RAPORTARE ŞTIINŢIFICĂ

FAZA DE EXECUŢIE NR. 2

CU TITLUL

EVALUAREA DIVERSELOR MATERIALE COMPOZITE ECOSUSTENABILE FOLOSITE ÎN INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR

DIN CADRUL PROIECTULUI

DEZVOLTAREA DE MATERIALE COMPOZITE ECOSUSTENABILE BAZATE PE MATRICI DIN GEOPOLIMERI ŞI RANFORSATE CU FIBRE DIN DEȘEURI

Director Proiect

Dr. Ing. Dan-Andrei ȘERBAN

Dezvoltarea de materiale compozite ecosustenabile bazate pe matrici din geopolimeri şi ranforsate cu fibre din deșeuri

Perioada de implementare: 03.01.2017 – 31.12.2019

Cuprins

1. Obiectivele generale ale proiectului: 2
2. Obiectivele fazei de execuție: 2
3. Rezumatul Fazei de execuție numărul 2 3
4. Descrierea științifică și tehnică 3
5. Concluzii 9
6. Bibliografie 10

1. Obiectivele generale ale proiectului:

O1. Evaluarea diverselor materiale compozite ecosustenabile folosite în industria construcțiilor
O2. Selecția deșeurilor pentru fabricarea de noi materiale compozite ecosustenabile
O3. Analiza şi optimizarea structurilor compozite folosind metode numerice
O4. Evaluarea experimentală a proprietăților noilor materiale compozite
O5. Dezvoltarea de prototipuri şi testarea lor

2. Obiectivele fazei de execuție:

O3. Analiza şi optimizarea structurilor compozite folosind metode numerice
O4. Evaluarea experimentală a proprietăților noilor materiale compozite

3. Rezumatul Fazei de execuție numărul 2

În Faza de execuție cu numărul 2 au fost efectuate activități din cadrul obiectivelor O3. și O4, constând în analiza numerică și efectuarea de încercări experimentale pentru materiale compozite și spume geopolimerice.

În cadrul obiectivului O3. *Analiza şi optimizarea structurilor compozite folosind metode numerice*, utilizând metoda elementului finit, s-a studiat influența procentajului de fibre din structura materialelor compozite pe bază de geopolimeri asupra proprietăților mecanice precum și comportamentul la solicitări al spumelor geopolimerice.

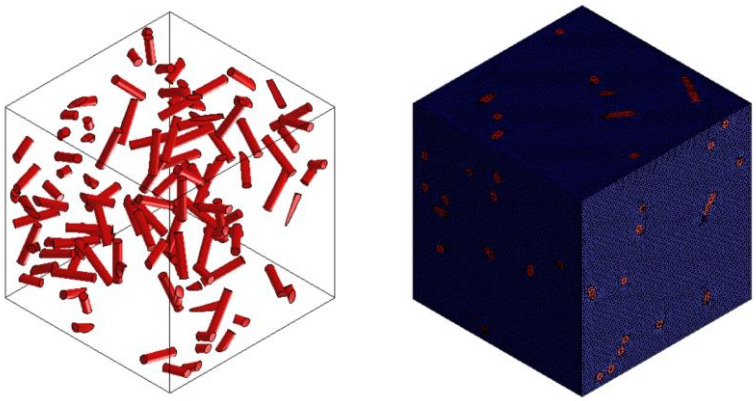
În cadrul obiectivului O4. *Evaluarea experimentală a proprietăților noilor materiale compozite* s-au efectuat încercări experimentale pe două tipuri de spumă geopolimerică, determinându-se proprietățile mecanice la compresiune, încovoiere și tracțiune.

4. Descrierea științifică și tehnică

Obiectivul O3. *Analiza şi optimizarea structurilor compozite folosind metode numerice*

Prima activitate a acestui obiectiv a constat în investigarea numerică a unor materiale compozite având matrice geopolimerică și armate cu fibre de in. Astfel, s-a studiat variația proprietăților mecanice cu procentul volumic de fibre și cu lungimea fibrelor.

Proprietățile mecanice și fizice ale fibrelor au fost preluate din literatură [1-3]. Ca dimensiuni, diametrul fibrelor a fost păstrat constant la 0.2 mm, lungimea variind între 1 mm și 5 mm iar procentul volumic între 1% și 5%. Astfel, s-au generat structuri periodice aleatorii pentru materialele compozite folosind aplicația software DigiMat, exemple de modele și discretizări fiind prezentate în Figura 1.



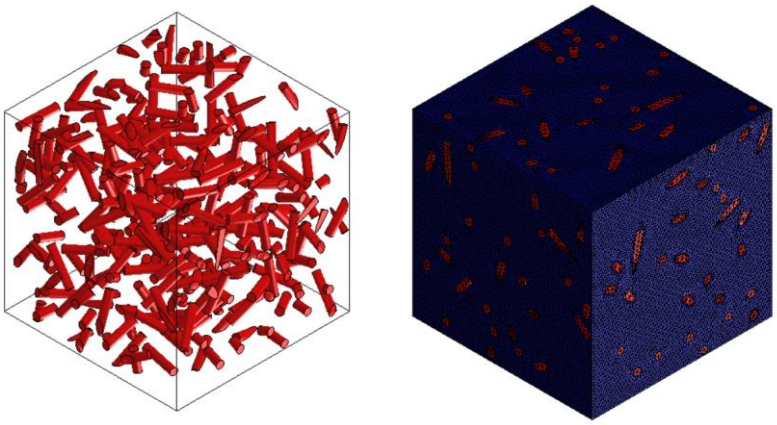


Figura 1. Modelul geometric și modelul discretizat pentru compozite cu 2% respectiv 5% volumic de fibre

Rezultatele obținute pentru variația modului de elasticitate cu procentajul de fibre pentru o lungime de 1 mm sunt prezentate în Figura 2.

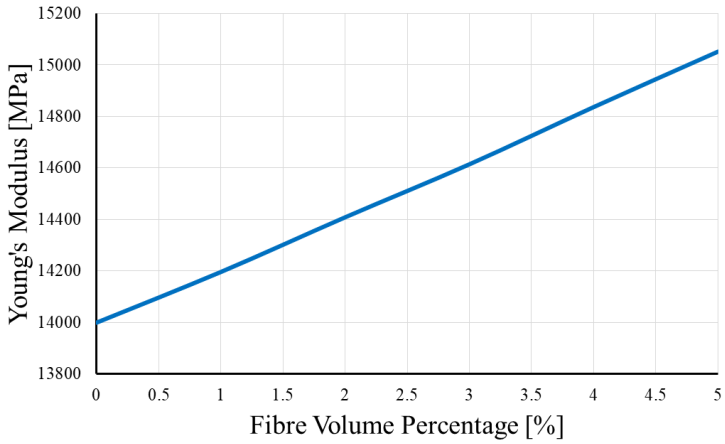


Figura 2. Variația rigidității cu procentajul de fibre

A doua activitate din acest obiectiv a constat în evaluarea numerică a degradării spumelor geopolimerice. Pentru această activitate s-au generat un număr de structuri celulare bazate pe teselări Voronoi, pentru o porozitate de 85% (Figura 3). Proprietățile materialelor au fost luate din literatură [4-6], încercându-se diferite compoziții. Aceste structuri au fost supuse la compresiune, investigându-se modelele de degradare și caracteristica tensiune-deformație (Figura 4).

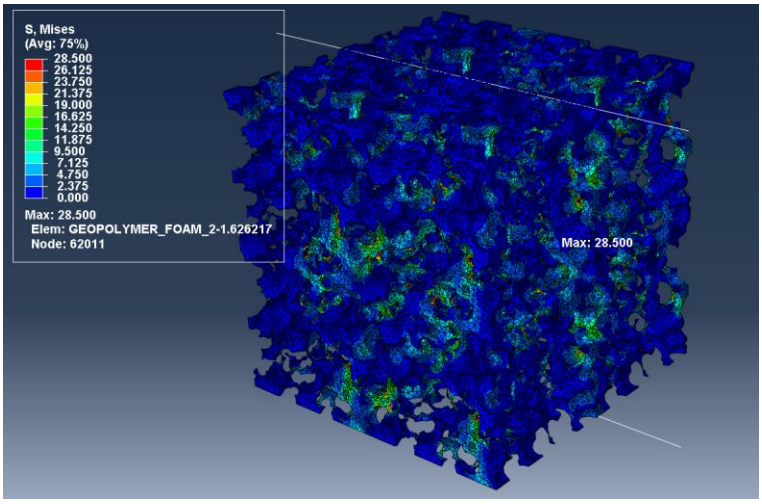


Figura 3. Structură celulară supusă la compresiune

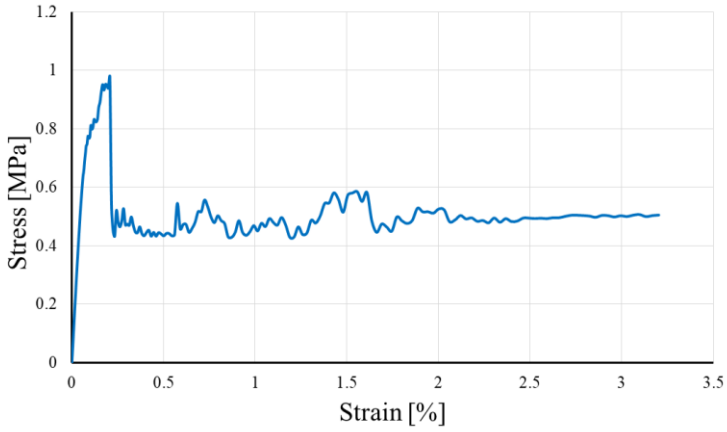


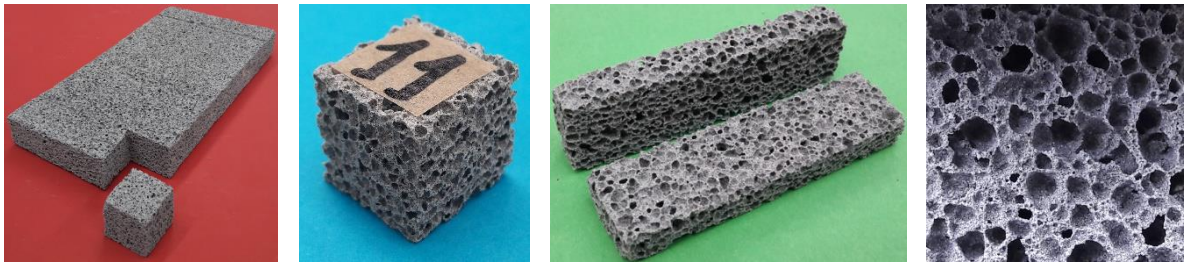
Figura 4. Curba tensiune-deformație pentru structură celulară supusă la compresiune

Obiectivul O4. *Evaluarea experimentală a proprietăților noilor materiale compozite*

Materialele investigate în cadrul obiectivului O4 fac parte din clasa spumelor ceramice, având la bază cenușă zburătoare, în fabricarea lor folosindu-se ca activator o soluție alcalină de NaOH și o soluție de silicon în raport masic de 1:2,5. Structura celulară a materialelor a fost obținută prin

adăugarea de perioxid de hidrogen. Aceste materiale au fost turnate în forme și furnizate sub formă de blocuri de către partenerul polonez (Universitatea Tehnică din Cracovia) [7].

Au fost investigate două tipuri de spume geopolimerice, având compoziții diferite. Pentru prima compoziție, s-au debitat epruvete din blocul furnizat, având diferite dimensiuni în funcție tipul testelor: pentru teste de compresiune, s-au debitate cuburi cu latura de 20 mm, iar pentru testele încovoiere, s-au debitate epruvete prismatice având dimensiuni de 10 mm × 20 mm × 80 mm (Figura 5).



a) b) c) d)

Figura 5. Blocul de spumă geopolimerică (a), epruvetă de compresiune (b), epruvete de încovoiere (c) și detaliu al structurii materialului (d)

Testele la compresiune s-au efectuat cu studierea proprietățile anizotrope la compresiune, (epruvetele obținute fiind încărcate după cele trei direcții) și cu studiul influenței vitezei de încărcare. Rezultatele pentru variația curbelor tensiune-deformație cu direcția de încărcare sunt prezentate în Figura 6 și pentru variația curbelor tensiune-deformație cu viteza de încărcare în Figura 7.

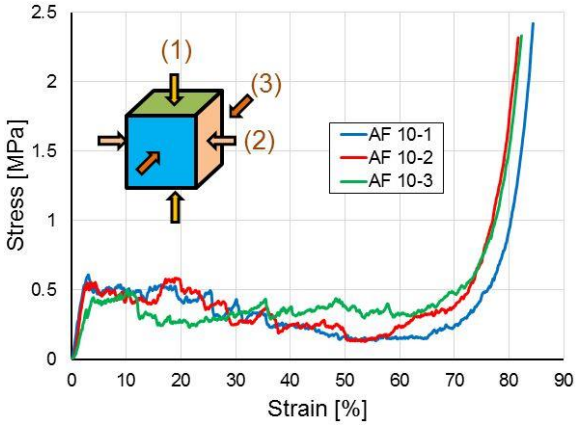


Figura 6. Influența direcției de încărcare asupra curbelor tensiune-deformație

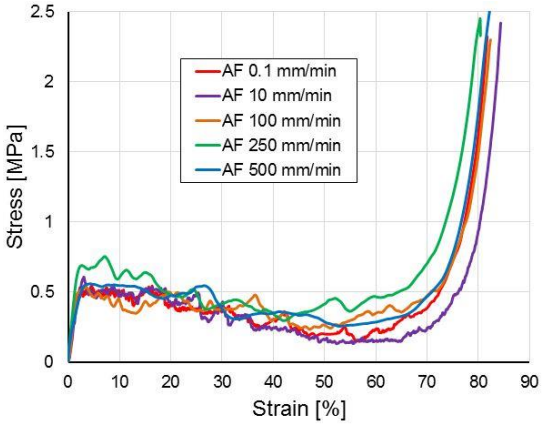


Figura 7. Influența vitezei de încărcare asupra curbelor tensiune-deformație

Variația principalelor caracteristici mecanice la compresiune cu direcția de încărcare sunt prezentate în Tabelul 1 respectiv cu viteza de încărcare, în Tabelul 2.

Table 1. Influența direcției de încărcare asupra proprietăților mecanice

Direcția de încărcare	Zona liniar-elastică			Zona de platou			Zona de densificare	
	E [MPa]	σ_y [MPa]	ε_y [%]	$\sigma_{20\%}$ [MPa]	$\sigma_{40\%}$ [MPa]	σ_{pl} [MPa]	σ_D [MPa]	ε_D [%]
1	33.92	0.60	3.15	0.41	0.24	0.325	0.15	64.99
2	34.73	0.54	2.96	0.57	0.24	0.405	0.18	67.24
3	19.19	0.35	2.75	0.26	0.37	0.315	0.38	66.64

Tabelul 2. Influența vitezei de încărcare asupra proprietăților mecanice

Viteza de încărcare [mm/min]	Zona liniar-elastică			Zona de platou			Zona de densificare	
	E [MPa]	σ_y [MPa]	ε_y [%]	$\sigma_{20\%}$ [MPa]	$\sigma_{40\%}$ [MPa]	σ_{pl} [MPa]	σ_D [MPa]	ε_D [%]
0.1	30.21	0.50	1.92	0.40	0.31	0.355	0.24	62.96
10	33.92	0.60	3.15	0.41	0.24	0.325	0.15	64.99
100	22.63	0.55	3.53	0.49	0.30	0.395	0.36	64.92
250	42.53	0.69	2.74	0.48	0.35	0.415	0.48	63.35
500	68.91	0.55	3.14	0.47	0.35	0.410	0.34	66.21

Testele la încovoiere s-au efectuat pe epruvete prismatice, cu și fără concentrator de tensiune. Rezultatele pentru variația curbelor tensiune-deformație pentru epruvetele fără concentrator sunt prezentate în Figura 8 și pentru epruvetele cu concentrator în Figura 9.

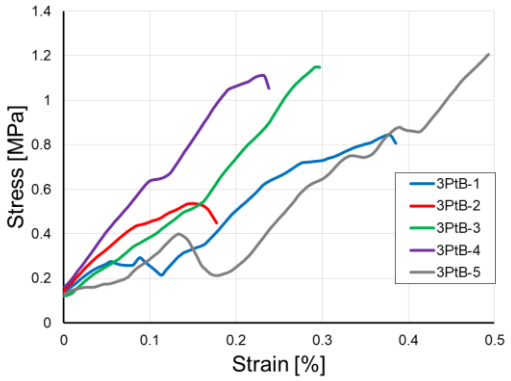


Figura 8. Curbele tensiune-deformație pentru epruvetele fără concentrator

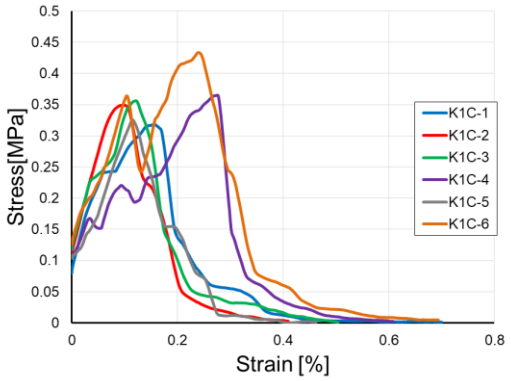


Figura 9. Curbele tensiune-deformație pentru epruvetele cu concentrator

Variația principalelor caracteristici mecanice la încovoiere sunt prezentate în Tabelul 3.

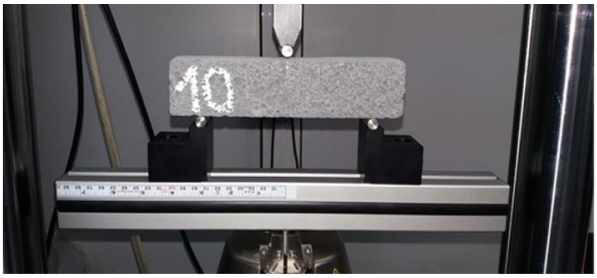
Tabelul 3. Proprietățile mecanice la încovoiere

Modulul de elasticitate E [MPa]	Rezistența la încovoiere σ_f [MPa]	Deformația corespunzătoare σ_f ε_f [%]	Factorul de intensitate al tensiunii K_{IC} [MPa·m$^{0.5}$]
14.96±1.76	0.97±0.28	0.3±0.02	0.17±0.016

Pentru prima compoziție, s-au debitat epruvete din blocul furnizat, având diferite dimensiuni în funcție tipul testelor: pentru teste de compresiune, s-au debitate cuburi cu latura de 20 mm, iar pentru testele încovoiere, s-au debitate epruvete prismatice având dimensiuni de 10 mm × 20 mm × 80 mm (Figura 5).

Pentru a doua compoziție de spumă geopolimerică s-au s-au debitat epruvete pentru încercări la tracțiune, având dimensiuni de 50 mm × 50 mm × 100 mm (Figura 10 a), încovoiere, având dimensiuni de 50 mm × 50 mm × 200 mm (Figura 10 b) și compresiune, având dimensiuni de 50 mm × 50 mm × 50 mm (Figura 10c), rezultate fiind prezentate în Figura 11, Figura 12, respectiv Figura 13.

a)



b)

c)

Figura 10. Epruvetele testelor de tracțiune (a), încovoiere (b) și compresiune (c)

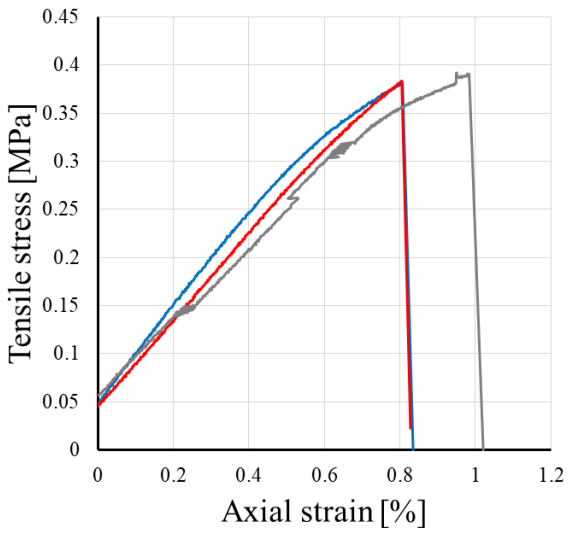


Figura 11. Curbele tensiune-deformație pentru testele de tracțiune

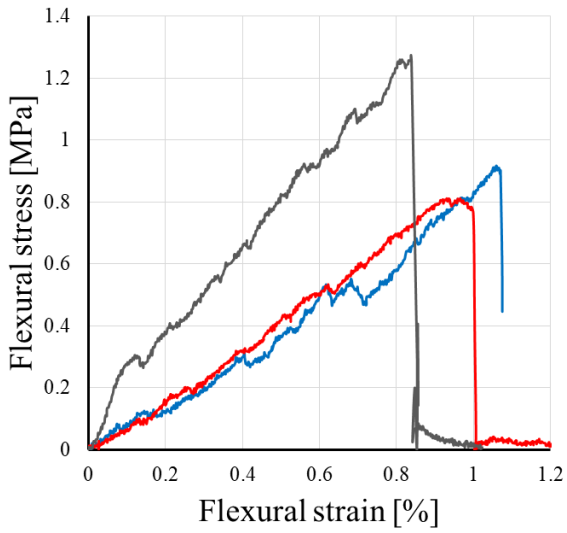


Figura 12. Curbele tensiune-deformație pentru testele de încovoiere

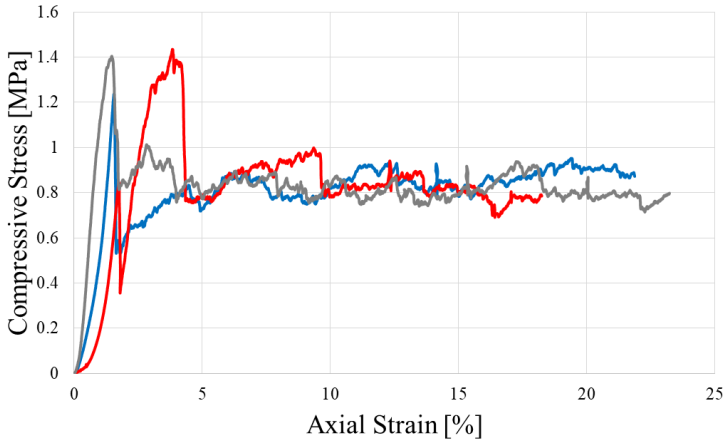


Figura 13. Curbele tensiune-deformație pentru testele de compresiune

5. Concluzii

În faza de execuție numărul 2 intitulată *Evaluarea diverselor materiale compozite ecosustenabile folosite în industria construcțiilor* s-au realizat activități din cadrul obiectivelor O3 și O4. În cadrul obiectivului O3. *Analiza şi optimizarea structurilor compozite folosind metode numerice* s-au efectuat simulări numerice asupra unor structuri compozite având matrice de geopolimeri și armături de fibre de in, în scopul determinării variației proprietăților mecanice cu procentajul și lungimea fibrelor. Aceste variații vor fi folosite în proiectarea de materiale compozite, în scopul obținerii proprietăților dorite. A doua parte a acestui obiectiv a constat în evaluarea numerică a modelului de degradare al

spumelor geopolimerice, materiale ce ar putea fi utilizate ca matrice pentru materiale compozite similare.

În cadrul obiectivului O4. *Evaluarea experimentală a proprietăților noilor materiale compozite* s-au efectuat încercări experimentale pe spume geopolimerice. Așa cum s-a mai precizat, aceste materiale pot fi candidate pentru a fi utilizate ca matrice în materiale compozite ecosustenabile, proprietățile lor mecanice fiind puțin studiate până în prezent.

6. Bibliografie

[1] L. Yan, N. Chouw, K. Jayaraman, *Flax fibre and its composites – A review*, Composites: Part B 56, 296–317.

[2] M. Aslan, *Characterisation of Flax Fibres and Flax Fibre Composites. Being cellulose based sources of materials*, Characterisation of Flax Fibres and Flax Fibre Composites. Being cellulose based sources of materials. DTU Wind Energy. DTU Wind Energy E, No. 0005.

[3] E. Spārniņš, *Mechanical Properties of Flax Fibers and Their Composites*, PhD Thesis, Division of Polymer Engineering, Department of Applied Physics and Mechanical Engineering, Luleå University of Technology, 2009.

[4] K. Ramujee, M.PothaRaju, *Mechanical Properties of Geopolymer Concrete Composites*, Materials Today: Proceedings 4, 2937–2945, 2017.

[5] I.H. Aziz et al., *A Review on Mechanical Properties of Geopolymer Composites for High Temperature Application*, Key Engineering Materials 660 pp 34-38, 2015.

[6] G.S. Ryu et al., *The mechanical properties of fly ash-based geopolymer concrete with alkaline activators*, Construction and Building Materials 47, 409-418, 2013.

[7] E. Linul, K. Korniejenko, D.A. Şerban1, R, Negru, L. Marşavina, M. Łach, J. Mikuła, *Mechanical characterization of fly ash-based ceramic foams*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018