- [7] https://ro.wikipedia.org/wiki/Mir%C4%83_topografic%C4%83

Premii

Premiul	Numele și prenumele autorului/autorilor	Instituția	Titlul lucrării	Îndrumător / îndrumători	Punctaj mediu (din 100)
1	CIUREAN Oana-Manuela	UTCN Facultatea de Constructii	Rolul măsurătorilor topografice în studiul fenomenului de ravenare - studiu de caz	BONDREA Mircea	100.00
2	SARA Dorel-Andrei SIMON Blanka-Zsofia	UTCN Facultatea de Constructii	Analiza comportării grinzilor cu zăbrele de tip Bailey și Warren pentru o pasarelă pietonală cu deschiderea de 30m	DANCIU Alexandra	96.00
	BĂNCIOIU Robert	UTCN Facultatea de Constructii	Calculul volumelor de stocuri de materiale prin mijloace clasice și moderne de măsurare și prelucrare a datelor	VEREȘ Ioel Samuel SESTRAȘ Paul	93.00
3	CHIOREAN Ioan-Bogdan COCAN Rebeca-Valentina CATANĂ Cătălin-Constantin	UTCN Facultatea de Constructii	Analiza comparativă privind caracteristicile de dezvoltare ale municipiului Cluj-Napoca (CJ), orașului Seini (MM) și comunei Bodești (NT)	CADAR Rodica BOITOR Melania	92.00
	ALEXE Răzvan-Gabriel EFTINCĂ Laura-Andreea	UTCN Facultatea de Constructii	Determinarea numerică a parametrilor de transformare a coordonatelor între două sisteme de referință	VEREȘ Ioel Samuel	91.00
Mențiune	IVANCIUC Ștefan Iuliu	UTCN Facultatea de Constructii	Tehnici moderne de preluare a datelor de tip "Point Cloud" necesare în reabilitarea monumentelor istorice	NAȘ Sanda GÂLGĂU Raluca	90.00
Premiul APDP	VÎJÎLĂ Constantin-Alexandru	UTCN Facultatea de Constructii	Studiu comparativ privind ranforsarea cu beton de ciment rutier a unei structuri rutiere aeroportuare rigide existente	CIONT Nicolae	90.00
	HÎRLEA Bianca	UTCN Facultatea de Constructii	Siguranța circulației din punct de vedere al confortului optic	HODA Gavril	90.00



Comisia 4

- **„Arhitectură - ARH”**
- **„Construcții civile, industriale și agricole - CCIA”**
(anii III și IV)
- **Master**
- **Doctorat**

1. **Conf. dr. ing. Mihai NEDELCU - președinte**
2. Conf. dr. ing. Vasile FĂRCAȘ
3. Conf. dr. ing. Roxana TĂMAȘ
4. Șef lucr. dr. ing. Dorina SUCALĂ
5. Șef lucr. dr. ing. Horia CONSTANTINESCU
6. Șef lucr. dr. ing. Lucian ȘTEFAN
7. Reprezentant studenți - ing. Marius ȘOFLETE (www.soflete.ro)
8. Masterand Daniela BENDEA

- Membri supleanți:

1. Șef lucr. dr. ing. Andrei FAUR
2. Șef lucr. dr. ing. Teodora ȘOIMOȘAN



O metodă de calcul pentru stâlpii din beton armat precomprimat

Autor

Bela KOVACS

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, kovacsbela987@yahoo.com

Îndrumător

Ș.I. Dr. Ing. Traian-Nicu TOADER

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, traian.toader@dst.utcluj.ro

Rezumat:

Prezenta lucrare își propune să expună o metodă de calcul analitic pentru dimensionarea stâlpilor din beton armat precomprimat, acești stâlpi având perspectiva în a-i utiliza la construcția de hale parter înalte. Studiul efectuat se concentrează în principal pe dezvoltarea unui algoritm de calcul pentru determinarea și trasarea curbelor efort axial – moment încovoietor, moment – curbura, variația rigidității pe înălțimea stâlpului și variația deplasării pe înălțimea stâlpului. Aceste curbe sunt comparate cu rezultatele obținute anterior în urma testării în laborator a unor stâlpi la scară reală, rezultate extrase dintr-o teză de doctorat din cadrul Departamentului Structuri.

Cuvinte cheie:

precomprimare, stâlp, beton precomprimat, algoritm de calcul, moment încovoietor

1 Introducere

Cu dezvoltarea rapidă a zonelor urbane pe teritoriul României a crescut și necesarul de construcții în zonele industriale. Cele mai utilizate construcții în această zonă sunt halele parter cu stâlpi lungi. Una dintre problemele ce apar la aceste tipuri de structuri este că pentru stâlpi zvelți, deplasările la vârf sunt prea mari sub acțiunea încărcărilor laterale provenite din acțiunea seismică sau din acțiunea vântului. Pentru a putea păstra aceste deplasări în unele limite admisibile, este necesară creșterea rigidității la deplasări laterale. De regulă, se mărește rigiditatea la încovoiere a stâlpilor prin mărirea secțiunii transversale a acestora sau se alege un material cu modul de elasticitate mai mare. Rigiditatea unui element cu lungime fixă depinde în general de doi factori: geometria și materialul din care este făcut elementul. S-a observat că în cazul stâlpilor de beton armat, precomprimarea acestora are un efect de diminuare a deplasărilor la nivelul acoperișului structurii parter. Acestea fiind spuse, în prezenta lucrare se propune analizarea și descrierea comportării mecanice a unor astfel de stâlpi prin dezvoltarea unui algoritm de calcul.

2 Descrierea algoritmului de calcul

Pe baza stâlpilor calculați și verificați experimental în (1), s-a dezvoltat și calibrat algoritmul de calcul. Algoritmul își propune trasarea unor diagrame specifice secțiunilor

de beton armat, respectiv: diagrama moment încovoietor capabil – efort axial, moment încovoietor – curbură, variația rigidității pe înălțimea stâlpului și variația deplasării stâlpului pe înălțimea lui. Pentru a putea trasa aceste diagrame este nevoie de pregătirea în prealabil a datelor de intrare. Algoritmul a fost dezvoltat în programul MATLAB versiunea R2020B.

2.1 Date de intrare

Pentru a putea efectua verificarea funcționalității corecte a algoritmului de calcul s-a efectuat testarea acestuia pe stâlpul S02 din (1). Stâlpul studiat are o lungime efectivă de 4,7 m, e încastrat pe o lungime de 80 cm, rezultând astfel o lungime de calcul de 3,9 m. Secțiunea stâlpului este prezentată în Figura 1. Stâlpul este realizat din beton C60/75, armat cu armătură pasivă S500C și activă Y1860/1640. Acest stâlp este acționat de o forță axială centrică exterioară de 110 kN și, suplimentar, de o forță din precomprimarea betonului de ≈ 350 kN, valoarea calculată după ce au avut loc toate pierderile de tensiune. Adițional acestei încărcări, s-a acționat pe stâlp cu o forță concentrată orizontală capabilă aplicată la vârf și egală cu 25,32 kN, valorile au fost preluate din (1).

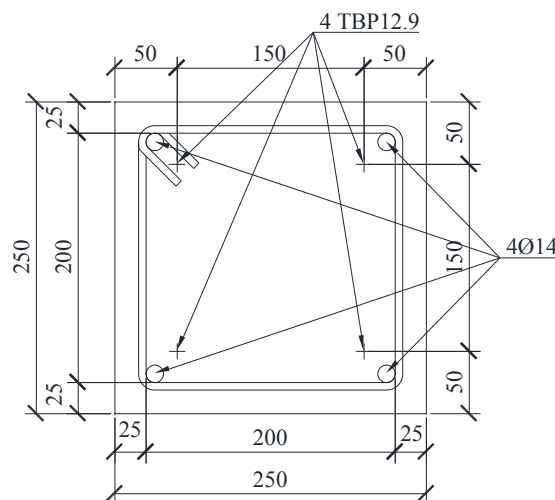


Figura 1: Secțiunea de stâlp studiată, preluată din (1)

Tabelul 1: Proprietățile ce definesc materialele utilizate, preluate din (2)

	Modul de elasticitate (E_{cm}, E_p, E_s)	Rezistența caracteristică (f_{ck}, f_{pk}, f_{yk})	Deformație liniară ultimă ($\epsilon_{cu}, \epsilon_{pu}, \epsilon_{su}$)	Tensiune de control din (1) (σ_{pk})
U.M.	MPa	MPa	[-]	MPa
Beton C60/70	39000	60	3.5‰	-
Arm. Activă Y1860/1640	199000	1860	2%	1100
Arm. Pasivă S500	205000	500	7.5%	-

Curbele caracteristice de material utilizate au fost cele elastice – perfect plastice, pentru simplitatea calculului.

Pentru a putea determina forța axială adițională din pretensionarea toroanelor s-au considerat unele pierderi de tensiuni rezultate din următorii factori: frecarea în deflectorii, lunecarea din ancoraje, tratamentul termic și relaxarea inițială. Efectele reologice nu au fost considerate în calcul datorită faptului că stâlpii au fost încercați la 28 zile de la

turnare, conform (1). Astfel, tensiunea de control σ_{pk} a fost redusă cu valorile obținute din pierderile enumerate mai sus, rezultând o tensiune de calcul $\sigma_{p0} = 896,27$ MPa.

Pentru calculul în secțiuni normale a fost dezvoltat un algoritm de calcul folosind echivalarea secțiunii reale cu o secțiune idealizată (vezi Figura 2), procedeu amintit și în (1). În cele ce urmează vor fi descriși în linii mari pașii procedurii.

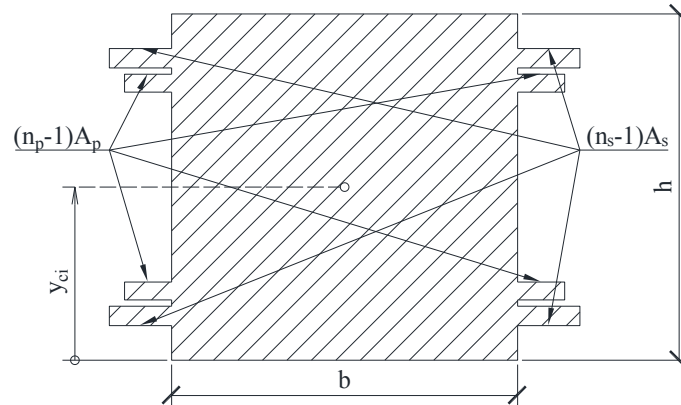


Figura 2: Secțiunea idealizată, prelucrată din (1)

Pas 1 - Determinarea coeficienților de echivalare:

$$n_s = \frac{E_s}{E_{cm}} \quad n_p = \frac{E_p}{E_{cm}} \quad [1]$$

unde, E_{cm} = modul de elasticitate secant al betonului (considerat la un efort unitar de $0,4 \cdot f_{cm}$);

E_s = modul de elasticitate al armăturii pasive;

E_p = modul de elasticitate al armăturii active;

n_s și n_p = coeficienții de echivalare pentru armatura pasivă, respectiv activă;

Pas 2 – Determinarea ariei secțiunii echivalente:

$$A_{ci} = A_c + (n_s - 1) \cdot A_s + (n_p - 1) \cdot A_p \quad [2]$$

unde, A_c = aria secțiunii de beton;

A_s = aria totală a armăturilor pasive;

A_p = aria totală a armăturilor active;

Pas 3 – Determinarea poziția centrului secțiunii echivalente:

$$y_{ci} = \frac{\sum(A_i \cdot y_i)}{\sum A_i} \quad [3]$$

unde, A_i = ariile elementelor din secțiune;

y_i = distanța de la o fibra arbitrar aleasă până la centru fiecărui element;

Pas 4 – Determinarea momentului de inerție a secțiunii echivalente, conform teoremei axelor paralele:

$$I_{ci} = I_i + A_i \cdot (y_i - y_{ci})^2 \quad [4]$$

unde, y_{ci} = poziția centrului secțiunii echivalente;

I_i = momentele de inerție a elementelor din secțiune;

2.2 Determinarea curbei: moment încovoietor capabil – efort axial

Curba moment încovoietor capabil (M_{Rd}) – efort axial (N) este o unealtă foarte folositoare cu care se poate determina la o anumită forță axială cât poate fi momentul încovoietor maxim într-o secțiune oarecare. În prezenta lucrare, pentru trasarea curbei M_{Rd} - N , a fost utilizată o metodă descrisă în (3), mai exact determinarea momentului plastic la o anumită încărcare. Metoda constă în determinarea valorilor M_{Rd} în unele puncte caracteristice iar pe segmentele dintre aceste puncte realizează o aproximare liniară. Metoda descompune această curbă în mai multe segmente specifice prezentate în Figura 3, conform (3).

Punctele caracteristice sunt următoarele: I_a , II_a' , II_a'' , II_b , II_c , III_b . Valorile în punctele caracteristice au următoarele expresii în funcție de punctul în care se calculează:

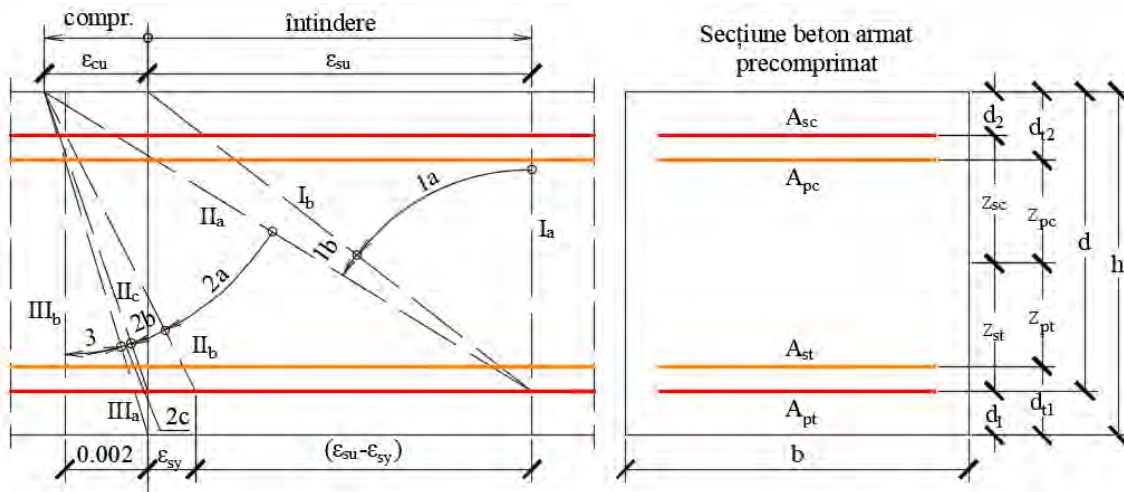


Figura 3: Domeniile de comportare, prelucrată din (3)

• Valoarea M_{Rd} la N_k în punctu I_a (corespunde întinderii pure) se exprimă astfel:

$$N_k^{Ia} = A_s \cdot f_{yk} + A_p \cdot \sigma_{p0} \quad [5]$$

$$M_{RD}^{Ia} = 0 \quad [6]$$

unde, σ_{p0} = tensiune de calcul în armătura activă;

A_p = aria totală a armăturilor active;

A_s = aria totală a armăturilor pasive;

• Valoarea M_{Rd} la N_k în punctu II_a' se exprimă astfel, din (3):

$$N_k^{IIa'} = F_{st,yk} + F_{sc,yk} + F_{pt,yk} + F_{pc,yk} - b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{ck} \cdot \frac{\varepsilon_{cu} \cdot d_2}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{sy}} \quad [7]$$

$$M_{RD}^{IIa'} = F_{st,yk} \cdot z_{st} - F_{sc,yk} \cdot z_{sc} + F_{pt,yk} \cdot z_{pt} + \frac{1}{2} \cdot b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{ck} \cdot \frac{\varepsilon_{cu} \cdot d_2}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{sy}} \cdot (h - \lambda \cdot \frac{\varepsilon_{cu} \cdot d_2}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{sy}}) \quad [8]$$

unde, A_{st}, A_{sc} = aria totală a armăturilor pasive din zona întinsă respectiv comprimată;

A_{pt}, A_{pc} = aria totală a armăturilor active din zona întinsă respectiv comprimată;

$b, h, d_1, d_2, d_{t1}, d_{t2}, z_{st}, z_{sc}, z_{pt}, z_{pc}$ – mărimi prezentate în Figura 3

$F_{st,yk}$ = forța ce apare în armătura pasivă din zona întinsă, are valoarea $A_{st} \cdot f_{yk}$;

$F_{sc,yk}$ = forța ce apare în armătura pasivă din zona compr., are valoarea $A_{sc} \cdot f_{yk}$;

$F_{pt,yk}$ = forța ce apare în armătura activă din zona întinsă, are valoarea $A_{st} \cdot \sigma_{p0}$;



$F_{pc,yk}$ = forța ce apare în armătura activă din zona compr., are valoarea $A_{sc} \cdot \sigma_{p0}$;

•Valoarea M_{Rd} la N_k în punctu II_a'' se exprimă astfel, din (3):

$$N_k^{IIa''} = F_{st,yk} - F_{sc,yk} + F_{pt,yk} - b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{ck} \cdot \frac{\varepsilon_{cu} \cdot d_2}{\varepsilon_{cu} - \varepsilon_{sy}} \quad [9]$$

$$M_{RD}^{IIa''} = F_{st,yk} \cdot z_{st} + F_{sc,yk} \cdot z_{sc} + F_{pt,yk} \cdot z_{pt} + F_{pc,yk} \cdot z_{pc} + \frac{1}{2} \cdot b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{ck} \cdot \frac{\varepsilon_{cu} \cdot d_2}{\varepsilon_{cu} - \varepsilon_{sy}} \cdot (h - \lambda \cdot \frac{\varepsilon_{cu} \cdot d_2}{\varepsilon_{cu} - \varepsilon_{sy}}) \quad [10]$$

•Valoarea M_{Rd} la N_k în punctu II_b se exprimă astfel, din (3):

$$N_k^{IIb} = F_{st,yk} - F_{sc,yk} + F_{pt,yk} - b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{ck} \cdot \frac{\varepsilon_{cu} \cdot (h - d_2)}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{sy}} \quad [11]$$

$$M_{RD}^{IIb} = F_{st,yk} \cdot z_{st} + F_{sc,yk} \cdot z_{sc} + F_{pt,yk} \cdot z_{pt} + F_{pc,yk} \cdot z_{pc} + \frac{1}{2} \cdot b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{ck} \cdot \frac{\varepsilon_{cu} \cdot (h - d_2)}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{sy}} \cdot (h - \lambda \cdot \frac{\varepsilon_{cu} \cdot (h - d_2)}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{sy}}) \quad [12]$$

•Valoarea M_{Rd} la N_k în punctu II_c se exprimă astfel, din (3):

$$N_k^{IIc} = -F_{sc,yk} - b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{ck} \cdot (h - d_2) \quad [13]$$

$$M_{RD}^{IIc} = F_{sc,yk} \cdot z_{sc} + \frac{1}{2} \cdot b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{ck} \cdot (h - d_2) \cdot (h - \lambda \cdot (h - d_2)) \quad [14]$$

•Valoarea M_{Rd} la N_k în punctu III_b (corespunde compresiunii centrice) se exprimă astfel:

$$N_k^{IIIa} = -A_c \cdot f_{ck} - A_s \cdot f_{yk} \quad [15]$$

$$M_{RD}^{IIIa} = 0 \quad [16]$$

În calcule, nu s-a luat în considerare armătura activă în cazul în care ea era comprimată.

2.3 Determinarea curbei: moment încovoietor – curbura

Pentru a determina diagrama moment încovoietor (M) – curbura ($\frac{1}{\rho}$) s-a folosit un proces iterativ. Acest algoritm iterativ funcționează după cum urmează: se alege un număr de iterații, se atribuie o deformație liniară ε_{ci} obținută împărțind deformația ultimă a betonului ε_{cu} la numărul de iterații ales, se trasează diagrama deformațiilor pe secțiune cu variație liniară conform Figurii 4, se calculează geometric o curbura temporară, se află tensiunea din fibra extremă de beton din deformația lui înmulțită cu modulul de elasticitate, la care se adaugă tensiunile provenite din forța axială raportată la arie. Apoi, se află tensiunile din armături înmulțind deformația cu modulul de elasticitate respectiv, se limitează tensiunile la limitele lor de curgere, se repetă acești pași modificând valoarea curburii până suma forțelor interioare (rezultate din tensiuni) este aproximativ egală cu valoarea forței exterioare axiale. Valoarea momentului încovoietor se află realizând o sumă de momente în jurul armăturii pasive din zona întinsă, iar curbura se află ca ultimul rezultat al curburii din ciclul descris mai sus.

Curbura a fost determinată în următorul mod:

$$\Phi_i = \frac{\varepsilon_{ci}}{x_i} \quad [17]$$

unde, ε_{ci} = deformația liniară determinată la iterația i;

x_i = distanța de la fibra la care se face iterația până la fibra cu deformație = 0;

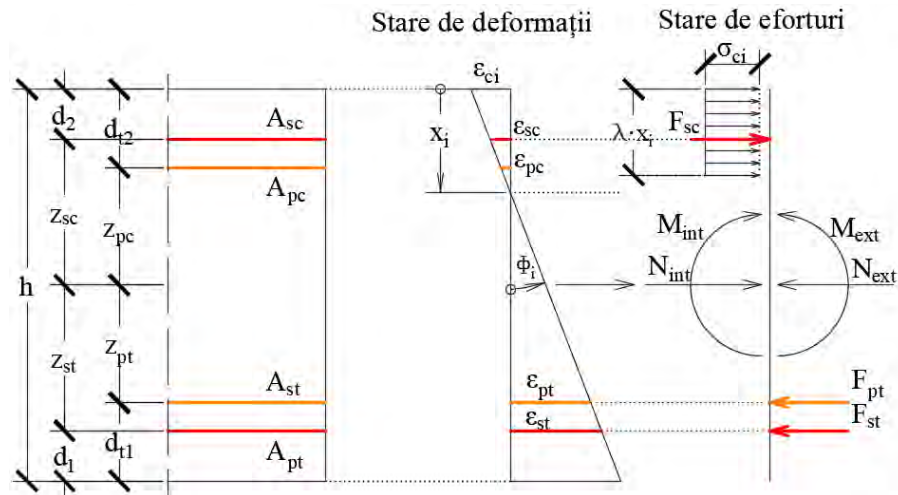


Figura 4: Starea de eforturi dedusă pe baza unei stări de deformații la o iterație oarecare, prelucrată din (3)

2.4 Determinarea variației rigidității pe înălțimea elementului

Pentru determinarea variației rigidității ($E \cdot I$) pe înălțimea elementului s-a folosit o metodă prezentată în (1). Această metodă constă în determinarea în prealabil a unui moment adimensional (momentul redus) $m = \frac{M}{b \cdot d^2 \cdot f_{ck}}$. Mai apoi, acest moment adimensional este utilizat precum urmează:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI_{(i)}} \Rightarrow E \cdot I_{(i)} = \frac{M}{\frac{1}{\rho}} = \frac{m \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{ck}}{\frac{d}{\rho}} = \frac{m}{\frac{d}{\rho}} \cdot b \cdot d^3 \cdot f_{ck} \quad [18]$$

Cu această formulare(1) s-a putut obține valoarea rigidității aferentă fiecărei valori a momentului încovoietor.

2.5 Determinarea variației deplasărilor pe înălțimea elementului

Determinarea variației deplasărilor pe înălțimea elementului s-a efectuat utilizând o metodă cunoscută de la disciplina Rezistența Materialelor, descrisă și în (1). Se pornește de la expresia ecuației diferențiale:

$$\frac{d^2 w}{dx^2} = -\frac{M}{E \cdot I} \quad [19]$$

Momentul încovoietor fiind descris astfel:

$$M = P_{ext} \cdot x \quad [20]$$

unde, P_{ext} = forța exterioară orizontală;

x = distanța de la punctul de aplicare a forței P_{ext} până la zona studiată;

Această ecuație mai apoi se integrează de 2 ori pentru a obține ecuația rotirii ($\varphi(x)$) și a deplasării ($w(x)$) în funcție de momentul încovoietor.

$$\varphi(x) = \int \frac{P_{ext}}{E \cdot I} \cdot x \, dx = \frac{P_{ext}}{E \cdot I} \cdot \frac{x^2}{2} + A \quad [21]$$

$$w(x) = \int \varphi(x) \, dx = \frac{P_{ext}}{E \cdot I} \cdot \frac{x^3}{6} + A + B \quad [22]$$

Prin aplicarea condițiilor de capăt se obțin constantele de integrare $A=B=0$. Apoi, ecuația deplasării la fiecare iterație devine (1):

$$w(x_i) = \frac{P_{ext}}{EI} \cdot \frac{(x_i - x_{i-1})^3}{6} + \varphi(x_i) \cdot (x_i - x_{i-1}) + w(x_{i-1}) \quad [23]$$

3 Concluzii

Rezultatele grafice obținute sunt prezentate în Figura 5.

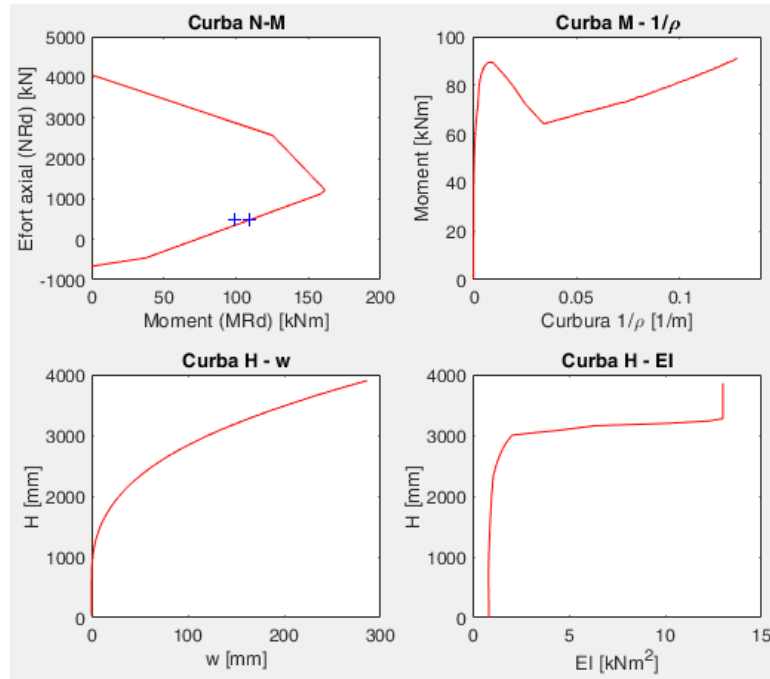


Figura 5: Rezultate obținute

Utilizând metoda dezvoltată în algoritm pentru surprinderea valorii deplasării la vârf, din curba de variație a deplasării pe înălțimea elementului, am obținut rezultate acoperitoare, rezultând o diferență dintre rezultate mai mică de 20%, prezentate în Tabelul 2.

Tabelul 2: Compararea deplasărilor la vârf de calcul – experimental, din (1)

	Deplasare Experiment [mm]	Deplasare Teoretică [mm]	Raport Experiment/Teoretic
w [mm]	237.96	285.70	0.83

Valoarea M_{Rd} , din curba $M_{Rd} - N$, la efortul axial dat, este mai apropiată de valoarea experimentală de cât cea regăsită în (1) (Tabelul 3), ceea ce denotă faptul că metoda de determinare a curbei din (3) surprinde fenomenul mai exact decât alte metode, de exemplu cea utilizată în (1).

Tabelul 3: Comparare M_{Rd} experimental – metoda (3) – metoda (1)

	M_{Rd} Experiment [kNm]	M_{Rd} Calculat dupa (3) [kNm]	M_{Rd} Calculat dupa (1) [kNm]
M [kNm]	117.26	108.77	98.75

Nomenclatură:

ϵ_s Deformația curentă a barei de armătură pasive;



ε_p	Deformația curentă a barei de armătură active;
ε_c	Deformația curentă a fibrei de beton;
ε_{sy}	Deformația de curgere a armăturii pasive, are valoarea $\frac{f_{yk}}{E_s}$;
σ_s	Efortul unitar corespunzător unei deformații ε_s în armătura pasivă;
σ_p	Efortul unitar corespunzător unei deformații ε_p în armătura activă;
f_{ck}	Rezistența caracteristică la compresiune a betonului;
f_{yk}	Rezistența caracteristică la întindere a armăturii pasive;

BIBLIOGRAFIE

1. Chirișescu M. Teză de doctorat: Utilizarea precomprimării la elemente prefabricate lungi din beton, solicitate preponderent la compresiune cu încovoiere Cluj-Napoca; 2016.
2. Kiss Z, Oneț T. Proiectarea structurilor de beton după SR EN 1992-1. 2nd ed. Cluj-Napoca: Editura Abel; 2010.
3. Faur A, Puskás A. Moment plastic, moment ultim, moment capabil Cluj-Napoca: U.T.PRESS; 2014.



FORMA CLĂDIRII-FACTOR DE INFLUENȚĂ ASUPRA PERFORMANȚEI ENERGETICE A ANVELOPEI TERMICE

Autor/autori

I.GANEA¹, L. BUTOI²

¹Facultatea de Constructii Universitatea Ovidius Constanta, , [e-mail: ganeaionut87@yahoo.ro](mailto:ganeaionut87@yahoo.ro) .

¹Facultatea de Constructii Universitatea Ovidius Constanta, , [e-mail: butoi.laurentiu.adrian@gmail.com](mailto:butoi.laurentiu.adrian@gmail.com)

Îndrumător/îndrumători

Conf.Dr.Ing. A. Constantin

¹Facultatea de Constructii Universitatea Ovidius Constantam,, [e-mail: aconstantina@univ-ovidius.ro](mailto:aconstantina@univ-ovidius.ro).

REZUMAT: Conceptul de dezvoltare sustenabilă pătrunde tot mai mult în gândirea inginerilor constructori, unul dintre aspectele vizate de acest concept - reducerea consumului energetic și eficientizarea performanței energetice a clădirilor - constituind un obiectiv important al activității de proiectare. Anvelopa termică a unei clădiri are ponderea cea mai însemnată în ceea ce privește consumul energetic pentru încălzire/răcire. Numeroși factori influențează coeficientul de pierdere de căldură prin transmisie prin anvelopă, între care materialele folosite și dimensiunile straturilor din alcătuirea elementelor de anvelopă sunt determinante. Forma clădirii influențează și ea acest parametru. În literatura de specialitate s-au propus mai multe metode de a cuantifica influența dimensiunilor geometrice asupra performanței energetice a unei clădiri. Articolul prezintă câteva dintre aceste propuneri. În studiul de caz prezentat este investigată influența factorului de formă asupra consumului specific de energie primară pentru încălzire al unei clădiri de tip condominiu, amplasate în Constanța. Sunt puse în evidență modificările acestui consum specific de energie primară în funcție de regimul de înălțime al clădirii.

Cuvinte cheie : dezvoltare sustenabilă, performanță energetică, anvelopă, forma clădirii.

1. Introducere

Obiectivul lucrării este de a investiga influența factorului de formă asupra consumului specific de energie primară pentru încălzirea a unui imobil aflat în județul Constanța. Conform hărții de zonare climatică, amplasamentul se află în zona climatică 1.

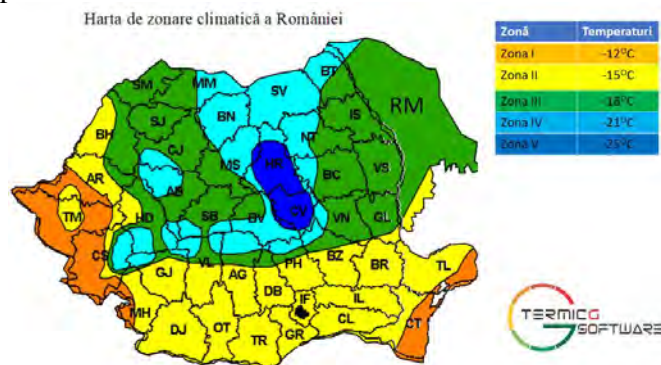


Figura 1 - Harta de zonare climatică [1]



Conform definiției prezentă în raportul “Viitorul nostru comun” al Comisiei Internaționale de Mediu și Dezvoltare (Comisia Brundtland), din 1987, ”dezvoltarea durabilă este dezvoltarea care urmărește satisfacerea nevoilor prezentului, fără a compromite posibilitatea generațiilor viitoare de a-și satisface propriile nevoi”. [2]

Sustenabilitatea este calitatea unei activități de a se desfășura fără a epuiza resursele disponibile și fără a distruge mediul, deci fără a compromite posibilitățile de satisfacere a nevoilor generațiilor următoare. [3]

Crearea clădirilor durabile și eficiente energetic a devenit foarte populară în ultimii ani. Proprietarii clădirilor sunt mereu în căutarea modalităților de a reduce amprenta de carbon, consumul energiei și costurile, iar metodele durabile sau ecologice în construcții îndeplinesc ambele nevoi.

Obiectivul construcțiilor durabile sau verzi este reducerea emisiilor de carbon în clădire în timpul construcției și după finalizarea acesteia. El poate include utilizarea materialelor de construcție durabile sau reciclate, reducerea deșeurilor și utilizarea surselor regenerabile de energie.

În sectorul construcțiilor se consumă aproximativ 50% din resursele primare oferite de natură și 40%-45% din energia produsă la nivel mondial, mai mult decât în oricare alt sector industrial. [4]

Astfel, în mod direct sau indirect, se produce cel mai mare impact asupra mediului. Într-un sens complex, impactul construcțiilor asupra mediului este unul enorm și decisiv pentru condițiile și calitatea vieții.

Strategia de dezvoltare durabilă are rolul de a diminua și de a controla acest impact, fiind una din direcțiile principale care se aplică nu numai în domeniul construcțiilor ci în toate domeniile de activitate.

Implementarea conceptului de dezvoltare durabilă în construcții nu se poate realiza decât prin inovare la nivel conceptual și tehnologic, prin proiectarea clădirilor astfel încât ele să fie performante energetic, folosind materiale cu caracteristici fizico-mecanice superioare, reciclabile și cu consumuri scăzute de resurse și energie, aplicând sisteme constructive și tehnologii adiacente care să prezinte siguranță în exploatare, cu consumuri scăzute de energie și să aibă un impact minim asupra mediului. [4]

2. Considerații teoretice

Anvelopa termică a unei clădiri este alcătuită dintr-o serie de suprafețe- elemente componente- prin care are loc transfer termic. Totalitatea suprafețelor elementelor de construcție perimetrice, care delimitează volumul interior (încălzit) al unei clădiri de mediul exterior sau de spații neîncălzite din exteriorul clădirii reprezintă anvelopa termică a unei clădiri.

În raport cu poziția în cadrul clădirii se pot deosebi elementele componente exterioare, care sunt în contact direct cu aerul exterior (pereți exteriori, inclusiv suprafața adiacentă rosturilor deschise), elemente interioare care delimitează spațiile încălzite de spații adiacente neîncălzite sau mai puțin încălzite (pereții și planșeele care separă volumul clădirii de spații adiacente neîncălzite sau mult mai puțin încălzite, precum și de spațiul rosturilor închise) sau elemente în contact cu solul (fundatii , planșee peste pământ) .

În funcție de tipul elementelor de construcție sunt elemente componente opace (partea opacă a pereților exteriori, inclusiv suprafața adiacentă rosturilor) și elemente vitrate, al căror factor de transmisie luminoasă este egal sau mai mare de 0,05 (componentele transparente și translucide ale pereților exteriori și acoperișurilor - tâmplăria exterioară, pereții vitrați și luminatoarele).

În funcție de poziția elementelor de construcție în cadrul anvelopei clădirii sunt elemente verticale, elemente de construcție care fac un unghi cu planul orizontal mai mare de 60 grade



(ex: pereților exteriori) sau elemente orizontale, elemente de construcție care fac un unghi cu planul orizontal mai mic de 60 grade (de exemplu planșeele de peste ultimul nivel, de sub poduri, planșeele de peste pivnițe și subsoluri neîncălzite, planșeele care delimitează clădirea la partea inferioară, față de mediul exterior - bowindowi, ganguri de trecere s.a).

Aria anvelopei clădirii, A , reprezintă suma tuturor ariilor elementelor de construcție perimetrice ale clădirii, prin care are loc transfer termic și se calculează cu relația[5]:

$$A = \sum A_i \quad [m^2] \quad (1)$$

unde A_i ariile elementelor de construcție care intră în alcătuirea anvelopei clădirii.

Aria anvelopei se determină având în vedere exclusiv suprafețele exterioare ale elementelor de construcție perimetrice, ignorând existența elementelor de construcție interioare (pereții interiori structurali și nestructurali, precum și planșeele intermediare). [5]

Interesul științific pentru construirea de forme nu este nou, dar literatura de specialitate nu pare să reflecte importanța acestui subiect.

Hachem și colab.[6] au investigat proiectele unităților de locuințe pentru a optimiza așezările urbane pentru a exploata radiația solară. În mod similar, Okeil [7] a căutat forme de construcție eficiente din punct de vedere energetic prin tăierea profilurilor solare printr-un bloc convențional, dezvoltând astfel ceea ce el a numit un bloc solar rezidențial (RSB) care maximizează energia solară care lovește fațadele clădirii. În schimb, Caruso și colab.[10] și-au propus să exploreze forme geometrice care reduc la minimum radiația solară incidentă pe anvelopa clădirii pentru a reduce sarcinile de răcire.

Formele non-dreptunghiulare au fost, de asemenea, subiectul investigației, în încercarea de a minimiza sarcinile de răcire cu concluzia că o suprafață redusă a anvelopei conduce la optimizarea formelor de construcție menite să scadă consumul de energie. Un rezultat, acesta din urmă, în conformitate cu descoperirile anterioare, au demonstrat empiric, pentru un întreg parc de clădiri, existența unei corelații puternice între suprafața clădirii expuse (pereți plus acoperiș) și utilizarea gazului / electricității. S-a descoperit că atât costurile, cât și veniturile cresc odată cu înălțimea, deși prima crește mai repede decât cea din urmă, implicând astfel existența unei înălțimi optime din punct de vedere economic.

O abordare comună adoptată pentru a cuantifica relația dintre suprafața exterioară (S) și volumul unei clădiri (V) este de a privi raportul S/V .

Reducerea suprafeței externe a clădirii, în timp ce crește volumul său intern, duce la un consum mai mic de energie.

Ignorând formele sferice, domeniul geometric pentru a obține o valoare de referință pentru o suprafață exterioară minimă și un volum cât mai mare poate fi limitat la forme paralelipipedice dreptunghiulare (cunoscute și sub numele de cuboizi). În acest caz, suprafața minimă - cu excepția părții de suprafață în contact cu solul - necesară pentru a cuprinde un volum dat V este [7]:

$$S_{min}(V) = 3 \sqrt[3]{4V^2} \quad (2)$$

unde : S_{min} = Suprafața exterioară; V = volumul încălzit.

În continuare, gabaritul clădirii va fi examinat ținând cont de doi coeficienți, r – coeficient de amprentă la sol și k -coeficient de zveltețe. Acești doi coeficienți au directă legătură cu una dintre laturile clădirii, fiind dependente între ele.

Coeficientul de amprentă la sol (r) este rezultatul raportului dintre lățime (L) și lungime (B). Coeficientul de zveltețe (k) este reprezentat de raportul dintre înălțime (H) și lungime (B) în timp ce factorul de formă (γ) este rezultat dintre produsul celor 2 coeficienti (r și k).

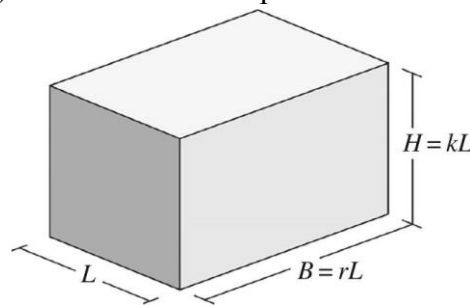


Figura 2 - Clădire în formă de cuboid, parametrizată în ceea ce privește raportul de aspect al amprentei (r) și raportul de aspect al zvelteții (k). [8]

Pentru orice volum, suprafața minimă (S_{min}) pentru un cuboid se obține atunci când $r=1$ și $H=L/2$, forma care corespunde unui semi-cub. Ecuația (2) devine echivalentă cu relațiile:

$$S = 3L^2 \text{ și } V = \frac{L^3}{2} \quad (3)$$

Factorul de formă (γ) este prezentat în figura 3, unde valorile numerice etichetate pe curbele de nivel indica valoarea γ . Fiecare curbă de nivel definește setul de perechi (r, k).

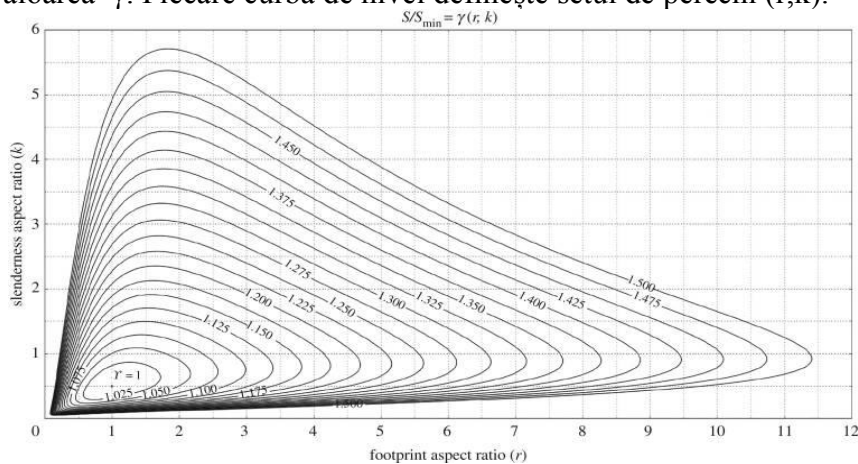


Figura 3 - Grafic bidimensional în planul $r - k$ al factorului de formă γ . Valorile numerice etichetate pe curbele de nivel indică valoarea γ corespunzătoare la acea curbă. [9]

Coeficientul gama (γ) are valoarea 1 pentru forma de semicub, considerată ca forma care asigură cea mai bună performanță din punctul de vedere geometric. Din Figura 3 se observă că pentru un coeficient „ r ” dat și pentru același coeficient de formă gama (γ) corespund două valori ale coeficientului de zveltețe „ k ”. Valorile mici ale lui „ k ” se referă la clădiri care au formă de semicub cu amprenta mare la sol și regim mic de înălțime.

3. Consumul de energie pentru încălzire în funcție de regimul de înălțime al clădirii. Studiu de caz

În studiul de caz prezentat este investigată influența factorului de formă asupra consumului specific de energie primară pentru încălzire al unei clădiri de tip condominiu, amplasate în Constanța. Clădirea este un bloc de locuite S+P+6, cu nivelurile identice. Subsola este

neîncălzit. Pe fiecare etaj sunt 4 spații de locuit. În figura 4 este prezentată compartimentarea imobilului.

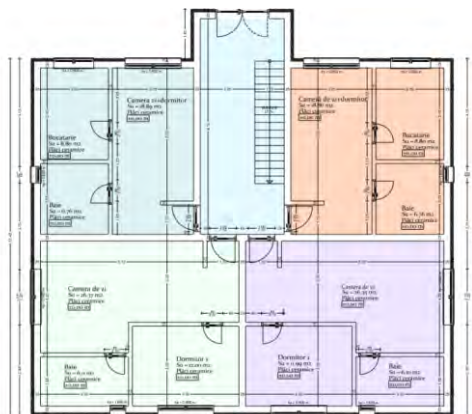


Figura 4 – Plan nivel curent

Pentru a pune în evidență modificările consumului specific de energie primară pentru încălzire în funcție de regimul de înălțime al clădirii, se compară clădirea reală cu variantele ei S+P+5 și S+P+4. Alcătuirea elementelor de anvelopă este detaliată în tabelul 1.

Tabelul 1 - Configurația anvelopei clădirii analizate

	Denumire material	δ [m]	λ [w/m/K]
PE - Perete exterior	tencuială	0,025	0,87
	spumă poliuretanică	0,1	0,021
	caramidă GVP	0,35	0,75
	tencuială	0,025	0,87
TE - Terasă	rigips	0,005	0,41
	vată bazaltică	0,1	0,04
	strat aer	0,05	0,07
	placă beton armat	0,15	1,74
	beton de pantă	0,15	1,62
	barieră vapori	0,0005	0,04
	BCA	0,15	0,28
	șapăa	0,03	0,93
	hidroizolație(bituminoasă)	0,01	0,17
strat protecție pietriș	0,15	0,7	
PDss - Pardoseală de peste subsol	gresie	0,01	2,03
	șapă	0,06	0,87
	placă beton armat	0,1	1,74
	spumă poliuretanică	0,1	0,021

Valorile dimensiunilor în plan și regimul de înălțime sunt puse în corelație cu valorile coeficienților de formă în Tabelul 2.

Tabelul 2 – Evaluarea factorului de formă în funcție de regimul de înălțime

Regim de înălțime	H (Înălțime)[m]	B (lungime) [m]	L (Lățime) [m]	r (coeficient de amplanță la sol)	k (coef. de zveltete)	γ (Factor de forma)
S+P+4	14,6	14,75	12,9	0,87	0,98	0,86
S+P+5	17,6	14,75	12,9	0,87	1,19	1,0



S+P+6	20,6	14,75	12,9	0,87	1,39	1,22
-------	------	-------	------	------	------	------

S-a făcut investigația pentru 3 clădiri ce au suprafața construită la sol egală, diferența fiind reprezentată de regimul de înălțime. În urma evaluării caracteristicilor geometrice au fost determinate valorile corespunzătoare anvelopei termice din tabelul 3. Ele au fost folosite pentru evaluarea performanței energetice a clădirii, în principal energia primară necesară pentru încălzire.

Tabelul 3 – Caracteristici geometrice în funcție de regimul de înălțime

Regim de înălțime	Arie exterioară [mp]	Arie suprafață vitrată [mp]	Arie opacă[mp]	Arie încălzită[mc]	Volum încălzit[mc]
S+P+4	823,12	115,62	707,51	990,45	2 971,1
S+P+5	987,74	137,76	849,98	1 188,54	3 565,37
S+P+6	1 152,36	145,92	1 006,44	1 386,63	4 159,89

4. Rezultate și discuții

Coeficientul de pierderi de căldură (H) crește pe măsură ce regimul de înălțime crește de la 1030,17 [W/K] în cazul regimului de înălțime S+P+4 până la 1352,87[W/K] în cazul regimului de înălțime S+P+6. În evaluarea performanței energetice vom folosi suprafețele vitrate pentru a determina aportul solar ținând cont de radiația solară și durata de încălzire pentru fiecare caz în parte.

Odata cu adăugarea unui etaj, suprafața vitrată și numărul de ocupanți cresc, rezultând o creștere a aportului solar și a aportului intern. Pe de altă parte, cresc și suprafața încălzită și volumul încălzit, deci studiul comparativ trebuie făcut în termeni specifici, adică raportat la unitate de arie.

În Tabelul 4 se prezintă rezultatele privind consumul de energie primară pentru încălzire.

Tabelul 4 – Evaluarea consumului de energie ținând cont de regimul de înălțime

Regim de înălțime	Consum de energie necesar încălzirii [kWh/an]	Consum specific [kWh/m ² /an]
S+P+4	54 891,03	55,42
S+P+5	63 032,04	53,03
S+P+6	71 475,54	51,55

Conform interogării graficului bidimensional observăm cum factorul de formă se apropie de valoarea 1 atunci când regimul de înălțime scade. Diagrama fiind concepută pentru raportarea la semicub se observă cum clădirile analizate se depărtează de zonă $\gamma=1$. Coeficientul de zveltețe „k” este apropiat de valoarea 1 crescând odată cu creșterea regimului de înălțime.

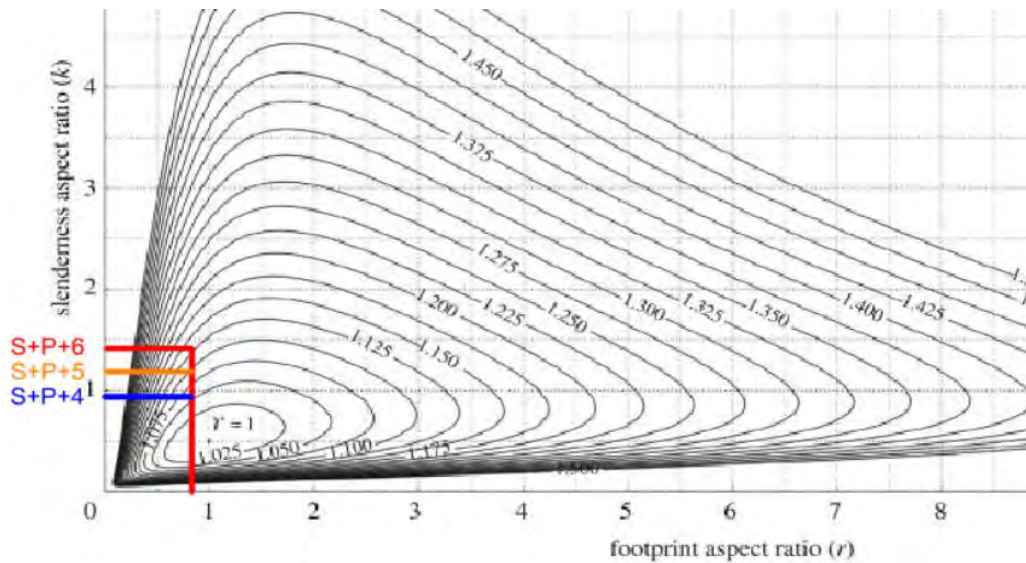


Figura 5 – Coeficientul de formă al clădirilor analizate. Conform [9]

Pentru fiecare dintre clădirile analizate, „k” are valoarea maximă din cele 2 valori posibile. Din tabelul 4 se observă că pe măsură ce crește regimul de înălțime, consumul de energie primară pentru încălzire scade cu 11%, regimul de înălțime S+P+5, în timp ce pentru construcția ce are regimul de înălțime S+P+4, consumul de energie scade cu 23,20 %, față de clădirea de referință S+P+6. Acest rezultat indică faptul că deși forma este apropiată de optim, la clădirea S+P+4, ponderea aporturilor solare și interne dependentă de suprafețele vitrate crește suficient de repede cu adăugarea fiecărui etaj astfel că din punctul de vedere al energiei primare pentru încălzire, consumul specific scade odată cu creșterea regimului de înălțime.

5. Concluzii

În studiul de caz prezentat s-a urmărit numai unul dintre numeroșii factori care influențează performanța energetică a clădirilor: forma anvelopei. S-a evaluat consumul de energie primară pentru încălzire corespunzător clădirii reale S+P+6 și a celor două versiuni S+P+5 și S+P+4, toate trei având aceeași amprentă la sol. Deși clădirea cu regimul de înălțime S+P+4 are coeficientul de formă egal cu valoarea optimă, $\gamma=1$, consumul ei specific de energie primară pentru încălzire este cu 23,20% mai mare decât cel al clădirii reale, S+P+6. Acest rezultat se explică prin faptul că în stabilirea coeficientului de formă suprafețele se consideră opace. În cazul real, prin creșterea regimului de înălțime, crește atât suprafața vitrată, cât și numărul de locuitori, ceea ce conduce la creșterea mai rapidă a aporturilor externe și interne. În zone climatice cu radiație solară mare, cum e zona climatică I, aporturile solare au pondere importantă în bilanțul energetic.

Influența formei trebuie studiată încă din faza de proiectare a unei clădiri, deoarece orice posibilitate de diminuare a consumurilor energetice ale acesteia, o poate aduce în apropierea performanței unei clădiri cu consum energetic aproape zero, un obiectiv important al dezvoltării sustenabile.



Bibliografie

1. <http://softwarecalculg.ro/temperaturi-exterior-are-de-calcul/>
2. https://ro.wikipedia.org/wiki/Dezvoltare_durabil%C4%83
3. <https://www.twi-global.com/locations/romania/ce-facem/intrebari-frecvente-faq/ce-este-sustenabilitatea>
4. <https://www.revistaconstrucțiilor.eu/index.php/2008/11/30/parametri-si-criterii-de-robustete-si-dezvoltare-durabila-pentru-cladiri-multietajate-i/>
5. Metodologie pentru calculul performanței energetice a cladirilor, MC 001/1,2,3 – 2006, consolidata. Editura: Matrixrom, Bucuresti, 2017.
6. Okeil A. 2010. O abordare holistică a formelor de construcții eficiente din punct de vedere energetic . Construirea energiei. 42 , 1437–1444. (10.1016 / j.enbuild.2010.03.013) ;
7. Bernardino D'Amico și Francesco Pomponi . A compactness measure of sustainable building forms. relatia 4.5;
8. Bernardino D'Amico și Francesco Pomponi . A compactness measure of sustainable building forms. Fig. 1;
9. Bernardino D'Amico și Francesco Pomponi . A compactness measure of sustainable building formsFig.3;
10. Bernardino D'Amico și Francesco Pomponi . A compactness measure of sustainable building forms



APLICAREA LIANȚILOR HIDRAULICI LA ÎMBUNĂTĂȚIREA PROPRIETĂȚILOR DE COMPACTARE ALE PĂMÂNTURILOR

Autori:

Cornelia-Ioana C. Groza, Anamaria C.I. Limbean

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, grozaioana.c@yahoo.com
Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, anamaria.ami77@yahoo.com

Îndrumători:

Conf. Dr. Ing. Nicoleta-Maria Ilies

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, nicoleta.ilies@dst.utcluj.ro

Student doctorand, Ing. Dpl. Oprean-Herciu Diana-Andreea

Facultatea de Hidrotehnica, Universitatea Tehnică din București, diana-andreea.oprean-herciu@phd.utcb.ro

Rezumat: Datorită modului de formare al pământului, prin dezagregarea fizică și chimică a rocilor, suprafața scoarței terestre este alcătuită, în cea mai mare parte, din pământuri nesaturate, iar acest lucru face să aibă o comportare complexă, care oferă inginerilor multe provocări. În zilele noastre este necesară intensificarea preocupărilor pentru găsirea unor soluții tehnice eficiente, bazate pe cunoștințe bine fundamentate, despre terasamentul drumurilor și a terenurilor de fundare. Sub acest aspect, tematica lucrării, referitoare la utilizarea stabilizatorilor pentru pământuri și agregate la lucrările de construcții, este deosebit de actuală. Luând în considerare acest argument, lucrarea se bazează pe determinarea caracteristicilor fizico-mecanice și fizico-chimice ale unui pământ folosit în corpul terasamentului, după ce acesta a fost îmbunătățit cu lianți hidraulici din gama ViaCalco D. Acest studiu amplu vizează evaluarea factorilor de influență asupra caracteristicilor pământului tratat, prin folosirea rapoartelor diferite de lianți, diferența fiind dată de parametrii utilizați pentru compactarea probelor cu ajutorul încercării Proctor Modificat. Caracteristicile fizice și chimice ale pământului îmbunătățit au fost studiate în laborator în intervalul de 3, 7 și 14 zile de la confecționare.

Cuvinte cheie:

- Lianți hidraulici
- Stabilizare
- Îmbunătățire
- Pământ

1.Introducere:

Stabilizarea cu lianți hidraulici poate oferi multe beneficii în domeniul construcțiilor, cum ar fi îmbunătățirea capacității portante a pământului, permițând continuitatea operațiunilor de construcții în situații dificile într-un timp util. De asemenea, costurile sunt reduse comparativ cu alte soluții de îmbunătățire, cum ar fi excavarea materialului, transportul în groapa de deșeuri și operațiuni de înlocuire, unde se utilizează materiale geosintetice și agregate.

Lianții hidraulici reprezintă un amestec de var calcic și compuși hidraulici care au rolul de a reduce umiditatea, de a modifica temporar sau a stabili permanent pământul. Această gamă de materiale pulverulente cu proprietăți hidraulice este clasificată în funcție de conținutul de oxid de calciu (CaO) al fiecărui produs.

Terasamentele de pământ sunt supuse permanent factorilor climatici externi precum îngheț-dezghet, căldură, vânt, ploi, având un puternic efect asupra comportamentului lor.



Variația temperaturii și a umidității duc la creșterea sau scăderea capacității portante a terasamentelor, influențând astfel stabilitatea sistemelor rutiere.

Studiul experimental a fost realizat prin prelevarea probelor din șantier, și anume a unei argile vâtoase (Cl), aceasta fiind ulterior comparată cu o argilă prăfoasă (siCl) supusă aceluiași test. Tratarea s-a realizat prin amestecul argilei cu două procente diferite de liant hidraulic, având o variație de amestec de 2,5% și 3,5% ViaCalco D. Probele mixte au fost supuse testului Proctor Modificat, prin intermediul căruia s-au obținut valori diferite ale caracteristicilor de compactare. Testarea primului amestec de argila vâtoasă și 2.5% liant ViaCalco D, evidențiază o scădere a densității maxime în stare uscată, însă și o creștere a umidității optime de compactare. Au fost realizate eșantioane de pământ, în care s-a adăugat o cantitate de liant, iar treptat s-a adăugat cantitatea necesară de apă pentru a obține o umiditate optimă într-o stare maximă de compactare.

Lucrarea prezintă rezultatele fizice și caracteristicile mecanice ale pământului tratat, arătând astfel că timpul necesar întăririi și gradul de compactare sunt fundamentale pentru obținerea unei stabilizări eficiente.

2.Principiul teoretic de bază:

Lianții hidraulici pe bază de var se utilizează pentru stabilizarea pământurilor cu un indice de plasticitate mai mare decât 10%.

În general, utilizarea argilelor în construcții este limitată datorită sensibilității lor mari la variațiile umidității care determină umflarea, contracția și fisurarea lor. Pentru eliminarea acestor dezavantaje, argilele se stabilizează. Stabilizarea argilelor se realizează prin schimbul ionic și se bazează pe proprietatea argilei de a substitui unii ioni din complexul adsorbit, care formează pelicule apoase groase în jurul granulelor, cu alți ioni care reduc peliculele respective. În cazul folosirii varului, stabilizarea argilei este efectul atât al reacțiilor de schimb ionic cât și al reacțiilor puzzolanice care au loc între var și silice, respectiv alumina, prezente în stare reactivă în argilă. În urma reacțiilor puzzolanice, iau naștere hidrosilicați și hidroalumiinați de calciu insolubili în apă, care cu timpul, se întăresc, cimentând granulele de argilă. Prin tratarea argilei cu lianți hidraulici unitari neclincherizați, pot fi observate următoarele modificări: reducerea plasticității pământului (reducerea indicelui de plasticitate I_p), scăderea umidității, creșterea densității, compactarea îmbunătățită, reducerea capacității de a se umfla și a se micșora, având rezistența și stabilitatea îmbunătățite după compactare. Aceste efecte în general au loc într-o perioadă scurtă de timp după introducerea varului, de obicei 1 până la 48 de ore și sunt mai pronunțate în pământuri cu conținut considerabil de argilă.

3.Procedura si materialele folosite:

- a. Evaluarea pământului inițial și ale caracteristicilor acestora, reprezintă un prim pas pentru a determina dacă necesită stabilizare cu var. Se utilizează procedura ASTM C136 pentru a determina cantitatea de pământ care permite trecerea sa prin sita de 75 microni (75- μ m), iar procedura ASTM D 4318 (metoda umedă) este utilizată pentru a determina indicele de plasticitate, fiind recomandat a avea un indice de plasticitate de minim 10%.



- b. Determinarea cantității minime de var necesară stabilizării, se realizează luând în considerare cel mai mic procent de var existent care produce prin testarea în laborator un pH de 12.4.
- c. Testul Proctor este realizat în laborator pentru a determina caracteristicile de compactare ale pământurilor. Testul Proctor Modificat este utilizat pentru lucrări de terasamente de drumuri și căi ferate. Metoda constă în compactarea cu același lucru mecanic specific al unor probe de pământ cu diferite umidități, în vederea stabilirii valorilor maxime ale densității în stare uscată și a umidității optime în domeniul uscat.

Lucrul mecanic specific de compactare (L) folosit în încercarea Proctor se calculează cu următoarea relație:

$$L = \frac{m \times g \times h \times n}{A \times a} \quad (1.1)$$

m = masa maiului, în kg;

g = accelerația gravitațională 9,81 m/s²;

h = înălțimea de cădere a maiului în m;

n = numărul de lovituri pe fiecare strat;

A = aria secțiunii cilindrului, în cm²;

a = grosimea stratului de pământ compactat;

Pentru pregătirea probelor, cantitatea necesară de material se usucă în etuva până la o umiditate scăzută, la o temperatură maximă de 105°C. Materialul este întins pe masă de lucru sau într-o tavă și se fărâmițează în vederea trecerii prin sita cu diametrul de 3.15 mm. Cantitatea de apă necesară se adaugă cu ajutorul unui stropitor, apoi se realizează omogenizarea amestecului, urmând lăsarea materialului coezive în repaus circa 15 ore.

Proba este introdusă în cilindrul metalic, în cinci straturi cu grosimi egale, fiecare strat fiind compactat prin 25 de lovituri cu maiul. Se ridică maiul la înălțimea maximă lăsându-l mai apoi în cădere liberă. Înainte de introducerea unui nou strat se scarifică cu ajutorul unui cuțit suprafața stratului predecesor. Loviturile necesare compactării unui strat trebuie aplicate fără întrerupere, la intervale de câteva secunde. După adăugarea ultimului strat, inelul prelungitor este îndepărtat, iar materialul suplimentar este uniformizat până la vârful matriței. Se perie materialul căzut și se ia cilindrul metalic care se cântărește în vederea obținerii masei m_1 . Proba este scoasă din cilindru pentru determinarea umidității medii, efectuând astfel această operațiune de 3 ori. Compactarea probei poate fi realizată de maximum 3 ori.

În cazul în care materialul conține o cantitate mare de fracțiune argiloasă și nu este posibil realizarea în timp scurt a unei umeziri uniforme, fiecare probă de pământ este umezită cu diferite cantități de apă.

Pentru fiecare încercare de compactare, va fi calculată atât densitatea cât și densitatea în stare uscată a materialului, folosind următoarele relații:

$$\rho = m_m/V \text{ [g/cm}^3\text{]} \quad (2.1)$$



m_m - masa totală a probei cu un volum, V $m_m = m_1 - m_2$
 V - volumul materialului compactat în cm^3

$$\rho_d = \rho / (1 + w/100) \text{ g/cm}^3 \quad (2.2)$$

m_1 - masa cilindrului umplut cu material, în grame
 m_2 - masa cilindrului cu placa de baza, în grame
 w - umiditatea medie a materialului, în %

4. Rezultate:

Pământul utilizat pentru experiment a fost obținut prin amestecarea argilei vârtoase, având în compoziție: Argilă (Cl) 63%, Praf (Si) 30% și Nisip (Sa) 7%, cu un indice de plasticitate $I_p = 58.2\%$ - plasticitate foarte mare și umflarea liberă $UL = 110\%$, cu liant hidraulic. Liantul a fost adăugat în două procente: 2,5% și 3,5%. Acest amestec urmărește determinarea compoziției optime din punct de vedere al caracteristicilor mecanice, dar luând în considerare scăderea costurilor. Testele efectuate asupra pământului stabilizat au fost desfășurate conform standardelor Românești, iar valorile obținute au fost comparate cu valorile prevăzute conform STAS, pentru condiții de calitate.

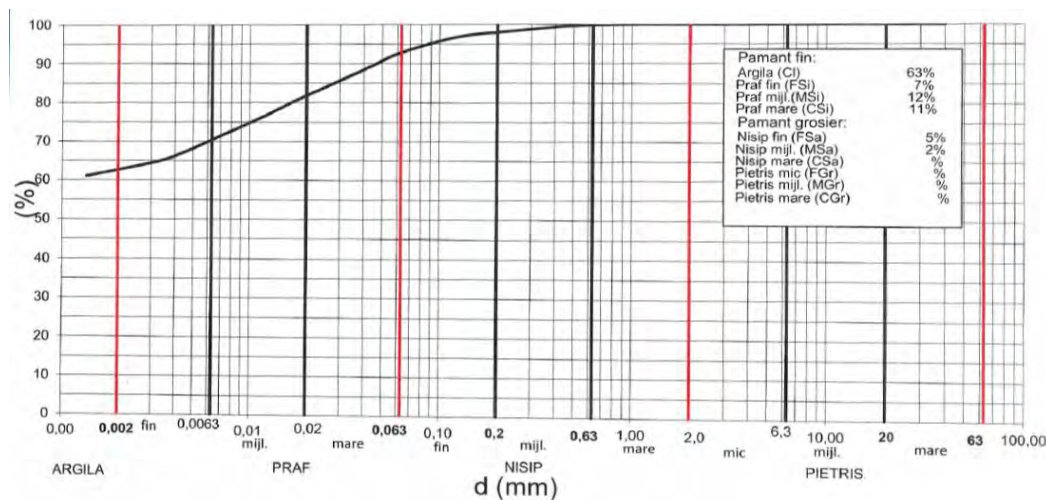


Figura 1. Diagrama de distribuție granulometrică a pământului în stare naturală; Conform STAS 1913/5-85; SR EN ISO 14688-2:2018.

Tabelul 1. Rezultatele încercării.

Descrierea materialului	Determinarea granulozității (%) STAS 1913/5-85 SR EN ISO 14688-2:2018				Determinarea limitelor de plasticitate (%) STAS 1913/4-86			Determinarea caracteristicilor fizice și mecanice ale pământului cu umflări și contractii mari Umflare liberă % STAS 1913/12-88	Determinarea materialelor organice (humus solubil în alcalii) % STAS 7107/-76
	Argila Cl	Praf Si	Nisip Sa	Pietris Gr	W_L	W_p	I_p		
Argila (Cl)	63	30	7	-	77,2	19,0	58,2	110	1...2 slab galbui
Argila (Cl)+2,5 % VIACALCO D -3 zile de la confectionare	55	36	9	-	65,5	20,2	45,3	90	1...2 slab galbui
Argila (Cl)+2,5 % VIACALCO D -7 zile de la confectionare	45	35	20	-	55,4	21,3	34,1	80	1...2 slab galbui
Argila (Cl)+2,5 % VIACALCO D -14 zile de la confectionare	30	51	19	-	41,2	22,3	18,9	70	1...2 slab galbui
Argila (Cl)+3,5 % VIACALCO D -3 zile de la confectionare	50	42	8	-	60,3	20,4	39,9	80	1...2 slab galbui
Argila (Cl)+3,5 % VIACALCO D -7 zile de la confectionare	40	49	11	-	50,5	21,5	29,0	70	1...2 slab galbui
Argila (Cl)+3,5 % VIACALCO D -14 zile de la confectionare	26	61	13	-	36,4	22,5	13,0	60	1...2 slab galbui



Legenda: W_L = limita superioara; W_p =limita inferioara; I_p =indicele de plasticitate;

Tabelul 1. reprezintă rezultatele obținute pentru amestec cu 2.5% și 3.5%, în ceea ce privește distribuția granulometrică cât și umflarea liberă după diferite intervale de timp (3 zile, 7 zile și 14 zile). Rezultatele arată faptul că după adăugarea unui liant într-un procent mai mare de 2%, modificarea structurii interne a pământului este vizibilă. O parte semnificativă a argilei este transferată în fracția de nisip, astfel granulometria este modificată, iar umflarea liberă redusă.

Totodată schimbările apărute la nivelul materialului coeziv, ne arată un amplu răspuns la adăugarea de liant, astfel pentru majoritatea pământurilor există o scădere continuă a conținutului de argilă însă o creștere a conținutului de var. În mod clar, această modificare, cât și cea a formării particulelor de agregate, prezintă comportamentul complex rezultat în urma adăugării de liant.

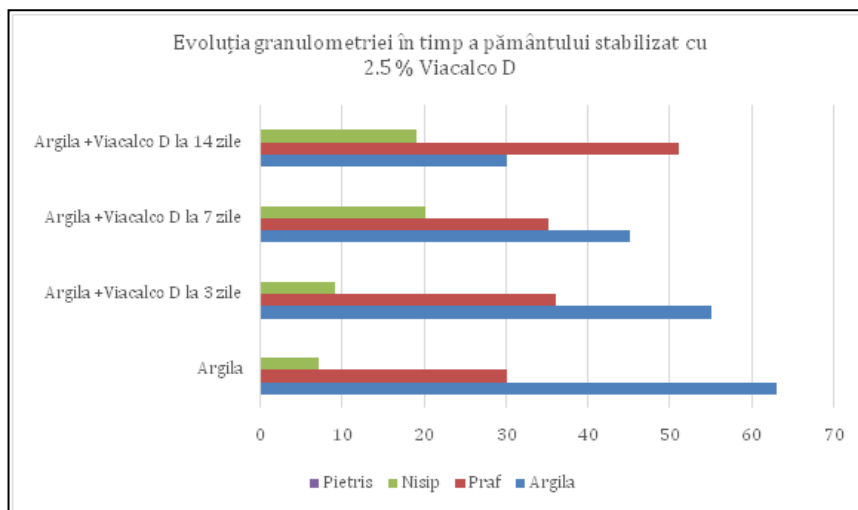


Figura 2.

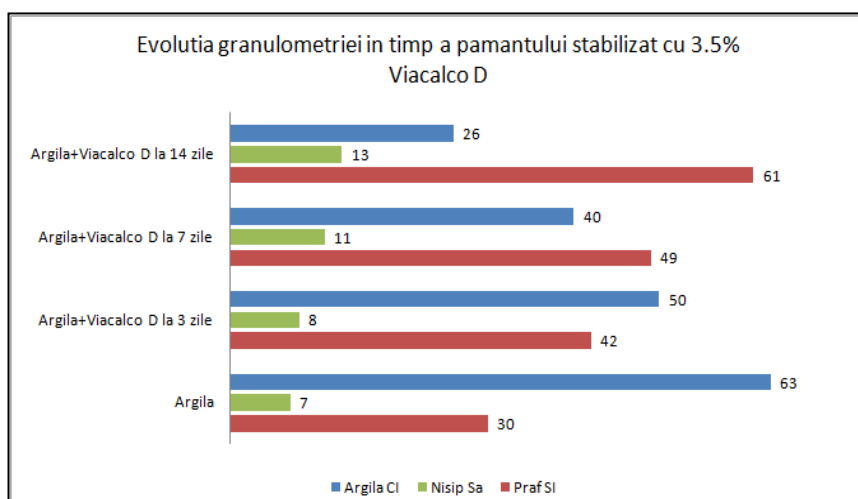


Figura 3.

Prin intermediul celor două amestecuri, au fost de asemenea obținute și caracteristicile de compactare, fiind prezente în Tabelul 2., prin intermediul testului Proctor Modificat. Se



poate observa odată cu adăugarea de liant hidraulic, o creștere a conținutului optim de apă, însă și o scădere a densității uscate maxime. Creșterea conținutului optim de apă se datorează și necesității de hidratare a varului- o parte din apă este utilizată pentru hidratarea varului adăugat.

Tabelul 2. Rezultatul încercării Proctor Modificat.

Descrierea materialului	Determinarea granulozității (%) STAS 1913/5-85 SR EN ISO 14688-2:2018				Determinarea limitelor de plasticitate (%) STAS 1913/4-86					Determinarea caracteristicilor fizice și mecanice ale pamantului cu umflări și contractii mari Umflare liberă % STAS 1913/12-88			Determinarea materialelor organice (humus solubil în alcalii) % STAS 7107/-76/5-85	Calitatea ca materialul pentru terasament STAS 2914-84	Determinarea caracteristicilor de compactare încercarea Proctor Modificat STAS 1913/13-83	
	Argila Cl	Praf Si	Nisip Sa	Pietris Gr	W _L	W _p	I _p	I _c	W				Densitatea max. în stare uscată g/cm ³	Umiditatea optimă de compactare %		
Argila (Cl). vartoasa	63	30	7	-	77,2	19,0	58,2	0,99	19,6			110	1...2 slab galbui	4d rea	-	-
Argila (Cl) în amestec cu 2,5 % VIACALCO D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,800	19,0
Argila (Cl) în amestec cu 3,5 % VIACALCO D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,782	20,2

Legenda: W_L= limita superioara; W_p=limita inferioara; I_p=indicele de plasticitate; I_c= indicele de consistenta; W=umiditatea naturala

Caracteristicile de compactare: -umiditatea optimă de compactare= 19%

-densitatea maximă în stare uscată=1.8 g/cm³

Tipul materialului: Argila + 2.5% VIACALCO D

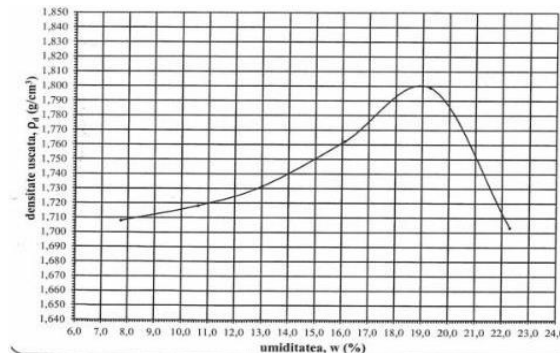


Figura 4. Diagrama încercării Proctor Modificat.

Caracteristicile de compactare: -umiditatea optimă de compactare= 20.2%

-densitatea maximă în stare uscată=1.782 g/cm³

Tipul materialului: Argila + 3.5% VIACALCO D

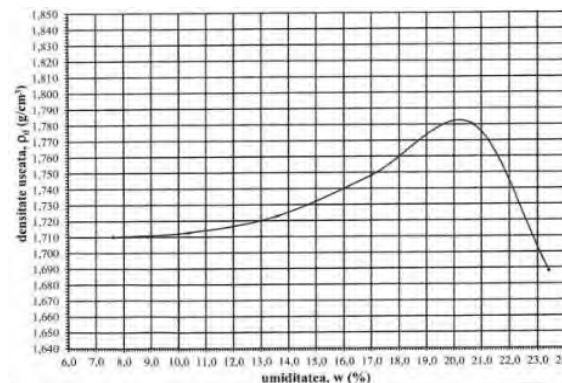


Figura 5. Diagrama încercării Proctor Modificat.



Curba Proctor obținută este caracterizată prin prezența punctelor de inflexiune, aceste fiind descrise ca puncte de maxim și puncte de minim. Punctul de minim reprezintă umiditatea critică de compactare, pe când punctele de maxim sugerează umiditatea optimă respectiv densitatea în stare uscată maximă a intervalului pentru încercare, în mediul umed.

Comparând cele două grafice, care ilustrează curbele Proctor pentru cele două amestecuri, se evidențiază faptul că odată cu creșterea procentajului de liant hidraulic Viacalco D, crește umiditatea optimă de compactare, însă, scade densitatea maximă în stare uscată. Pentru Argilă și Viacalco D 2,5% umiditatea optimă de compactare este 19% iar pentru Argilă și Viacalco D 3,5% aceasta crește la 20.2%.

Utilizarea la o scară largă a lianților hidraulici cât și eficiența lor, poate fi demonstrată atât prin faptul că aceștia se întăresc atât în mediu uscat cât și în mediu umed, dar și datorită faptului că sunt compatibili cu diferite tipuri de pământuri.

Pentru a demonstra acest fapt, vom utiliza amestecul format din Argilă prăfoasă (siCl) împreună cu doua procente diferite de liant Viacalco D (2,5% și 3,5%).

Tabelul 3. Rezultatele încercării.

Descrierea materialului	Determinarea granulozitatii (%) STAS 1913/5-85 SR EN ISO 14688-2:2018				Determinarea limitelor de plasticitate (%) STAS 1913/4-86			Determinarea caracteristicilor fizice si mecanice ale pamantului cu umflari si contractii mari Umflare libera % STAS 1913/12-88	Determinarea materialelor organice (humus solubil in alcalii) % STAS 7107/-76
	Argila Cl	Praf Si	Nisip Sa	Pietris Gr	W _L	W _p	I _p		
Argila prafoasa (siCl)	25	57	18	-	50,2	16,5	33,7	75	1...2 slab galbui
Argila prafoasa (siCl)+2,5 % VIACALCO D -3 zile de la confectionare	19	51	29	1	32,6	17,5	15,1	70	1...2 slab galbui
Argila prafoasa (siCl)+2,5 % VIACALCO D -7 zile de la confectionare	15	52	31	2	26,3	18,7	7,6	60	1...2 slab galbui
Argila prafoasa (siCl)+2,5 % VIACALCO D -14 zile de la confectionare	10	51	35	4	22,5	19,4	3,1	50	1...2 slab galbui
Argila prafoasa (siCl)+3,5 % VIACALCO D -3 zile de la confectionare	17	45	38	-	29,3	17,8	11,5	60	1...2 slab galbui
Argila prafoasa (siCl)+3,5 % VIACALCO D -7 zile de la confectionare	13	46	41	-	26,7	18,3	8,4	50	1...2 slab galbui
Argila prafoasa (siCl)+3,5 % VIACALCO D -14 zile de la confectionare	10	45	40	5	24,3	19,2	5,1	40	1...2 slab galbui

Amestecul format din material coeziv, Argilă prăfoasă și liant hidraulic, este supus Testului Proctor Modificat, urmărind, în funcție de cantitatea de apă necesară, realizarea unei compactări corecte. Ținând cont de creșterea Rezistenței la Compresiune, putem afirma faptul că liantul hidraulic este eficient nu doar pentru a stabili Argila vârtoasă, cât și Argilă prăfoasă și alte tipuri de pământuri.

Tabelul 4. Rezultatele încercării probelor preliminare STAS 10473/2-86.

Varianta de amestec %	Dozaj VIACALCO D la 1 mc (kg)	Densitatea max. in stare uscata g/cmc	Umiditate optima %	Rezistența la compresiune			
				Rc 3 zile	Rc 7 zile	Rc 14 zile	Rc 28 zile
2,5	44	1,800	19,0	0,84	1,20	1,50	1,6
3,5	60	1,782	20,2	0,96	1,28	1,60	1,74

Prin prisma Tabelului 4, observăm că un procentaj mai ridicat de liant hidraulic, duce la o Rezistență la Compresiune mai mare, iar, cu fiecare termen de întărire Rezistența la compresiune a ambelor amestecuri, va crește.



5. Concluzii:

Îmbunătățirea pământurilor care au o calitate scăzută, prin amestecarea cu lianți este o soluție eficientă pentru utilizarea acestora în lucrări de terasament, în special pentru terasamente din corpul drumurilor, a rambleelor înalte, fiind de asemenea o metodă eficientă pentru a economisi atât timp cât și bani. Pentru a obține caracteristici fizice și mecanice bune ale pământurilor îmbunătățite, factorii cheie sunt procesul de amestecare, dar și energia de compactare și timpul de întărire. Amestecarea cu var, transformă chimic pământurile argiloase în material friabil, practicabil și compactabil.

Această lucrare științifică urmărește modificarea caracteristicilor pământului după ce acesta a fost îmbunătățit prin teste de laborator efectuate pe argilă vârtoasă amestecată cu liant pe bază de var în două procente (2,5% și 3,5%).

Rezultatele testului Proctor Modificat au ca scop final efectuarea unei compactări corecte a pământului, astfel, prin prisma testului, se urmărește necesarul cantității de apă într-un terasament pentru a putea efectua compactarea. La nevoie, se realizează adăugarea unei cantități de apă înainte sau după stabilizarea pământului, pentru a îndeplini același scop, cel de a obține o compactare cât mai corectă și mai eficientă a pământului.

Autorii ar dori să mulțumească firmei Carmeuse pentru furnizarea rezultatelor testelor de laborator necesare și oportunității de a lua parte la desfășurarea activității experimentale.

BIBLIOGRAFIE:

- [1]. STAS 1913-13-83- *Încercarea Proctor modificat*
- [2]. SR EN 14227...*Amestecuri tratate cu lianți hidraulici. Specificații*
- [3]. Loretta Batali, Gabriela Andrieș - *Experimental studiesto determine the physico-mechanical characteristics of soils improved with special hydraulic binders*
- [4]. National Lime Association, The Versatile Chemical - *Mixture Design and Testing Procedures for Lime Stabilized Soil*
- [5]. National Lime Association, The Versatile Chemical - *Lime treated soil construction manual*
- [6]. National Lime Association, The Versatile Chemical - *Lime treated soils - save money and time*
- [7]. Lorreta Batali, Gabriela Andrieș și Oana Carasca - *Study of soil characteristics after treatment with lime-based hydraulic binder using the in situ "layer by layer" stabilization method*, Volumul Conferinței DSC2019
- [8]. Van den Kerkhof et al Verhasselt - *Consideration of lime-stabilized layers in Mechanistic-Empirical Pavement Design*, The National Lime Association. June 2004



MODEL SUSTENABIL PENTRU TRANSPORTUL MATERIALELOR

Autor/autori

Oliana Elena I. ALEXANDRESCU¹

Alina-Iulia N. VERDEȘ²

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, oliana.alexandrescu@yahoo.com

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, verdes_alina@yahoo.com

Îndrumător/îndrumători

As. Dr. Ing. Remus Vasile V. CHENDEȘ

Facultatea de Construcții, Universitatea Politehnica Timișoara, Timișoara, remus.chendes@gmail.com

REZUMAT:

Sustenabilitatea leagă problemele sistemului natural cu provocările sociale și creșterea economică, într-un interval de timp prezent și viitor. Acesta este motivul pentru care este reprezentat ca o confluență a celor trei piloni: economie, mediu și societate. (definiție prezentată în Raportul Comisiei mondiale pentru mediu și dezvoltare: viitorul nostru comun (WCED 1987).

Industria construcțiilor consumă aproximativ 50% din energie și contribuie cu aproape 50% la emisiile de CO₂ emise în atmosferă.

Transportul materialelor de construcții este unul foarte costisitor și poluant, atunci când termenii economici primează și nu se ține cont de măsurile de reducere a poluării provocate de consumul pe care îl determină acesta. O clădire sustenabilă se poate defini și prin modul de abordare a fiecărei etape a construcției, inclusiv al transportului materialelor necesare construcției.

În lucrarea noastră vom prezenta un instrument de evaluare, care apreciază sustenabilitatea generală a unui transport de materiale specific lucrărilor de construcții. Un instrument flexibil și orientat spre țință, bazat pe o ecuație cantitativă simplă. Rezultatul final este un indice de sustenabilitate, care poate fi folosit ca parametru de comparație între diferite soluții.

Cuvinte cheie: transport, sustenabilitate, model specific, materiale de construcții

1. INTRODUCERE

Dezvoltare durabilă. Sustenabilitate

"Dezvoltarea durabilă este acel proces de dezvoltare care răspunde nevoilor actuale fără a periclita capacitatea generațiilor viitoare de a răspunde propriilor lor nevoi. Pentru ca dezideratul dezvoltării durabile să poată fi atins, protecția mediului va constitui parte integrată a procesului de dezvoltare și nu poate fi abordată independent de acesta."; definiție conform Declarației asupra mediului și Dezvoltării, Rio de Janeiro, 1992. [1]

Definiția sustenabilității ar fi "calitate a unei activități antropice de a se desfășura fără a epuiza resursele disponibile și fără a distruge mediul, deci fără a compromite posibilitățile de satisfacere a nevoilor generațiilor următoare". [2]

Dezvoltarea durabilă nu se referă doar la schimbarea comportamentului oamenilor cu privire la mediul înconjurător, ci și la schimbarea concepției cu privire la economie, societate și politică.

Din punct de vedere economic, punctele cheie ale dezvoltării durabile sunt reprezentate de reducerea poluării mediului și productivitatea resurselor naturale, adică mai multe bunuri și servicii pe unitatea de natură consumată.



Clădirile sunt răspunzătoare de o șesime din consumurile de apă potabilă, de un sfert din consumurile de lemn și de două cincimi din consumurile globale de materiale și de energie [3].

Statistica arată că 40% din energia pe care o producem este consumată de clădiri. Pentru producerea și transportul materialelor de construcții consumăm aproximativ 20-30% din totalul de energie produs. În același timp 60-70% din energia pe care o producem provine din arderea combustibililor fosili. Din acest motiv, impactul clădirilor asupra mediului înconjurător este imens.

Să construiești verde reprezintă o oportunitate de a folosi resursele în mod eficient atunci când creezi construcții mai bune, care îmbunătățesc sănătatea oamenilor, de a ameliora mediul ambiant și de a genera economii.

Transporturile

Trăim într-o lume puternic urbanizată și din acest motiv dezvoltarea unui sistem de transport urban sustenabil a devenit o prioritate în zilele noastre. Conform unui raport al Comisiei Europene, până în 2030, șase din zece persoane vor trăi în orașe. Aceste orașe aflate într-o continuă creștere întâmpină tot mai multe dificultăți când vine vorba despre furnizarea unor servicii rezidenților care, în același timp, să fie și ecologice.

Utilizarea unui mijloc de transport face parte din rutina noastră de zi cu zi, fapt care să determine Comisia Europeană să lucreze la o formă de mobilitate, care să fie durabilă, eficientă energetic și care să respecte mediul înconjurător.

Scopul este acela de a deconecta mobilitatea de efectele sale negative. Acest lucru înseamnă, în primul rând, promovarea de co-modalități. Combinarea optimă a diferitelor moduri de transport în cadrul aceluiași lanț de transport, reprezintă un exemplu bun care poate soluționa cazul transportului de marfă. Inovațiile tehnice și trecerea la modurile de transport cele mai ecologice va contribui, de asemenea, la o mobilitate mai sustenabilă.

Transporturile reprezintă „sistemul circulator” al întregii planete și, în același timp, al fiecărei țări în parte, constituind o importantă ramură a producției materiale fără de care existența unei societăți moderne ar fi de neconceput.

Alături de sectorul energetic, sistemul de transporturi reprezintă o ramură vitală a economiei. Problematika specifică acestui sector este de o mare importanță și complexitate, vizând dezvoltarea sistematică interioară dar și influența sa asupra celorlalte domenii ale vieții (economic, social, ecologic, etc).

Amprenta de poluare a transporturilor

Transportul este una dintre cele mai importante surse de poluare a mediului. Impactul transportului se manifestă sub forme multiple de la nivel local la nivel global, la nivel de calitate a aerului, utilizarea energiei, producția de deșeuri și chiar influențând sănătatea oamenilor. [4] Următorul tabel prezintă substanțele nocive și alte efecte negative pe care le generează activitatea de transport:

Tabelul 1. Impactul transportului asupra mediului

Impact asupra mediului	Contribuția transportului
Schimbări climatice	Substanțele CO ₂ , N ₂ O (+ NO _x sub formă de vapori, SO ₂ , eliminat ca element nears în aviație)
Subțierea stratului de ozon	Elimină substanțe care diminuează stratul de ozon
Aciditate sporită	Substanțe SO _x , NO _x



Afectarea solului oxizi de azot sau amoniac	Substanțe NO_x , NH_3
Crearea ozonului la nivelul solului	Substanțe NO_x , VOC (Volatile organic compounds)
Poluarea aerului în zonele urbane afectând respirația și cauzând cancer și boli acute	Substanțe NO_2 , PM (Particulate matter), PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons), benzen, etc.
Poluarea prin zgomot	L_{Aeq} -zgomotul continuu, L_{Amax} – intensitatea zgomotului cauzat de transport
Impactul asupra peisajului	Ocuparea spațiului, fragmentarea spațiului
Deșeuri și alte riscuri	Poluarea solului și apelor cu diferite substanțe

Legătura dintre nivelul transportului și nivelul poluării trebuie redus prin utilizarea acelor mijloace care nu poluează. Și lucrurile sunt privite atât din punctul de vedere al transportului de mărfuri, cât și al transportului de persoane. Transportul prin utilizarea canalelor sau albiilor de râuri, transportul feroviar sau alte mijloace moderne de transport, sunt tehnologii de transport sub-utilizate în comparație cu unele tehnologii de transport mari poluatoare, precum transportul auto, care ne stau la dispoziție. Principalele elemente de mediu influențate de transport sunt următoarele:

- **Calitatea aerului**– poluarea este un efect secundar al transportului datorită utilizării pe scară largă a motoarelor cu combustie internă. Transportul este un poluator important, fiind responsabil pentru 57% din cantitatea de monoxid de carbon din aer (consumul de benzină pare să fie cel mai mare poluator [5], 33% din cantitatea de compuși organici volatili, 43% din cantitatea de oxizi de azot și 50% din cantitatea de particulele din aer. Soluții pentru eliminarea acestor gaze ar fi utilizarea unor combustibili care nu au la bază carbonul;
- **Ploile acide**–datorită adăugării dioxidului de sulf, oxizilor de azot și compușilor organici volatili în aer, ploile devin acide, sistemele acvatice, terenurile arabile, pădurile, sănătatea viețuitoarelor și vizibilitatea fiind afectate;
- **Schimbările climatice** –transportul participă la crearea efectului de seră prin generarea gazelor care afectează stratul de ozon;
- **Mediul marin și calitatea apei** –datorită scurgerilor de carburanți, pierderii unor încărcături, mediul maritim și calitatea apei sunt afectate. Unii văd totuși partea plină în astfel de pierderi. Pierderea containerelor a fost folosită pozitiv în sensul că a ajutat la stabilirea adâncimii unor mări și oceane;
- **Nivelul de zgomot** –zgomotul generat de motoarele mașinilor și de elementele de rulare ale mijloacelor de transport este supărător atât prin intensitate, cât și prin durata lui;
- **Siguranța** –în anul 2005 în Europa au murit 41.274 persoane din cauza accidentelor de transport datorită transportului, dar și rănirea gravă a altor mii de oameni.[6]

Pe termen lung, pentru a reduce impactul transporturilor asupra mediului este necesară stabilirea unor direcții de dezvoltare a unor mijloace de transport cât mai puțin poluatoare, repararea drumurilor în sensul diminuării congestiei și implicit a consumului de combustibil . [7]



2. MODEL SPECIFIC

Sustenabilitatea lucrărilor de construcții poate fi evaluată folosind diferite instrumente de evaluare. În multe țări, directivele și certificatele au fost încă dezvoltate și adoptate, care evaluează performanțele de durabilitate ale întregii structuri. Aceste instrumente de evaluare oferă o evaluare globală, sunt foarte cuprinzătoare, cu aplicabilitate ridicată, dar prezintă și unele dezavantaje:

- Unele dintre modele nu acoperă toate cele trei dimensiuni ale sustenabilității;
- Instrumentele includ un număr mare de criterii și parametri și multe dintre ele sunt foarte dificil sau imposibil de cuantificat;
- Instrumentele sunt disponibile în principal pentru clădiri întregi și pot fi aplicate cu dificultăți pe alte tipuri de activități de construcție;

S-a elaborat un instrument de evaluare, modelul specific, care are scopul de a ajuta inginerii să evalueze sustenabilitatea diferitelor lucrări de construcție.

Modelul specific este un instrument de evaluare flexibil și orientat spre țintă, care a fost dezvoltat în principal pentru compararea diferitelor soluții, dar poate fi utilizat și pentru autoevaluare. Are o aplicabilitate mai mare decât modelele globale și poate fi utilizat pentru lucrări de construcții parțiale, producția de materiale de construcții, lucrări de reabilitare, transportul elementelor prefabricate, tehnologii de construcție etc.

Modelul se bazează pe o ecuație cantitativă, care acoperă parametrii din fiecare dimensiune a durabilității.

O abordare similară a fost propusă și intenționa să rezolve problema că pentru unii parametri „mai mare este mai bine”, în timp ce pentru alți „mai mic este mai bine”. [8] Un dezavantaj al acestui model este că ia în considerare trei valori pentru un singur parametru: valoarea calculată, valoarea standard și cele mai bune practici, care sunt dificil sau imposibil de găsit pentru unele aplicații. Mai mult, pentru cazurile în care „mai mare este mai bine”, modelul nu oferă rezultate adecvate.

O versiune inițială a modelului specific a fost propusă. Modelul a fost aplicat pe clădiri întregi, dar și pe lucrări de reabilitare. A fost dezvoltat continuu și este prezentat în lucrare. [9]

Modelul poate fi aplicat folosind două proceduri: aprecierea directă, care are ca rezultat un indice de durabilitate SI și aprecierea inversă, care are ca rezultat un indice de durabilitate. În ambele cazuri, scorul final este o valoare adimensională între 0 și 1, unde 1 este cea mai bună și 0 cea mai proastă valoare pentru SI și invers pentru. Corelația dintre cei doi indici este:

$$SI + \bar{SI} = 1 \quad (1)$$

Indicele de durabilitate poate fi calculat folosind următoarele ecuații:

$$SI = S_{env} + S_{eco} + S_{soc} \quad (2)$$

$$S_{env} = \sum_{i=1}^n \alpha_i \times \frac{P_i^{Renv}}{P_i^{env}}; \quad (3)$$
$$S_{eco} = \sum_{i=1}^n \beta_i \times \frac{P_i^{Reco}}{P_i^{eco}}; S_{soc} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \times \frac{P_i^{Rsoc}}{P_i^{soc}}$$

Unde:

SI –Indice de durabilitate;

S_{env}, S_{eco}, S_{soc} - indici de durabilitate pentru dimensiunile de mediu, economice și sociale;

α_i - factorul de ponderare al fiecărui parametru pentru dimensiunea mediului



β_i - factorul de ponderare al fiecărui parametru pentru dimensiunea economică

γ_i - factorul de ponderare al fiecărui parametru pentru dimensiunea socială;

$P_i^{env}, P_i^{eco}, P_i^{soc}$ - valoarea calculată pentru fiecare parametru;

$P_i^{Renv}, P_i^{Reco}, P_i^{Rsoc}$ - valoarea de referință pentru fiecare parametru.

Ponderile pentru fiecare parametru sunt stabilite prin estimarea impactului durabilității lor la nivel micro și macro. [10] Independent de importanța fiecărui parametru, problemele de mediu contribuie cu 40%, în timp ce problemele economice și sociale fiecare cu 30% la scorul final, conform definiției durabilității. În funcție de cercetător, distribuția ponderilor poate fi modificată.

În cazul unei comparații între diferite soluții, valoarea de referință reprezintă cea mai bună valoare din fiecare soluție; în timp ce în cazul unei autoevaluări, cele mai bune practici disponibile sunt luate ca valori de referință.

Pentru situațiile de „mai mare este mai bine”, raporturile din echiv. (3), care implică astfel de parametri, devin (a se vedea ecuația (6)).

Indicele de nesustenabilitate rezultă din ec. (1) și se obține din:

$$\overline{SI} = \overline{S_{env}} + \overline{S_{eco}} + \overline{S_{soc}} \quad (4)$$

$$\overline{S_{env}} = \sum_{i=1}^n \alpha_i \times \frac{P_i^{env} - P_i^{Renv}}{P_i^{env}}; \quad (5)$$

$$\overline{S_{eco}} = \sum_{i=1}^n \beta_i \times \frac{P_i^{eco} - P_i^{Reco}}{P_i^{eco}}; \overline{S_{soc}} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \times \frac{P_i^{soc} - P_i^{Rsoc}}{P_i^{soc}}$$

Factorii de ponderare pentru fiecare parametru rămân neschimbați.

Pentru situațiile de „mai mare este mai bine”, raporturile din echiv. (5), care implică astfel de

parametri, devin $\frac{P_i^R - P_i}{P_i^R}$. (6)

Corelația dintre cei doi indici este prezentată în Figura 1, pentru o lucrare de construcție teoretică cu patru soluții. Aplicațiile practice ale modelului specific sunt prezentate în capitolul următor.

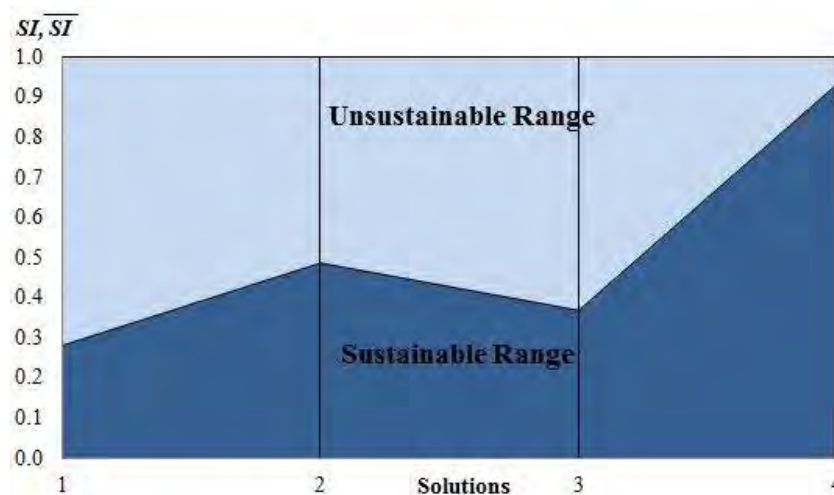


Fig 1. Corelația dintre indicele de durabilitate și nesustenabilitate



3. STUDIU DE CAZ

Transportul elementelor prefabricate de beton armat

3.3.1. Descrierea încărcăturii

Scopul acestui exemplu este de a demonstra aplicabilitatea modelului specific și asupra altor tipuri de activități de construcție.

O hală industrială din elemente prefabricate din beton armat trebuie transportată de la Timișoara la Galați (690 km pe drum). Structura este formată din 97 de elemente (grinzi și coloane), cu o greutate de 450t.

Datorită masei mari, au fost evaluate patru oportunități de transport: pe șosea cu camioane, pe calea ferată cu trenul, pe apă interioară (fluviul Dunărea) cu barjă și o soluție combinată cu camion și barjă, deoarece în multe situații nu există acces direct pe apa interioară (ca în cazul Timișoarei).

3.3.2. Calculul indicilor de sustenabilitate și de nesustenabilitate

Pentru evaluarea durabilității fiecărei metode de transport au fost evaluați diferiți parametri. Cele mai importante au fost emisiile de CO₂, costurile, durata transportului, emisiile de praf și zgomot. Pentru a calcula indicele de durabilitate au fost luate în considerare următoarele scenarii:

Scenariul 1 - Transportul rutier se face cu camioane cu capacitate de încărcare de 20t.

Distanța este de 690km. Elementele sunt tratate la încărcare și la descărcare. Zgomotul este considerat nivelul maxim de sunet produs de convoiul camioanelor . [11]

Scenariul 2 - Transportul pe calea ferată se face cu trenuri de marfă cu vagoane de până la 50 t capacitate de încărcare pe o distanță de 720 km. Având acces pe calea ferată către producător, elementele sunt încărcate direct în mașini, trecând peste manevrarea suplimentară. La destinația finală, elementele vor fi tratate de două ori. Nivelul de zgomot al trenului a fost luat în considerare la o viteză de 70 km/h . [12]

Scenariul 3 - Transportul combinat este necesar deoarece Timișoara nu are acces direct pe Dunăre. Elementele sunt transportate pe drum cu camioane către Moldova Noua (150 km), de acolo până la Galați pe barje (950 km), repetând încărcarea și procesul de descărcare de două ori. Nivelul de zgomot al camioanelor a fost luat în considerare în acest scenariu.

Scenariul 4 - Acest scenariu consideră că întregul transport se face pe apă, cu două procese de încărcare și descărcare. Deoarece barjele nu au niciun efect deranjant asupra așezărilor, a fost luat în considerare nivelul minim de zgomot impus de standarde.

Toate valorile specifice au fost obținute pentru o marfă de 450t și distanța minimă de 690km.

Reglarea echiv. (3) și (5) indicii au rezultat din:

$$SI = 0.4 \times \frac{C^R}{C} + 0.2 \times \frac{Co^R}{Co} + 0.1 \times \frac{D^R}{D} + 0.1 \times \frac{PM^R}{PM} + 0.2 \times \frac{N^R}{N} \quad (6)$$

$$\bar{SI} = 0.4 \times \frac{C - C^R}{C} + 0.2 \times \frac{Co - Co^R}{Co} + 0.1 \times \frac{D - D^R}{D} + 0.1 \times \frac{PM - PM^R}{PM} + 0.2 \times \frac{N - N^R}{N} \quad (7)$$

Rezultatele sunt rezumate în Tabelul 2. Transportul elementelor prefabricate din beton armat pe diferite căi:

Tabelul 2. Transportul elementelor prefabricate din beton armat pe diferite căi

Transportul elementelor prefabricate din beton armat Timișoara - Galați						
Soluția transportului	Camion 690km	Tren 720km	Combinat		Numai barja 1100km	Ref.
			Camion 150km	Slep 950km		
Parametrii						
CO ₂ emisii, C, kg/1000tkm]	123.13	24	46.14		22.43	22.43
Cost, Co, [Euro/1000tkm]	39.4	56.04	35.26		0.04	0.04
Durata, D, [hour/1000tkm]	0.11	0.12	0.30		0.31	0.11
Praf (PM10+VOC), PM, [g/1000tkm]	0.13	0.04	0.06		0.04	0.04
Zgomot, N, [dB]	90	110	90		50	50
Index sustenabilitate SI	0.305	0.689	0.412		0.931	1
Index nesustenabilitate SI	0.695	0.311	0.588		0.069	0

Fiecare mijloc de transport prezintă avantaje și dezavantaje:

- Transportul pe apă este cea mai durabilă soluție, chiar dacă durata este mult mai mare decât în alte cazuri. Dar principalul său dezavantaj îl reprezintă aplicabilitatea sa. Barjele au nevoie de porturi și acces la apă, ceea ce nu este posibil în toate situațiile. La fel ca în cazul Timișoarei - Galați, a fost propusă o alternativă combinată.
- Transport cu camioane la cel mai apropiat port și apoi mai departe pe apă. Datorită emisiilor mari de CO₂ și praf ale camioanelor, această alternativă devine mai puțin durabilă.
- Transportul cu trenuri de marfă a fost cea mai viabilă soluție în această situație.
- Transportul cu camioane este potrivit pentru încărcături mai mici și pentru locurile în care niciunul dintre mijloacele menționate mai sus nu poate fi aplicat, din cauza lipsei de infrastructură.

4. CONCLUZII

Sustenabilitatea este definită ca fiind confluența dimensiunilor de mediu, economice și sociale. Pentru o evaluare corectă a performanțelor de sustenabilitate, toate cele trei dimensiuni ar trebui tratate în mod egal. Industria construcțiilor are impact mare asupra mediului, contribuie la creșterea economică, dar are și responsabilitate socială. Ar trebui să punem în aplicare probleme de durabilitate în toate tipurile de activități, inclusiv în întregul ciclul de viață. Folosind modele de evaluare, problemele de durabilitate pot fi evaluate și cuantificate, ceea ce poate ajuta inginerii în luarea deciziilor cu privire la diferite soluții.

Modelul specific prezentat, rezultând într-un indice de sustenabilitate a diferitelor lucrări de construcții, oferă multe avantaje și oportunități. Este o metodă de apreciere a durabilității generale a unei aplicații specifice, ceea ce duce în cele din urmă la soluții optime de proiectare. Este un instrument flexibil, bazat pe o ecuație cantitativă simplă, care poate fi aplicat pe o serie de probleme practice.

Analiza poate fi efectuată cu un număr relativ mic de parametri măsurabili, dar care oferă rezultate concludente. Datorită flexibilității sale, modelul propus poate fi aplicat pe întreaga



clădire, elemente de construcție, metode de reabilitare, producția de materiale de construcție, soluții de transport, tehnologii de construcție etc.

Din studiile de caz prezentate pot fi subliniate câteva concluzii utile. O soluție durabilă nu reprezintă întotdeauna cea mai bună soluție, ci trebuie să fie utilă din punct de vedere tehnic; de exemplu, în cazul transportului de elemente prefabricate, deși cea mai durabilă soluție s-a dovedit a fi transportul pe apă cu barjă, din cauza lipsei accesului direct la apă, a trebuit să se obțină o soluție mai puțin durabilă.

BIBLIOGRAFIE:

1. [http://dpus.usv.ro/docs/A6/A6.4_continut_dezvoltare_durabila_\(sustenabilitatea\).pdf](http://dpus.usv.ro/docs/A6/A6.4_continut_dezvoltare_durabila_(sustenabilitatea).pdf)
2. www.zecaph.com
3. Roodman, D.M. and Lessen, N. 1995. "A Building Revolution: How Ecology And Health Concerns Are Transforming Construction. *Worldwatch Paper 124*". Worldwatch Institute, Washington.
4. Rickard Bergqvist, Pär Esping. *The Potential of West European Sea-based Intermodal Systems*, p.27-37, University of Gothenburg, Gothenborg, 2002
5. Konstadinos Goulias, Ondřej Příbýl, 2003. *Application of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System to Analysis of Travel Behavior*, p.30 . Czech Technical University in Prague, University of California, Santa Barbara, 2003
6. European Commission: 2007, p.5
7. D.R.Garrison, 2006. *Online Collaboration Principles*, p.62. University of Calgary, 2006, Alberta
8. Ding Grace, K.C., 2008. Sustainable construction – The role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management* 86, 451–464
9. Bob, C., et al. 2010. Sustainability of Buildings. In: *4th WSEAS International Conference on Renewable Energy Sources (Res'10)*. 3-6 May 2010, Tunis, 69-74.
10. Mirea Monica, Ciopec Alexandra, Voicu Cristina Otilia, Studies Concerning the Advantages of Using Penetration Soundings in the Romanian Road Geotechnics Research, *15th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2015, Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, BULGARIA*, vol. II, pp. 767-773, 2015;
11. Minor M & Associates, 2011. Traffic Noise Background Information. Available from: http://www.drnoise.com/PDF_files/Traffic%20Noise%20Primer.pdf. [Accessed 2011]
12. Catargiu, M., Picu, I. 2008. Studiu de poluare Sonora la calea ferata. *Sesiunea Cercurilor Stiintifice Studentesti. Galati (in Romanian)*



STUDIU PRIVIND REALIZAREA UNOR REȚETE DE BETON UȘOR ȘI EFECTUL LOR ÎN DIMINUAREA POLUĂRII FONICE

Autori:

Delia LUCA^{1*}, Cristian BERECZ², George BACIU³, Marius CARDOȘ⁴

¹Facultatea de Construcții, Cadastru și Arhitectură din Oradea, Oradea, delialuca90@yahoo.com (autorul corespondent)

²Facultatea de Construcții, Cadastru și Arhitectură din Oradea, Oradea, b64cristian@gmail.com

³Facultatea de Construcții, Cadastru și Arhitectură din Oradea, Oradea, catalinbaciul00@gmail.com

⁴Facultatea de Construcții, Cadastru și Arhitectură din Oradea, Oradea, marius.cardos7@gmail.com

Îndrumător:

ȘL.Dr.Ing. Emil GLIGOR

Facultatea de Construcții, Cadastru și Arhitectură din Oradea, Oradea, gligoremil13@yahoo.com

REZUMAT: *Lucrarea are la bază diverse compoziții ale betoanelor ușoare, folosite la realizarea plăcilor prefabricate pentru fonoizolarea pereților. În compoziția acestora s-au folosit ca și materiale, pe lângă cimentul Portland, peleți de polistiren, perlit, fibră de cocos, spumă proteică și o combinație formată din peleți de polistiren și spumă proteică. După obținerea probelor de beton s-au executat măsurători, înregistrându-se valori ale intensității sonore măsurate în dbA, față de valoarea de referință a sursei de zgomot.*

Ca și concluzii, în urma evaluării rezultatelor obținute pe compozițiile de beton ușor realizate, s-a stabilit care rețetă oferă rezultatele cele mai bune, raportate la greutatea / m³, capacitatea de izolare fonică, prețul de cost și la condițiile de realizare. S-a remarcat diferența performanțelor fonoizolatoare între amestecurile formate, obținându-se valori pentru fiecare încercare.

S-a stabilit care beton ușor este cel mai mare consumator de ciment din cele 5 tipuri de betoane realizate, "cel mai puțin" ușor și cel care necesită pentru realizare, material importat..

Cuvinte cheie

Beton ușor, polistiren, perlit, spumogen

Introducere

Betonul este un amestec omogen, care are ca și componente cimentul, apa și alte agregate cum sunt nisipul sau pietrișul. Ingredientul principal din compoziția betonului îl reprezintă cimentul, care se regăsește sub formă de pudră și poate include calcar, argilă, ghips și o serie de substanțe chimice și minerale care ajută la procesul de întărire, fluidizare și plastifiere. Printre betoanele preparate la stația pentru betoane, se numără și betonul ușor, astfel prin utilizarea acestora s-a ajuns la concluzia că se poate reduce substanțial încărcarea structurală, fără ca siguranța construcției să fie periclitată și nici beneficiarii să nu aibă nici un prejudiciu în utilizare [10,13]. Măsurătorile tehnice, arată că un beton ușor are o greutate cuprinsă între 500 și 1800 kg pe m³, în comparație cu un beton clasic a cărui greutate se situează între 2000 și 2500 kg pe m³. Ingredientele din amestecul pentru betonul ușor sunt caracterizate de o consistență poroasă, astfel ele devin materiale de umplură, pe lângă ciment și apă [2,8].

Materialele folosite cel mai des în componența betoanelor de această categorie sunt cele din gama bilelor de spumă, unele tipuri de argilă sau perlit, în formă expandată, precum și alte tipuri de materiale catalogate ca fiind deșeuri de producție în alte activități industriale [1,9].

Cerințe pentru betonul ușor:

- să umple complet cofrajul în care este turnat în procesul de fabricare a plăcilor și in situ;



- să fie rezistent la segregare;
- să poată fi realizat la un preț de cost redus;
- materialele folosite cu rol de agregat, să fie ușor procurabile

Compoziții: s-au executat betoane în a căror compoziție s-a adăugat polistiren, perlit, fibră de cocos, spumogen, dar s-a utilizat și un amestec între polistiren și spumogen.

Polistirenul este un material polimeric, slab transparent, amorf sau parțial cristalin, termic prelucrabil și unul dintre cele mai răspândite tipuri de masă plastică cu un consum mondial semnificativ [20,22]. Perlele de polistiren adăugate în consistența betonului se obțin prin expandarea polistirenului ignifugat expandabil. Acestea sunt sferice și cu diametre diferite, în funcție de granulația materiei prime utilizate. Pe lângă proprietățile termoizolante pe care le are se mai numără și proprietățile fonoizolante. De exemplu, șapa cu perle de polistiren permite un grad înalt de finisare mecanizată [11, 7].

Perlitul expandat, cunoscut și sub denumirea de perlită, este un material natural, anorganic, granular, extrem de ușor cu excelente proprietăți termoizolante și fonoizolante. Ca și materie primă utilizată la realizarea perlitului expandat, se folosește roca perlitică naturală, aceasta fiind tratată la 1000 grade Celsius, în cuptoare speciale, urmând expandarea acesteia în granule de până la 27 de ori mai mari decât volumul lor inițial.

O șapă perlitică ușoară prezintă numeroase avantaje cum ar fi îmbunătățirea izolației fonice și termice a clădirilor și teraselor de orice categorie, a planșelor peste subsoluri, dar și ca suport pentru membrane hidroizolatoare [12].

Fibra de nucă de cocos este fibra naturală extrasă din coaja exterioară de nucă de nucă de cocos și folosită în produse precum covorașe, podele, perii și saltelele [19]. Coirul este materialul fibros care se găsește între coaja tare, internă și stratul exterior al unei nuci de cocos, iar dintr-o bucată se pot obține aproximativ 60 de grame de fibre. [6,21].

Spumogenul are ca și componentă de bază proteina hidrolizată, în proporție de 25%, combinată cu săruri minerale, aproximativ 4%, clorură de zinc, clorură de magneziu și sulfat de fier [18]. Pentru realizarea rețetei care are în componență spumogenul, am folosit un extingător SM9 cu spumă mecanică. Acesta funcționează pe bază de spumă de soluție AFFF 6% [16].

Rețetele de preparare pentru 1 metru cub de beton ușor, în procente sunt următoarele:

Rețeta 1

- beton ușor pe bază de peleți de polistiren: ciment Portland 18,5%, apă 7,50%, polistiren 74,00%. Raport A/C=0,41;

Rețeta 2

- beton ușor pe bază de perlit: ciment Portland 36,5%, apă 15,20%, perlit 43,30%. Raport A/C=0,42;

Rețeta 3

- beton ușor pe bază de fibră de cocos: ciment Portland 56,00%, apă 23,00%, fibră de cocos 21,00%. Raport A/C=0,41;

Rețeta 4

- beton ușor pe bază de spumă proteică: ciment Portland 18,50%, spumă proteică de 81,50%;

Rețeta 5

- beton ușor pe bază de peleți de polistiren și spumă proteică: ciment Portland 18,5%, polistiren 40,00%, spumă proteică de 41,50%.

Raportul apă – ciment are un rol foarte important în aceste rețete deoarece, cantitatea de apă influențează omogenitatea pastei obișnuite și procesul de întărire.

Spre deosebire de un beton greu, obișnuit caracterizat de o densitate mai mare a agregatelor, betonul ușor este realizat cu agregate de o densitate mai mică, deci cu o porozitate ridicată, având în structura sa multe spații de aer microscopice. La betonul greu,

raportul agregat-ciment favorizează agregarea mai mult ca și în cazul betonului ușor, deși conținutul de ciment este același, iar mixerele și pompele se pot uza mai repede dacă se lucrează cu acest tip de material.

Betonul ușor a devenit un material utilizat în construcția de structuri cu diferite scopuri. Pe lângă reducerea semnificativă a greutateii structurii, printre calitățile principale ale betonului ușor se numără și îmbunătățirea proprietăților acustice ale clădirii [4]. Betonul ușor are ca rol izolarea clădirilor și a structurilor portante și reducerea încărcărilor pe fundație. Într-un astfel de beton, liantul învelește complet agregatele, aerul ocupând aproximativ un sfert din volumul materialului. Pentru o protecție termică ridicată într-o încăpere realizată din beton poros, va fi necesară tencuirea pereților de pe ambele părți [10, 5].

Rezultate experimentale

Pentru fiecare amestec s-a utilizat un model experimental de dimensiuni 18/ 18/ 4 cm și s-a măsurat greutatea fiecărui ingredient din compoziție, făcându-se o medie a acestora, iar raportul dintre metru cub și volum al epruvetei este de 771,604. Pentru început, s-au cântărit toate componentele, acestea fiind amestecate inițial în stare uscată și cu adaos de apă și spumogen, în funcție de rețetă.



Figura 1. Imagini din laborator

Amestecul format s-a turnat în modelele experimentale unse cu decofrant pe bază de ulei mineral, urmând ca după 28 de zile acestea să fie decofrate. S-a calculat greutatea fiecărei probe de beton ca produs între media cantităților rețetei aferente și valoarea raportului metru cub – volum al modelului experimental, împărțite la 1000.

Pentru a se putea observa capacitatea de izolare fonică a probelor, s-a stabilit valoarea de referință a sursei de zgomot ca fiind 79,67 dbA, urmând ca valorile intensității sonore să fie comparate cu aceasta, conform tabelului 1, astfel:

Tabelul 1. Caracteristici ale materialelor compozite

Material compozit	Densitate (kg/ mc)	Porozitate (%)	Intensitate (dbA)
Polistiren	1100	74	70,77
Perlit	690	48,30	70,03
Fibră de cocos	1740	21	70,70
Spumă proteică	1485	81,50	70,40
Polistiren + spumă proteică	740	81,50	69,97
Fără protecție	0	0	79,67

În funcție de densitatea probei s-a măsurat intensitatea sonoră, făcându-se astfel o comparație între tipurile de beton realizate cu rețetele de mai sus și observându-se care dintre acestea

prezintă un nivel ridicat de izolare fonică. Se poate observa în graficul de mai jos, cum intensitatea sonoră variază în funcție de materialul compozit.

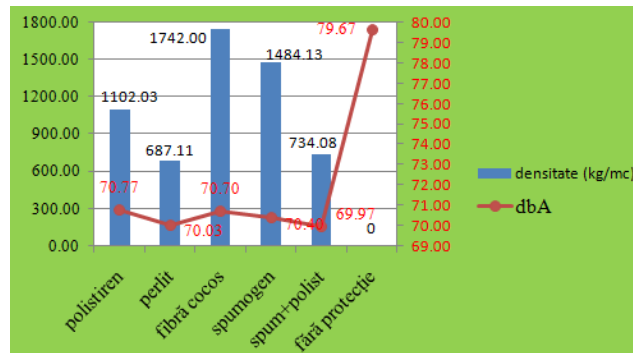


Figura 2. Graficul intensității sonore în funcție de densitatea probei

Poluarea fonică, reprezintă una dintre principalele probleme cu care se confruntă astăzi mediul înconjurător, aceasta fiind produsă de zgomote, de aceea, pentru o protecție eficientă împotriva zgomotelor se utilizează panourile fonoabsorbante [23]. Acestea se montează în domeniul infrastructurii transporturilor, mai exact de-a lungul autostrăzilor, căilor ferate, dar și în zone rezidențiale, aflate în vecinătatea unor surse puternice de zgomot [17].

Zgomotul reprezintă un ansamblu de sunete cu insurgență dezagreabilă aleatorie, care afectează atât starea psihologică a oamenilor cât și pe cea biologică a acestora și a altor organisme din natură, pentru că expunerea îndelungată la zgomote puternice determină surditatea [23]. Intensitatea este cea mai importantă caracteristică a sunetului, iar aceasta variază în funcție de sursa declanșatoare și se măsoară în decibeli [3].

Din punct de vedere al legislației, protecția la zgomot este stipulată de exigența esențială în Consiliul Europei nr. 89/106/CEE și Documentele Interpretative aprobate la 30 noiembrie 1993 și este definită după cum urmează: “Construcția trebuie proiectată și executată astfel încât zgomotul perceput de utilizatori sau persoanele aflate în apropiere să fie menținut la un nivel care să nu afecteze sănătatea acestora și să le permită să doarmă, să se odihnească și să lucreze în condiții satisfăcătoare” [18]. Conform normativului privind acustica în construcții și în zone urbane, principiile generale pentru realizarea condițiilor tehnice ale protecției împotriva zgomotului în clădiri, constă în precizarea nivelurilor de zgomot în spațiile sursă de zgomot, analizarea căilor de transmitere a zgomotului, precizarea limitelor admisibile ale nivelurilor de zgomot în unitățile funcționale protejate și bineînțeles, adoptarea măsurilor necesare de protecție [15].

Panourile fonoabsorbante vin cu o serie de avantaje, cum ar fi gradul de izolare fonică, gradul de absorbție al sunetului, protecția la vânt și la zăpadă, precum și la foc, rezistență mecanică ridicată și nu în ultimul rând o durabilitate ridicată [18]. Deși există un model de referință pentru acestea, panourile fonoabsorbante sunt proiectate în funcție de destinație, pentru că ele produc diferite performanțe în funcție de amplasament și de traficul din zona respectivă, urmând ca proiectantul să modifice anumite elemente, cum sunt grosimea sau straturile care intră în compoziția acestora [20,14]. De aceea, este necesar ca pentru început să se facă un studiu de fezabilitate. Montarea panourilor fonoabsorbante atrage după sine, reducerea zgomotului cu 5-12 decibeli și în mod excepțional se poate ajunge și la 25 de decibeli [3].

Pentru România, la o distanță de 2 metri față de peretele exterior, nivelul de zgomot admis este de 50 decibeli, dar în situația în care avem de-a face cu un pasaj de o lungime mai mare



de 200 de metri, se acceptă până la 90 de decibeli. În zonele feroviare, limita admisibilă a nivelului de zgomot este de 70 decibeli. Grosimea și tipul de material, alcătuiesc performanța unui panou fonoabsorbant, dar totodată și înălțimea acestuia are un rol foarte important. Este ideal ca la nivel de proiect, criteriile precum durabilitatea materialului, gradul de izolare fonică, protecția PSI și impactul estetic să fie îndeplinite 100%.

La nivel de infrastructură, o altă caracteristică importantă este rezistența la impact, luându-se în calcul posibilitatea apariției coliziunii între autovehicul și peretele fono-protector, astfel încât să nu se desprindă nici un fragment periculos din panou. Pe baza calculelor statice, panourile fonoabsorbante se vor așeza între stâlpii dispuși la o lungime de maxim 6 metri unul față de celălalt [18].

Concluzii: În urma evaluării rezultatelor obținute pe compozițiile de beton ușor realizate, s-a stabilit că rețeta cu perlit oferă rezultatele cele mai bune, raportate la greutatea pe m^3 , capacitatea de izolare fonică, prețul de cost și la condițiile de realizare.

Este de remarcat faptul că diferența performanțelor fonoizolatoare între betonul ușor cu perlit și cel cu polistiren și spumă proteică este aproape nesemnificativă și deși, concentratul de spumă se diluează cu apa în proporție de 1-6% concentrat, deci este ușor de transportat, soluția mai trebuie aerată la presiune, fapt ce complică procesul tehnologic de realizare a betonului ușor in situ.

Betonul ușor pe bază de fibre de cocos este cel mai mare consumator de ciment din cele 5 tipuri de betoane ușoare realizate, "cel mai puțin" ușor și cel care necesită pentru realizare, material importat.



BIBLIOGRAFIE:

1. <https://www.alfabeton.info/betoane-usoare/>
2. <https://www.betonexpert.ro/betoane-usoare/>
3. <https://baumaschinentomi.ro/utilaje-constructii/panouri-fonoabsorbante-si-fonoizolante/>
4. <https://ro.construct-yourself.com/building-materials-and-constructions/concrete-and-reinforced-concrete/what-is-a-lightweight-concrete-its-composition.html>
5. https://dennver.ro/shop/vata-minerala-c-60_68_85/material-de-umplutura-termoizolant-thermobeton-p-128551.html
6. <https://www.dex-tex.info/fibrele-naturale/fibrele-de-cocos>
7. <https://equator.ro/perle-polistiren/>
8. <https://fotonbcu.wordpress.com/2009/01/13/fisa-de-prezentare-a-betonului-celular-usor/>
9. <https://rum.gillmanbuilders.com/napolnitel-dlja-betona>
10. https://ro.goodkitchendesign.com/difference-between-lightweight-heavyweight-concrete_29377
11. <https://ideiamenajari.ro/de-ce-sa-adaugam-granule-din-polistiren-in-sapa/>
12. <https://infopardoseli.ro/totul-despre-sapa-perlitica-usoara-alternativa-economica-ecologica-si-eficienta-la-sapa-densa/>
13. <http://www.leo-construct.ro/materiale2.html>
14. <https://www.misiuneacasa.ro/forum/filedata/fetch?id=560667>
15. https://www.mlps.ro/userfiles/consultari_publice/24_04_13/act_01.pdf
16. <https://psi360.ro/agenti-stingere/spumogen-spumant-concentrat-sintetic-tip-afff-6-25>
17. <https://www.rockwool.ro/filozofia-noastra/urbanizare/efectele-poluării-fonice/>
18. <https://www.siniat.ro/ro-ro/ghiduri-si-instructiuni/instalare-montaj/24431/izolarea-fonica-si-corectia-acustica>
19. <https://ssmescu.ro/produs/stingator-sm9-cu-spuma-mecanica/>
20. <https://www.steel.proinvestgroup.ro/produse/sisteme-infrastructura/bariere-acustice-3u/>
21. <https://en.wikipedia.org/wiki/Coir>
22. <https://ro.wikipedia.org/wiki/Polistiren>
23. https://ro.wikipedia.org/wiki/Poluare_acustic%C4%83



O analiză a lățimii active de placă

Autor/autori

Ioana M. POPESCU^{1*}, Irina-Maria N. STOIAN²

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, ioanap1298@gmail.com

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, irinastoian21@yahoo.com

Îndrumători

Conf. Dr. Ing. Mihai NEDELCU

Șef lucr. Dr. Ing. Teodora Besoiu

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca

mihai.nedelcu@mecon.utcluj.ro

Teodora.BESOIU@mecon.utcluj.ro

REZUMAT: *Lucrarea are ca scop analiza lățimii active de placă la calculul planșelor pe grinzi, în special pentru grinda simplu rezemată sub încărcare uniform distribuită, în ipoteza comportamentului liniar atât fizic cât și geometric. Grinda are secțiune dreptunghiulară și se aplică modelul de calcul Euler-Bernoulli, iar placa se consideră în stare de tensiune plană. Pentru determinarea stării de solicitare în placă se aleg ca necunoscute principale tensiunile și pentru aflarea acestora se utilizează funcția lui Airy exprimată prin serii trigonometrice. Rezultatele metodei analitice se compară cu cele furnizate de un program comercial de calcul structural bazat pe Metoda Elementului Finit. Un studiu parametric de convergență oferă discretizarea optimă în cazul modelării numerice.*

Cuvinte cheie

Lățimea activă a plăcii, sarcină uniform distribuită, calcul analitic, Metoda Elementului Finit, stare de tensiune.

1. INTRODUCERE

Grinzile cu tălpi late reprezintă un element structural eficient și economic pentru o gamă largă de aplicații structurale. O astfel de grindă supusă unui moment de încovoiere are ca rezultat o parte a plăcii care acționează ca talpa grinzii și rezistă la compresiune. Când distanța dintre grinzi devine mare, tensiunile normale conduc la tensiuni de compresiune în placă, care variază în funcție de distanța de la inima grinzii la extremitatea tălpilor, iar talpa devine mai tensionată decât extremitățile. Aceste fenomene conduc la analize structurale inexacte. Prin urmare, conceptul de lățime activă a plăcii a fost introdus în scopuri de proiectare.[1] În general, cu ajutorul rezultatelor experimentale se poate verifica orice model analizat într-un program de calcul care are la bază Metoda Elementelor Finite. Teoria „Lățimii active de placă” este prezentată și în literatura românească, de care ne vom folosi pentru a realiza calculul analitic al structurii studiate în această lucrare. Aceasta reprezintă lățimea b_{eff} a tălpilor, pentru care cele două structuri au aceeași curbură de încovoiere.

2. METODA ANALITICĂ

Lățimea plăcii de o parte și de alta a grinzii se presupune foarte mare, asimilându-se cu o placă infinită. Așa cum poate fi observat în Figura 1., placa este conectată de grindă prin intermediul unei articulații longitudinale. În acest mod, tensiunile normale din încovoierea grinzii se transmit plăcii în planul său median, aceasta lucrând ca o șabla de lățime infinită. Grinda este considerată

simplu rezemată și acționată de o sarcină uniform distribuită în planul de simetrie longitudinal.[2] Nu există nicio definiție standard pentru lățimea activă a plăcii care să fie general valabilă pentru toate condițiile. Astfel, aceasta variază în funcție de dimensiunile plăcii și a grinzii, tipul de încărcare, tipul de suport și deschidere.[3] (Figura 2)

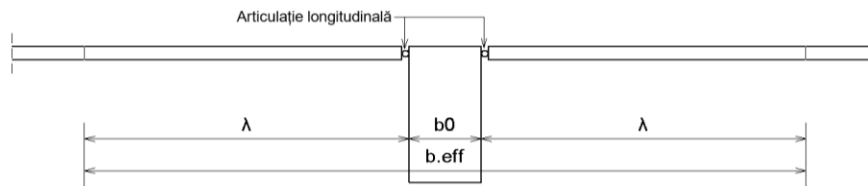


Figura 1. Lățimea activă de placă

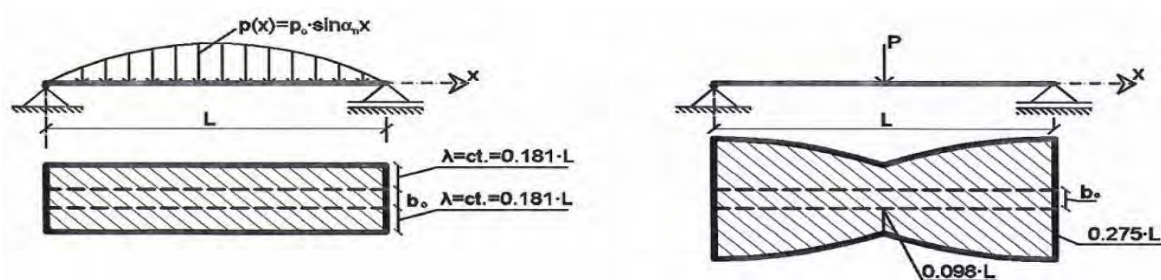


Figura 2. Lățimea activă de placă pentru diferite tipuri de încărcări [4]

Pașii principali pentru rezolvarea acestei probleme sunt: [4]

1. momentul încovoietor în grindă este dezvoltat în serii trigonometrice ca o funcție impară:

$$M(x) = \sum_{n=1}^{\infty} (M_n \sin \alpha_n x), \alpha_n = \frac{n\pi}{l}, n=1 \dots \infty \quad (1)$$

2. funcția tensiunilor care satisface ecuația bi-armonică pentru $y = \infty$

$$F(x) = \frac{1}{\alpha_n^2} + \sum_{n=1}^{\infty} (C_n e^{-\alpha_n y} + D_n \alpha_n y e^{-\alpha_n y}) \sin \alpha_n x \quad (2)$$

3. constantele din funcția tensiunilor s-au aflat după impunerea condițiilor: deformația transversală în secțiune este neglijată ($v = 0$) și egalitatea dintre deformația longitudinală în placă și deformația longitudinală în grindă

$$C_n = \frac{M_n e^{(1-\mu)}}{(3-\mu)(1+\mu)I + \frac{4t}{\alpha_n} (e^2 + i^2)} \quad (3)$$

$$D_n = -\frac{C_n}{(1-\mu)} (1 + \mu) \quad (4)$$



I = momentul de inerție;

$e = h/2 - t/2$;

i = raza de girație a secțiunii de nervură, relativă la I ;

4. efortul axial în secțiune apărut ca urmare a interacțiunii cu placa:

$$N(x) = 2t + \sum_{n=1}^{\infty} (C_n - D_n) \frac{1}{\alpha_n} \sin \alpha_n x \quad (5)$$

5. curbura axei deformată pentru secțiunea T alcătuită din grindă și placă de lățime λ de o parte și de alta a grinzii:

$$\frac{1}{\rho_f} = \frac{M(x)}{EI\lambda} \quad (6)$$

6. curbura axei deformată a grinzii:

$$\frac{1}{\rho_w} = \frac{M(x) + N(x)e}{EI} \quad (7)$$

7. se impune condiția că aceste două curburi trebuie să fie egale

$$\frac{1}{\rho_f} = \frac{1}{\rho_w} \quad (8)$$

$$I_\lambda = \frac{M(x)}{M(x) + eN(x)} I \quad (9)$$

$$I_\lambda = I \left[1 + 3 \frac{t(2\lambda + b_0)}{b_0 h} \right] \quad (10)$$

I_λ = momentul de inerție în raport cu axa principală orizontală a secțiunii în T;

În consecință, lățimea activă de placă se poate determina cu relația: $b_{\text{eff}} = 2\lambda + b_0$ (11)
unde:

λ = un parametru, numit și lățimea activă a plăcii, care reprezintă o constantă, ci este o funcție de x , adică $\lambda(x)$; acesta depinde și de tipul de încărcare;

b_0 = lățimea grinzii.

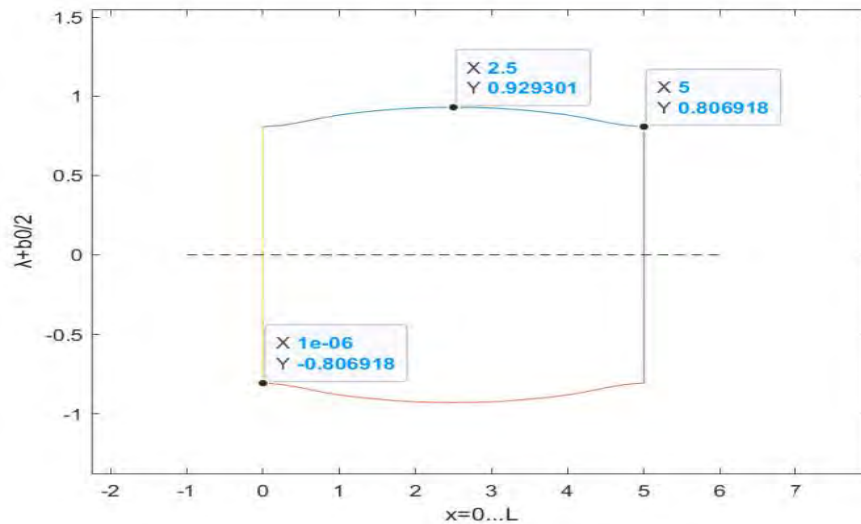


Figura 3. Variația lățimii activă de placă în funcție de x obținută din Matlab

3. METODA ELEMENTULUI FINIT

Pentru a putea compara rezultatele obținute în urma calculului analitic, un model apropiat de realitate a fost introdus într-un program de calcul structural, Autodesk Robot Structural Analysis. Astfel, s-a modelat o structură de beton armat pentru care sunt considerate următoarele date: deschiderea grinzii $L = 5$ m, înălțimea grinzii $h_g = 50$ cm, lățimea grinzii $b_g = 25$ cm, grosimea plăcii $h_f = 10$ cm și o încărcare uniform distribuită de $p = 10$ kN/m.

- Tensiunile normale σ_x în talpă

Conform teoriei, se poate observa cum tensiunile normale σ_x cresc de la inima grinzii spre extremități: la nivelul grinzii structura se află în stare de compresiune, având o valoare minimă de -2.07 N/mm², iar spre extremități tensiunile devin nule.

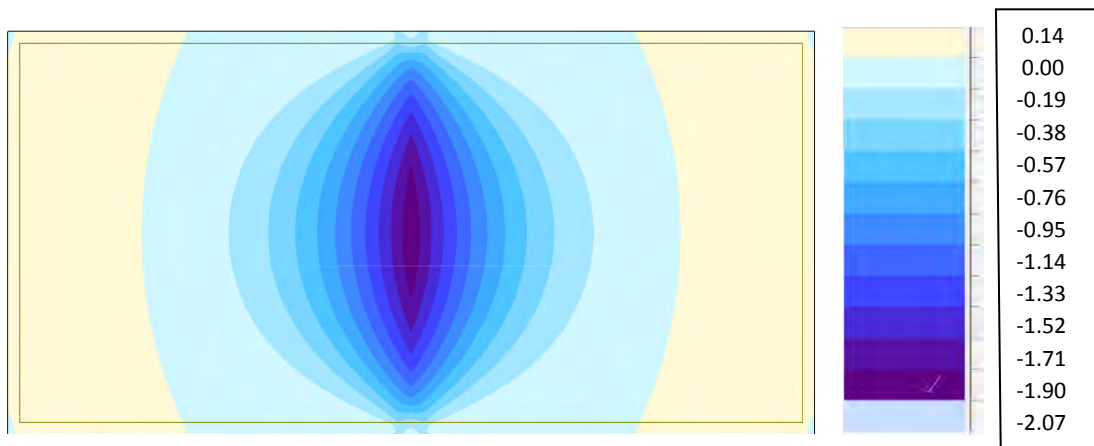


Figura 4. Tensiunile normale σ_x în talpă obținută pe baza MEF (Robot)

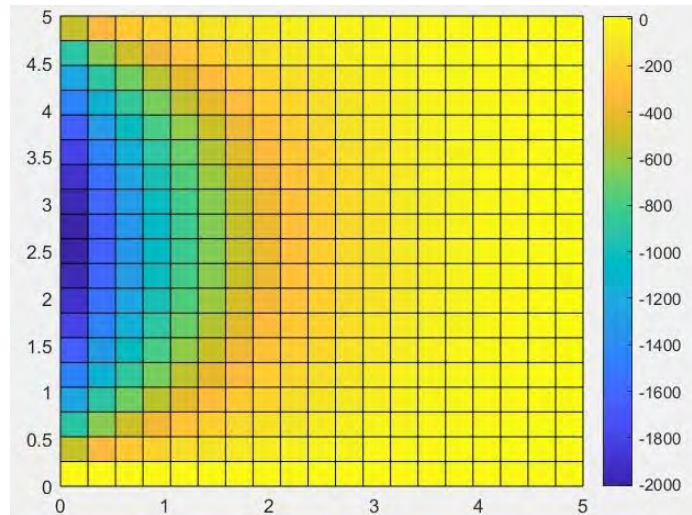


Figura 5. Tensiunile normale σ_x în talpă obținută pe baza metodei analitice (Matlab)

- Tensiunile normale σ_y în talpă

Pe de altă parte, se poate observa cum tensiunile σ_y variază pe toată suprafața plăcii. Aceasta se află în stare de întindere în zona centrală și pe extremități, iar zona internă a aripilor plăcii este în stare de compresiune. Pe reazemele grinzii există o stare de compresiune maximă.

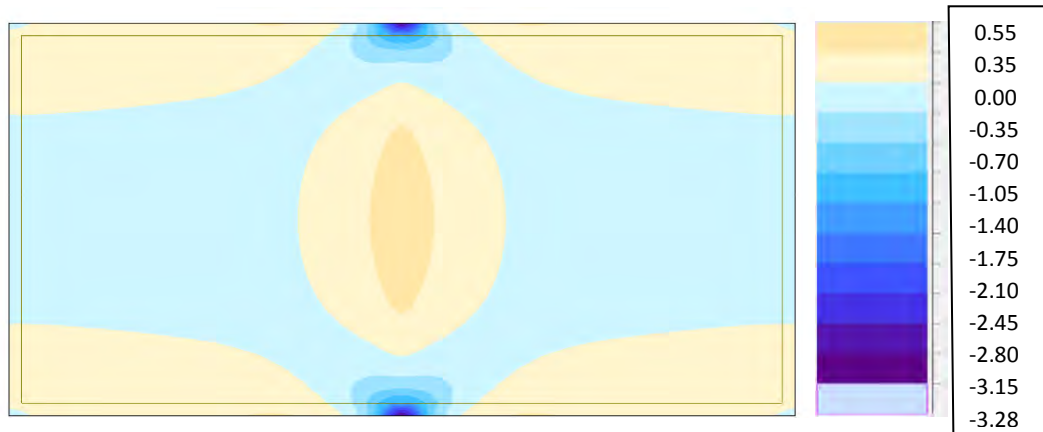


Figura 6 Tensiunile normale σ_y în talpă obținută pe baza MEF (Robot)

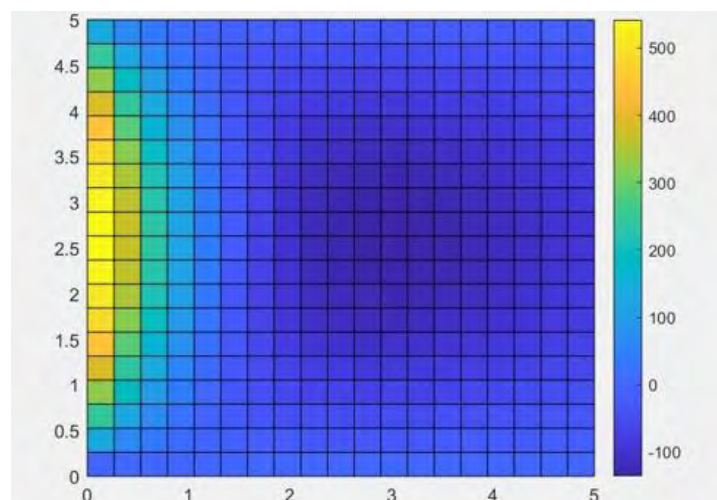


Figura 7. Tensiunile normale σ_y în talpă obținută pe baza metodei analitice (Matlab)

- Tensiuni tangențiale τ_{xy} în talpă

Se poate observa cu ușurință simetria de o parte și de alta a plăcii, dar cu semn schimbat, prin urmare în placă se obțin atât tensiuni tangențiale pozitive, cât și negative.

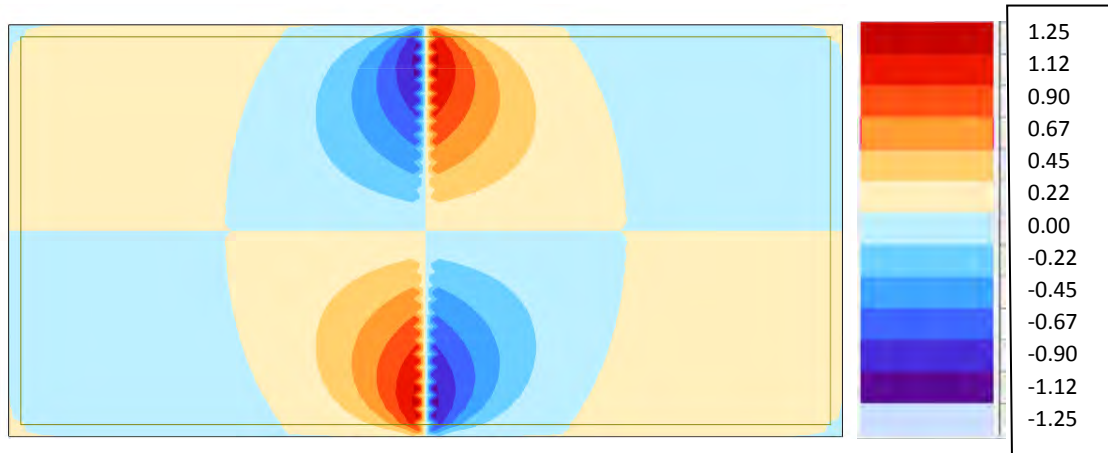


Figura 8. Tensiuni tangențiale τ_{xy} în talpă obținută pe baza MEF (Robot)

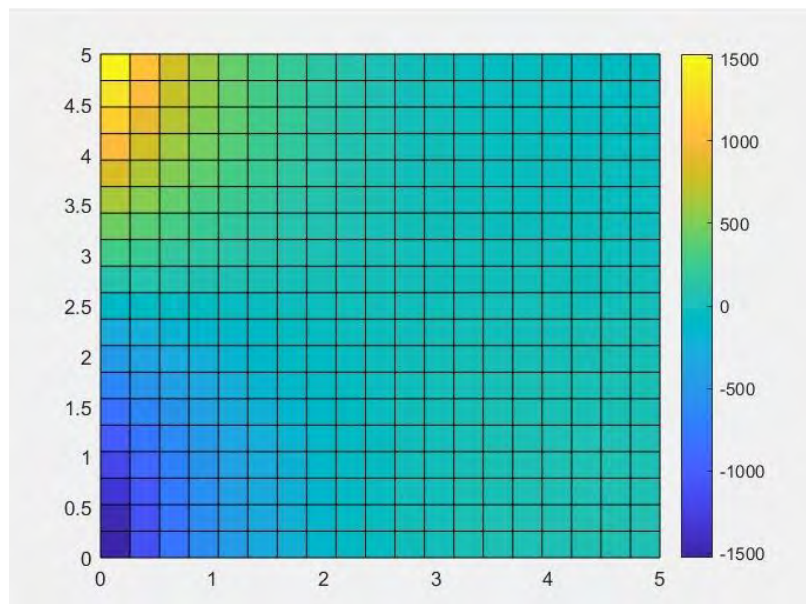


Figura 9. Tensiuni tangențiale τ_{xy} în talpă obținută pe baza metodei analitice (Matlab)

Întrucât ne-am dorit o amplă analiză a structurii, un studiu parametric de convergență oferă discretizarea optimă în cazul modelării numerice. Astfel modelul a fost analizat în 3 pași de discretizare diferiți: 0.5 m, 0.25 m, 0.1 m.

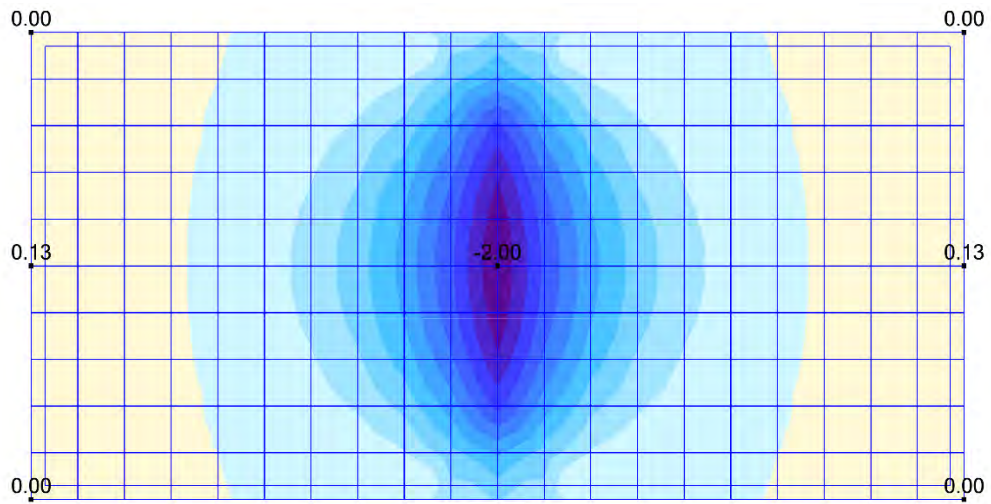


Figura 10. Discretizare de 0.5 m

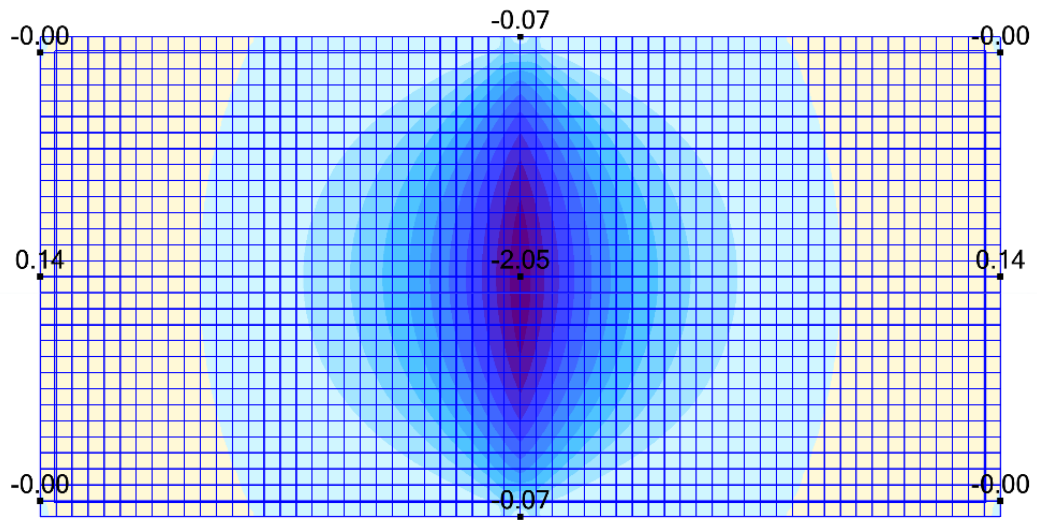


Figura 11. Discretizare de 0.25 m

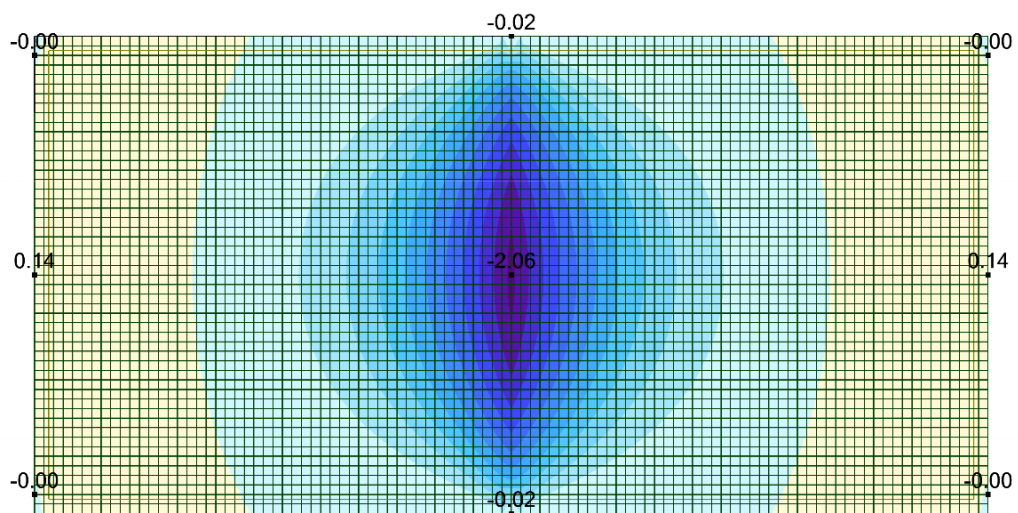


Figura 12. Discretizare de 0.1 m



Tabelul 1. Starea de tensiune în funcție de discretizare

Discretizare	$\sigma_{x.min}$ [MPa]	$\sigma_{x.max}$ [MPa]	$\sigma_{y.min}$ [MPa]	$\sigma_{y.max}$ [MPa]	$\tau_{xy.min}$ [MPa]	$\tau_{xy.max}$ [MPa]
0.5 m	-1.99	0.13	-1.7	0.44	-0.94	0.94
0.25 m	-2.05	0.14	-3.28	0.55	-1.24	1.24
0.1 m	-2.06	0.14	-3.93	0.58	-1.30	1.30

CONCLUZII

În această lucrare s-a analizat lățimea activă de placă care reiese din modelarea realistă a grinzii în interacțiune cu placa, modelare ce conduce la apariția efortului axial în secțiunile barei. Acest efort are, de regulă, mărime mare, astfel încât, neglijarea acestui efort în calculul practic poate conduce la subdimensionări inacceptabile. În studiul nostru s-a analizat lățimea activă de placă atât în Matlab, cât și în Robot, iar în urma analizelor se pot trage următoarele concluzii:

1. Se poate observa o mică diferență între rezultatele obținute în urma calculului analitic și modelarea cu ajutorul MEF, deoarece calculul analitic reprezintă o metodă simplificată.

Tabelul 2. Comparatie Robot – Matlab

Analiză	N	M	Tensiuni în talpă			Tensiuni normale în grindă
			σ_x	σ_y	τ_{xy}	σ_x
	[kN]	[kN*m]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
Robot	29.14	198	-2.05	0	-1.24	-2.05
			0.14	0.55	1.24	0.14
Matlab	30.49	156.32	-2.08	-0.1	-1.52	-2.08
			0.13	0.54	1.52	0.13

2. Tensiunile normale din talpă au aceeași valoare cu cele din partea superioară a grinzii.

3. Pentru o grindă simplu rezemată acționată de o sarcină uniform distribuită se obține aceeași valoare a lățimii active de placă atât din calculul analitic (Matlab) cât și prin aplicarea directă a formulei întâlnite în literatură.

4. Modelul a fost investigat în mai multe variante de discretizare, observându-se că atunci când numărul de elemente este mai mare obținem un rezultat mai exact.

BIBLIOGRAFIE

1. Reza Masoudnia, State of the art of the effective flange width for composite T-beams, GIPENZ, Structural Engineer, Research Fellow, Centre for Infrastructure Engineering, Western Sydney University, Sydney, Australia, 2020
2. EN 1992-1-1, Eurocode 2: Proiectarea structurilor din beton – Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri.
3. Prof.dr.ing. Ironim Marțian, Teoria elasticității și plasticității pentru constructori, Cluj-Napoca, 1999.
4. A.M. Ioani, A.D. Danciu, H.A. Mociran, Theory of Elasticity. Examples and Problems, UTPRESS, Cluj-Napoca, 2011.



Comparație între două metode variaționale și Metoda Elementelor Finite pentru placa plană

Autor/autori

Ximena A. BOGDAN^{1*}, Andreea A. VLASIM²,

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, ximena_mena10@yahoo.com

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, vlasim.andreea@gmail.com

Îndrumător/îndrumători

Conf. Dr. Ing. Mihai NEDELCO

Șef lucr. Dr. Ing. Teodora Besoiu

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca

mihai.nedelcu@mecon.utcluj.ro

Teodora.BESOIU@mecon.utcluj.ro

REZUMAT: Comportamentul plăcii plane dreptunghiulare sub încărcare uniform distribuită și diverse condiții de rezemare este analizat prin aplicarea a două metode analitice: metoda seriilor simple trigonometrice (soluția Levy) și metoda seriilor duble trigonometrice (soluția Navier). Rezultatele sunt comparate cu cele obținute în urma unei analize numerice liniare efectuate într-un program comercial de calcul structural bazat pe Metoda Elementelor Finite. Un studiu de convergență stabilește discretizarea optimă în funcție de calitatea rezultatelor. Rezultatele sunt comparate cu date obținute pe baza unei metode generale de calcul raportată în literatura de specialitate.

Cuvinte cheie: placă plană, metoda Levy, metoda Navier, Metoda Elementelor Finite, deplasare transversală.

1. Introducere

Pentru plăcile plane, având un anumit model de rezemare și încărcări date, necunoscuta principală devine deplasarea transversală $w(x,y)$, care este soluția ecuației cu derivate parțiale de ordinul 4, liniară și neomogenă (1), formula stabilită de Lagrange-Sophie Germaine (1811-1815). De asemenea, această formulă trebuie să satisfacă condițiile pe contur și condițiile la limită, geometrice și statice, potrivit modului de rezemare al fiecărei laturi. [1]

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{p(x,y)}{D} \quad (1)$$

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)} \quad (2)$$

unde w = deplasarea transversală; $p(x,y)$ = încărcare uniform distribuită și D = rigiditatea la încovoire a plăcii.

Soluția exactă a plăcilor plane este compusă dintr-o soluție generală a ecuației omogene $w_0(x,y)$ și o soluție particulară $\bar{w}(x,y)$ a ecuației neomogene. Așadar, deplasarea transversală $w(x,y)$, urmează să fie determinată prin metode analitice și numerice [2]. Cele mai frecvent utilizate metode de rezolvare sunt: i) metode analitice “exacte” - metoda seriilor simple trigonometrice (Levy), metoda seriilor duble trigonometrice (Navier), și ii) metode



numerice aproximative – Metoda Diferențelor Finite (MDF), Metoda Elementelor Finite (MEF) și altele.

În cazul plăcilor plane, având două laturi simplu rezemate, iar celelalte două rezemate divers se preferă metoda seriilor simple trigonometrice (metoda Levy). O particularitate a acestei metode reprezintă faptul că încărcarea transversală distribuită continuu $p(x,y)$ poate avea intensitate variabilă doar după direcția perpendiculară pe acele laturi simplu rezemate. Soluția generală se alege sub forma unei serii simple trigonometrice cu coeficienți variabili.

$$w(x, y) = \sum_{n=1}^{\infty} Y_n(y) \sin \frac{n\pi x}{a} \quad (3)$$

unde Y = amplitudinea deplasării w după axa y ; a = latura scurtă a plăcii.

Soluția trebuie să satisfacă condițiile la limită pe laturile simplu rezemate, în consecință funcția $Y_n(y)$ se determină, astfel încât $w(x,y)$ să satisfacă ecuația (1).

Metoda seriilor duble trigonometrice (sau metoda Navier) poate fi folosită atunci când încărcarea transversală variază pe ambele direcții (Ox și Oy), iar modelul de rezemare trebuie să fie încastrare sau simplă rezemare pe tot conturul. Se pornește de la dezvoltarea sarcinii transversale $p(x,y) = p$ în serie simplă trigonometrică ca funcție impară pe direcția axei Ox , iar apoi considerând faptul că sarcina transversală variază și pe direcția axei Oy se efectuează operația de înmulțire rezultând seria dublă trigonometrică. Totodată și pentru deplasarea transversală $w(x,y)$ se adoptă aceeași formă în scrierea soluției generale (4).

$$w(x, y) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} A_{nm} \sin \frac{n\pi x}{a} \sin \frac{m\pi y}{b} \quad (4)$$

unde A_{nm} = coeficienții dezvoltării, aceștia urmând să fie determinați astfel încât $w(x,y)$ să satisfacă ecuația (1); a = latura scurtă a plăcii și b = latura lungă a plăcii.

2. Rezultate analitice vs numerice

Considerăm o placă plană cu următoarele caracteristici: coeficientul lui Poisson $\mu = 0.3$, modulul de elasticitate longitudinal $E = 30 \times 10^6$ kN/m², grosimea plăcii $h = 0.3$ m, latura scurtă $a = 5$ m, latura lungă $b = (5, 6, 7.5, 10, 15, \infty)$ m, încărcată cu o forță uniform distribuită $p = 2$ kN/m².

Pentru calculul analitic s-a utilizat programul Matlab R2020b [3], iar pentru analiza numerică datele au fost introduse în SAP2000 v22.0.0 Ultimate, program bazat pe MEF, discretizarea (dimensiunea EF rectangulare) adoptată fiind de 0.2 m pentru toate cazurile. Deoarece MEF este o metodă aproximativă iar rezultatele depind de discretizarea introdusă de către utilizator, s-a efectuat un studiu de convergență variind mărimea EF.

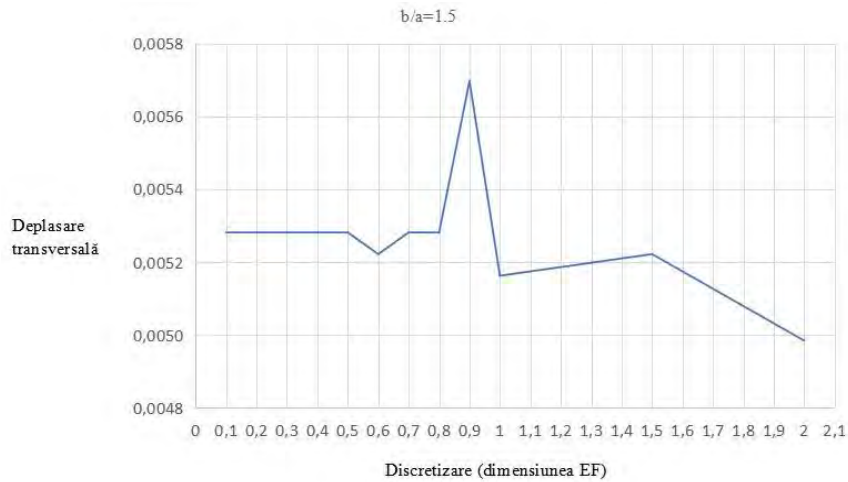


Figura 1. Studiu de convergență în funcție de discretizare (SAP2000)

În Figura 1 se observă că pentru o discretizare egală cu grosimea plăcii sau în proximitatea acestei valori deplasarea transversală nu mai înregistrează diferențe.

2.1 Placă simplă rezemată pe laturile lungi și încastrată pe laturile scurte, încărcată cu sarcină uniform distribuită pe întreaga placă – Metoda Levy

După scrierea condițiilor la limită rezultă expresia deplasării transversale:

$$w(x, y) = \frac{4pa^4}{\pi^5 D} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{n^5} \left\{ 1 - \left[\left(1 + \frac{n\pi b}{a} \operatorname{cth} \frac{n\pi b}{2a} \right) \frac{\operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a}}{\operatorname{ch} \frac{n\pi b}{2a}} - \frac{n\pi y}{a} \frac{\operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a}}{\operatorname{ch} \frac{n\pi b}{2a}} \right] \frac{\operatorname{sh} \frac{n\pi b}{a}}{n\pi b + \operatorname{sh} \frac{n\pi b}{a}} \right\} \sin \frac{n\pi x}{a} \quad (5)$$

unde w = deplasarea transversală; $p(x,y)$ = încărcare uniform distribuită; D = rigiditatea la încovoire a plăcii; a = latura scurtă și b = latura lungă.

Pentru $x = a/2$ și $y = 0$ se obțin valorile maxime ale deplasării transversale:

$$w_{max} = \frac{4pa^4}{\pi^5 D} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{n^5} \left[1 - \left(2 + \frac{n\pi b}{a} \operatorname{cth} \frac{n\pi b}{2a} \right) \frac{\operatorname{sh} \frac{n\pi b}{2a}}{\frac{n\pi b}{a} + \operatorname{sh} \frac{n\pi b}{a}} \right] (-1)^{\frac{n-1}{2}} \quad (6)$$

Pentru soluțiile în serii trigonometrice, soluția depinde de numărul de termeni ales de către utilizator. Figura 2 următoare prezintă deplasarea w_{max} în funcție de numărul de termeni.

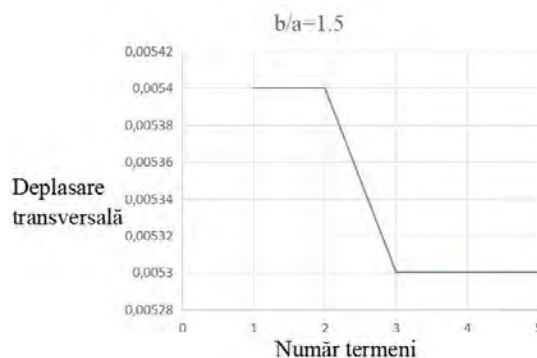


Figura 2. Studiu de convergență în funcție de numărul termenilor (Matlab)



Din Figura 2 rezultă faptul că metoda seriilor simple trigonometrice converge rapid. Pentru mai mult de 3 termeni săgeata maximă în cazul raportului $b/a = 1.5$, nu mai variază semnificativ. ...

În tabelul 1 sunt puse în evidență diferențele dintre rezultatele obținute în Matlab și SAP2000.

Tabelul 1. Comparație metoda Levy (Matlab) și SAP2000

$\frac{b}{a}$	Matlab			SAP2000			Diferența		
	w_{max}	M_{11}	M_{22}	w_{max}	M_{11}	M_{22}	w_{max}	M_{11}	M_{22}
1.00	0.0019	0.0244	0.0332	0.0019	0.0244	0.0332	0%	0%	0%
1.20	0.0032	0.0377	0.0401	0.0032	0.0378	0.040	0%	0.26%	0.25%
1.50	0.0053	0.0585	0.0459	0.0053	0.0585	0.0458	0%	0%	0.21%
2.00	0.0084	0.0869	0.0474	0.0084	0.0868	0.0473	0%	0.11%	0.21%
3.00	0.0117	0.1144	0.0421	0.0119	0.1142	0.0420	1.68%	0.17%	0.23%
∞	0.013	0.125	0.0375	0.013	0.1251	-	0%	0.08%	-
Multiplicator	$\frac{pa^4}{D}$	pa^2		$\frac{pa^4}{D}$	pa^2		$\frac{pa^4}{D}$	pa^2	

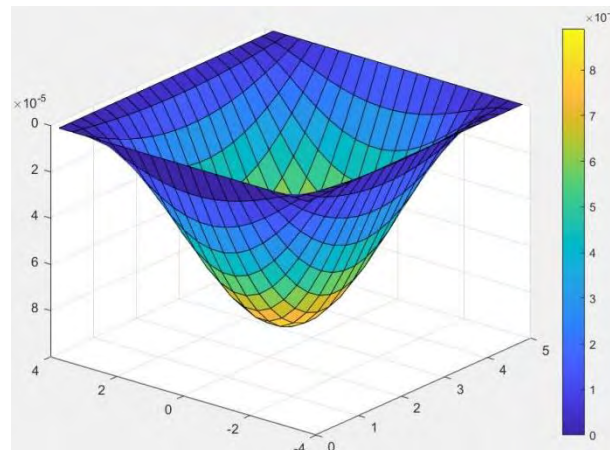


Figura 3. Diagrama tridimensională a deplasării transversale w pentru $b/a = 1.50$ (Matlab)

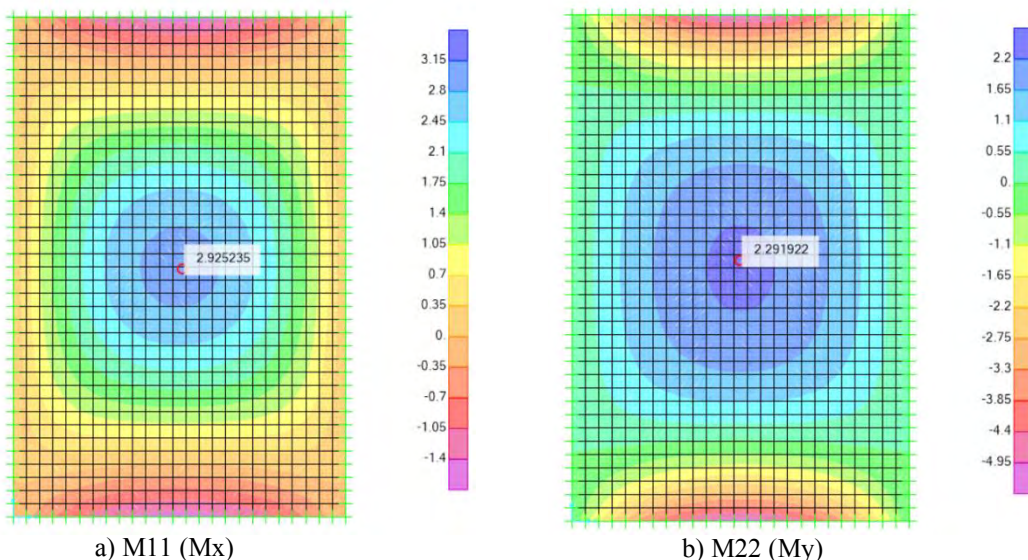


Figura 4. Variația momentelor încovoietoare pentru $b/a=1.50$ (SAP2000)

În Tabelul 1 se observă că rezultatele obținute sunt foarte apropiate, atât pentru deplasarea transversală cât și pentru momentele încovoietoare obținute prin cele două metode de calcul.

2.2 Placă simplu rezemată pe tot conturul, încărcată cu forță uniform distribuită pe întreaga placă – Metoda Levy

$$y = \pm \frac{b}{2}; \quad w = 0; \quad \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0. \quad (7)$$

Condițiile la limită specifice cazului de rezemare (7) sunt satisfăcute, rezultând ecuația deplasării transversale $w(x,y)$:

$$w(x,y) = \frac{4pa^4}{\pi^5 D} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{n^5} \left[1 - \left(1 + \frac{n\pi b}{4a} \operatorname{th} \frac{n\pi b}{2a} \right) \frac{\operatorname{ch} \frac{n\pi y}{a}}{\operatorname{ch} \frac{n\pi b}{2a}} + \frac{n\pi y}{2a} \frac{\operatorname{sh} \frac{n\pi y}{a}}{\operatorname{ch} \frac{n\pi b}{2a}} \right] \sin \frac{n\pi x}{a} \quad (8)$$

În centrul plăcii ($x = a/2, y = 0$), rezultă valoarea maximă a deplasării transversale:

$$w_{max} = \frac{4pa^4}{\pi^5 D} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{n^5} \left[1 - \left(1 + \frac{n\pi b}{4a} \operatorname{th} \frac{n\pi b}{2a} \right) \frac{1}{\operatorname{ch} \frac{n\pi b}{2a}} \right] (-1)^{\frac{n-1}{2}} \quad (9)$$

Tabelul 2. Comparație metoda Levy (Matlab) și SAP2000

$\frac{b}{a}$	Matlab			SAP			Diferența		
	w_{max}	M_{11}	M_{22}	w_{max}	M_{11}	M_{22}	w_{max}	M_{11}	M_{22}
1,00	0.0041	0.0471	0.0477	0.0040	0.0478	0.0478	2.5%	1.46%	0.21%
1,20	0.0057	0.0619	0.0498	0.0056	0.0626	0.0500	1.78%	1.11%	0.40%
1,50	0.0077	0.0804	0.0496	0.0077	0.0811	0.0497	0%	0.86%	0.20%
2,00	0.0101	0.1009	0.0461	0.0101	0.1014	0.0464	0%	0.49%	0.64%
3,00	0.0122	0.1189	0.0406	0.0122	0.1186	0.0446	0%	0.25%	8.96%
∞	0.0130	0.1242	0.0373	0.0129	0.1247	-	0.77%	0.40%	-
Multiplicator	$\frac{pa^4}{D}$	pa^2		$\frac{pa^4}{D}$	pa^2		$\frac{pa^4}{D}$	pa^2	

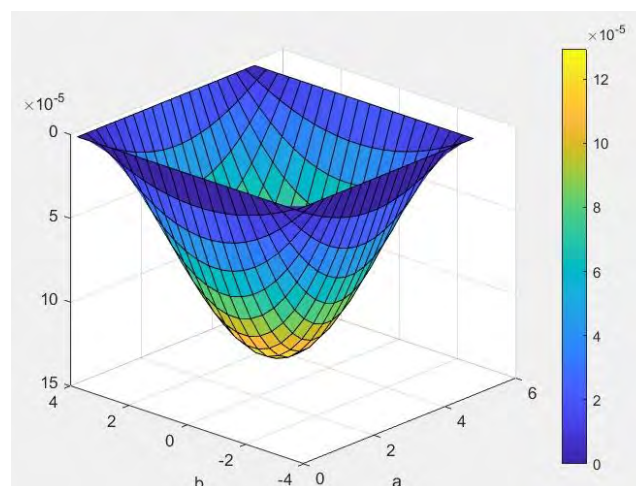


Figura 5. Diagrama tridimensională a deplasării transversale w pentru $b/a = 1.50$ (Matlab)

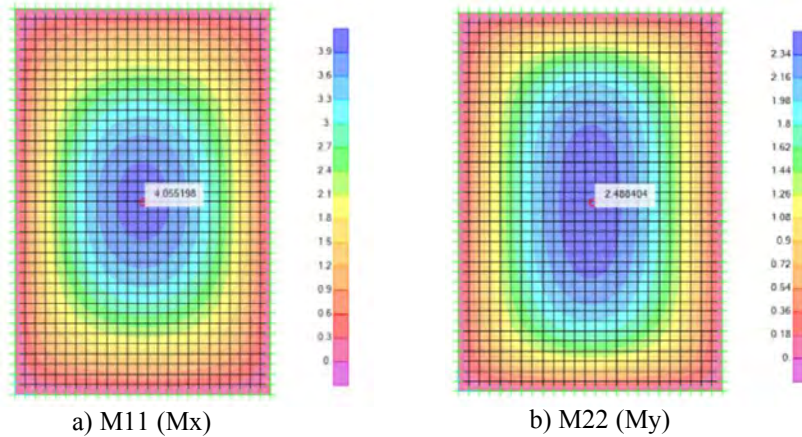


Figura 6. Variația momentelor încovoietoare pentru $b/a = 1.50$ (SAP2000)

2.3 Placă simplu rezemată pe tot conturul, încărcată cu forță uniform distribuită pe întreaga placă – Metoda Navier

Ecuția generală a deplasării transversale este de forma:

$$w(x, y) = \frac{16p}{\pi^6 D} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{\sin \frac{n\pi x}{a} \sin \frac{m\pi y}{b}}{nm \left(\frac{n^2}{a^2} + \frac{m^2}{b^2} \right)^2} \quad (10)$$

Deplasarea transversală maximă se înregistrează în punctul de coordonate $x = a/2$ și $y = b/2$.

$$w_{max} = \frac{16p}{\pi^6 D} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \sum_{m=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{n+m}{2}}}{nm \left(\frac{n^2}{a^2} + \frac{m^2}{b^2} \right)^2} \quad (11)$$

Tabelul 3. Comparație metoda Navier (Matlab) și SAP2000

$\frac{b}{a}$	Matlab			SAP2000			Diferența		
	w_{max}	M_{11}	M_{22}	w_{max}	M_{11}	M_{22}	w_{max}	M_{11}	M_{22}
1.00	0.0041	0.0479	0.0479	0.0040	0.0478	0.0478	2.5%	0.21%	0.21%
1.20	0.0057	0.0627	0.0501	0.0056	0.0627	0.0500	1.75%	0%	0.20%
1.50	0.0077	0.0812	0.0498	0.0077	0.0811	0.0498	0%	0.12%	0%
2.00	0.0101	0.1017	0.0463	0.0101	0.1016	0.0464	0%	0.10%	0.21%
Multiplicator	$\frac{pa^4}{D}$	pa^2		$\frac{pa^4}{D}$	pa^2		$\frac{pa^4}{D}$	pa^2	

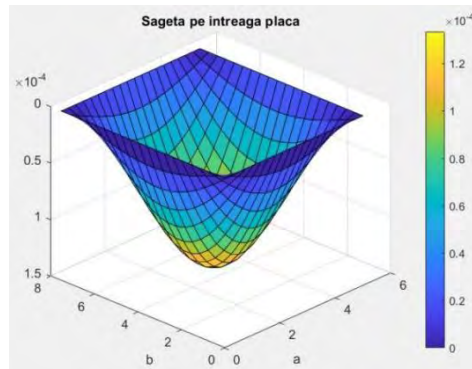


Figura 7. Diagrama tridimensională a deplasării transversale w pentru $b/a = 1.50$

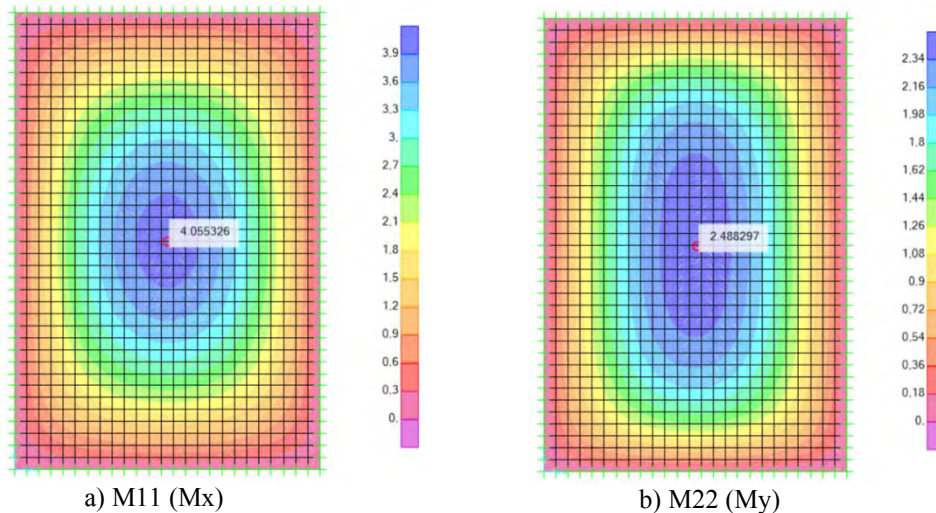


Figura 8. Variația momentelor încovoietoare pentru $b/a = 1.50$

Comparând rezultatele obținute prin metodele analitice (metoda Levy și metoda Navier) cu metoda elementelor finite (SAP200), puse în evidență în Tabelul 2, respectiv Tabelul 3, observăm că diferențele deplasărilor transversale sunt foarte mici, iar momentele încovoietoare înregistrează diferențe nesemnificative.

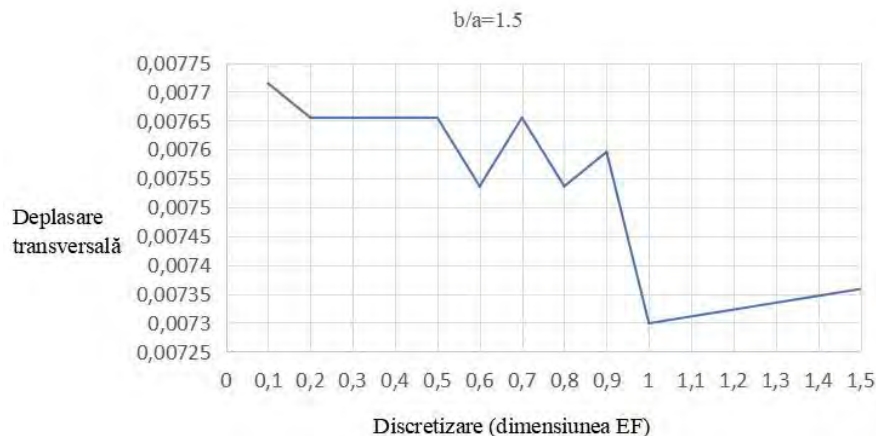


Figura 9. Valorile deplasării transversale în funcție de discretizare pentru raportul $b/a = 1.5$

Pentru o valoare a deplasării transversale egală cu cea obținută din programul de calcul numeric se preferă o discretizare egală cu grosimea plăcii, concluzie ce rezultă din figura 9.

Figura 10 prezintă un studiu de convergență realizat în programul de calcul numeric. Pentru diferite valori ale raportului b/a atât pentru metoda Levy, cât și pentru metoda Navier s-a calculat deplasarea transversală pentru un număr diferit de termeni. În urma calculelor efectuate se observă că pentru un raport mic valorile deplasărilor transversale converg rapid în cazul ambelor metode, iar pentru un raport mai mare metoda Navier converge mai lent în comparație cu metoda Levy.

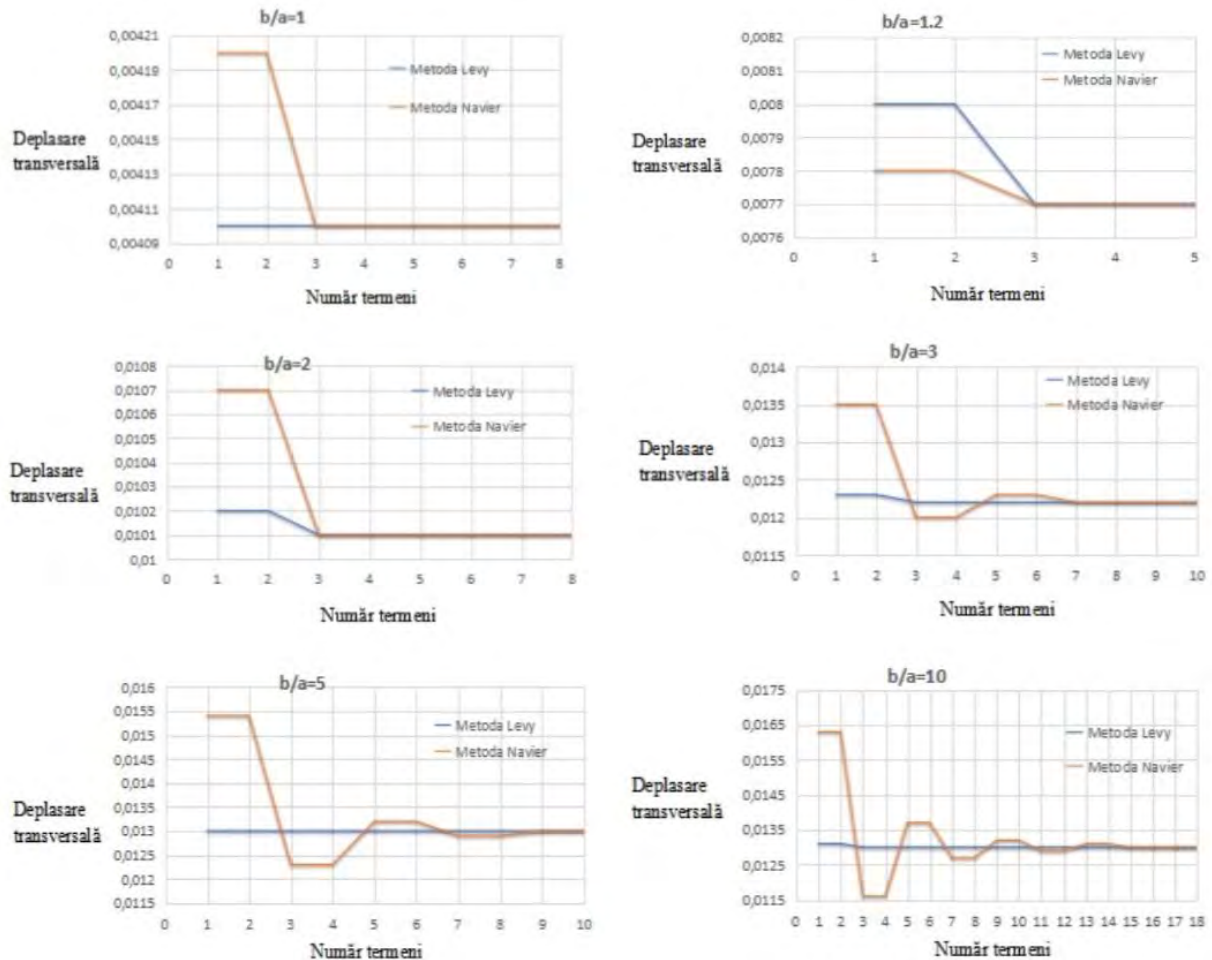


Figura 10. Compararea convergenței prin cele două metode pentru diferite rapoarte b/a

3. CONCLUZII:

Metoda Elementelor Finite are un caracter aproximativ datorită faptului că structura reală este înlocuită cu o rețea de elemente finite, care tinde să se apropie de forma reală a structurii. Aceasta nu poate reda cu exactitate comportamentul său real doar prin anumite geometrii particulare, datorită numărului finit de elemente, iar necunoscutele problemei sunt calculate doar în nodurile rețelei elementelor finite, ce discretizează structura. O concluzie importantă este următoarea: dacă avem un număr mai mare de elemente finite precizia rezultatelor crește. Din calculul analitic efectuat în Matlab, s-a observat prin mai multe încercări că metoda Levy converge mult mai rapid decât metoda Navier, pentru raportul laturilor mai mare de 2. Acest lucru se întâmplă deoarece metoda seriilor simple trigonometrice se bazează pe o formulă în care există o singură sumă, iar în formula seriilor duble trigonometrice sumele se înmulțesc, de aceea rezultatul final se stabilizează mai greu. Aceste metode funcționează bine pentru plăcile plane dreptunghiulare, având ca date cunoscute tipul de rezemare și încărcările.

BIBLIOGRAFIE

1. Marțian, I., *Teoria elasticității și plasticității pentru constructori*, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 1999.
2. Bia, C., Ilie, V., Soare, M.V., *Rezistența materialelor și Teoria elasticității*, Edit. Didactica și Pedagogică, București 1983.
3. Nedelcu M., Mociran H., *Îndrumător Metoda elementelor finite*, U.T.PRESS, Cluj-Napoca, 2016



Aplicarea Metodei Diferențelor Finite la plăci plane pentru analiza liniară

Autor/autori

Limbean Anamaria^{1*}, Merdari Mara- Andreea², Cazacu Mădălin Vasile³

^{1*}Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, anamaria.ami77@yahoo.com

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, mara.merdari@yahoo.com

³Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, madalincmv99@gmail.com

Îndrumători

Conf. Dr. Ing. Mihai NEDELCU⁴

Șef lucr. Dr. Ing. Teodora Besoiu⁵,

³Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca,
mihai.nedelcu@mecon.utcluj.ro

⁴Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca,
Teodora.BESOIU@mecon.utcluj.ro

Rezumat: *Lucrarea descrie dezvoltarea unei aplicații de calcul structural a plăcilor plane orizontale sub încărcare gravitațională uniform distribuită prin intermediul Metodei Diferențelor Finite. Se alege ca necunoscută principală funcția deplasărilor transversale. Aplicația dezvoltată în Matlab permite analiza liniară a plăcilor dreptunghiulare cu diverse condiții de discretizare și rezemare pe contur. Lucrarea prezintă un studiu de convergență care stabilește discretizarea optimă în funcție de calitatea rezultatelor și timpul de analiză. Metoda este validată, obținându-se rezultate foarte apropiate pentru deplasarea transversală și momentul înconvoietor cu ajutorul unui program de calcul structural comercial SAP 2000 bazat pe Metoda Elementelor Finite.*

Cuvinte cheie: Metoda Diferențelor Finite, Matlab, SAP2000, placă dreptunghiulară.

1. Introducere

În Metoda Diferențelor Finite (MDF) aplicată pentru plăcile plane încărcate transversal, ecuația acestora este rezolvată printr-o aproximare diferențială de ordinul patru, stabilită de Lagrange-Sophie Germain în anii 1811-1815. Diferite pachete software bazate pe Metoda Elementelor Finite (MEF) sunt utilizate intens de către inginerii structurali pentru analiza plăcilor. Comparativ cu MEF, avantajul MDF este simplitatea sa. Programele de calcul cu MDF au, de obicei, o structură mai simplă atât din perspectiva matematică, cât și din perspectiva codificării. [1]

MDF constă în înlocuirea ecuațiilor cu derivate parțiale prin sisteme de ecuații algebrice, ale căror soluții furnizează valorile căutate pentru funcția respectivă în punctele (nodurile) unei rețele corespunzătoare domeniului de studiat al plăcii plane. Trecerea la sistemul de ecuații algebrice se face exprimând derivatele parțiale în diferențe finite, adică prin combinații liniare ale valorilor funcției căutate. Fie rețeaua de puncte din Figura 1 având pașii pe cele două direcții Δx și Δy , în care se consideră discretizată placa plană din punct de vedere geometric. [2]

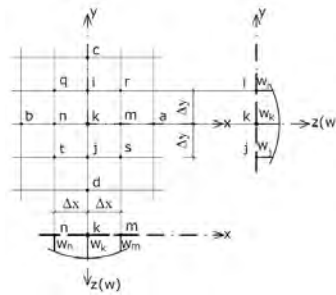


Figura 1. Rețeaua de puncte.

Expresia (1), reprezintă ecuația diferențială de ordinul IV, fiind o ecuație liniară și neomogena a plăcilor plane acționate transversal, are forma:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{p(x,y)}{D} \quad (1)$$

unde, w = deplasarea transversală;

p = valoarea sarcinii uniform distribuite;

D = rigiditatea la încovoiere a plăcii, având formula: $D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$.

Parabola reprezintă intersecția suprafeței mediane deformate cu plane normale pe placă, ținând cont de direcțiile x și y . Prezența unui pas cât mai mic a rețelei, duce la o aproximare cât mai concretă a rezultatelor. Prin relatarea ecuațiilor parabolilor scrise pe ambele direcții x și y , se concluzionează derivatele parțiale de ordinul I și II în diferențe finite corespunzător punctului k (originea sistemului de axe $x=y=0$) astfel încât:

$$\frac{\partial w}{\partial x} \Big|_k = \frac{w_m - w_n}{2\Delta x}; \quad \frac{\partial w}{\partial y} \Big|_k = \frac{w_i - w_j}{2\Delta y} \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \Big|_k = \frac{w_m - 2w_k + w_n}{\Delta x^2}; \quad \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \Big|_k = \frac{w_i - 2w_k + w_j}{\Delta y^2} \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \Big|_k = \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \Big|_k \right) = \frac{\frac{\partial w}{\partial y} \Big|_m - \frac{\partial w}{\partial y} \Big|_n}{2\Delta x} = \frac{w_r - w_s - w_q + w_t}{4\Delta x \Delta y} \quad (4)$$

Prin prisma derivărilor succesive prezente mai sus, se poate determina, folosind același principiu, derivate parțiale de ordinul III, cât și ordinul IV. Folosind derivata parțială de ordinul IV, vom deduce cu ușurință, unul dintre elementele cheie ale metodei, și anume ecuația cu derivate parțiale a plăcilor plane, ilustrată în expresia (5). Aceasta putându-se scrie sub forma moleculei de calcul, prezentată în Figura 2. [3]

$$20w_k - 8(w_m + w_n + w_i + w_j) + 2(w_r + w_s + w_q + w_t) + w_a + w_b + w_c + w_d = \frac{pa^4}{D} \quad (5)$$

Ecuația (5) se scrie în toate nodurile rețelei în care deplasarea transversală (w) este necunoscută, acestea sunt nodurile interioare, deoarece cu ajutorul condițiilor de contur se determină deplasarea transversală în nodurile de pe contur și în cele din exterior, astfel:

a) *Cazul laturii încastrate* (Figura 3a): deplasarea transversală (w) și rotirea în planul xOz ($\frac{\partial w}{\partial x}$) sunt nule în încastrare:

$$w_m = 0; \text{ (de asemenea } w_r = w_s = 0)$$



$$\frac{\partial w}{\partial x} \Big|_m = \frac{w_a - w_k}{2\Delta} = 0 \rightarrow w_a = w_k, \quad (6)$$

b) *Cazul laturii simplu rezemate* (Figura 3b): deplasarea transversală (w) și momentul încovoietor (M_x) nule în reazemul simplu/articulație:

Ținând seama că pe direcția Oy curbura $\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0$ (latura plăcii rămâne dreaptă), condițiile se scriu sub forma:

$$w_m = 0; \text{ (de asemenea } w_r = w_s = 0 \text{)}$$

$$M_x \Big|_m = 0, M_x = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \rightarrow \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \Big|_m = \frac{w_a - 2w_m + w_k}{\Delta^2} = 0 \rightarrow w_a = -w_k, \quad (7)$$

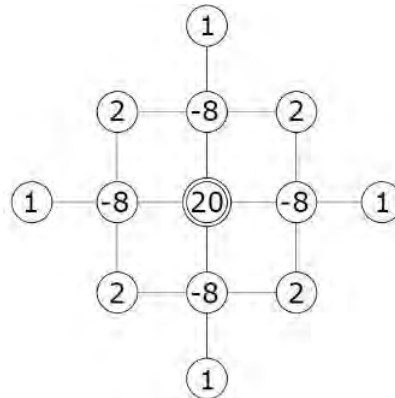


Figura 2. Molecula operațională de calcul.

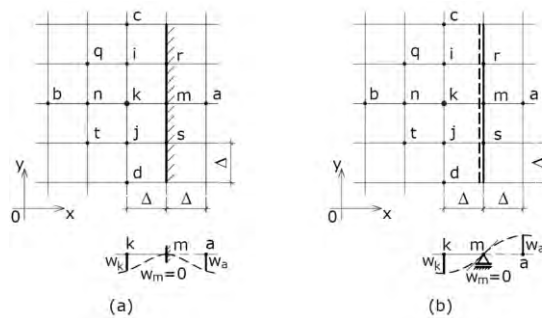


Figura 3. a) cazul laturii încastrate, b) cazul laturii simplu rezemate.

2. Dezvoltarea aplicației Matlab

Pentru a determina deplasările transversale w cât și eforturile sectionale corespunzătoare plăcii dreptunghiulare încastrate pe două laturi și simplu rezemate pe celelalte două, luând în considerare faptul că aceasta este acționată de forță uniform distribuită prin intermediul programului Matlab, vom crea o matrice generală. Pașii parcurși pentru implementarea problemei în Matlab, sunt inițializați prin a declara valorile de început, pornind de la dimensiunile plăcii dreptunghiulare, la pasul rețelei necesar cât și definirea rețelei $\Delta x = \Delta y = a$, unde a reprezintă intervalul de discretizare prin care se adaptează numărul de noduri în funcție de acest interval.



Pentru utilizarea moleculei de calcul, introducem condiții pentru cazurile distincte, astfel încât vom aplica molecula pentru fiecare caz în parte. Cunoșcând forma general utilizată a moleculei, cât și condițiile de contur în care $w_7=w_8=w_9=w_{10}=w_{11}=w_{12}=0$; $w_{13}=w_1$; $w_{14}=w_2$; $w_{18}=-w_2$; $w_{19}=-w_4$; $w_{20}=-w_6$, această moleculă trebuie adaptată la poziția nodurilor.

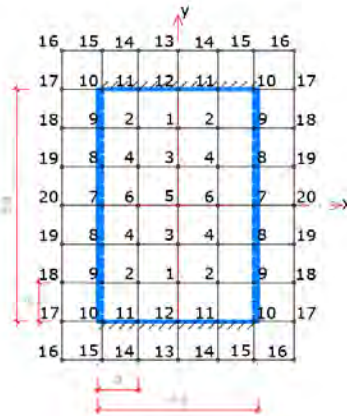


Figura 4. Placa dreptunghiulară încastrată pe laturile paralele lungi și simplu rezemată pe laturile paralele scurte.

Pasul următor are la bază crearea unei condiții generale atât pentru linii cât și pentru coloanele matricii, încercând în cele din urmă formarea matricii de soluții, făcând transformarea de la matricea cu o singură coloană la matricea pătratică. Matricea de soluții este transpusă în programul Matlab sub forma ($X=Sys\SS$):

$$\begin{pmatrix} 0.6416 \\ 0.4695 \\ 1.2665 \\ 0.9179 \\ 1.4988 \\ 1.0836 \end{pmatrix} \frac{pa^4}{D}$$

\rightarrow

```

for i=1:N*N
    SS(1,i)=S;
end

X=Sys\SS;
a=1; %% delta x = delta y = a --> intervalul de discretizare
for i=1:N
    for j=1:N
        Solutii(i,j)= X(a,i);
        a=a+1;
    end
end

```

(8)

Continuarea codului vizează calcularea momentului maxim. Momentul maxim este regăsit în locul unde deplasarea transversală w are valoarea maximă. Prin prisma algoritmului de calcul se va depista cea mai mare valoare, aceasta fiind mai apoi implementată ca punct maxim.

```

%% punctul maxim de deplasare transversala

max=Solutii(1,1);

for i=1:N
    for j=1:N

        Solutii(i,j)>max
            max=Solutii(i,j);
    end
end

S_final=zeros(N+4,N+4);

```

(8.1)

Pentru calculul momentelor înconvoietoare pe toată suprafața plăcii, atât la interior cât și pe contur, se vor implementa nodurile exterioare, astfel matricea de calcul se mărește cu două rânduri și două coloane. Pentru început nodurile vor fi inițializate cu 0. În cele din urmă, programul va forma matricele de momente. Cu cât rețeaua de discretizare este mai mică, cu atât rezultatele vor fi mai exacte.

```

%% formarea matricelor de momente
Mx=zeros(N+2,N+2);
My=zeros(N+2,N+2);
Mxy=zeros(N+2,N+2);

for i=1:N+2
    for j=1:N+2

        Mx(i,j)=-D*( (S_final(i+1,j)-2*S_final(i+1,j+1)+S_final(i+1,j+2))/Dx^2+u*(S_final(i,j+1)-2*S_final(i+1,j+1)+S_final(i+2,j+1)/Dy^2));

        My(i,j)=-D*(u*(S_final(i+1,j)-2*S_final(i+1,j+1)+S_final(i+1,j+2))/Dx^2+(S_final(i,j+1)-2*S_final(i+1,j+1)+S_final(i+2,j+1)/Dy^2));

        Mxy(i,j)=D*(1-u)*(S_final(i,j)+S_final(i+2,j+2)-S_final(i,j+2)-S_final(i+2,j))/(4*Dx*Dy);
    end
end

rand=0;

```

(8.2)

0	0	4.0444e-05	6.7785e-05	8.4116e-05	9.2893e-05	9.6647e-05	9.6647e-05	9.2893e-05	8.4116e-05	6.7785e-05	4.0444e-05	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-4.0444e-05	0	4.0444e-05	6.7785e-05	8.4116e-05	9.2893e-05	9.6647e-05	9.6647e-05	9.2893e-05	8.4116e-05	6.7785e-05	4.0444e-05	0	-4.0444e-05
-1.1178e-04	0	1.1178e-04	1.9296e-04	2.4417e-04	2.7278e-04	2.8532e-04	2.8532e-04	2.7278e-04	2.4417e-04	1.9296e-04	1.1178e-04	0	-1.1178e-04
-1.8484e-04	0	1.8484e-04	3.2402e-04	4.1459e-04	4.6637e-04	4.8939e-04	4.8939e-04	4.6637e-04	4.1459e-04	3.2402e-04	1.8484e-04	0	-1.8484e-04
-2.4196e-04	0	2.4196e-04	4.2778e-04	5.5092e-04	6.2229e-04	6.5432e-04	6.5432e-04	6.2229e-04	5.5092e-04	4.2778e-04	2.4196e-04	0	-2.4196e-04
-2.7289e-04	0	2.7289e-04	4.8433e-04	6.2564e-04	7.0809e-04	7.4525e-04	7.4525e-04	7.0809e-04	6.2564e-04	4.8433e-04	2.7289e-04	0	-2.7289e-04
-2.7289e-04	0	2.7289e-04	4.8433e-04	6.2564e-04	7.0809e-04	7.4525e-04	7.4525e-04	7.0809e-04	6.2564e-04	4.8433e-04	2.7289e-04	0	-2.7289e-04
-2.4196e-04	0	2.4196e-04	4.2778e-04	5.5092e-04	6.2229e-04	6.5432e-04	6.5432e-04	6.2229e-04	5.5092e-04	4.2778e-04	2.4196e-04	0	-2.4196e-04
-1.8484e-04	0	1.8484e-04	3.2402e-04	4.1459e-04	4.6637e-04	4.8939e-04	4.8939e-04	4.6637e-04	4.1459e-04	3.2402e-04	1.8484e-04	0	-1.8484e-04
-1.1178e-04	0	1.1178e-04	1.9296e-04	2.4417e-04	2.7278e-04	2.8532e-04	2.8532e-04	2.7278e-04	2.4417e-04	1.9296e-04	1.1178e-04	0	-1.1178e-04
-4.0444e-05	0	4.0444e-05	6.7785e-05	8.4116e-05	9.2893e-05	9.6647e-05	9.6647e-05	9.2893e-05	8.4116e-05	6.7785e-05	4.0444e-05	0	-4.0444e-05
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	4.0444e-05	6.7785e-05	8.4116e-05	9.2893e-05	9.6647e-05	9.6647e-05	9.2893e-05	8.4116e-05	6.7785e-05	4.0444e-05	0	0

Figura 5. Soluție finală a programului care evidențiază prezența simetriei.

3. Validarea rezultatelor obținute în Matlab

Pentru a valida rezultatele obținute în Matlab, s-a realizat modelarea plăcii în cauză în programul SAP2000 și s-au determinat atât deplasările transversale cât și momentele încovoietoare de pe întreaga suprafață a plăcii simetrice. Caracteristicile plăcii sunt:

- Modulul de Elasticitate $E=30000000 \text{ kN/m}^2$;
- Coeficientul lui Poisson $\nu=0.2$
- materialul folosit: beton C20/25
- încărcarea plăcii: $p=10 \text{ kN/m}^2$
- latura lungă a plăcii $L=6 \text{ m}$
- latura scurtă a plăcii $B=4 \text{ m}$
- grosimea plăcii $h=0.15 \text{ m}$

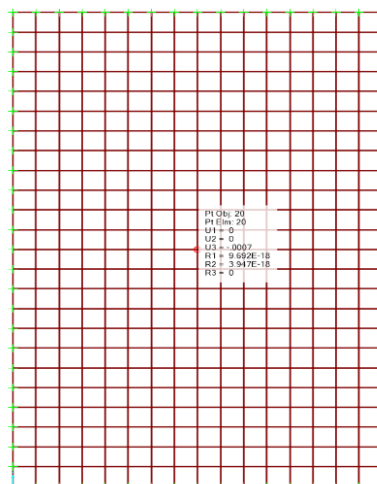


Figura 6. Valoarea deplasării transversale maxime conform SAP2000.

1	0	0	4.0444e-05	6.7785e-05	8.4116e-05	9.2893e-05	9.6647e-05	9.6647e-05	9.2893e-05	8.4116e-05	6.7785e-05	4.0444e-05	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-4.0444e-05	0	4.0444e-05	6.7785e-05	8.4116e-05	9.2893e-05	9.6647e-05	9.6647e-05	9.2893e-05	8.4116e-05	6.7785e-05	4.0444e-05	0	-4.0444e-05
4	-1.1178e-04	0	1.1178e-04	1.9296e-04	2.4417e-04	2.7278e-04	2.8532e-04	2.8532e-04	2.7278e-04	2.4417e-04	1.9296e-04	1.1178e-04	0	-1.1178e-04
5	-1.8484e-04	0	1.8484e-04	3.2402e-04	4.1459e-04	4.6637e-04	4.8939e-04	4.8939e-04	4.6637e-04	4.1459e-04	3.2402e-04	1.8484e-04	0	-1.8484e-04
6	-2.4196e-04	0	2.4196e-04	4.2778e-04	5.5092e-04	6.2229e-04	6.5432e-04	6.5432e-04	6.2229e-04	5.5092e-04	4.2778e-04	2.4196e-04	0	-2.4196e-04
7	-2.7289e-04	0	2.7289e-04	4.8433e-04	6.2564e-04	7.0809e-04	7.4525e-04	7.4525e-04	7.0809e-04	6.2564e-04	4.8433e-04	2.7289e-04	0	-2.7289e-04
8	-2.7289e-04	0	2.7289e-04	4.8433e-04	6.2564e-04	7.0809e-04	7.4525e-04	7.4525e-04	7.0809e-04	6.2564e-04	4.8433e-04	2.7289e-04	0	-2.7289e-04
9	-2.4196e-04	0	2.4196e-04	4.2778e-04	5.5092e-04	6.2229e-04	6.5432e-04	6.5432e-04	6.2229e-04	5.5092e-04	4.2778e-04	2.4196e-04	0	-2.4196e-04
10	-1.8484e-04	0	1.8484e-04	3.2402e-04	4.1459e-04	4.6637e-04	4.8939e-04	4.8939e-04	4.6637e-04	4.1459e-04	3.2402e-04	1.8484e-04	0	-1.8484e-04
11	-1.1178e-04	0	1.1178e-04	1.9296e-04	2.4417e-04	2.7278e-04	2.8532e-04	2.8532e-04	2.7278e-04	2.4417e-04	1.9296e-04	1.1178e-04	0	-1.1178e-04
12	-4.0444e-05	0	4.0444e-05	6.7785e-05	8.4116e-05	9.2893e-05	9.6647e-05	9.6647e-05	9.2893e-05	8.4116e-05	6.7785e-05	4.0444e-05	0	-4.0444e-05
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	4.0444e-05	6.7785e-05	8.4116e-05	9.2893e-05	9.6647e-05	9.6647e-05	9.2893e-05	8.4116e-05	6.7785e-05	4.0444e-05	0	0
15														

Figura 7. Valoarea deplasării transversale maxime conform Matlab.

Tabelul 1. Comparația deplasării transversale maxime

Deplasarea transversală maximă obținută în SAP2000	Deplasarea transversală maximă obținută în MATLAB
wmax=0.0007 m	wmax=0.00074 m

Datorită faptului că discretizarea aplicată plăcii este foarte mică (0.25m), rezultatele obținute pentru deplasările transversale conform programului Matlab și conform programului SAP2000 sunt aproape identice, rezultând aceeași valoare a deplasării transversale maxime.

Conform Figurilor 8, 9, 10, 11 ilustrate mai jos, care evidențiază cu acuratețe valorile momentelor încovoietoare obținute prin intermediul a doua programe de calcul diferite SAP2000 și Matlab, se poate observa, din nou faptul că datorită unei discretizări mici, valorile momentelor M_x și M_y sunt foarte apropiate, diferențele fiind neglijabile. Odată cu mărirea discretizării, va crește diferența între valorile momentelor încovoietoare calculate pe cele două direcții x și y .

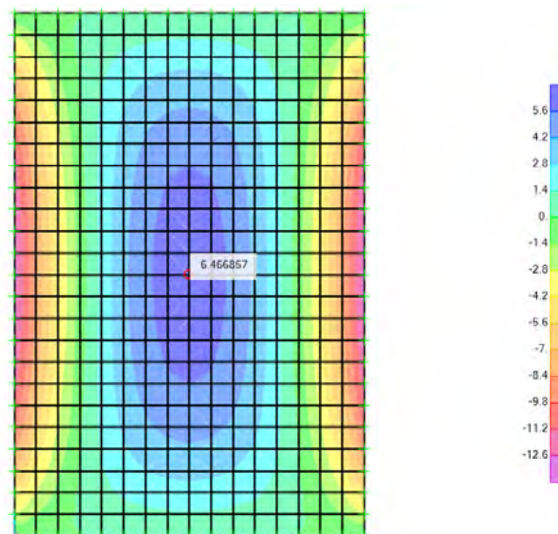


Figura 8. Valoarea momentului încovoietor maxim M_y conform SAP2000.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	-5.3764	-9.0110	-11.1820	-12.3487	-12.8477	-12.8477	-12.3487	-11.1820	-9.0110	-5.3764	0
0	-1.9762	-3.7494	-5.0026	-5.7526	-6.0949	-6.0949	-5.7526	-5.0026	-3.7494	-1.9762	0
0	0.0669	-0.2146	-0.5560	-0.8155	-0.9490	-0.9490	-0.8155	-0.5560	-0.2146	0.0669	0
0	1.3290	2.1023	2.4958	2.6732	2.7382	2.7382	2.6732	2.4958	2.1023	1.3290	0
0	2.0722	3.5080	4.4002	4.8931	5.1071	5.1071	4.8931	4.4002	3.5080	2.0722	0
0	2.4190	4.1730	5.3146	5.9706	6.2635	6.2635	5.9706	5.3146	4.1730	2.4190	0
0	2.4190	4.1730	5.3146	5.9706	6.2635	6.2635	5.9706	5.3146	4.1730	2.4190	0
0	2.0722	3.5080	4.4002	4.8931	5.1071	5.1071	4.8931	4.4002	3.5080	2.0722	0
0	1.3290	2.1023	2.4958	2.6732	2.7382	2.7382	2.6732	2.4958	2.1023	1.3290	0
0	0.0669	-0.2146	-0.5560	-0.8155	-0.9490	-0.9490	-0.8155	-0.5560	-0.2146	0.0669	0
0	-1.9762	-3.7494	-5.0026	-5.7526	-6.0949	-6.0949	-5.7526	-5.0026	-3.7494	-1.9762	0
0	-5.3764	-9.0110	-11.1820	-12.3487	-12.8477	-12.8477	-12.3487	-11.1820	-9.0110	-5.3764	0

Figura 9. Valoarea momentului înconvoietor maxim M_y conform MATLAB.

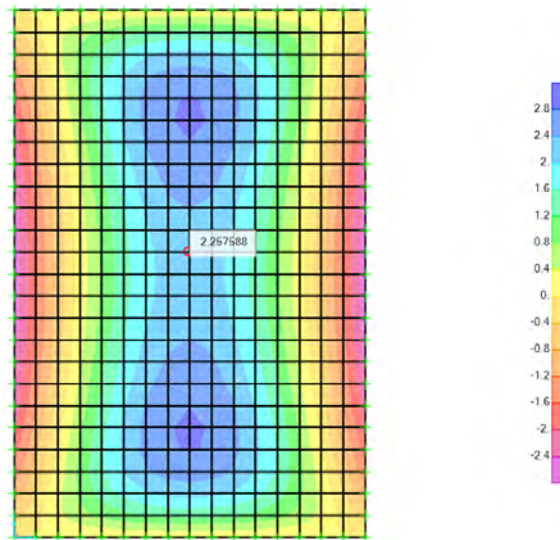


Figura 10. Valoarea momentului înconvoietor maxim M_x conform SAP2000.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	-1.0753	-1.8022	-2.2364	-2.4697	-2.5695	-2.5695	-2.4697	-2.2364	-1.8022	-1.0753	0
0	-0.0237	-0.4376	-0.7863	-1.0080	-1.1125	-1.1125	-1.0080	-0.7863	-0.4376	-0.0237	0
0	0.8815	0.8068	0.5297	0.2926	0.1659	0.1659	0.2926	0.5297	0.8068	0.8815	0
0	1.5606	1.7991	1.5995	1.3498	1.2007	1.2007	1.3498	1.5995	1.7991	1.5606	0
0	2.0065	2.4792	2.3482	2.0943	1.9297	1.9297	2.0943	2.3482	2.4792	2.0065	0
0	2.2265	2.8233	2.7324	2.4785	2.3064	2.3064	2.4785	2.7324	2.8233	2.2265	0
0	2.2265	2.8233	2.7324	2.4785	2.3064	2.3064	2.4785	2.7324	2.8233	2.2265	0
0	2.0065	2.4792	2.3482	2.0943	1.9297	1.9297	2.0943	2.3482	2.4792	2.0065	0
0	1.5606	1.7991	1.5995	1.3498	1.2007	1.2007	1.3498	1.5995	1.7991	1.5606	0
0	0.8815	0.8068	0.5297	0.2926	0.1659	0.1659	0.2926	0.5297	0.8068	0.8815	0
0	-0.0237	-0.4376	-0.7863	-1.0080	-1.1125	-1.1125	-1.0080	-0.7863	-0.4376	-0.0237	0
0	-1.0753	-1.8022	-2.2364	-2.4697	-2.5695	-2.5695	-2.4697	-2.2364	-1.8022	-1.0753	0

Figura 11. Valoarea momentului înconvoietor maxim M_x conform MATLAB.

Tabelul2. Comparația valorilor momentelor încovoietoare maxime

Valori obținute in MATLAB	Valori obținute in SAP 2000
M_x	2.3064 kNm
M_y	6.2635 kNm

Valori obținute in MATLAB	Valori obținute in SAP 2000
$M_x=M_{22}$	2.25758 kNm
$M_y=M_{11}$	6.4669 kNm

4. Concluzii

Metoda diferențelor finite (MDF) este utilizată pe scară largă în rezolvarea problemelor plăcilor plane. În această lucrare, s-a realizat dezvoltarea unei aplicații în programul Matlab pentru rezolvarea unei plăci plane dreptunghiulare, încastrată pe laturile scurte și simplu rezemată pe cele lungi, sub încărcarea gravitațională uniform distribuită. Astfel, s-a considerat o placă din beton cu dimensiunile $L_x=6\text{m}$ și $L_y=4\text{m}$, o încărcare uniform distribuită $p=10\text{kN/m}^2$ care acționează pe întreaga suprafață a plăcii, și cu o discretizare de 0.25m (Figura). Metoda a fost validată în programul SAP2000, prin obținerea valorilor deplasărilor transversale și a momentelor înconvoietoare, foarte asemănătoare cu cele obținute în programul Matlab.

În rezolvarea ecuațiilor diferențiale cu Metoda Diferențelor Finite trebuie avut în vedere aspectul stabilității algoritmului și aspectul instabilității numerice, datorate intrării în zona în care predomină erorile de rotunjire. Pe scurt, trebuie ca pașii de discretizare să fie suficient de mici pentru ca algoritmul să fie stabil, dar nu prea mici încât să intre în zona erorilor de rotunjire.

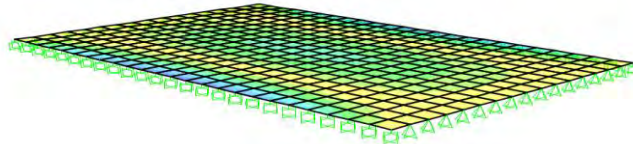


Figura 12. Placa dreptunghiulară din beton conform programului SAP2000.

BIBLIOGRAFIE:

1. Chulong Li, *Finite difference analysis of plate structures*, 2020.
2. Marțian, I., *Teoria elasticității și plasticității pentru constructori*, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 1999.
3. Mihai Nedelcu, Adriani Mircea Ioani, *THEORY OF ELASTICITY*, UTPRESS, Cluj-Napoca, 2014.



Aplicarea Metodei Diferențelor Finite în problema plană a teoriei elasticității

Autor/autori

Mădălin Vasile CAZACU^{1*}, Adrian TUDOR², Attila SZÁSZ³

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, madalincmv99@gmail.com

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, Tudoradrian9@yahoo.com

³Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, szaszataa@yahoo.com

Îndrumător/îndrumători

Conf. Dr. Ing. Mihai NEDELICU

Șef lucr. Dr. Ing. Teodora BESOIU

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca

mihai.nedelicu@mecon.utcluj.ro

Teodora.BESOIU@mecon.utcluj.ro

Rezumat : *Lucrarea descrie dezvoltarea unei aplicații de calcul structural a șaiabelor aflate în stare plană de tensiune prin intermediul Metodei Diferențelor Finite. Se aleg ca necunoscute principale tensiunile iar acestea se exprimă prin intermediul funcției lui Airy. Aplicația dezvoltată în Matlab permite analiza liniară a șaiabelor dreptunghiulare sub diverse condiții de încărcare/rezervare și discretizare. Lucrarea prezintă un studiu de convergență care stabilește discretizarea optimă în funcție de calitatea rezultatelor și timpul de analiză. Analizele sunt validate prin comparație cu date experimentale preluate din literatură și rezultate obținute cu ajutorul unui program de calcul structural comercial bazat pe Metoda Elementelor Finite.*

Cuvinte cheie: grindă-perete, tensiuni, deplasări, șaiabe plane, discretizare, Metoda Diferențelor Finite.

1. Introducere

Pentru a satisface cererea severă pentru o mai mare fiabilitate, precum și provocarea economică, analiza distribuției eforturilor, în special în zona critică a secțiunii este necesară. Grinzile-pereți sunt în interesul cercetătorilor și inginerilor constructori deoarece folosirea lor se răspândește din ce în ce mai mult, iar evaluarea lor este dificilă [1]. S-a observat că acuratețea Metodei Diferențelor Finite (MDF) în reproducerea stării de tensiune este mult mai mare decât cea dezvoltată de către Metoda Elementelor Finite (MEF). Un model numeric eficient a fost conceput pentru rezolvarea problemelor corpurilor elastice de formă aleatorie, unde formularea funcției de tensiune-potențial a fost utilizată împreună cu Metoda Diferențelor Finite. Dacă porțiuni ale conturului șaiabei au legături impuse încărcările pe aceste porțiuni nefiind cunoscute, problema stării de tensiune se rezolvă prin formularea în deplasări. Condiția de biarmonicitate a funcției deplasărilor $F(x,y)$ se scrie în toate nodurile rețelei, iar condițiile de contur se exprimă prin relații transpuse în diferențe finite [2]. Grinzile-pereți sunt șaiabe plane, încărcate în planul lor, cu raportul L/H (L fiind deschiderea grinzii, iar H înălțimea acesteia) mai mic sau egal cu 5 pentru încărcări distribuite [3]. Acestea pot avea una sau mai multe deschideri, iar dacă înălțimea H este mult mai mare decât deschiderea L , se pot considera de înălțime infinită. Datorită geometriei diferite față de grinzile zvelte și cele normale comportamentul lor este unul aparte. Se poate observa diferența digramelor tensiunilor normale σ_x din Figura 1.

Starea de tensiune urmează să se determine prin modelele Teoriei Elasticității. Este cazul pereților buncărelor și ai silozurilor, ai placilor plane sau curbe acționate în suprafața mediană, al diafragmelor monolite sau prefabricate care intra în structura de rezistență a cladirilor.

În Figura 2 putem observa cum poate fi încărcată o grindă-perete: încărcare distribuită, în mod direct (forțele sunt aplicate pe parte superioară și sunt de compresiune), și încărcare concentrată, indirectă (forțele fiind aplicate ca și în cazul anterior). Acest model de grinzi este recomandat în cazul în care forța tăietoare predomină în proiectarea elementului.

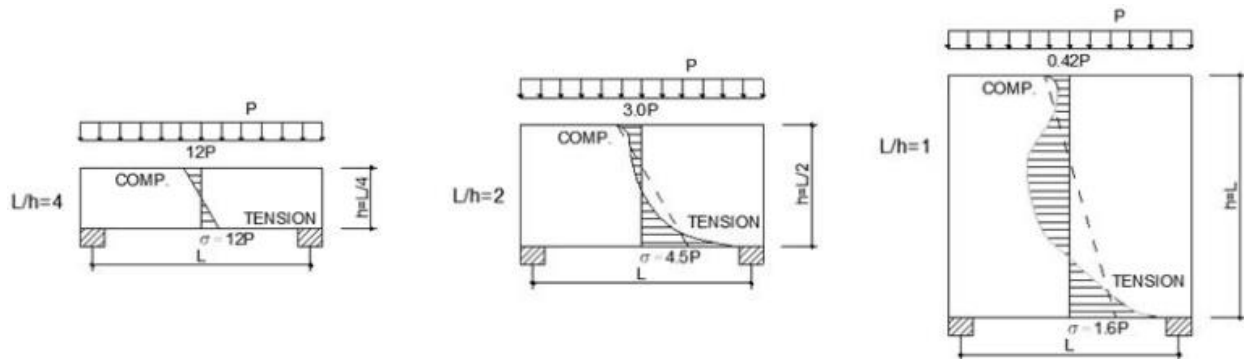


Figura 1. Variația tensiunilor normale σ_x

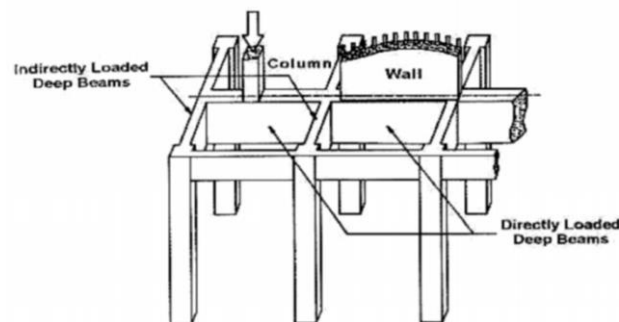


Figura 2. Încărcare directă și indirectă

2. Aplicarea MDF la calculul grinzilor-pereți

Metoda Diferențelor Finite constă în descrierea aproximativă a suprafeței $F=F(x,y)$ pe domeniul șabei cu ajutorul unui număr finit de valori numerice ale acestei funcții în tot atâtea puncte reprezentând nodurile unei rețele, cel mai adesea rectangulară, și înlocuirea derivatelor parțiale care intervin prin combinații liniare ale valorilor funcției tensiunilor din acele puncte, adică diferențe finite. Astfel ecuația cu derivate parțiale reprezentând condiția de biarmonicitate ($\nabla^4 F=0$), exprimată în fiecare nod al rețelei în care $F(x,y)$ este necunoscută ca valoare, se transformă într-o ecuație algebrică lineară.

În Figura 3 este prezentată grinda-perete care va fi analizată atât analitic cât și numeric. În urma discretizării domeniului șabei au rezultat următoarele puncte interioare, notate: 1,2,3,4,5.....,15, puncte pe contur, notate: a,b,c.....,m și respectiv exterioare, notate: I,II,III,.....,XIV. [1]

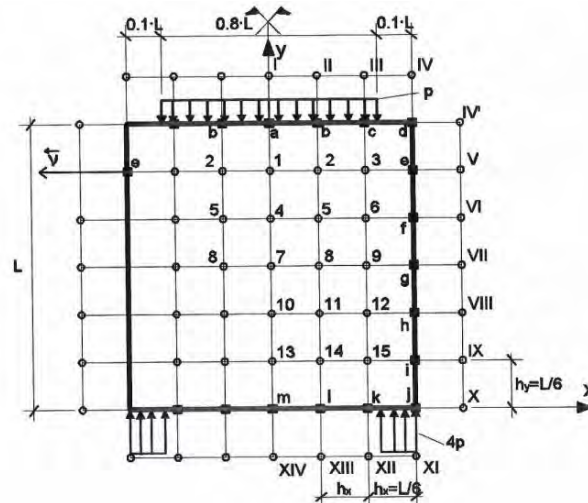


Figura 3. Grindă-perete cu o singură deschidere

Scrierea ecuației de biarmonicitate în toate nodurile interioare ale rețelei, unde funcția tensiunilor (Airy) F are valori necunoscute se va face aplicând metoda operațională de calcul (prezentată în Figura 4). Valorile funcției tensiunilor F în nodurile de pe contur și în cele din exterior rezultă din condițiile de contur: $F=M$ și $\frac{\partial F}{\partial v} = N$. Pentru acesta s-au trasat diagramele de eforturi N (efort axial) și M (moment încovoietor) din încărcările exterioare date pe conturul grinzii-perete considerându-l ca o bară fictivă. Diagramele sunt prezentate în Figura 5.

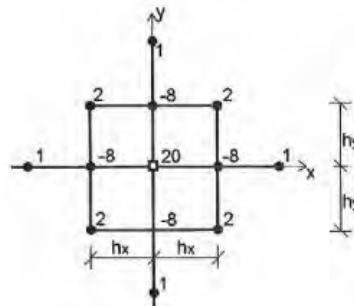


Figura 4. Molecula operațională ($h_x=h_y$)

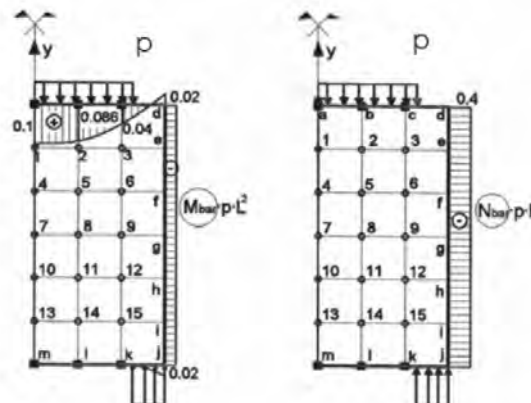


Figura 5. Diagramele de moment încovoietor (M) și forța axială (N)

Astfel valorile funcției tensiunilor în câteva puncte de pe contur și în exterior sunt:

$$F_c=0.044pl^2; F_d=0.086pl^2; F_a=0.1pl^2 \quad (1)$$

$$F_{XIV} = F_{13} + 2 \frac{l}{6} 0 = F_{13} \quad (2)$$



$$F_{IX} = F_{15} + 2 \frac{l}{6} (-0.4pl) \quad (3)$$

Unde : p = încărcarea aplicată la partea superioară; l = deschiderea grinzii perete.

Scriind ecuația biarmonică pentru cele cincisprezece punctele interioare obținem un sistem:

$$20F_1 - 8(F_2 + F_2 + F_4 + F_a) + 2(2F_5 + 2F_b) + (F_7 + F_1 + 2F_3) = 0 \quad (4a)$$

$$20F_2 - 8(F_3 + F_1 + F_5 + F_b) + 2(F_6 + F_4 + F_c + F_a) + (F_8 + F_{II} + F_e + F_2) = 0 \quad (4b)$$

.....

$$20F_{15} - 8(F_i + F_{14} + F_k + F_{12}) + 2(F_j + F_l + F_h + F_{11}) + (F_{IX} + F_{13} + F_{XII} + F_9) = 0 \quad (4c)$$

Soluțiile sistemului de ecuații ne a da valoare tensiunilor și în nodurile din interior iar tensiunile σ_x , σ_y , τ_{xy} se obțin prin derivare:

$$\sigma_x \Big|_{13} = \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} \Big|_{13} = \frac{F_{10} - 2F_{13} + F_m}{h^2} = \frac{0.0425 - 2 * 0.0176 + 0}{(l/6)^2} pl^2 = 0.26p \quad (5)$$

$$\sigma_y \Big|_{13} = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} \Big|_{13} = -\frac{F_{14} - 2F_{13} + F_{14}}{h^2} = \frac{2 * 0.0169 - 2 * 0.0176}{(l/6)^2} pl^2 = -0.05p \quad (6)$$

$$\tau_{xy} \Big|_{14} = -\frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} \Big|_{14} = -\frac{(F_{12} + F_m) - (F_{19} + F_k)}{4h^2} = -\frac{(0.022 + 0) - (0.0425 + 0)}{4(l/6)^2} pl^2 = 0.1845p \quad (7)$$

$$\tau_{xy} \Big|_8 = -\frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} \Big|_8 = -\frac{(F_6 + F_{10}) - (F_4 + F_{12})}{4h^2} = -\frac{(0.0364 + 0.0425) - (0.087 + 0.022)}{4(l/6)^2} pl^2 = 0.271p \quad (8)$$

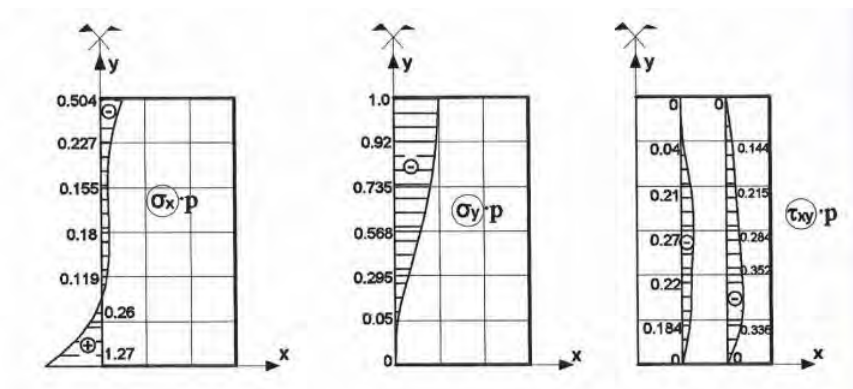


Figura 6a . Diagramele tensiunilor σ_x , σ_y , τ_{xy}

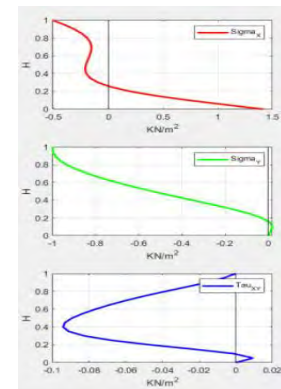


Figura 6b. Diagrame Matlab

3. Dezvoltarea aplicației de calcul în Matlab

Idea formării sistemului de necunoscute constă în crearea unei matrici F, care să păstreze poziția necunoscutei după care, algoritmi prezenți în secvențele «for» vor lua această poziție și vor forma matricea sistemului, denumită Sys.

Pe fețele laterale ale grinzii sunt prezente diagramele forțelor axiale cât și a momentelor încovoietoare, ambele având valori constante. Pentru partea superioară și inferioară au fost creați doi vectori care să calculeze valorile eforturilor N și M.



```
%% formare vectori valori momente pentru partea inferioara si superioara
for i=1:N/2

    if(Dx*i<=ls)
        Mi(i)=-p*L^2*r*(1s-i*Dx)^2/2;
        Mi(N+1-i)=-r*(1s-i*Dx)^2/2;
    end

    if((i-1)*Dx<=lp/2)
        Ms((N+1)/2)=r*1s*(L/2-1s/2)-p*(lp/2)^2/2;
        Ms((N+1)/2-i)=r*1s*(L/2-1s/2-Dx*(i))-p*(lp/2-(i)*Dx)^2/2;
        Ms((N+1)/2+i)=Ms((N+1)/2-i);
    else
        Ms((N+3)/2-i)=-r*(i*Dx-lp/2)^2/2;
        Ms((N+1)/2+i)=Ms((N+1)/2-i);
    end
end
```

Figura 7. Formarea vectorilor pentru N și M

Există douăzeci și cinci de secvențe <for> pentru crearea matricei sistemului. Fiecare colț are patru, marginile au două și mai există condiția generală pentru care termenul liber este zero. Matricea termenilor liberi este formată în paralel cu matricea sistemului.

```
%% CONDITIA GENERALA -termenul liber devine 0
%% -toate elementele prezente in molecula operationala sunt diferite

for i=3:(N-2)
    for j=3:(N-2)

        Sys(F(i,j),F(i,j))=2*(3+4*lda^2+3*lda^4);
        Sys(F(i,j),F(i,j)-2*N)=lda^4;
        Sys(F(i,j),F(i,j)-N-1)=2*lda^2;
        Sys(F(i,j),F(i,j)-N)=-4*lda^2*(1+lda^2);
        Sys(F(i,j),F(i,j)-N+1)=2*lda^2;
        Sys(F(i,j),F(i,j)-2)=1;
        Sys(F(i,j),F(i,j)-1)=-4*(1+lda^2);
        Sys(F(i,j),F(i,j)+1)=-4*(1+lda^2);
        Sys(F(i,j),F(i,j)+2)=1;
        Sys(F(i,j),F(i,j)+N-1)=2*lda^2;
        Sys(F(i,j),F(i,j)+N)=-4*lda^2*(1+lda^2);
        Sys(F(i,j),F(i,j)+N+1)=2*lda^2;
        Sys(F(i,j),F(i,j)+2*N)=lda^4;
    end
end
```

Figura 8. Condiția generală

După formarea sistemului de ecuații $Sys \cdot X = Sol$ vom obține matricea necunoscutelor, X, matrice care are o singură coloană și N^2 . După ce obținem matricea necunoscutelor vom mai adăuga două “straturi”, primul fiind cel al valorilor momentului încovoietor pe contur, iar al doilea fiind corespondent valorilor exterioare, obținând matricea finală S_f. În final vom crea trei matrice care să conțină valorile tensiunilor interioare, matrice create prin aplicarea ecuațiilor diferențiale în interiorul S_f.

La final, rezultatele vor fi reprezentate grafic și, adaptând discretizarea, am comparat rezultatele obținute în Matlab cu cele din Autodesk Robot.

4. Comparația rezultatelor obținute în Matlab cu ajutorul programului Robot

Am optat pentru programul Robot bazat pe Metoda Elementelor Finite deoarece am dorit să evidențiem asemănarea rezultatelor între cele două metode (MDF) și (MEF). Grinda perete este



modelată având o deschidere de un metru și materialul folosit fiind beton C8/10. Rezemarea se face pe două reazeme simple în extremitățile inferioare, fiecare având lungimea egală cu $0.1 \cdot L$. Fiind o șaibă plană grosimea ei este unitară, iar valoarea eforturilor este constantă în planul secțiunii perpendiculare pe direcția lungimii. Valoarea discretizării este egală cu 0.05 atât în Matlab cât și în Robot. Raportul deschidere / înălțime este egal cu unu. Valoarea încărcării uniform distribuit s-a considerat $p=1\text{kN/m}$. Programul a efectuat o analiză static liniară, încărcarea distribuită și constantă pe partea superioară a grinzii este aplicată static. Aceleași diagrame de eforturi N și M prezentate în Figura 5 au fost obținute și în programul de calcul. În Figurile 9, 10 și 11 sunt prezentate variația tensiunilor σ_x , σ_y , τ_{xy} atât în Matlab, cât și în programul de calcul Robot.

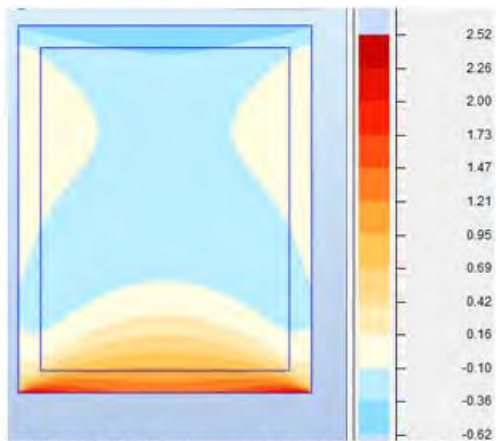


Figura 9a Compararea tensiunii σ_x (Robot)

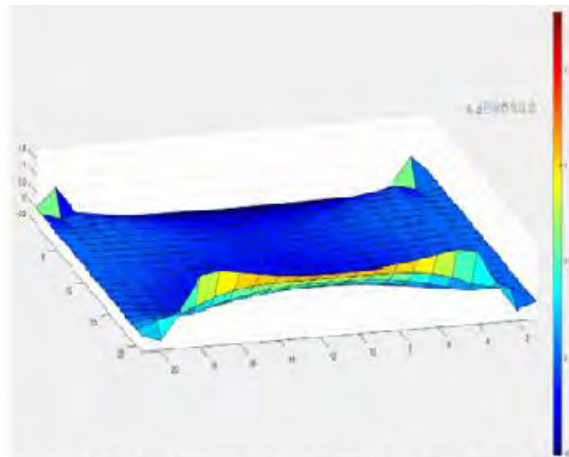


Figura 9b Compararea tensiunii σ_y (Matlab)

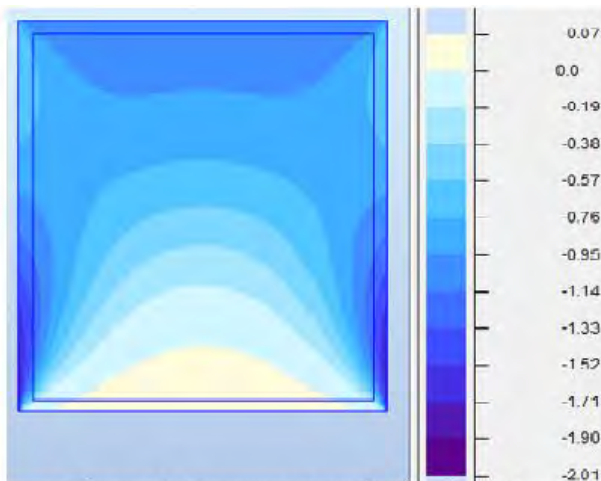


Figura 10a Compararea tensiunii σ_y (Robot)

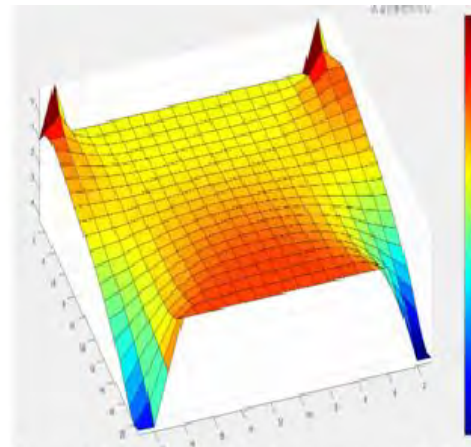


Figura 10b Compararea tensiunii σ_x (Matlab)

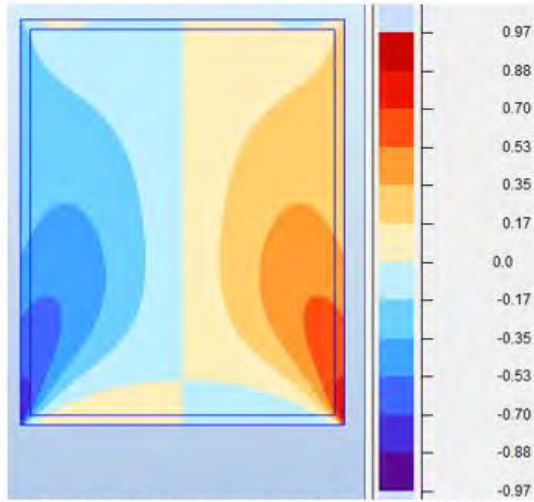


Figura 11a Compararea tensiunii τ_{xy} (Robot)

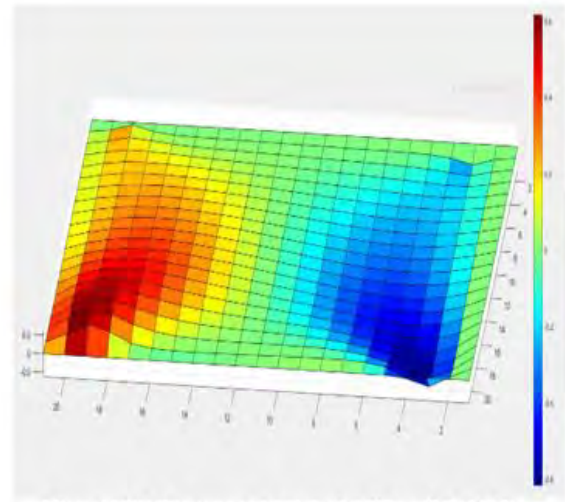


Figura 11b Compararea tensiunii τ_{xy} (Matlab)



Tabel.1 Diferența dintre cele doua metode (MDF-MEF).

Tensiuni [kN/m ²]	Matlab			Robot Str. Analysis			Diferență		
	Sus	Mijloc	Jos	Sus	Mijloc	Jos	Sus	Mijloc	Jos
σ_x	-0.516	-0.206	1.403	-0.520	-0.200	1.380	0.7%	0.3%	1.6%
σ_y	-1.000	-0.529	0.000	-1.000	-0.540	0.000	0.0%	2.0%	0.0%
τ_{xy}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	0.0%	0.0%	0.0%

5. Concluzii

În această lucrare, s-a dezvoltat o aplicație în Matlab pentru descrierea grinzii-perete. Din rezultatele vizibile în Tabelul 1 deducem faptul, că acuratețea Metodei Diferențelor Finite cât și cea a Metodei Elementului Finit depinde mult de fina discretizare a plăcii, cea dintâi fiind mai precisă. Diferențele între rezultatele celor două metode sunt foarte mici, putând fi neglijate cu câteva excepții. Cu ajutorul unui software dedicat calculului structural, Autodesk Robot, am obținut o variație a tensiunilor normale σ_x (Figura 9a) având valorile maxime în partea inferioară a grinzii-perete. Același procedeu de calcul l-am aplicat și pentru tensiunea normală σ_y (Figura 9b), în acest caz tensiunile maxime apar în reazeme, pe când, în partea inferioară, la mijlocul deschiderii fiind inexistente. Ca și în cazurile precedente putem observa relațiile de simetrie. Tensiunile tangențiale au aceleași valori (dar cu sens opus), pe când la mijloc, pe toată înălțimea acestea sunt egale cu zero.

Metoda Diferențelor Finite poate fi implementată destul de ușor într-un algoritm în care se pot considera diferite condiții de rezemare, încărcare și discretizare, cu geometrie variabilă, singura parte de cod care poate varia fiind cea care descrie eforturile pe partea de contur, M, N, cât și valorile tensiunilor în punctele exterioare, restul algoritmului putând fi generalizat pentru o multitudine de probleme care se bazează pe MDF.

Bibliografie:

1. Moustafa Mansour, Bilal El-Ariss and Tamer El-Maaddawy, *Effect of Support Conditions on Performance of Continuous Reinforced Concrete Deep Beams* - Department of Civil and Environmental Engineering, United Arab Emirates University, Published: 23 November 2020.
2. Ironim Marțian, *Teoria elasticității și plasticității pentru constructori*, Cluj-Napoca, 1999.
3. A.M.Ioani, A.D.Danciu, H.A.Mociran, *Theory of elasticity – Examples and problems*, Editura U.T.Press Cluj-Napoca, 2011.
4. Yousif Jabbar Lafta1, Kun Ye, *Specification of Deep Beams Affect the Shear Strength Capacity* - School of Civil Engineering and Mechanics, Huazhong, University of Science and Technology, Wuhan - ISSN 2224-5790 (Paper) ISSN 2225-0514

Aplicație de calcul a stării limită a plăcilor plane

Autori

Norbert F. Gyarmati¹, Ciprian I. Beres²

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, ngyarmatix@gmail.com

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, beresciprian99@gmail.com

Îndrumător/îndrumători

Conf. Dr. Ing. Mihai NEDELICU

Șef lucr. Dr. Ing. Teodora Besoiu

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca

mihai.nedelcu@mecon.utcluj.ro

Teodora.BESOIU@mecon.utcluj.ro

REZUMAT: *Lucrarea prezintă dezvoltarea unei aplicații software de determinare a mecanismului de cedare în cazul plăcilor plane omogene de formă dreptunghiulară sub încărcare uniform distribuită și diferite condiții de rezemare. Aplicația dezvoltată în Mathcad se bazează pe metoda liniilor de curgere. Încărcarea limită și mecanismul de cedare sunt comparate cu cele obținute cu ajutorul unei analize liniar geometrice în domeniul elasto-plastic efectuate în Abaqus. Un studiu parametric de convergență oferă discretizarea optimă în cazul modelării numerice.*

Cuvinte cheie: placă plană, linii de curgere, curba Prandtl, mecanisme de cedare, tipuri de rezemare.

1. Introducere

Starea limită a plăcilor plane corespunde mecanismului de cedare din cazul grinzilor, când s-a format un număr suficient de articulații plastice: într-o singură secțiune, dacă sunt static determinate, și în mai multe secțiuni dacă sunt static nedeterminate. Momentul încovoietor care a produs formarea articulației plastice este momentul limită sau de cedare al secțiunii, M_l , și are o astfel de valoare încât toată secțiunea este plastificată, adică a fost atinsă limita de curgere σ_c în toate punctele ei, atât prin întindere cât și prin compresiune. În acest stadiu, deformațiile cresc în mod continuu fără ca tensiunile să mai crească, fapt reflectat prin adaptarea diagramei σ - ϵ , schematizate, a lui Prandtl (Figura 1), prezentând un palier de curgere nelimitat, caracteristică materialelor ideal elasto-plastice. Apare astfel posibilitatea unei rotiri relative în secțiunea plastificată, dar momentul încovoietor rămâne egal cu M_l . [1]

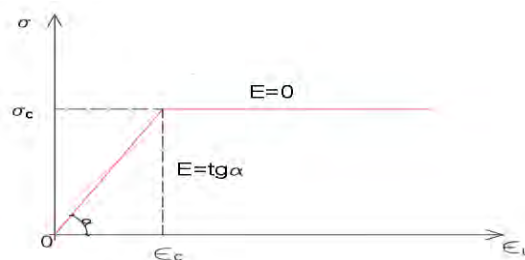


Figura 1. Curba Prandtl



În cazul plăcilor plane, echivalent articulațiilor plastice de la grinzile drepte, în faza de cedare apar linii de articulații plastice (linii de curgere sau de rupere), după care acționează momentul limită M_l pe unitatea de lungime ($M_l = \sigma_c \cdot (b \cdot h^2) / 4$), constant pentru plăcile omogene de grosime constantă. Starea limită se atinge prin formarea atâtor linii de curgere câte sunt necesare transformării plăcii într-un mecanism. Mecanismul de cedare determină separarea plăcii plane în panouri (corpuri rigide), care se rotesc sub acțiunea încărcării limită în jurul unor axe de rotație (absolute) și între ele, axe de rotație relativă care reprezintă tocmai liniile de articulații plastice comune. În general, configurația reală a acestor linii de articulații plastice nu se cunoaște, considerându-se forme simplificate, configurații probabile.[1]

Atinsă fiind sarcina limită, liniile de curgere sunt formate și începe procesul de transformare a plăcii plane în mecanism. Cu o clipă înainte de a se realiza, deformațiile fiind mici, se poate exprima echilibrul pe forma nedeformată, cel mai comod folosind principiul lucrului mecanic virtual. Se dau deplasări virtuale compatibile cu legăturile și se determină lucrul mecanic virtual exterior.[2]

$$\delta L_{\text{ext}} = -\delta L_{\text{int}} \quad (1)$$

unde: δL_{ext} = lucrul mecanic virtual exterior; δL_{int} = lucrul mecanic virtual interior

Lucrul mecanic virtual exterior se calculează cu relația:

$$dL_{\text{ext}} = \int_A p \cdot dw \cdot dA \quad (2)$$

unde: p = încărcarea uniform distribuită; A = aria plăcii plane; dw = deplasarea virtuală într-un punct curent al plăcii.

Lucrul mecanic virtual interior este produs de momentul limită M_l corespunzător lungimii liniilor de curgere, prin rotirea virtuală relativă dintre panourile adiacente, care se determină cu relația:

$$dL_{\text{int}} = -M_l \cdot \sum_{i=1}^k l_i \cdot \theta_i \quad (3)$$

unde: l_i = lungimea liniei de curgere; θ_i = rotirea virtuală a panourilor delimitată de aceasta.

2. Analiza unei plăci dreptunghiulare în Abaqus

În cele ce urmează vom analiza o placă dreptunghiulară de dimensiuni în plan $a=500$ mm și $b=1000$ mm, din oțel, pentru care M_l s-a determinat cu relația:

$$M_l = \sigma_c \cdot \frac{b \cdot h^2}{4} = 30000 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (4)$$

unde σ_c este limita de curgere a oțelului: $\sigma_c = 300 \text{ N/mm}^2$; b este lățimea plăcii $b=1$ mm; h este grosimea plăcii $h=20$ mm.

Placa este acționată de încărcare uniform distribuită a cărei valoare limită dorim să o determinăm. Placa studiată se consideră rezemată în 6 variante:

1. Simplă rezemare pe contur
2. Încăstrare pe contur

3. Două laturi simplu rezemate și două laturi încastrate
4. Trei laturi încastrate și latura lungă simplu rezemată
5. Trei laturi încastrate și latura scurtă simplu rezemată
6. Trei laturi simplu rezemate și o latură încastrată

În elaborarea studiului nostru am discretizat placa cu valori diferite, dar din cauza licenței pentru programul Abaqus [3], versiunea de student, am fost limitați la numărul de discretizări, așadar am decis să alegem discretizarea de 25 care ne oferă valori optime și foarte apropiate de valorile obținute în Mathcad.

În programul de analiză structural Abaqus, am modelat o placă dreptunghiulară de dimensiuni 500x100x20 mm, asupra căreia am dispus o încărcare uniform distribuită gravitațional pe toată suprafața ei. Am definit materialul, oțelul cu limita de curgere $\sigma_c=300$ N/mm², după care am discretizat placa. În continuare vor fi prezentate rezultatele pentru cele 6 cazuri de rezemare.

Cazul 1: Simpla rezemare pe contur

$$p_1 := 24 \cdot \frac{(a+b)}{a^2 \cdot (3b-a)} \cdot Ml = 1.728 \cdot \frac{N}{\frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}} \quad (5)$$

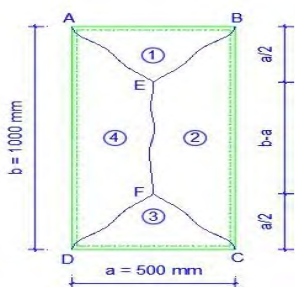


Figura 2.1 Placă simplu rezemată

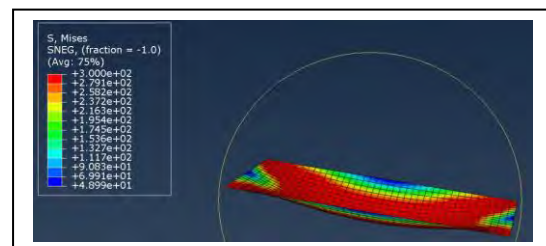


Figura 2.2 Deformata plăcii

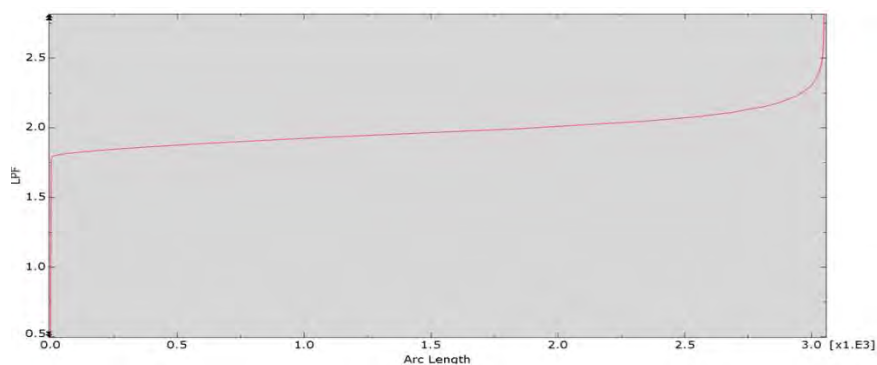


Figura 2.3 Curbă forță-deplasare

Cazul 2: Încăstrare pe contur

$$P_2 := \frac{-Ml \cdot (b - a) \cdot \frac{4}{a} - 4 \cdot Ml \cdot \frac{a}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2\sqrt{2}}{a} - 2Ml \cdot b \cdot \frac{2}{a} - 2Ml \cdot a \cdot \frac{2}{a}}{\left[-a \cdot \frac{(3b - a)}{6} \right]} = 3.456 \cdot \frac{N}{\frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}} \quad (6)$$

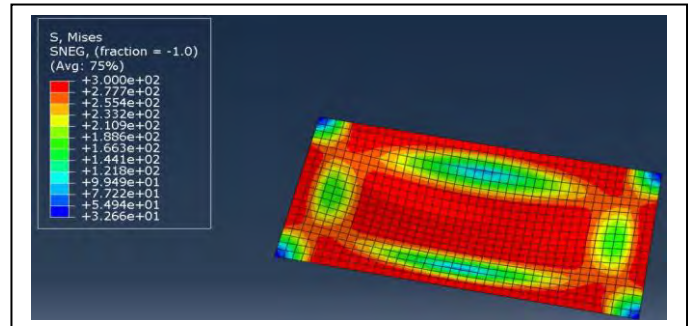
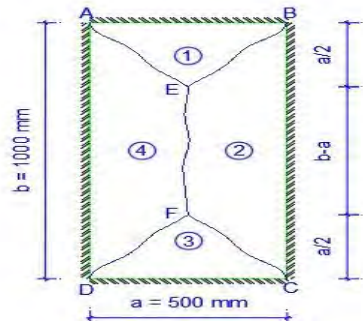


Figura 3.1 Placă încâstrată pe contur

Figura 3.2 Deformată plăcii

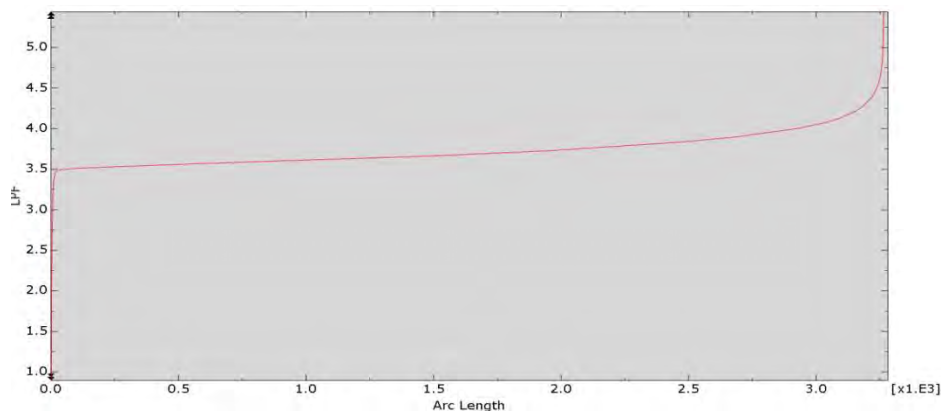


Figura 3.3 Curbă forță-deplasare

Cazul 3: Două laturi simplu rezemate și două laturi încâstrate

$$P_3 := \frac{-Ml \cdot (b - a) \cdot \frac{4}{a} - 4 \cdot Ml \cdot \frac{a}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2\sqrt{2}}{a} - Ml \cdot b \cdot \frac{2}{a} - Ml \cdot a \cdot \frac{2}{a}}{\left[-a \cdot \frac{(3b - a)}{6} \right]} = 2.592 \cdot \frac{N}{\frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}} \quad (7)$$

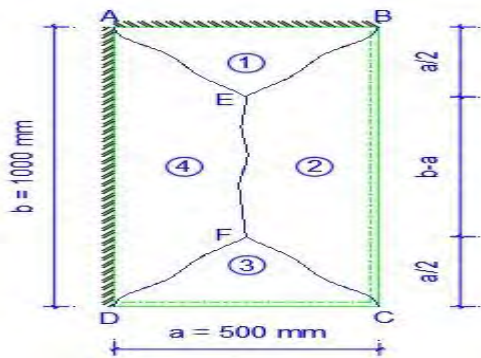


Figura 4.1 Două laturi simplu rezemate și două laturi încastrate

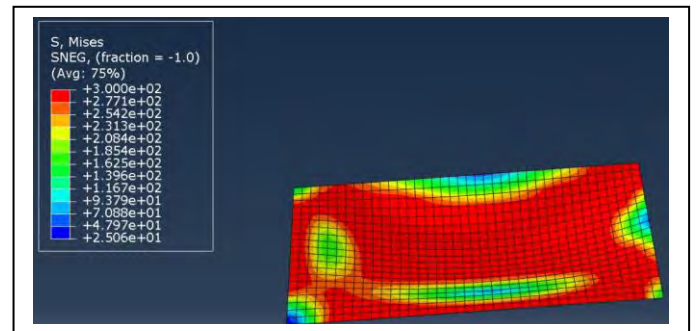


Figura 4.2 Deformata plăcii

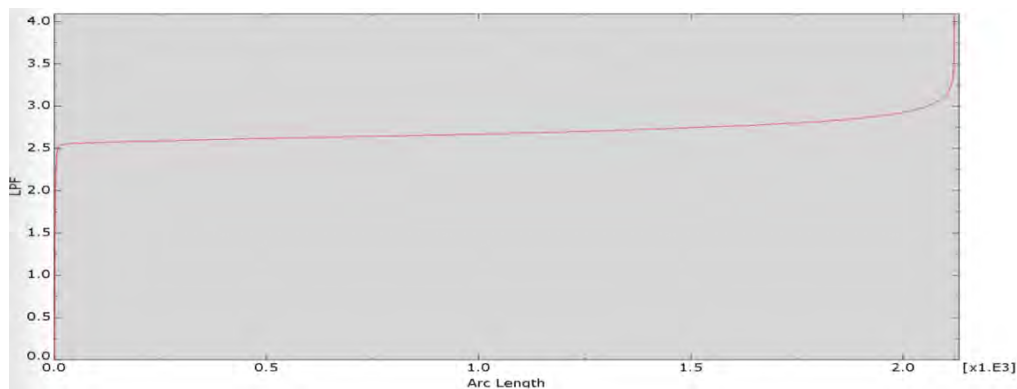


Figura 4.3 Curbă forță-deplasare

Cazul 4: Trei laturi încastrate și latura lungă simplu rezemată

$$P_4 := \frac{-M_1 \cdot (b-a) \cdot \frac{4}{a} - 4 \cdot M_1 \cdot \frac{a}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2\sqrt{2}}{a} - M_1 \cdot b \cdot \frac{2}{a} - 2M_1 \cdot a \cdot \frac{2}{a}}{\left[-a \cdot \frac{(3b-a)}{6} \right]} = 2.88 \cdot \frac{N}{\frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}} \quad (8)$$

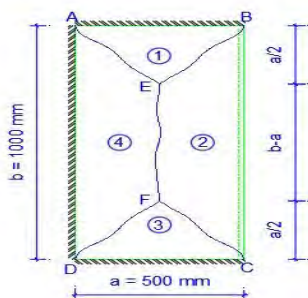


Figura 5.1 Trei laturi încastrate și latura lungă simplu rezemată

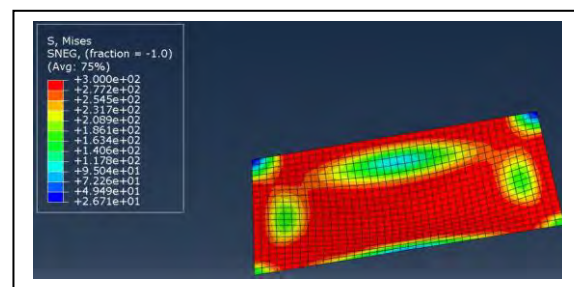


Figura 5.2 Deformata plăcii

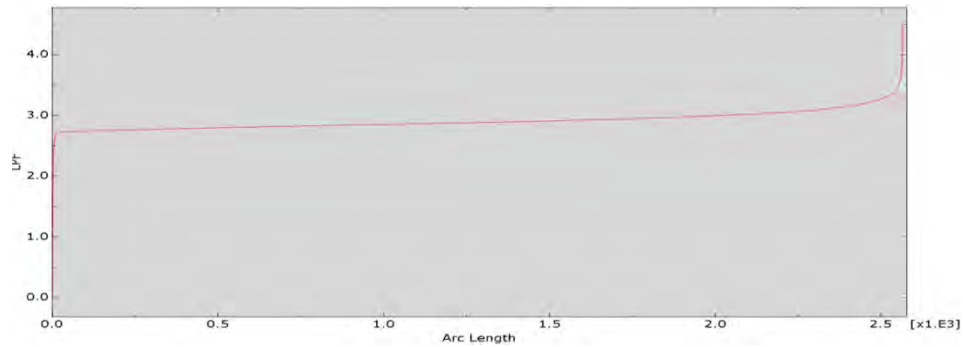


Figura 5.3 Curbă forță-deplasare

Cazul 5: Trei laturi încastrate și latura scurtă simplu rezemată

$$.P_5 := \frac{-Ml \cdot (b - a) \cdot \frac{4}{a} - 4 \cdot Ml \cdot \frac{a}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2\sqrt{2}}{a} - 2Ml \cdot b \cdot \frac{2}{a} - Ml \cdot a \cdot \frac{2}{a}}{\left[-a \cdot \frac{(3 \cdot b - a)}{6} \right]} = 3.168 \cdot \frac{N}{\frac{mm^2}{mm}} \quad (9)$$

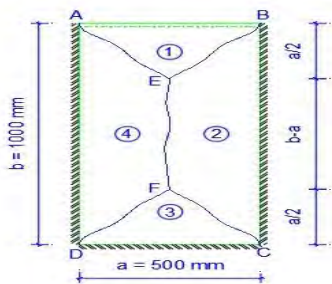


Figura 6.1 Trei laturi încastrate și latura scurtă simplu rezemată

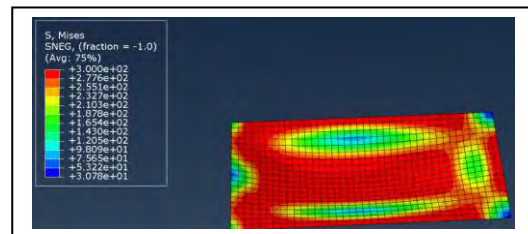


Figura 6.2 Deformata plăcii

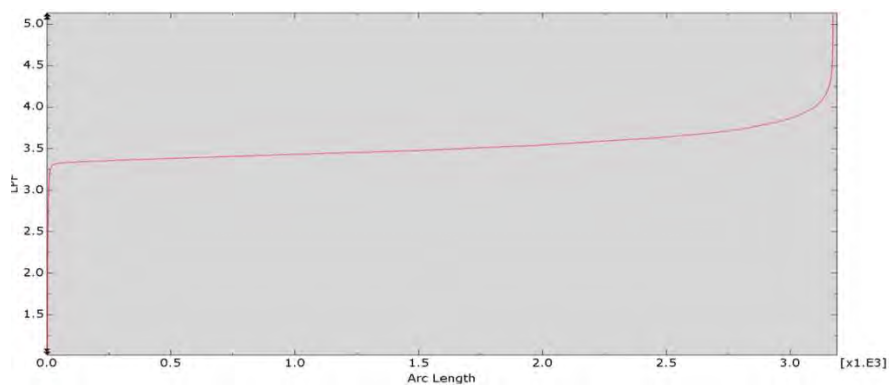


Figura 6.3 Curbă forță-deplasare

Cazul 6: Trei laturi simplu rezemate și o latura încastrată

$$P_6 := \frac{-M_1 \cdot (b - a) \cdot \frac{4}{a} - 4 \cdot M_1 \cdot \frac{a}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2\sqrt{2}}{a} - M_1 \cdot b \cdot \frac{2}{a}}{\left[-a \cdot \frac{(3b - a)}{6} \right]} = 2.304 \cdot \frac{\text{N}}{\frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}} \quad (10)$$

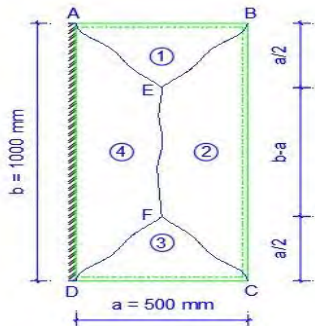


Figura 7.1 Trei laturi simplu rezemate și o latura încastrată

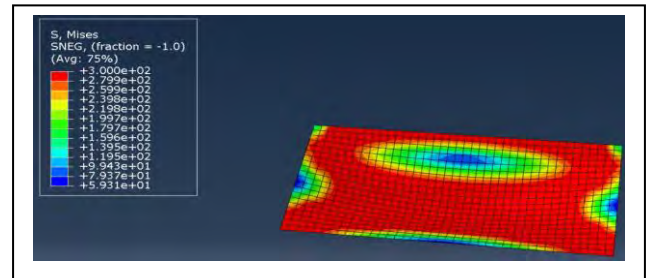


Figura 7.2 Deformata plăcii

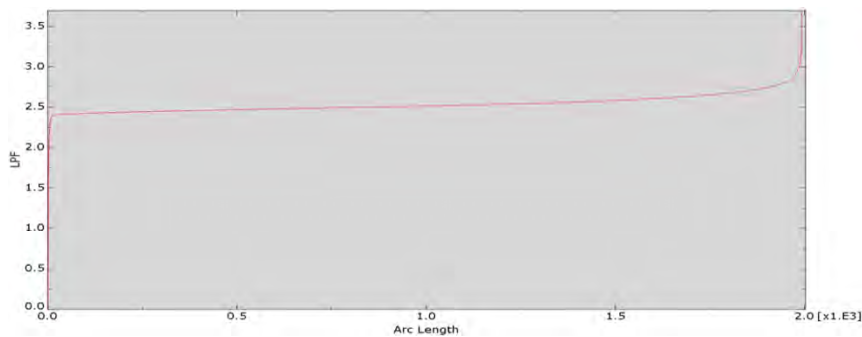


Figura 7.3 Curbă forță-deplasare

În Tabelul 1 sunt centralizate valorile obținute pentru încărcarea limită din programul de calcul structural Abaqus și Mathcad. Se observă că valorile obținute sunt foarte apropiate, diferențele fiind mici.

Tabelul 1: Compararea rezultatelor Mathcad vs. Abaqus

CAZ Rezemare	Forța limita (Pl) [N/mm ²]	
	Mathcad	Abaqus
1	1.728	1.789
2	3.456	3.495
3	2.592	2.608
4	2.88	2.8
5	3.168	3.258
6	2.304	2.382



3. Concluzii

În programul Abaqus sarcina limită este mai mare față de calculele efectuate în programul Mathcad, deoarece în Abaqus criteriul de curgere nu se aplică individual la tensiuni σ_x sau σ_y , se aplică la o tensiune echivalentă care este o combinație de tensiuni ce ne oferă criteriul de curgere (von Mises).

În aceasta lucrare s-a analizat în programul de calcul Abaqus bazat pe Metoda Elementelor Finite o placă dreptunghiulară din oțel pentru a se determina încărcarea gravitațională uniform distribuită limită care poate fi aplicată. În acest scop s-au considerat șase tipuri de rezemări ale plăcii. S-au studiat mecanismele de cedare posibile, prin apariția liniilor de curgere corespunzătoare.

Valorile rezultatelor obținute în Mathcad și Abaqus sunt foarte apropiate, rezultând diferențe relativ mici.

Bibliografie:

1. Ironim Marțian, „*Teoria elasticității și plasticității pentru constructori*”, Cluj-Napoca 1999.
2. C. Bia, V. Ilie, M.V. Soare, „*Rezistența Materialelor și Teoria Elasticității*”, Cluj-Napoca, 1983.
3. ABAQUS v.6.14 [COMPUTER SOFTWARE], DESSAULT SYSTEMS (DS), 2020.



DISTRIBUȚIA ÎNCĂRCĂRILOR UTILE ÎN IPOTEZE DE ÎNCĂRCĂRI PE UN CADRU SPAȚIAL REGULAT

Autori

Hunor Kocsis Ferencz^{1*}, Cătălin-Petru Morariu², Daniela Sas³, Buzea Raluca-Maria⁴

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, hunorkocsis2@gmail.com

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, catalinmorariu20@gmail.com

³Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, sas.daniela05@gmail.com

⁴Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, ralucamariabuzea@gmail.com

Îndrumător

Ș.L.dr.ing. Marius-Ștefan BURU

Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj Napoca, Marius.Buru@mecon.utcluj.ro

REZUMAT:

Utilizarea clădirilor multietajate a devenit o obișnuință în lumea modernă. Procesele de analiză, proiectare și execuție au la bază prescripții descrise în diferite standarde și norme. Proiectarea structurii de rezistență presupune asigurarea rezistenței, rigidității și stabilității structurii supuse la toate încărcările care pot apărea cu un anumit grad de probabilitate în exploatare. Încărcările sunt clasificate în funcție de durata de aplicare (încărcări permanente, utile, excepționale). Dintre toate încărcările, cea utilă (impusă) are tendința de „mișcare” și se poate transmite de la o deschidere la alta, formându-se astfel diferite modele de încărcare. Scopul acestei lucrări este acela de a analiza o structură spațială regulată P+3E cu 4 deschideri și 3 travee supusă la o încărcare utilă de 3 kN/m^2 cu ajutorul a două soft-uri de calcul structural (SAP2000 [4] și Robot Structural Analysis Professional [5]) în vederea determinării cazurilor defavorabile de aplicare a încărcărilor utile, abordând două modalități de considerare a acestora (dispunere în șah respectiv folosind linii de influență). Prin utilizarea celor 2 programe de calcul dorim să scoatem în evidență eventualele diferențe asupra rezultatelor furnizate. Principalele rezultate se vor prezenta comparativ în termeni de eforturi și deplasări pentru fiecare caz analizat.

Rezultatele generate de cele două soft-uri pentru modelele de încărcare (atât de tip șah, cât și de tip linie de influență) vor fi comparate cu rezultatele generate de cele două soft-uri pentru modelul convențional (încărcări utile pe toată suprafața plăcii, pe toate nivelele).

Cuvinte cheie: Încărcări utile, Șah, Linii de influență, Timoshenko, Bernoulli;

1. INTRODUCERE

Literatura de specialitate în domeniul construcțiilor specifică/recomandă dispunerea încărcărilor utile astfel încât să surprindem cele mai defavorabile cazuri în diferite ipoteze. De exemplu STAS 10107-2-92 “Planșee curente din plăci” [1] favorizează distribuția încărcărilor utile în scheme convenționale în formă de *șah*. Un alt exemplu de distribuție a încărcărilor utile în ipoteze de încărcare îl avem recomandat în cartea “CONSTRUCȚII DIN BETON ARMAT” de la Ovidiu Mîrșu și Richard Friedrich [2] care propune ca pentru a obține momente maxime să aplicăm încărcările utile dispuse în formă de *șah*. O altă recomandare în cazul în care avem deschideri relativi mici încărcarea planșeelor să fie după liniile de influență (în deschideri alternante respectiv adiacente iar în elevație alternat). În cartea “Proiectarea structurilor de beton” după SR EN 1992-1 de Zoltan Kiss și Traian Oneț [3] se recomanda combinarea celor două metode de dispunere a încărcărilor.

Încărcările utile sunt încărcările date de procesul de exploatare a clădirii. Principiul care stă la baza încărcărilor utile sunt liniile de influență la structurile static nedeterminate conferind astfel un aspect calitativ. Linia de influență reprezintă variația efortului într-un punct (de inflexiune) atunci când o forță unitară se deplasează pe linia de încărcare.

În distribuția de tip *linii de influență*, ca să obținem momente maxime pozitive pe grinda transversală dispunem încărcările utile uniform distribuite în zona cu ordonate pozitive și le alternăm pe înălțime conform distribuției Utile 1. Pentru a obține momente maxime negative pe grinda transversală încărcăm deschiderile adiacente reazemului unde vrem să obținem momente maxime negative și le alternăm pe înălțime conform distribuției Utile 2. Procedăm la fel și pentru grinzile longitudinale, astfel că pentru surprinderea momentelor pozitive și negative am distribuit încărcările după reprezentarea Utile 3, respectiv Utile 4. Utile total sunt încărcările utile dispuse pe toată suprafața planșeelor, pe toate nivelurile.

În modul de distribuție *șah*, pentru a obține momente maxime în câmp am încărcat plăcile uniform distribuit conform modelului Utile 1 și Utile 2. Pentru determinarea momentului maxim pe fiecare reazem intermediar al plăcilor se determină prin considerarea schemelor convenționale de încărcări din Utile 3, Utile 4 și Utile 5. Distribuția Utile total este o ipoteză defavorabilă pentru stâlpi, rezultând eforturi axiale maxime în stâlpi.

Grinzile (transversale și cele longitudinale) ale unui cadru spațial le putem asimila cu o grindă continuă cu rezemări în zona stâlpilor. Pentru a obține situații defavorabile pentru elementele structurale ne folosim de acest principiu: încărcările utile vor fi distribuite în ipoteze de încărcare astfel încât să obținem cele mai defavorabile situații pentru elementele structurale (apar eforturi maxime). Ipotezele de încărcare vor fi dispuse în combinații de încărcări astfel încât să surprindem orice situație credibilă de încărcare de-a lungul existenței construcției. A nu se surprinde aceste situații înseamnă să fim descoperiți.

Prezentul studiu analizează comportamentul structural al unui cadru cu un regim de înălțime de P+3E, sub încărcările propuse modelului pentru distribuția în șah respectiv pentru linii de influență. Cadrul de bază are ca destinație o clădire de birouri.

Modelul structural, analizat în ambele programe de calcul, este alcătuit din elemente finite de tip bară (frame), utilizate pentru modelarea grinzilor și a stâlpilor, elementele finite corespunzătoare acestora fiind liniare, respectiv elemente de tip suprafață (shell-thin). Eforturile, sunt obținute în cazul elementelor de tip bară în nodurile poziționate la fiecare capăt al acestora precum și în punctele intermediare de pe lungimea elementului definite odată cu efectuarea discretizării acestora în elemente finite. Elementele ce alcătuiesc modelul structural, sunt reprezentate în cadrul programelor SAP2000 [4] și ROBOT [5] prin intermediul obiectelor. Astfel, am definit obiectele, am atribuit proprietățile precum și sarcinile dorite, urmând ca, ulterior, programul de calcul să efectueze conversia acestora în elemente. Fiecărui astfel de element, ce poate avea diferite tipuri (bară, placă), îi corespunde implicit un tip de element finit generat odată cu discretizarea acestora. Programul de analiză structurală SAP2000 [4], bazat pe Metoda Elementelor Finite folosește în calculul liniar-elastic teoria Timoshenko-Ehrenfest [8], în timp ce programul ROBOT [5] folosește implicit teoria Euler-Bernoulli [9]. Pentru a face comparațiile corect, în ROBOT [5] am modificat tipul de element finit în teoria Timoshenko-Ehrenfest [8].

2. CONFORMARE STRUCTURALĂ

Elementele structurale au fost predimensionate conform reglementarilor în vigoare, iar materialele au fost alese asigurând cerințele minime de durabilitate. Proprietățile geometrice elementelor și ale materialelor sunt prezentate în tabelul 1 și 2, respectiv conformarea structurală este afișată în figura 1.

Tabel 1: Proprietăți geometrice

Descriere	Tip/Valoare
Regim de înălțime	P+3E
Număr de deschideri	4
Număr de travee	3
Înălțime parter	3m
Înălțime etaj	2,85m
Dimensiune grinzi longitudinale	40x25cm
Dimensiune grinzi transversale	60x25cm
Dimensiune stâlpi	40x40cm
Grosime placă	13cm
Discretizare	0.3x0.3m

Tabel 2: Proprietăți de material

Proprietățile materialelor	Valori
Tip material	beton
Gradul de material	C25/30
Greutate pe unitate de volum	25 kN/m ³
Modulul de elasticitate, E	3,1x10 ⁷ kN/m ²
Coefficientul lui Poisson	0,2

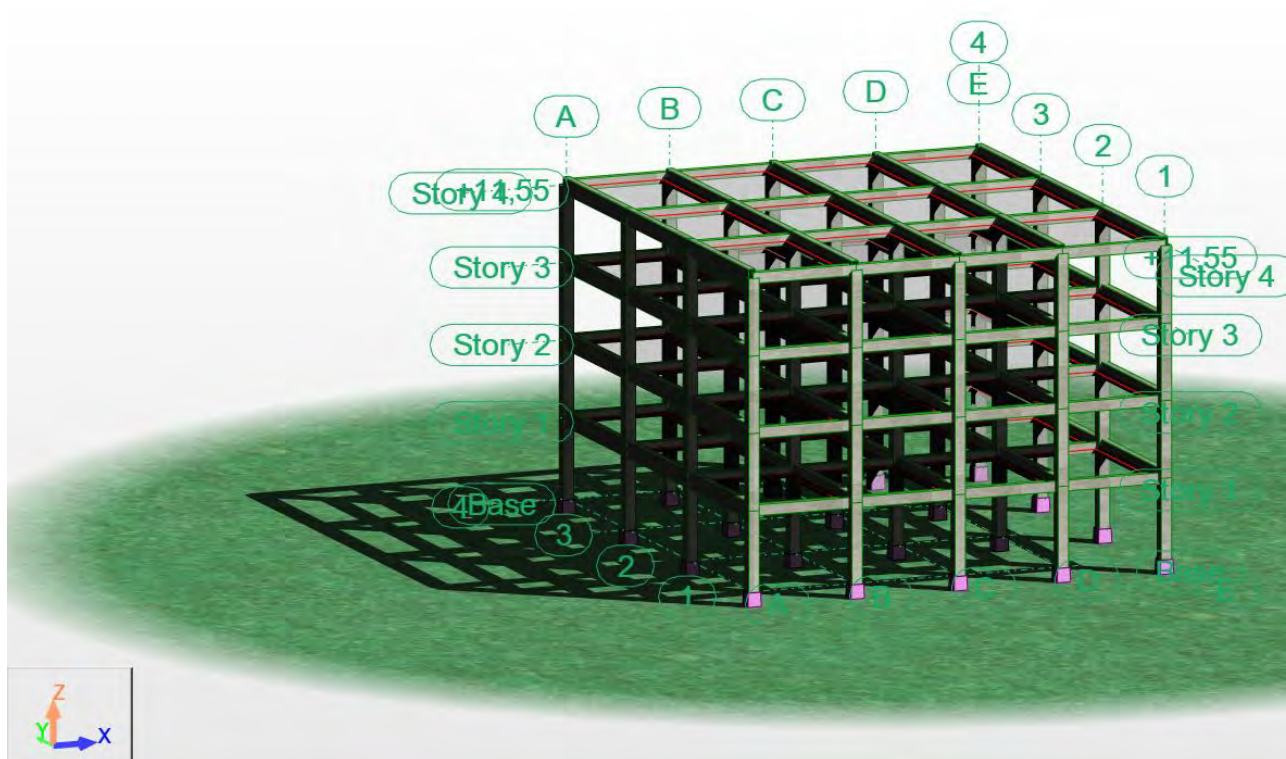


Fig 1. Vedere izometrică a structurii propuse

În analiza care a fost făcută utilizând software-ul SAP2000 [4] și Robot Structural Analysis [5], sarcinile impuse sunt prezentate în tabelul 3.

Tabel 3: Încărcările distribuite pe cadre

Tip încărcare	Valori
Utile nivel curent	3 kN/m ²
Utile terasă	4 kN/m ²
Permanente plăci	2 kN/m ²
Permanente grinzi(din pereți exteriori)	2,5 kN/m ²

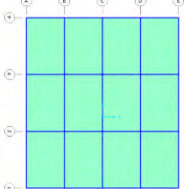
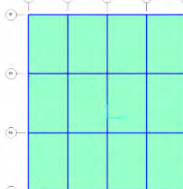
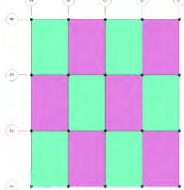
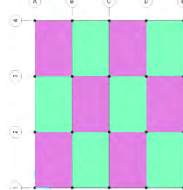
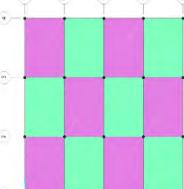
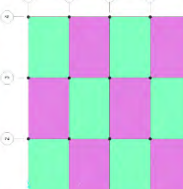
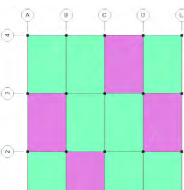
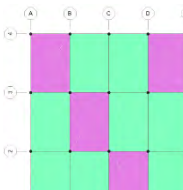
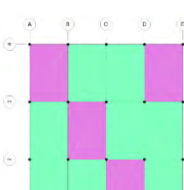
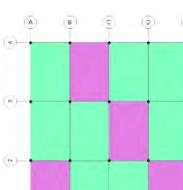
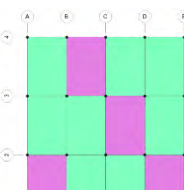
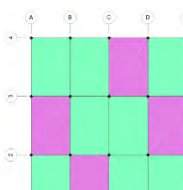
3. DISPUNERE ÎNCĂRCĂRI

Modelele de încărcare luate în considerare în analiză sunt prezentate în tabelul 4 și tabelul 5. Dispunerea încărcărilor utile este evidențiată în următoarele tabele prin culoarea verde.

Tabel 4: Distribuția încărcărilor după linii de influență

Nume distribuție încărcare	Reprezentare etaj 1	Reprezentare etaj 2
Utile total		
Utile 1		
Utile 2		
Utile 3		
Utile 4		

Tabel 5: Distribuția încărcărilor în șah

Nume distribuție încărcare	Reprezentare etaj 1	Reprezentare etaj 2
Utile total		
Utile 1		
Utile 2		
Utile 3		
Utile 4		
Utile 5		

4. REZULTATE

În calculul structural am dorit să acoperim cât mai multe cazuri defavorabile în care ar putea să apară eforturi maxime (moment încovoietor și forță tăietoare), astfel de pe fiecare etaj în parte am ales un șir de grinzi longitudinale, respectiv transversale. La parter am ales grinzile exterioare, iar în elevație am păstrat sensul de parcurgere de la exterior până la interior.

4.1 Momente încovoietoare

În urma analizei structurale, în funcție de modul de dispunere al încărcărilor utile, au fost identificate următoarele momente încovoietoare. Pentru o înțelegere mai bună a datelor, am optat pentru prezentare lor sub forma tabelară:

Tabelul 6. Valorile momentelor încovoietoare maxime obținute în urma analizei realizate în programul de calcul SAP2000 [4]

Poziția	Nr. element	Valoarea max/min	Linii de influența		Disponere în șah	
			SAP [kNm]	Grupare de încărcări	SAP [kNm]	Grupare de încărcări
Axul 1{Etajul I}	GR LON A-B	Reazem A	-22,11	GFP U3	-23	GFP U3
		Câmp	17,55	GFP U3	17,47	GFP U1
		Reazem B	-25,28	GFP U1	-24,68	GFP U4
	GR LON B-C	Reazem B	-24,73	GFP U4	-25,12	GFP U4
		Câmp	13,86	GFP U4	15,13	GFP U2
		Reazem C	-22,72	GFP U1	-23,72	GFP U4
	GR LON C-D	Reazem C	-22,72	GFP U1	-24,84	GFP U5
		Câmp	15,19	GFP U3	15,13	GFP U1
		Reazem D	-23,36	GFP U1	-23,84	GFP U3
	GR LON D-E	Reazem D	-25,28	GFP U1	-25,57	GFP U3
		Câmp	17,47	GFP U4	17,45	GFP U2
		Reazem E	-22,18	GFP U4	-22,46	GFP U2
Axul A{Etajul I}	GR TRAN 1-2	Reazem 1	-55,97	GFP U1	-57,87	GFP U3
		Câmp	51,91	GFP U1	51,71	GFP U1
		Reazem 2	-80,01	GFP U3	-79,77	GFP U4
	GR TRAN 2-3	Reazem 2	-76,49	GFP U3	-77,29	GFP U4
		Câmp	40,01	GFP U2	43,39	GFP U2
		Reazem 3	-73,89	GFP U2	-75	GFP U5
	GR TRAN 3-4	Reazem 3	-80,01	GFP U3	-81,33	GFP U5
		Câmp	51,86	GFP U1	51,66	GFP U1
		Reazem 4	-55,97	GFP U1	-56,33	GFP U1
Axul 2{Etajul II}	GR LON A-B	Reazem A	-42,69	GFP UTOT	-42,69	GFP UTOT
		Câmp	26,02	GFP U2	26,84	GFP U3
		Reazem B	-37,83	GFP U2	-36,37	GFP U3
	GR LON B-C	Reazem B	-37,61	GFP U2	-36,96	GFP UTOT
		Câmp	24,97	GFP U3	22,74	GFP U4
		Reazem C	-42,31	GFP U4	-38,44	GFP U4
	GR LON C-D	Reazem C	-38,68	GFP U4	-37,87	GFP UTOT
		Câmp	22,95	GFP U4	22,73	GFP U5

	GR LON D-E	Reazem D	-37,61	GFP U2	-37,57	GFP U5
		Reazem D	-37,83	GFP U2	-35,61	GFP UTOT
		Câmp	28,43	GFP U3	27,07	GFP U3
		Reazem E	-42,69	GFP UTOT	-42,69	GFP UTOT
Axul B{Etajul II}	GR TRAN 1-2	Reazem 1	-103,66	GFP UTOT	-103,66	GFP UTOT
		Câmp	80,17	GFP U2	80,8	GFP U3
		Reazem 2	-124,54	GFP U2	-123,99	GFP UTOT
	GR TRAN 2-3	Reazem 2	-130,10	GFP U2	-120,81	GFP UTOT
		Câmp	75,87	GFP U1	69,49	GFP U4
		Reazem 3	-120,81	GFP UTOT	-120,81	GFP UTOT
	GR TRAN 3-4	Reazem 3	-124,00	GFP UTOT	-124	GFP UTOT
		Câmp	77,74	GFP UTOT	81,36	GFP U5
		Reazem 4	-103,66	GFP UTOT	-103,66	GFP UTOT
Axul 3{Etajul III}	GR LON A-B	Reazem A	-49,64	GFP UTOT	-49,64	GFP UTOT
		Câmp	27,99	GFP U3	26,11	GFP U5
		Reazem B	-33,81	GFP U2	-31,83	GFP UTOT
	GR LON B-C	Reazem B	-41,64	GFP U4	-37,21	GFP U3
		Câmp	22,47	GFP U4	23,01	GFP U3
		Reazem C	-38,54	GFP UTOT	-38,52	GFP UTOT
	GR LON C-D	Reazem C	-38,54	GFP U2	-40,2	GFP U4
		Câmp	25,74	GFP U3	22,95	GFP U4
		Reazem D	-36,37	GFP U2	-35,52	GFP UTOT
	GR LON D-E	Reazem D	-33,81	GFP U2	-33,56	GFP U5
		Câmp	27,47	GFP U4	25,76	GFP U5
		Reazem E	-49,64	GFP UTOT	-49,64	GFP UTOT
Axul C{Etajul III}	GR TRAN 1-2	Reazem 1	-115,54	GFP UTOT	-115,54	GFP UTOT
		Câmp	83,53	GFP U1	77,5	GFP U5
		Reazem 2	-117,96	GFP UTOT	-117,96	GFP UTOT
	GR TRAN 2-3	Reazem 2	-117,18	GFP UTOT	-117,18	GFP UTOT
		Câmp	69,08	GFP U2	70,94	GFP U3
		Reazem 3	-130,76	GFP U2	-117,18	GFP UTOT
	GR TRAN 3-4	Reazem 3	-118,34	GFP U2	-118,1	GFP U4
		Câmp	83,51	GFP U1	76,67	GFP U4
		Reazem 4	-115,54	GFP UTOT	-115,54	GFP UTOT
Axul 4{Terasa}	GR LON A-B	Reazem A	-20,59	GFP UTOT	-20,8	GFP U2
		Câmp	22,52	GFP UTOT	24,68	GFP U2
		Reazem B	-29,25	GFP UTOT	-30,77	GFP U5
	GR LON B-C	Reazem B	-27,32	GFP UTOT	-28,19	GFP U5
		Câmp	19,71	GFP U3	19,48	GFP U1
		Reazem C	-29,30	GFP U4	-29,32	GFP U3
	GR LON C-D	Reazem C	-27,75	GFP U4	-27,78	GFP U3
		Câmp	17,63	GFP U4	19,48	GFP U2
		Reazem D	-27,32	GFP UTOT	-30,07	GFP U2
	GR LON D-E	Reazem D	-29,25	GFP UTOT	-29,64	GFP U4
		Câmp	24,90	GFP UT3	24,63	GFP U1
		Reazem E	-20,59	GFP UTOT	-21,67	GFP U5

Axul D{Terasa}	GR TRAN 1-2	Reazem 1	-100,93	GFP UTOT	-100,93	GFP UTOT
		Câmp	127,56	GFP U2	130,82	GFP U5
		Reazem 2	-193,33	GFP U2	-189,64	GFP UTOT
	GR TRAN 2-3	Reazem 2	-179,11	GFP U2	-179,11	GFP UTOT
		Câmp	107,11	GFP U1	96,24	GFP U3
		Reazem 3	-189,47	GFP UTOT	-179,11	GFP UTOT
	GR TRAN 3-4	Reazem 3	-189,64	GFP UTOT	-189,64	GFP UTOT
		Câmp	126,39	GFP UTOT	131,41	GFP U4
		Reazem 4	-100,93	GFP UTOT	-100,93	GFP UTOT

În mod similar au fost extrase rezultatele din programul ROBOT [5], principalele diferențe au fost trecute în tabelele 7 și 8.

Tabelul 7. Diferențele dintre mediile rezultatelor aferente câmpurilor

Poziția	Nr. element	Valoarea max/min	Media rezultatelor după linii de influența [kNm]	Media rezultatelor după dispunere în șah [kNm]	Comp.	Diferențe peste 5% marcate cu roșu [%]
Axul 1{Etajul I}	GR LON A-B	Câmp	17,48	17,37	Linii	0,61%
	GR LON B-C	Câmp	13,85	15,02	Șah	8,40%
	GR LON C-D	Câmp	15,11	15,02	Linii	0,64%
	GR LON D-E	Câmp	17,39	17,36	Linii	0,16%
Axul A{Etajul I}	GR TRAN 1-2	Câmp	51,74	51,54	Linii	0,41%
	GR TRAN 2-3	Câmp	39,90	43,25	Șah	8,39%
	GR TRAN 3-4	Câmp	51,73	51,51	Linii	0,42%
Axul 2{Etajul II}	GR LON A-B	Câmp	25,70	26,63	Șah	3,61%
	GR LON B-C	Câmp	24,94	22,55	Linii	10,64%
	GR LON C-D	Câmp	23,00	22,53	Linii	2,09%
	GR LON D-E	Câmp	28,36	26,85	Linii	5,64%
Axul B{Etajul II}	GR TRAN 1-2	Câmp	79,57	80,44	Șah	1,08%
	GR TRAN 2-3	Câmp	75,84	69,24	Linii	9,53%
	GR TRAN 3-4	Câmp	78,63	81,06	Șah	3,08%
Axul 3{Etajul III}	GR LON A-B	Câmp	27,91	25,96	Linii	7,54%
	GR LON B-C	Câmp	22,44	22,82	Șah	1,69%
	GR LON C-D	Câmp	25,55	22,84	Linii	11,90%
	GR LON D-E	Câmp	27,43	25,55	Linii	7,40%
Axul C{Etajul III}	GR TRAN 1-2	Câmp	83,23	77,19	Linii	7,83%
	GR TRAN 2-3	Câmp	69,07	70,69	Șah	2,35%
	GR TRAN 3-4	Câmp	83,22	76,27	Linii	9,12%
Axul 4{Terasa}	GR LON A-B	Câmp	22,74	24,60	Șah	8,18%
	GR LON B-C	Câmp	19,57	19,33	Linii	1,23%
	GR LON C-D	Câmp	17,55	19,33	Șah	10,15%
	GR LON D-E	Câmp	24,88	24,58	Linii	1,24%

Axul D{Terasa}	GR TRAN 1-2	Câmp	127,77	131,13	Şah	2,63%
	GR TRAN 2-3	Câmp	106,86	96,50	Linii	10,75%
	GR TRAN 3-4	Câmp	127,79	131,51	Şah	2,90%

*Valoarea de referință s-a stabilit ca fiind maximul dintre media aritmetică a rezultatelor obținute în programele de calcul prin ambele moduri de încărcare. *

* Calculul s-a efectuat și pentru restul grinzilor.*

Tabelul 8. Diferențele dintre mediile rezultatelor aferente reazemelor

Poziția	Nr. element	Valoarea max/min	Media rezultatelor după linii de Influenta [kNm]	Media rezultatelor după dispunere în șah [kNm]	Comp	Diferențe peste 5% marcate cu roșu [%]
Axul 1{Etajul I}	GR LON C-D	Reazem C	22,75	24,92	Şah	9,53%
		Reazem D	23,40	23,93	Şah	2,26%
Axul 2{Etajul II}	GR LON B-C	Reazem B	37,61	37,08	Linii	1,45%
		Reazem C	42,21	38,60	Linii	9,38%
Axul B{Etajul II}	GR TRAN 2-3	Reazem 2	129,92	120,63	Linii	7,71%
		Reazem 3	121,93	120,63	Linii	1,08%
Axul 3{Etajul III}	GR LON B-C	Reazem B	41,76	37,31	Linii	11,93%
		Reazem C	38,64	38,63	Linii	0,02%
Axul C{Etajul III}	GR TRAN 2-3	Reazem 2	117,00	117,00	Şah	0,00%
		Reazem 3	130,59	117,00	Linii	11,62%
Axul 4{Terasa}	GR LON C-D	Reazem C	27,76	27,89	Şah	0,46%
		Reazem D	27,54	30,29	Şah	9,97%
Axul 4{Terasa}	GR LON D-E	Reazem D	29,74	31,07	Şah	4,47%
		Reazem E	20,55	21,64	Şah	5,29%
Axul D{Terasa}	GR TRAN 2-3	Reazem 2	179,04	179,05	Şah	0,00%
		Reazem 3	189,42	179,05	Linii	5,79%

*Valoarea de referință s-a stabilit ca fiind maximul dintre media aritmetică a rezultatelor obținute în programele de calcul prin ambele moduri de încărcare. *

* Calculul s-a efectuat și pentru restul grinzilor.*

4.2. Forță tăietoare

Conform analizei statice bazată pe teoremele lui Timoshenko-Ehrenfest au fost obținute următoarele valori pentru forța tăietoare.

Tabelul 9. Forță tăietoare SAP2000 [4]

Poziția	Nr. element	Valoarea max/min	Linii de influența		Disponere în șah	
			SAP [kN]	Grupare de încărcări	SAP [kN]	Grupare de încărcări
Axul I{Etajul I}	GR LON A-B	Reazem A	-33,839	GFP U3	-34,11	GFP U3
		Reazem B	30,894	GFP U1	29,8	GFP U4
	GR LON B-C	Reazem B	-28,384	GFP U4	-28,65	GFP U4
		Reazem C	27,599	GFP U1	27,37	GFP U4
	GR LON C-D	Reazem C	-28,9	GFP U1	-28,64	GFP U5
		Reazem D	29,165	GFP U1	28,09	GFP U3
GR LON D-E	Reazem D	-30,848	GFP U1	-32,61	GFP U3	
	Reazem E	33,85	GFP U4	33,95	GFP U2	
Axul A{Etajul I}	GR TRAN 1-2	Reazem 1	-64,995	GFP U1	-65,28	GFP U3
		Reazem 2	65,365	GFP U3	65,16	GFP U4
	GR TRAN 2-3	Reazem 2	-59,565	GFP U3	-61,24	GFP U4
		Reazem 3	60,835	GFP U2	60,87	GFP U5
	GR TRAN 3-4	Reazem 3	-65,365	GFP U3	-65,21	GFP U5
		Reazem 4	64,995	GFP U1	64,96	GFP U1

* Calculul s-a efectuat și pentru restul grinzilor amintite anterior.*

Tabelul 10. Forță tăietoare ROBOT [5]

Poziția	Nr. element	Valoarea max/min	Linii de influența		Disponere în șah	
			ROBOT [kN]	Grupare de încărcări	ROBOT [kN]	Grupare de încărcări
Axul I{Etajul I}	GR LON A-B	Reazem A	34,21	GFP U3	-34,41	GFP U3
		Reazem B	31,91	GFP U1	31,65	GFP U4
	GR LON B-C	Reazem B	29,97	GFP U4	-30,14	GFP U4
		Reazem C	28,51	GFP U1	29,91	GFP U4
	GR LON C-D	Reazem C	29,93	GFP U1	-30,04	GFP U5
		Reazem D	30,31	GFP U1	-30,14	GFP U3
GR LON D-E	Reazem D	31,82	GFP U1	-31,65	GFP U3	
	Reazem E	34,24	GFP U4	34,25	GFP U2	
Axul A{Etajul I}	GR TRAN 1-2	Reazem 1	64,85	GFP U1	65,06	GFP U3
		Reazem 2	66,5	GFP U3	-66,23	GFP U4
	GR TRAN 2-3	Reazem 2	62,08	GFP U3	-62,44	GFP U4
		Reazem 3	61,99	GFP U2	61,99	GFP U5
	GR TRAN 3-4	Reazem 3	66,5	GFP U3	-66,33	GFP U5
		Reazem 4	64,85	GFP U1	64,74	GF U1

* Calculul s-a efectuat și pentru restul grinzilor amintite anterior.*

Tabelul 11. Diferențele dintre mediile rezultatelor aferente dispunerilor

Poziția	Nr. element	Valoarea max/min	Media rezultatelor după linii de Influenta [kN]	Media rezultatelor după dispunere in șah [kN]	Comp.	Diferențe peste 5% marcate cu roșu
Axul 2{Etajul II}	GR LON B-C	Reazem B	48,20	45,88	Linii	5,06%
		Reazem C	48,88	48,10	Linii	1,64%
Axul 3{Etajul III}	GR LON C-D	Reazem C	48,65	49,03	Șah	0,79%
		Reazem D	47,82	44,89	Linii	6,54%
Axul 4{Terasa}	GR LON A-B	Reazem A	35,89	38,70	Șah	7,84%
		Reazem B	36,08	37,72	Șah	4,55%
Axul 4{Terasa}	GR LON C-D	Reazem C	31,88	32,42	Șah	1,67%
		Reazem D	30,98	34,71	Șah	12,01%

*Valoarea de referință s-a stabilit ca fiind maximul dintre media aritmetică a rezultatelor obținute în ambele metode

* Calculul s-a efectuat si pentru restul grinzilor amintite anterior.

4.3. Diferențe între teoreme

Tabelul 12. Diferențele dintre forța tăietoare calculată după teorema Euler-Bernoulli [9] și Timoshenko-Ehrenfest [8]

Poziția	Nr. element	Valoarea max/min	Linii de influenta		Comp	Diferențe între teoreme [%]
			ROBOT (Euler-Bernoulli) [kN]	ROBOT (Timoshenko-Ehrenfest) [kN]		
Axul 2{Etajul II}	GR LON A-B	Reazem A	67,04	60,38	Bernoulli	11,03%
		Reazem B	51,45	48,91	Bernoulli	5,19%
	GR LON B-C	Reazem B	52,92	49,48	Bernoulli	6,95%
		Reazem C	53,38	50,24	Bernoulli	6,25%
	GR LON C-D	Reazem C	50,67	48,25	Bernoulli	5,02%
		Reazem D	51,49	48,24	Bernoulli	6,74%
	GR LON D-E	Reazem D	54,01	50,4	Bernoulli	7,16%
GR LON D-E	Reazem E	67,51	60,81	Bernoulli	11,02%	
Axul B{Etajul II}	GR TRAN 1-2	Reazem 1	118,92	109,19	Bernoulli	8,91%
		Reazem 2	114,6	105,73	Bernoulli	8,39%
	GR TRAN 2-3	Reazem 2	110,9	102,11	Bernoulli	8,61%
		Reazem 3	113,88	105,03	Bernoulli	8,43%
	GR TRAN 3-4	Reazem 3	115,3	106,34	Bernoulli	8,43%
		Reazem 4	118,92	109,19	Bernoulli	8,91%
Axul 3{Etajul III}	GR LON A-B	Reazem A	71,41	64,12	Bernoulli	11,37%
		Reazem B	50,9	47,65	Bernoulli	6,82%
	GR LON B-C	Reazem B	53,74	50,87	Bernoulli	5,64%
		Reazem C	50,6	47,87	Bernoulli	5,70%
	GR LON C-D	Reazem C	53,43	49,81	Bernoulli	7,27%
		Reazem D	52,22	48,82	Bernoulli	6,96%
	GR LON D-E	Reazem D	50,99	47,74	Bernoulli	6,81%
		Reazem E	71,32	64	Bernoulli	11,44%

* Calculul s-a efectuat si pentru restul grinzilor amintite anterior.*

5. CONCLUZII

5.1. Concluzii pe baza momentelor încovoietoare

Centralizarea s-a realizat pe baza tabelului 6,7 și8 pentru câmpurile și reazemele aferente incluzând toate rezultatele obținute în urma analizei.

Tabelul 13. Centralizarea diferențelor în câmp.

Câmpuri analizate	28	100,00%
Câmpuri în care s-a identificat diferența între metode de peste 5%	13	46,43%
	Șah	4 30,77%
	Linii	9 69,23%

În urma analizei pe baza calculului static liniar, în câmp au fost identificate următoarele particularități:

-a rezultat o diferență de peste 5% între metode în 13 cazuri, care reprezintă un procent de 46,43% din total;

-din cele 13 cazuri, regăsim 4 diferențe în modul de distribuție sub formă de șah iar restul de 9 după liniile de influență, care reprezintă un procent de 30,77% respectiv 69,23%;

Tabelul 14. Centralizarea diferențelor pe reazem.

Reazeme analizate	56	100,00%
Reazeme în care s-a identificat diferența între metode de peste 5%	9	16,07%
	Șah	3 33,33%
	Linii	6 66,67%

În urma analizei pe baza calculului static liniar, pe reazem au fost identificate următoarele particularități:

-a rezultat o diferență de peste 5% între metode în 9 cazuri, care reprezintă un procent de 16,07% din total;

-din cele 9 cazuri, regăsim 3 diferențe în modul de distribuție sub formă de șah iar restul de 6 după liniile de influență, care reprezintă un procent de 33,33% respectiv 66,67%;

Distribuția încărcărilor în ipoteze diferite are o influență considerabilă în câmp, fiind identificate în aproximativ jumătate din cazuri diferențe de peste 5%. Influența acestora pe reazeme nu este la fel de bine conturată, astfel doar în 16,07% din cazuri au fost identificate diferențe de peste 5%.

5.2. Concluzii pe baza fiecărei grupări aferente fiecărui mod de distribuție a încărcărilor utile în ipoteze de încărcare

Tabelul 15. Cazuri aferente fiecărei metode de distribuție a încărcărilor

	Linii de influență	Disponere Șah
Cazuri totale	84	84
Cazuri acoperite	58	57
Moduri de dispunere	4	5
Procent	69,05%	67,86%

Din totalul de cazuri analizate regăsim 58 respectiv 57 de cazuri distincte conform formei de dispunere și a metodei de încărcare. Liniile de influență cu un mod de dispunere în minus prezintă aproape la fel de multe cazuri acoperite ca și forma de șah.

5.3. Concluzii pe baza diferențelor între teoremele de calcul(Euler-Bernoulli [9] și Timoshenko-Ehrenfest [8])

Tabelul 16. Diferența eforturilor de forță tăietoare dintre teoremele utilizate în programul de calcul structural ROBOT [5].

Reazeme analizate	56	100,00%
Diferențe sub 5%	22	39,29%
Diferențe între 5%-10%	30	53,57%
Diferențe peste 10%	4	7,14%

Datele din tabelul 16 reflectă diferențele dintre cele două metode de calcul, în urma comparării rezultatelor din forță tăietoare, având ca și mod de dispunere al încărcărilor linii de influență. Au fost analizate 56 de reazeme de unde rezultă următoarele diferențe:

- 22 cazuri în care au fost identificate diferențe sub 5%
- 30 cazuri în care au fost identificate diferențe între 5-10%
- 4 cazuri în care au fost identificate diferențe peste 10%

Diferențe de până la 5% au fost identificate pe grinzile exterioare, iar grinzile interioare având diferențe de aproximativ 8-10%.

Astfel evidențiem necesitatea cunoașterii mai aprofundate a programului de calcul.

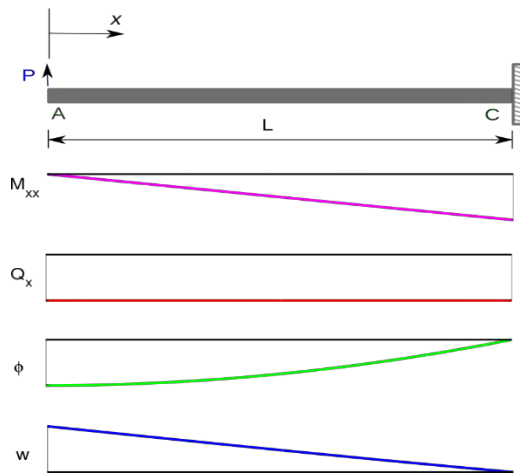


Fig.1. Teorema lui Timoshenko-Ehrenfest

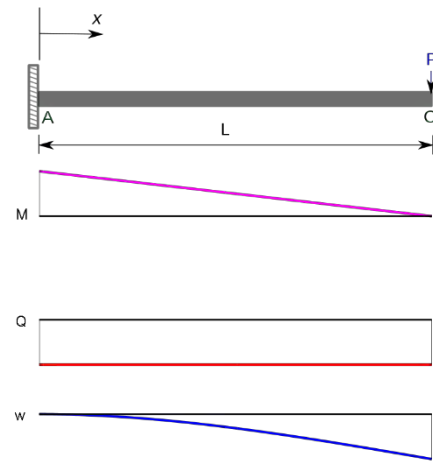


Fig.2. Teorema lui Euler-Bernoulli

În teorema lui Timoshenko-Ehrenfest [8] se admite rotirea planului de deformare în jurul planului median, se include efectul forței tăietoare în calculul deformației. Se aplică în cazul grinzilor mai scurte, cu o secțiune transversală mai mare. Se recomandă utilizarea în cazul forțelor mari aplicate, când deformarea unghiulară nu poate fi neglijată. (fig.1.)

În teorema lui Euler-Bernoulli [9] planul median rămâne perpendicular pe planul deformației și după deformare, neglijează deformația din forță tăietoare, subestimează deplasarea (săgeata) considerând grinda mai rigidă. Se aplică în cazul grinzilor mai lungi cu o secțiune transversală relativ mică. (fig.2.)

Comparația s-a efectuat în programul ROBOT [5] și putem deduce o clară imagine a rezultatelor ca și ordin de mărime care sunt în favoarea teoremei Euler-Bernoulli [9]. În cazuri mai speciale nu putem calcula folosind acest concept fiind posibilă șansa de a subestima variația eforturilor și a deplasărilor în structură.

În concluzie teorema Euler-Bernoulli [9] este acoperitoare în cazul analizelor mai simple, dar este recomandată utilizarea implicită în proiectarea curentă a elementelor finite de tip bară formulată în teoria lui Timoshenko-Ehrenfest [8].

BIBLIOGRAFIE

- 1..STAS 10107-92-2-Planșee curente din plăci și grinzi din beton armat și beton precomprimat;
- 2.Ovidiu Mîrșu, Richard Friedrich-CONSTRUCȚII DIN BETON ARMAT;
3. Zoltan Kiss, Traian Oneț- Proiectarea structurilor din beton după SR EN 1992-1;
4. Program structural de calcul SAP2000;
5. Robot Structural Analysis;
6. Vishal Yadav, Vivek Garg -Analysis of Space Frame under Pattern Loading
7. Sameer Ansari, Vivek Garg - Structural Behavior of Building Frame under Pattern Loading;
8. https://en.wikipedia.org/wiki/Timoshenko_Ehrenfest_beam_theory
9. https://en.wikipedia.org/wiki/Euler_Bernoulli_beam_theory
10. Isaac Elishakoff, 2020. Who developed the so-called Timoshenko beam theory? Mathematics and Mechanics of Solids, 25(1), 97–116;
11. EN 1991-1-1: 2002, cod Euro 1: Acțiuni asupra structurilor - Partea 1-1: Acțiuni generale - Densități, greutate proprie, sarcini impuse pentru clădiri, Comitetul European pentru Standardizare, Europa.



STUDIUL EFECTULUI CONJEURILOR PROFILELOR METALICE LAMINATE

Autor

Ing. Antonia Bianca MARC¹

¹Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, [e-mail: antoniamarc10@yahoo.com](mailto:antoniamarc10@yahoo.com)

Îndrumător

S.I.Dr.Ing. Marius BURU²

²Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, [e-mail: Marius.Buru@mecon.utcluj.ro](mailto:Marius.Buru@mecon.utcluj.ro)

REZUMAT

Oțelul, prin caracteristicile sale, oferă o mare libertate de conformare a elementelor structurale și permite realizarea de structuri deosebit de zvelte și cu gabarite reduse. Astfel, domeniul specific de utilizare a oțelului în construcții este caracterizat de cerințe deosebite în ceea ce privește solicitările, greutatea redusă, montajul rapid și posibilitatea demontării. În cazul laminării la cald rezultă secțiuni transversale care prezintă conjeuri în zonele de legătură dintre tălpile și inima secțiunii. De asemenea, realizarea secțiunilor transversale din oțel, formate la rece, presupune tehnologic crearea unor rotunjiri în zonele de îndoire a fâșiilor metalice aferente diferitelor componente ale secțiunilor transversale. Aceste particularități de laminare sunt însoțite în exploatare de o stare de tensiune și deformație relativ complexă. Pentru a ține cont de influența conjeurilor asupra secțiunii transversale și a rezistenței elementelor din profile metalice laminate, pot fi aplicate diferite tehnici de modelare însă, adesea, efectul conjeurilor este neglijat în practica curentă de proiectare. Prezentul articol își propune analiza influenței conjeurilor profilelor laminate la cald și rotunzirilor aferente profilelor laminate la rece asupra comportării de ansamblu a acestora. Suplimentar utilității din domeniul ingineriei civile, studiul poate avea utilitate și în domenii precum industria automotive, diverse aplicații aerospațiale și industriale.

Cuvinte cheie: profile metalice laminate, modelare cu elemente finite, conjeu, capacitate portanta, analiză neliniară

1. Introducere

Elementele realizate din profile metalice laminate la cald prezintă conjeuri, în secțiunea transversală, în zona de racord dintre inimă și tălpi. În mod curent, în proiectare, influența conjeurilor nu este luată în considerare, însă pentru a crea un model cu elemente finite care să descrie cu precizie modul de comportare și răspunsul pe care îl dă un element sau o structură este necesar să se țină cont de influența acestora.

În mod obișnuit, pentru analiza structurală a elementelor din oțel sunt folosite elemente finite de tip beam datorită capacității de a reflecta răspunsul unei structuri și datorită rapidității și totodată a eficienței pe care acestea o au. Cu toate că utilizarea elementelor finite de tip beam are avantajele spuse mai sus, acestea nu permit modelarea conjeurilor. Pentru a ține cont de influența conjeurilor asupra secțiunii transversale și a rezistenței elementelor din secțiuni laminate la cald, pot fi aplicate diferite tehnici. [1]

În această lucrare se prezintă rezultatele obținute în urma realizării unui calcul neliniar, modelarea elementelor realizate din profile metalice laminate fiind efectuată prin elemente



finite de diferite tipuri. În urma analizei se va compara capacitatea portantă rezultată din modelarea elementelor prin intermediul elementelor finite de tip beam, shell și solid, cu și fără modelarea conjeului din zona de racord dintre inimă și tălpile profilelor.

Se prezintă studiul următoarelor elemente: grindă simplu rezemată încărcată cu o forță concentrată la mijlocul deschiderii grinzii și stâlp încastrat la bază solicitat la o forță verticală și o forță laterală la capătul liber al stâlpului

2. Modelarea prin elemente finite

Modelele cu elemente finite ale elementelor structurale au fost dezvoltate folosind pachetul de elemente finite Abaqus[2]. Elementele se modelează prin elemente finite de tip beam, shell și solid.

2.1. Modelarea materialului

Comportarea încărcare-deplasare a elementelor structurale a fost capturat prin analize neliniare și materiale cu imperfecțiuni geometrice (GMNIA), care au fost rezolvate folosind algoritmul de analiză cu control în lungimea de arc propus de Riks [2].

Materialul este introdus prin comanda Abaqus - Edit Material, unde se introduce materialul de tip izotrop, prin partea elastică cu modulul de elasticitate și coeficientul lui Poisson și cea inelastică cu curba de comportare a materialului.

Relația efort - deformație elastică perfect plastică este dată prin modulul de elasticitate $E = 200000$ MPa, limita de curgere $f_y = 252,4$ MPa și coeficientul lui Poisson în domeniul elastic de $\nu = 0,3$, iar pentru domeniul plastic a fost folosită valoarea implicită Abaqus de $\nu = 0,5$.

2.2. Modelarea secțiunii transversale

Elemente analizate sunt realizate din profile metalice laminate. Pentru grindă s-a ales un profil IPE 300 cu următoarele dimensiuni: $L=8000$ mm, $h=300$ mm, $b=150$ mm, $t_f=10,7$ mm, $t_w=7,1$ mm, $r=15$ mm, iar pentru stâlp s-a ales un profil HE 320A cu următoarele dimensiuni: $L=5000$ mm, $h=310$ mm, $b=300$ mm, $t_f=15,5$ mm, $t_w=9$ mm, $r=27$ mm.

2.2.1. Modelarea prin EF beam

Geometria secțiunii transversale a modelelor cu elemente finite de tip beam a fost definită folosind comanda Abaqus Part - 3D – Wire - Planar, cu parametrul SECTION setat ca BEAM, profil de tip I. În cazul acestui model conjeul dintre inima și tălpile profilelor nu poate fi modelat.

2.2.2. Modelarea prin EF shell

Geometria secțiunii transversale a modelelor cu elemente finite de tip shell a fost definită folosind comanda Abaqus Part - 3D – Shell - Extrusion, cu parametrul SECTION setat ca SHELL HOMOGENEOUS. În cazul acestui model conjeul dintre inima și tălpile profilelor nu a fost modelat.

2.2.3. Modelarea prin EF solid

Geometria secțiunii transversale a modelelor cu elemente finite 3D solid a fost definită folosind comanda Abaqus SOLID EXTRUSION, cu parametrul SECTION setat ca SOLID HOMOGENEOUS. În cazul celui de-al doilea model cu elemente finite de tip solid, în care conjeul dintre inima și tălpile profilelor a fost modelat, modelarea a fost realizată prin comanda FILLET.

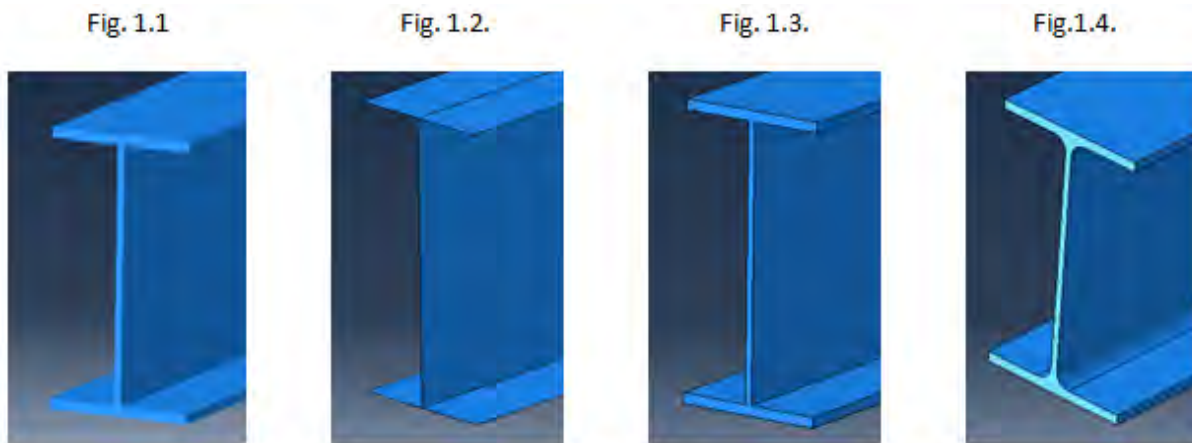


Fig. 1. Modelarea profilelor prin EF:

Fig.1.1 EF de tip beam Fig.1.2. EF de tip shell Fig.1.3. EF de tip solid Fig.1.4. EF de tip solid cu conjeu

2.3. Condiții de rezemare

Pentru modelul de grindă simplu rezemată deplasările în afara planului au fost restricționate prin impunerea condițiilor de limitare a deplasărilor astfel: pentru rezemul simplu au fost blocate deplasările pe direcțiile 1- corespunzătoare axei X și 3 - corespunzătoare axei Z, iar pentru articulație au fost blocate deplasările pe direcțiile 1, 2 și 3 corespunzătoare axelor X, Y, Z.

În cazul modelului pentru stâlp condițiilor de limitare a deplasărilor au fost impuse prin încastrarea bazei stâlpului, fiind blocate deplasările și rotațiile pe cele 3 direcții.

2.4. Aplicarea încărcărilor

Introducerea încărcărilor s-a făcut prin comanda STEP de tip Static, Riks. A fost aleasă metoda Riks deoarece algoritmul presupune aplicarea graduală a încărcărilor până la atingerea capacității de rezistență și/sau stabilitate a elementului analizat. Atunci când există modificări ale rigidității structurii prin această metodă se poate gestiona partea descrescătoare (efectul de snap-back și snap-through pot fi surprinse) a curbei de încărcare-deformare.

La definirea pasului de încărcare prin introducerea factorului maxim de proporționalitate a încărcării, încărcările s-au multiplicat de până la 2 ori.

Pe modelul cu elemente finite de tip beam o încărcare concentrată cu valoarea de 150 kN a fost aplicată pe grindă pe linia de reprezentare a elementului finit de tip beam. Încărcarea verticală a fost aplicată la mijlocul deschiderii grinzii. Asupra stâlpului s-a aplicat o încărcare verticală de 150 kN și o încărcare laterală de 70 kN.



În cazul modelului cu elemente finite de tip shell aceleași încărcări s-au aplicat în punctul de referință situat la mijlocul secțiunii reprezentate prin modelul shell.

În cadrul modelării elementelor structurale prin elemente finite de tip solid pentru aplicarea încărcărilor s-a modelat suplimentar o plăcuță rigidă, astfel încărcările aplicate pe această să se distribuie corespunzător. Încărcările au aplicate astfel: încărcarea verticală pe grindă și încărcarea laterală pe stâlp prin intermediul plăcuței rigide, iar încărcarea verticală pe stâlp printr-o presiune distribuită pe secțiunea transversală a stâlpului, echivalentă cu încărcarea.

Încărcările au fost aplicate pe grindă printr-o plăcuță rigidă de dimensiuni 50 x 150 mm. Geometria plăcuței rigide a fost definită folosind comanda Abaqus SHELL PLANAR, de tipul DISCRETE RIGID. Plăcuța rigidă are dimensiunile de 50 x 150 mm pentru grindă și 150 x 150 mm pentru stâlp.

2.5. Discretizarea elementelor

La elementele sau structurile care pot fi asimilate ca fiind alcătuite numai din bare, cum este cazul modelului 1, în care grinda s-a modelat cu elemente finite beam, modelul de calcul ce rezulta în urma discretizării structurii asigură satisfacerea condițiilor de compatibilitate și de echilibru atât în interiorul fiecărui element cât și pentru întreaga structură. La structurile bi și tri dimensionale, în cazul modelelor 2 și 3, adică modelarea grinzii prin elemente finite de tip shell și solid, modelul de calcul rezultat prin discretizare nu satisface condițiile menționate decât parțial.

Elementele triunghiulare asigură posibilități mai largi în ceea ce privește aproximarea geometriei conturilor, în timp ce elementele patrulate reproduc mai corect distribuția de tensiuni. Rezultatele (deplasările și tensiunile) care se obțin cu metoda elementelor finite sunt dependente de soluția de discretizare aleasă.[3]

În cazul modelării cu elemente unidimensionale, discretizarea s-a făcut în EF de tip B31. Se utilizează elemente finite cu patru noduri, cu integrare redusă, denumite S4R în Abaqus pentru discretizarea grinzii modelată cu EF de tip shell. Elementele de discretizare hexaedrice și tetraedrice s-au utilizat astfel încât să se asigure o compatibilitate cu tipul de elemente finite folosite la modelarea elementelor structurale prin EF de tip solid (brick). Dimensiunile elementelor de discretizare s-au ales astfel încât elementele să fie cât mai apropiate de triunghiul echilateral, respectiv de pătrat.

3. Analiza statică elasto-plastică de ordinul II

Analiza statică elasto-plastică de ordinul II este utilizată atunci când se urmărește surprinderea efectului neliniarității fizice și a celei geometrice, dar și influența modificării geometriei structurii asupra mărimii deplasărilor și eforturilor acesteia. Raspunsul neliniar al unei structuri se datorează în principal modificării caracteristicilor sale de rigiditate corespunzătoare diferitelor niveluri de intensitate ale acțiunilor exterioare. Variația rigidității provine din două cauze importante, și anume: neliniaritatea geometrică și neliniaritatea fizică [3].

Pentru analiza neliniară, în domeniul plastic, repartizarea tensiunilor pe secțiune se face în funcție de relația efort-deformație, care poate fi reprezentată prin diferite diagrame s-ε. În

cadrul acestei analize s-a folosit ca material un oțel elastic plastic cu reconsolidare, iar ca diagrama s-a adoptat următoarea:

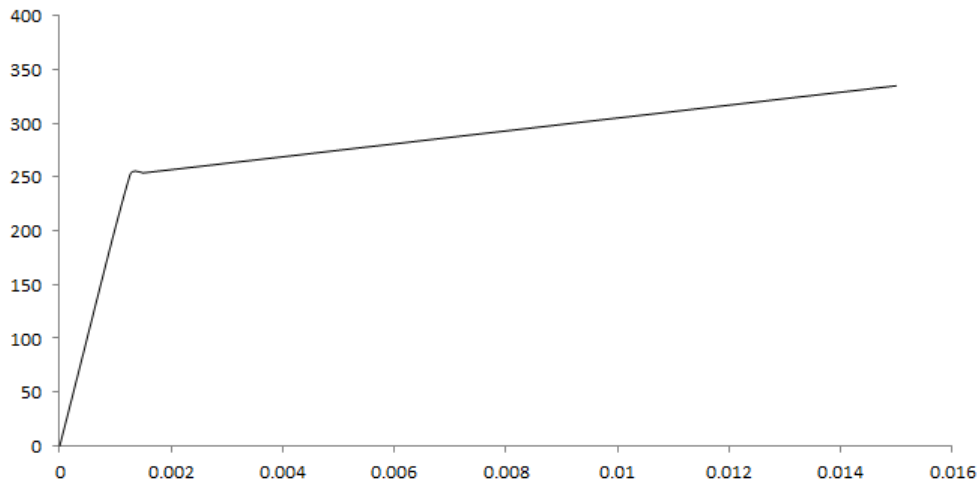


Fig. 2. Diagrama efort-deformație de calcul a oțelului

Oțelul ilustrează comportament de tip elasto-plastic, adică tensiunea crește până în starea în care se depășește limita de curgere, iar la înlăturarea treptată a sarcinii relația dintre tensiuni și deformații specifice este liniară. Dacă se aplică din nou încărcarea curba de încărcare va avea traseu precedent al curbei de descărcare.

În cazul oțelurilor cu palier de curgere, repartizarea tensiunilor în secțiune are o variație liniară până la atingerea limitei de curgere. După această valoare, tensiunile rămân constante, dar în fibrele plastificate se dezvoltă în continuare deformații.

4. Rezultate

Pentru analiza structurală a elementelor din oțel, în practică, sunt folosite elemente finite de tip beam datorită capacității de a reflecta răspunsul unei structuri și datorită rapidității calculului cu aceste elemente, însă nu permit modelarea conșteului profilelor metalice laminate. Astfel, în cele ce urmează se prezintă rezultatele obținute, mai exact capacitatea de rezistență a elementelor analizate. Capacitatea portantă este arătată prin intermediul curbei forță concentrată-săgeată la mijlocul deschiderii în cazul grinzii, respectiv forță concentrată-săgeată laterală în cazul stâlpului.

Din diagramele care reflectă relația între forță și deplasare, atât pentru grindă cât și pentru stâlp se poate observa ca elementele structurale au o comportare liniară până la atingerea limitei de curgere a oțelului. După atingerea limitei de curgere se intră pe ramura postelastice de comportare, în care se manifestă o creștere atât a deplasării cât și a forței datorită proprietății de reconsolidare a oțelului.

În urma analizei se constată ca modelul cu elementele finite de tip solid în care s-a ținut cont de influența conșteului prin modelarea acestuia are o capacitate de rezistență mai mare, rigiditatea inițială fiind mai mare decât în cazul celorlalte modele. De asemenea se observă că nu există diferențe semnificative între modelul realizat cu elemente finite fără modelarea conșteului și modelul cu elemente finite de tip shell. Modelul în care elementele structurale au fost modelat prin elemente finite de tip beam are o capacitate de rezistență și rigiditate mai redusă decât al celorlalte modele.



În diagramele prezentate mai jos se observă neliniaritatea fizică care, în urma creșterii nivelului de solicitare, se manifestă prin modificarea parametrilor curbei de comportare a materialului. Pentru elementele structurale analizate rezultatul neliniarității fizice este plastificarea locală a secțiunilor.

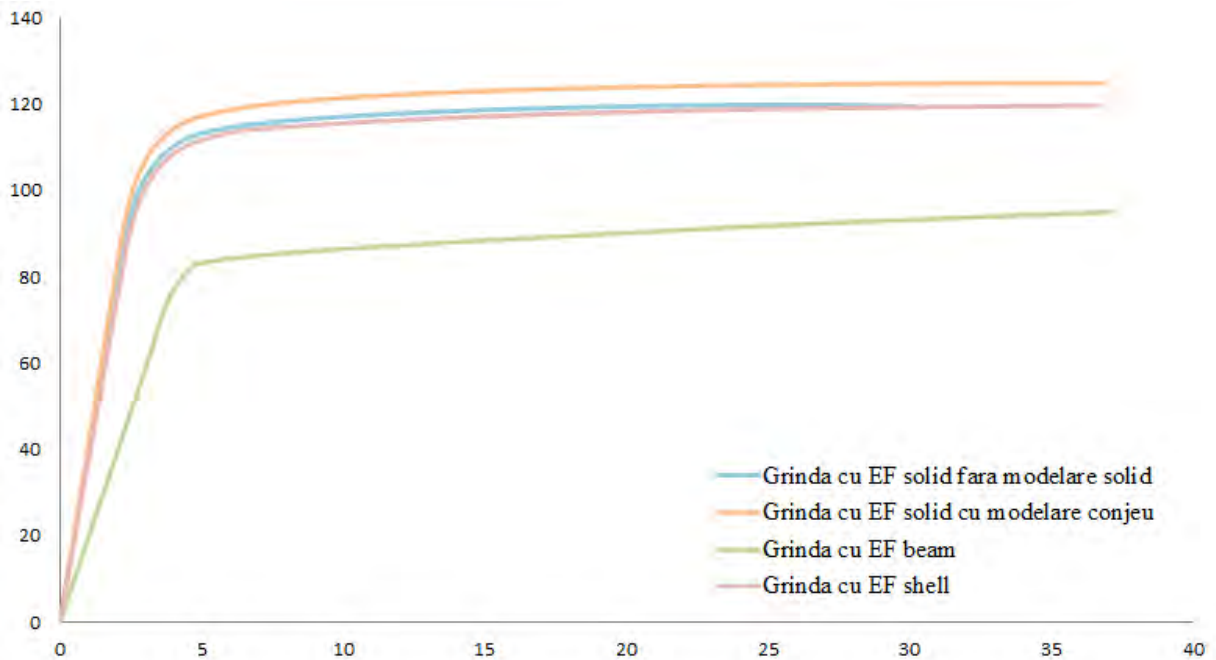


Fig.3 Curbele P- Δ pentru grinda simplu rezemată

În cazul modelului realizat pentru grinda simplu rezemată se constată o diferență mai pronunțată între modelul cu elemente finite de tip beam și celelalte modele.

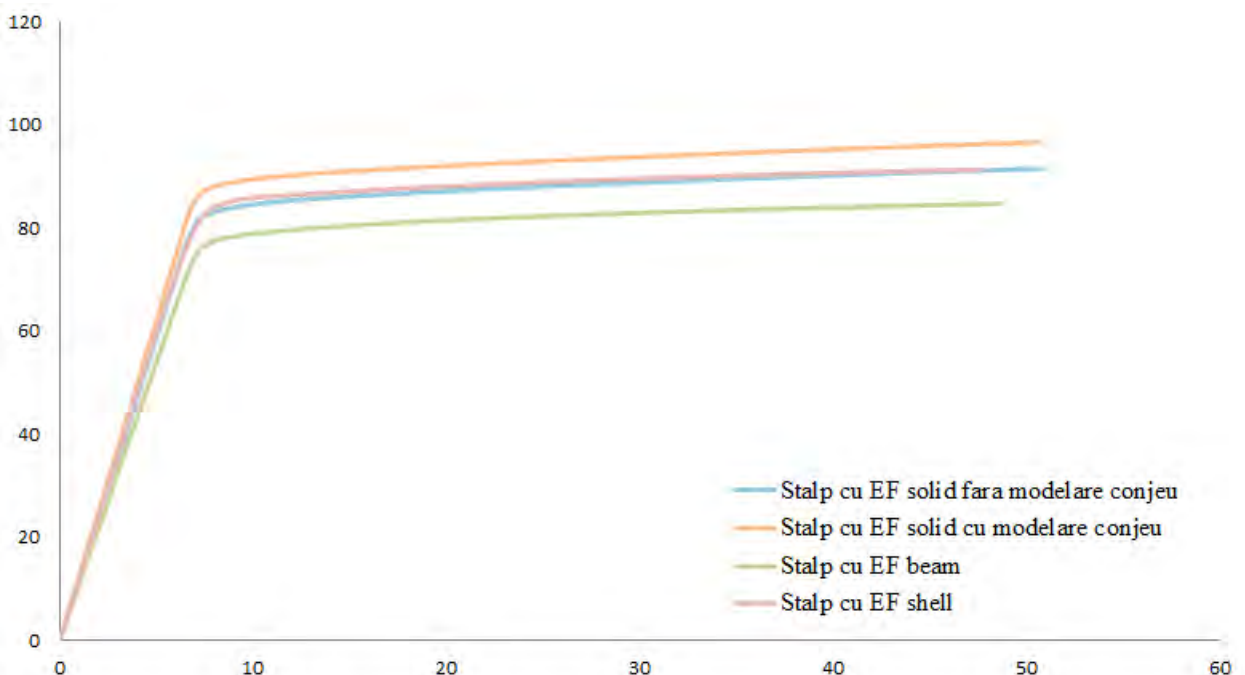


Fig.4 Curbele P- Δ pentru stâlp încastrat în bază

După parcurgerea palierului de curgere urmează dezvoltarea articulațiilor plastice, iar în cele din urmă cedarea structurală.

În figura 5 se observă distribuția tensiunilor echivalente Von Mises în grindă, cedarea grinzii apare ca urmare a dezvoltării zonelor plastice la mijlocul deschiderii grinzii.

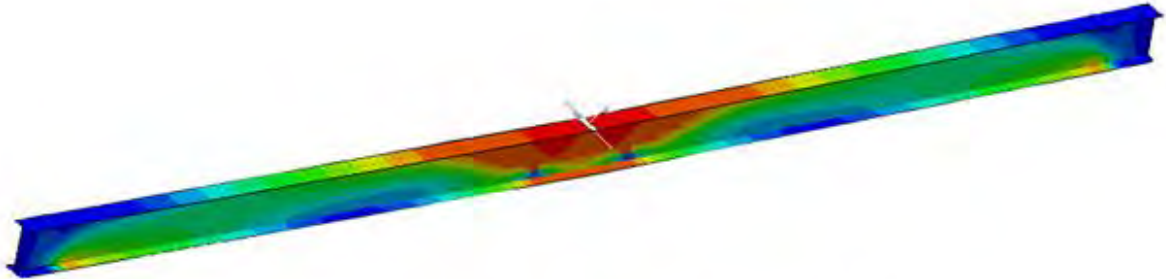


Fig.5 Forma deformată a grinzii cu distribuția tensiunilor pe element

În figura 6 se observă distribuția tensiunilor în stâlp și faptul că cedarea stâlpului apare ca urmare a dezvoltării zonelor plastice la baza stâlpului.

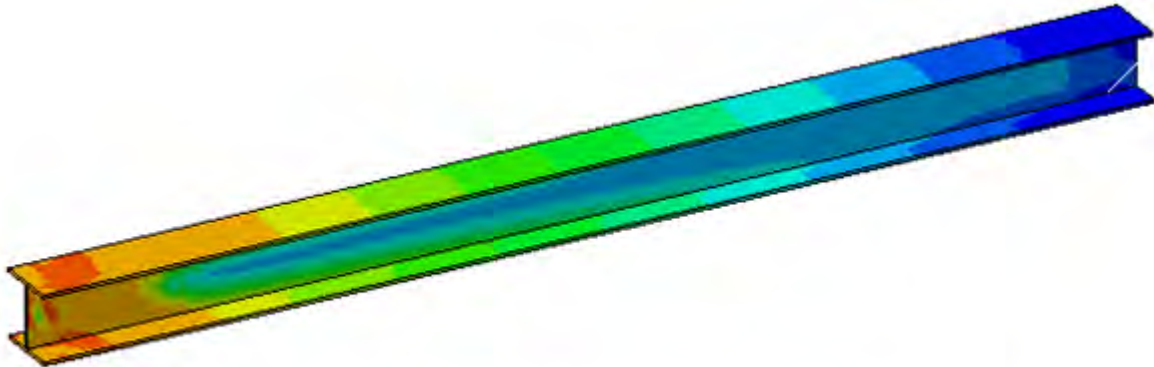


Fig.6 Forma deformată a stâlpului cu distribuția tensiunilor pe element

5. Concluzii

În practica curentă influența conjeurilor din zona de racord dintre inima și tăpile profilelor metalice laminate este adesea neglijată. Acest fapt se datorează utilizării modelării elementelor structurale prin elemente finite de tip beam, deoarece acestea au eficiență în a reflecta răspunsul pe care îl are un element sau o structură și o rapiditate de calcul. Cu toate acestea pentru a se ține cont de influența pe care o au conjeurile profilelor metalice laminate este nevoie de modelarea acestora prin intermediul altor tipuri de elemente finite. În această lucrare pentru modelarea conjeurilor s-au utilizat elemente finite de tip solid, deși dezavantajul acestor elemente este durata mare pe care o are calculul.

În urma analizei neliniare efectuate se constată că în cazul elementului de grindă pentru atingerea unei deplasări de ≈ 5 mm este nevoie de o forță de ≈ 83 kN pentru modelul beam, în timp ce pentru modelul solid cu modelarea conjeului este nevoie de o forță de ≈ 115 kN.



Capacitatea de rezistență a modelului solid cu conjeu este cu circa 35% mai mare decât a modelului beam. Pentru elementul de stâlp pentru atingerea unei deplasări de ≈ 5 mm este nevoie de o forță de ≈ 55 kN pentru modelul beam, în timp ce pentru modelul solid cu modelarea conjeului este nevoie de o forță de ≈ 62 kN. Capacitatea de rezistență a modelului solid cu conjeu este cu circa 20% mai mare decât a modelului beam.

În concluzie, în urma acestui studiu se poate consemna că este util să se țină cont de influența conjeurilor profilelor metalice laminate, acestea contribuind atât la rigiditatea cât și la rezistența elementelor structurale

6. Referințe bibliografice

- [1] Andre Beyer. *On the Design of Steel Members with Open Cross-Sections Subject to Combined Axial Force, Bending and Torsion*, Mechanics of materials [physics.class-ph]. Université de Lorraine, 2017. English.
- [2] Abaqus. Version 6.14. Analysis user's guide. Dassault Systemes, Simulia Corp, Providence RI, USA, 2014.
- [3] Cosmin G. Chiorean. *Aspecte legate de discretizarea in elemente finite si instabilitati numerice in calculul liniar si neliniar al structurilor*, Curs Scoala Doctorala (2007-2008)

BIBLIOGRAFIE

1. Andreas Fieber* , Leroy Gardner, Lorenzo Macorin, *Design of structural steel members by advanced inelastic analysis with strain limits*, Imperial College London, SW7 2AZ London, UK, August 2019
2. Abaqus. Version 6.14. Analysis user's guide. Dassault Systemes, Simulia Corp, Providence RI, USA, 2014.
3. K. He, W. D. Zhu, *Modeling of Fillets in Thin-Walled Beams Using Shell/Plate and Beam Finite Elements*, Department of Mechanical Engineering, University of Maryland, Baltimore County, 1000 Hilltop Circle, Baltimore, MD 21250
4. ABAQUS/CAE User's Manual
5. Eurocod 3: Proiectarea structurilor de oțel

Premii

Premiul	Numele și prenumele autorului/autorilor	Instituția	Titlul lucrării	Îndrumător / îndrumători	Punctaj mediu (din 100)
1	CAZACU Mădălin Vasile SZASZ Attila TUDOR Adrian	UTCN Facultatea de Constructii CCIA - an 3	Aplicare Metodei Diferențelor Finite în problema plană a teoriei elasticității	NEDELUCU Mihai BESOIU Teodora	95.00
2	MARC Antonia-Bianca	UTCN Facultatea de Constructii Master IS - an I	Studiul efectului coneurilor profilelor metalice laminate	BURU Marius	88.88
3	BOGDAN Ximena VLASIM Andreea	UTCN Facultatea de Constructii CCIA - an 3	Comparație între două metode variaționale și Metoda Elementelor Finite pentru placa plană	NEDELUCU Mihai BESOIU Teodora	86.63
Mențiune	KOVACS Bela	UTCN Facultatea de Constructii Master IS - an I	O metodă de calcul pentru stâlpii din beton armat precomprimat	TOADER Traian-Nicu	81.14

