

**SOLUȚII ECOLOGICE PENTRU PEREȚII
CLĂDIRILOR CU TRANSFER TERMIC
REDUS**

**ECOLOGICAL SOLUTIONS FOR LOW
ENERGY BUILDING WALLS**

Camelia COȘEREANU

Assoc.prof.dr.eng. – TRANSILVANIA University in Brasov – Faculty of Wood Engineering
Adresa/Address: B-dul Eroilor nr. 29, 50036 Brasov, Romania
E-mail: cboieriu@unitbv.ro

Constantin LĂZĂRESCU

Prof.dr.eng. – TRANSILVANIA University in Brasov – Faculty of Wood Engineering
Adresa/Address: B-dul Eroilor nr. 29, 50036 Brasov, Romania
E-mail: ctn.laz@unitbv.ro

Cristina OLĂRESCU

PhD-Student – TRANSILVANIA University in Brasov – Faculty of Wood Engineering
Adresa/Address: B-dul Eroilor nr. 29, 50036 Brasov, Romania
E-mail: cristina.olarescu@yahoo.com

Wilhelm LAURENZI

Assoc.prof.dr.eng. – TRANSILVANIA University in Brasov – Faculty of Wood Engineering
Adresa/Address: B-dul Eroilor nr. 29, 50036 Brasov, Romania
E-mail: willy@unitbv.ro

Rezumat:

Lucrarea prezintă soluții constructive de izolare termică pentru pereții clădirilor, utilizând materiale biodegradabile și reciclabile. Materialele compozite cu rol de izolare termică sunt realizate din deșeuri de fibre textile din sectorul industrial, fibre de lemn și așchii de lemn din industria lemnului, precum și din lianți minerali: gips, ciment, praf ceramic și argilă industrială. Pentru fiecare tip de material compozit au fost determinați și comparați coeficienții de conductivitate termică. Rezultatele finale privind izolarea termică a pereților s-au obținut după utilizarea soft-ului de analiză a acestei proprietăți pentru diverse variante de compozite propuse. Principalul avantaj al materialelor propuse este legat de caracteristica lor ecologică în comparație cu structurile clasice utilizate astăzi în izolarea termică a clădirilor.

Cuvinte cheie: ecologic; clădire; termic; izolare; transfer.

INTRODUCERE

Polistirenul, ca material utilizat pentru izolarea termică a clădirilor, este clasificat de către Agenția de Cercetare a Cancerului ca fiind un posibil producător al acestei boli la om. Nu poate fi reciclat, fiind cunoscut faptul că plasticul se degradează pe o perioadă de până la 400 de ani. Un alt dezavantaj al acestuia este faptul că este inflamabil, temperatura maximă la care rezistă fiind de 75°C. În ciuda caracteristicilor sale negative, polistirenul este un produs petrochimic și un material plastic utilizat ca izolator termic pe pereții exteriori ai clădirilor, salvând 70% din pierderile de căldură, având și avantajul unei greutate reduse. Coeficientul de

Abstract:

The paper presents constructive solutions for thermal insulation of the building walls, using recycled and biodegradable materials. The thermal insulating composite materials are made of textile fibers obtained from waste of the textile industrial sector, wood fibers and wood chips from the wood industrial sector and mineral materials as binders: gypsum, cement, ceramic dust or industrial clay. For each type of composite material, the thermal conductivity coefficient has been determined and compared. The final results of thermal insulation of the walls were obtained after using the software of analyzing the thermal insulation property of various proposed composites. The main advantage of the proposed materials is their ecological characteristic compared with classical structures used today in buildings thermal insulation.

Key words: ecologic; building; thermal; insulating; transfer.

INTRODUCTION

Polystyrene, as a material used for thermal insulation of the buildings is classified by the International Agency for Research on Cancer to be a possible human carcinogen. It can not be recycled, being known that the plastics can take up to 400 years to break down in a landfill. Another disadvantage is its high flammability, having the maximum recommended operating temperature of 75°C. Despite its negative characteristics, polystyrene as a petrochemical product and plastic material it is used as an insulating material on the exterior walls of the buildings, saving 70% of the total heat loss and having also the advantage of the low

conductivitate termică determinat prin metoda platanelor este între 0,036 și 0,046W/mK pentru polistirenul expandat cu densități în intervalul 10-30kg/m³ (Yucel ș.a. 2003). Coeficientul de conductivitate termică este principalul indicator al proprietății de izolare termică pentru orice structură. S-a găsit în literatura de specialitate, de exemplu, (Folaranmi 2008), că proprietatea de izolare termică a argilei se îmbunătățește de aproximativ patru ori (0,06W/mK față de 0,250W/mK) atunci când se combină cu praf de lemn, față de 75% (numai 0,180W/mK), când se amestecă împreună cu cenușa. Astfel, materialele compozite au început să satisfacă mai bine cerințele de izolare termică, în pofida celor pure. Referindu-ne la polistiren, o varietate de aditivi și agenți chimici au fost introduși în amestec pentru a-i îmbunătăți proprietățile. Cu toate acestea, ei nu i-au putut împiedica proprietatea de a se topi la temperatură joasă și caracteristica de non-biodegradabilitate. Cercetarea se bazează pe determinarea coeficientului de conductivitate termică pentru structurile propuse, realizate din aşchii de lemn, deșeuri de materiale textile (lână) și lianți minerali precum gipsul, cimentul, praful ceramic și argila industrială în diferite proporții. În final, aceste rezultate vor fi comparate cu valorile corespunzătoare polistirenului. Aceste materiale se vor încadra în structura unor panouri stratificate de placare, cercetări în acest sens fiind efectuate și de alți autori (Scutaru 2006) pentru creșterea izolării termice a pereților și vor fi analizate din punct de vedere termic.

OBIECTIVE

Lucrarea de față își propune prezentarea a 18 structuri ecologice noi de compozite, rezultate în urma combinării diferite a aşchiilor de lemn, fibrelor de lemn cu fibre textile de lână și diverse tipuri de lianți (Coșoreanu ș.a. 2010) și analizarea acestora cu ajutorul unui program de simulare computerizată privind capacitatea lor de izolare termică. În vederea efectuării simulării, compozitele s-au considerat a fi integrate într-o structură de perete și s-au determinat cu ajutorul programului de simulare valorile rezistențelor termice și ale fluxului termic. Acestea au fost comparate cu valorile obținute pentru structura unui zid de cărămidă de 40cm, iar pentru una din structurile simulate s-a realizat și determinarea experimentală a datelor, pentru verificarea acuratetii.

METODĂ, MATERIALE ȘI APARATURĂ

Materialele propuse pentru izolarea termică a clădirilor, ca materiale ecologice, sunt realizate din materiale de ranforsare precum aşchiile și fibrele de lemn, împreună cu deșeuri din lână netoarsă și lianți diferiți, utilizați pentru realizarea conexiunilor între materialele de ranforsare. Acești lianți aparțin categoriilor diverse și sunt următorii:

- copolimeri acrilici ecologici: lac și vopsea;
- lianți minerali: argilă, gips, ciment;
- altele: făină de grâu.

weight. Thermal conductivity coefficient determined by plate method shows values between 0.036 and 0.046W/mK for expanded polystyrene with densities in the range of 10-30kg/m³ (Yucel *et al.* 2003). The thermal conductivity coefficient is the main indicator of the thermal insulating property of any structure. It was found in the literature, for example, (Folaranmi 2008), that the thermal insulating property of the clay is improved approx. four times (0.06W/mK against 0.250W/mK) when mixing it with sawdust, instead of 75% (only 180W/mK) when mixing it with ashes. Thus, composite materials started to satisfy better the requirements of thermal insulation rather than pure materials. Referring to polystyrene, a variety of additives and chemical agents were mixed in its composition in order to improve some of its properties, but all these can not stop its properties of melting at low temperature and its non - biodegradable characteristic. The research will focus on the determination of the thermal conductivity coefficient of the proposed structures, made of wood chips, waste of natural textile fibers (wool) and mineral binders as gypsum, cement, ceramic dust or industrial clay in various proportions. Finally, these results will be compared with the polystyrene values. These materials will be placed in the structure of certain stratified panels for walls, as researched by other authors (Scutaru 2006) in order to increase the thermal insulation of the walls and they will be analyzed for the thermal point of view.

OBJECTIVES

The paper intends to present 18 new ecological composite structures resulted from different combination of wood chips, wood fibers with wool fibers and various binders (Coșoreanu *et al.* 2010) and to analyze them using a computer simulation program in order to get data about their thermal insulating capacity. In order to perform the simulation program, the composites were considered to be integrated into a wall structure and the values of thermal resistance and heat flow were determined for each structure. The results were compared with the case of a brick wall structure of 40cm thickness and then, the experimental values determined for one of the analyzed structure gave data about the accuracy of the analysis.

METHOD, MATERIALS AND EQUIPMENT

The proposed composites for building thermal insulation, as ecological materials, are made of reinforcing natural materials as wood chips and wood fibers, together with non-woven wool waste and different binders used to connect the reinforcing materials together. They belong to various categories and they are as follows:

- ecologic acrylic copolymers: lacquer and paint;
- mineral binders: clay, gypsum, cement;
- others: wheat flour.

Some of the obtained structures can be seen in Fig. 1. Eighteen different types of composite structures

Câteva din structurile obținute se pot observa în Fig. 1. Optsprezece tipuri diferite de structuri de compozite au fost analizate din punct de vedere al izolării termice, după ce a fost determinat experimental coeficientul de conductivitate termică prin metoda platanelor, utilizând masa Bock (Olărescu și Coșereanu 2011). Acestea sunt prezentate în Tabelul 1.

Compozitele propuse au fost utilizate într-o structură tip sandwich destinată caselor din lemn și comparate cu structura de zid de cărămidă din punct de vedere al izolării termice. Structura sandwich este alcătuită din trei straturi: fața interioară este o placă uzuală de OSB, miezul se schimbă succesiv cu una din cele optsprezece structuri prezentate în Tabelul 1, iar cea de-a doua față (cea exterioară) este o structură compozită realizată din așchii de lemn și ciment (cunoscută ca structura C3).

were analyzed from the thermal insulating point of view, after the thermal conductivity coefficient was experimentally determined by method of heating plates, using Bock table (Olărescu and Coșereanu 2011). They are presented in Table 1.

The proposed composites were used in a wall sandwich structure designed for wooden houses and compared with a brick wall structure in the terms of thermal insulating property. The sandwich structure has three layers: the interior face is a common oriented strand board (OSB), the core is changed successively with each of the eighteen structures presented in Table 1 and the second face (the exterior one) is a composite structure made of wood chips and cement (known as C3 structure).



Fig. 1.

Structuri de compozite ecologice utilizate pentru izolarea termică a clădirilor / Structures of ecological composites used for buildings thermal insulation.

Tabelul 1 / Table 1

Structurile de compozite propuse pentru izolarea termică a clădirilor / The composite structures proposed for thermal insulation of the buildings

Struct. no.	Liant/Binder	Liant/Binder amount	Cod/ Code no	Materiale de ranforsare/ Reinforcing materials			Apă/ Water, [ml]	Fețe carton/ Cardboard faces
				Așchii lemn/ Wood chips, [g]	Fibre lemn/ Wood fibres, [g]	Fibre lână/ Wool fibers, [g]		
1	Făină 650/ Wheat flour 650 type	500g	F2	100	100	100	1000	-
2			F3	150	-	150	1000	-
3	Ciment/ Cement	440g	C3	150	-	150	250	-
4	Praf ceramic/ Ceramic dust	1000g	PC2	100	100	100	500	-
5	Argilă/ Clay	800g	L4	150	-	150	600	-
6		1000g	L5	150	-	150	700	-
7	Ghips/ gypsum	600g	G5	150	-	150	500	-
8		600g	G6	150	-	150	500	-
9		1000g	G11	150	-	150	800	-
10		1000g	G12	100	100	100	900	-
11		1000g	G13	100	100	100	1000	2
12		1000g	G14	150	150	150	1300	2
13	Lac acrilic/ Acrylic laquer	350 ml	A4	150	-	150	-	-
14		500 ml	A5	100	100	100	500	-
15		400 ml	A11	100	100	100	400	-
16		500 ml	A12	100	100	100	400	-
17		600 ml	A13	100	100	100	400	-
18		700 ml	A14	100	100	100	400	-

Această ultimă structură este realizată din 150g aşchii de lemn, 600g ciment amestecat cu 500ml de apă. Pe acest compozit s-a aplicat o plasă de armare, s-a gletuit și s-a vopsit așa cum se face pentru pereții exteriori (Fig. 2).

Pentru aceste structuri s-a realizat o simulare computerizată și s-au calculat rezistența termică și fluxul termic, comparându-se între ele. Rezistența termică specifică la transferul de căldură unidirecțional al unui element din construcții omogen reprezintă capacitatea de izolare termică. Valoarea acestei mărimi, pentru structurile stratificate, se calculează cu relația 1.

$$R = R_{SI} + \sum R_S + R_{SE} \quad [m^2 K / W] \quad (1)$$

în care: R_{SI} reprezintă rezistența la transfer termic superficial la nivelul suprafeței interioare, în m^2K/W și se calculează cu relația 2.

$$R_{SI} = \frac{1}{\alpha_i} \quad [m^2K/W] \quad (2)$$

în care: α_i este coeficientul de transfer termic superficial la interior;

R_S – rezistența termică specifică a unui strat omogen al elementului de construcții și se determină cu relația 3. Pentru mai multe straturi ale unei structuri sandwich se însumează rezistențele termice specifice fiecărui strat omogen ($\sum R_S$).

This last structure is made of 150g wood chips, 600g cement mixed with 500ml of water. This composite was covered by reinforcing mesh, plastered and painted as the exterior walls are (Fig. 2).

A computer simulation was developed for these structures, where the thermal resistance and the heat flow per unit area were calculated and compared. The thermal resistance of any homogeneous building component on the heat transfer represents its thermal insulating capacity. For stratified structures, its value is calculated according to equation 1.

$$R = R_{SI} + \sum R_S + R_{SE} \quad [m^2 K / W] \quad (1)$$

where: R_{SI} is the superficial thermal resistance on the heat transfer for the inner surface, in m^2K/W and it is calculated using equation 2.

$$R_{SI} = \frac{1}{\alpha_i} \quad [m^2K/W] \quad (2)$$

where: α_i is the superficial heat transfer coefficient for the interior area;

R_S – specific thermal resistance of a homogeneous layer of building material and it is calculated using equation 3. For more layers of a sandwich structure the specific thermal resistances of all homogeneous component materials are cumulated ($\sum R_S$).

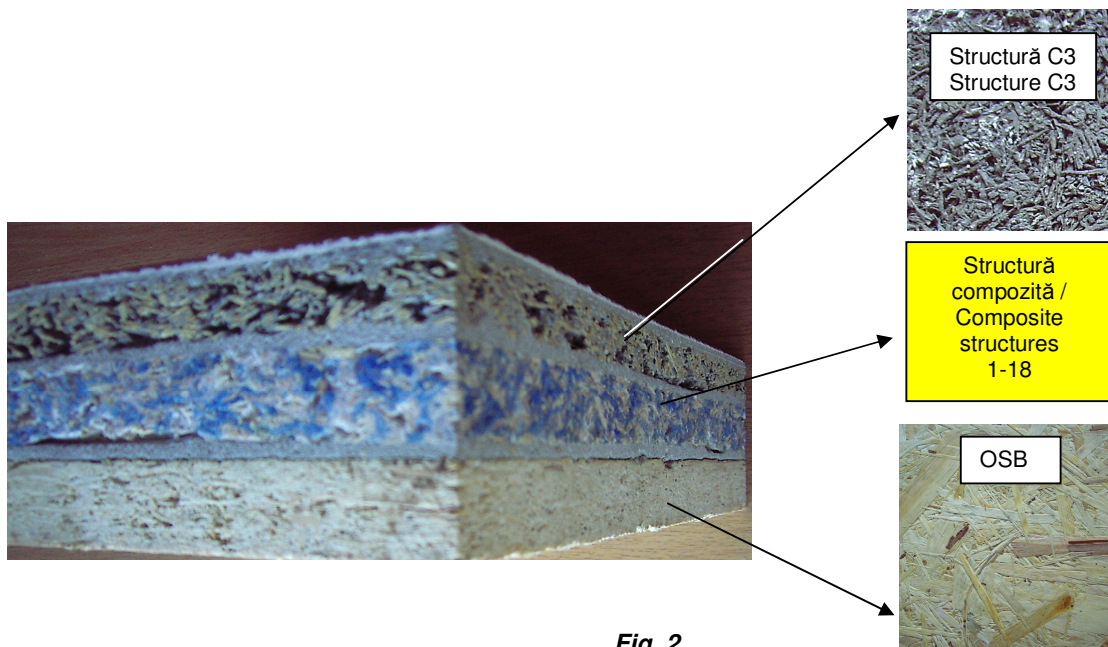


Fig. 2.

Structura sandwich utilizată pentru simularea computerizată a proprietății de izolare termică / The sandwich structure used for computer simulation of thermal insulation property

$$R_S = \frac{d}{\lambda} \quad [m^2 K / W] \quad (3)$$

în care: d este grosimea, în mm, și λ este coeficientul de conductivitate termică, în W/mK ;

R_{SE} – rezistența la transfer termic superficial la nivelul suprafeței exterioare, în m^2K/W și se calculează

$$R_S = \frac{d}{\lambda} \quad [m^2 K / W] \quad (3)$$

where: d is the thickness, in mm, and λ is the thermal conductivity coefficient, in W/mK .

R_{SE} – superficial thermal resistance on the heat transfer for the outer surface, in m^2K/W and it is

cu relația 4.

$$R_{SE} = \frac{1}{\alpha_e} \cdot [m^2K/W] \quad (4)$$

în care: α_e este coeficientul de transfer termic superficial la exterior.

Cu cât rezistența termică este mai mare, cu atât materialul este mai bun din punct de vedere al izolării termice.

Fluxul termic, q , reprezintă cantitatea de căldură, Φ , schimbată într-o oră printr-o suprafață de arie dată, A (relația 5).

$$q = \Phi * A \quad [W / m^2] \quad (5)$$

Pentru simularea computerizată s-au introdus datele obținute în cercetări anterioare (Olărescu și Coșereanu 2011): dimensiunile panourilor, coeficientul de conductivitate termică pentru fiecare dintre straturile structurii sandwich. Interfața soft-ului pentru introducerea datelor se poate observa în Fig. 3.

calculated using equation 4.

$$R_{SE} = \frac{1}{\alpha_e} \cdot [m^2K/W] \quad (4)$$

where: α_e is the superficial heat transfer coefficient for the exterior area.

The thermal resistance is higher, the material is better in terms of thermal insulation.

The heat flow, q , represents the heat amount, Φ , exchanged in an hour through a specific area, A (equation 5).

$$q = \Phi * A \quad [W / m^2] \quad (5)$$

The results obtained in previous research (Olărescu and Coșereanu 2011) were used for data set up in the computer simulation: board sizes, thermal conductivity coefficient for each layer of the sandwich structure. The software interface for data set up is shown in Fig. 3.

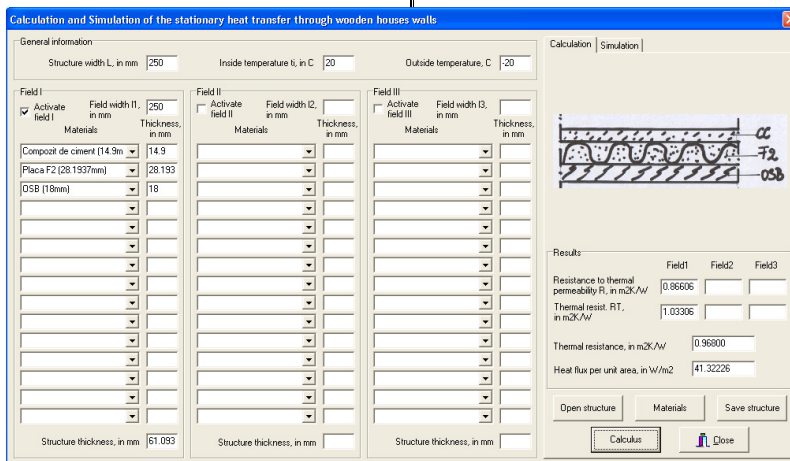


Fig. 3.

Interfața soft-ului pentru introducerea datelor în vederea simulării computerizate a proprietății de izolare termică / The software interface for data set up in the computer simulation of thermal insulation property

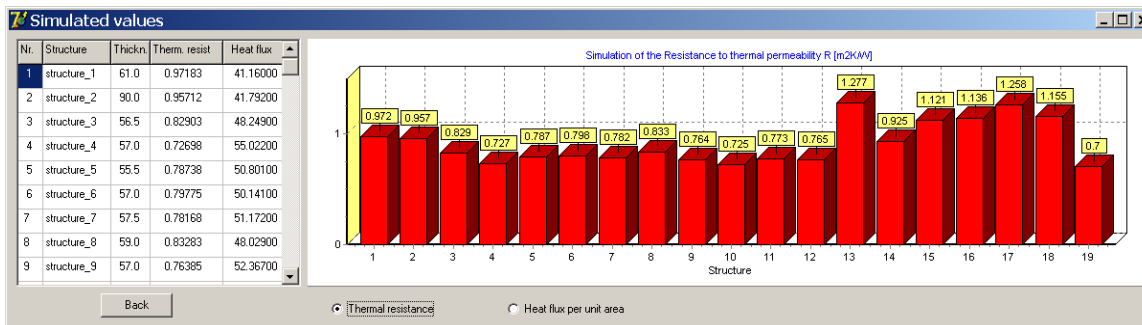


Fig. 4.

Rezultatele simulării rezistenței termice pentru structurile 1-18, ca miez în structura sandwich comparate cu un zid de cărămidă cu goluri cu grosime de 400mm (structura 19)/ Results of the thermal resistance simulation for structures 1-18, as core in the sandwich structure, compared with a brick wall of 400mm thick (structure 19)

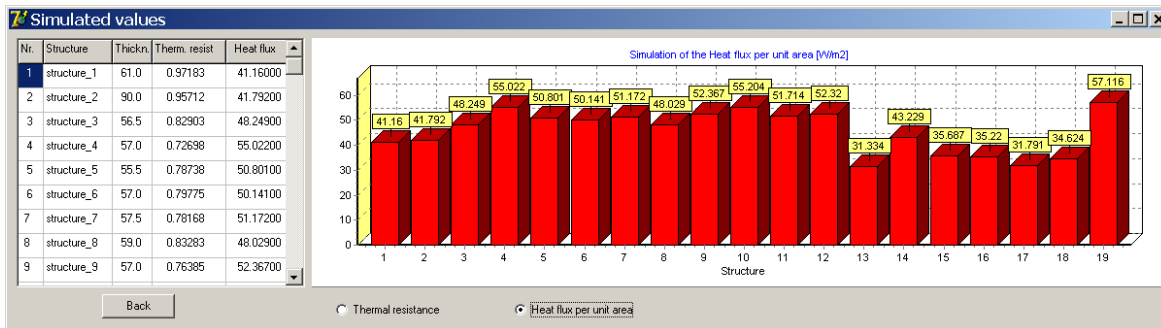


Fig. 5.

Rezultatele simulării fluxului termic pe unitatea de suprafață pentru structurile 1-18, ca miez în structura sandwich, comparate cu un zid de cărămidă cu goluri cu grosime de 400mm (structura 19) / Results of the heat flow per unit area simulation for structures 1-18, as core in the sandwich structure, compared with a brick wall of 400mm thick (structure 19)

REZULTATE

Rezultatele simulării computerizate și valorile obținute pentru rezistența termică și fluxul termic pe unitatea de suprafață sunt prezentate în Fig. 4, respectiv Fig. 5, în mod comparativ. Având în vedere grosimile diferite ale compozitelor studiate, pentru o comparație mai corectă s-a realizat simularea computerizată pentru obținerea rezistenței termice și a fluxului termic pentru o structură de 1mm grosime. Rezultatele sunt prezentate în Fig. 6 și Fig. 7.

RESULTS

The results of computer simulation and the values of thermal resistance and heat flow per unit area are comparatively presented in Fig. 4 and Fig. 5 respectively. Considering the different thicknesses of the studied structures, a computer simulation of the same structures, but on a thickness of 1mm has been done, in order to make a more accurate comparison of the thermal resistance and heat flow. The results are presented in Fig. 6 and Fig. 7.

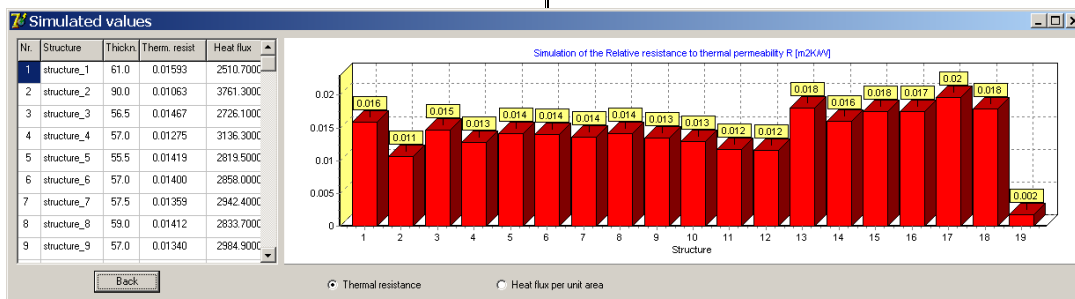


Fig. 6.

Rezultatele simulării rezistenței termice pentru 1mm din structurile 1-18 ca miez, comparate cu 1mm structură de zid de cărămidă (structura 19)/ Results of the thermal resistance simulation for 1mm thickness of structures 1-18 as core, compared with 1mm structure of brick wall (structure 19)

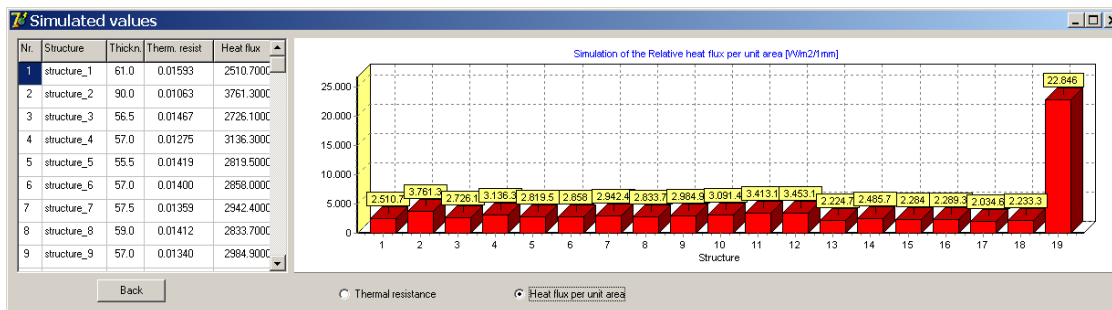


Fig. 7.

Rezultatele simulării fluxului termic pentru 1mm din structurile 1-18 ca miez, comparate cu 1mm structură de zid de cărămidă (structura 19)/ Results of the heat flow simulation for 1mm thickness of structures 1-18 as core, compared with 1mm structure of brick wall (structure 19)

CONCLUZII

Așa cum se poate observa din diagramele obținute în urma simulării, din Fig. 4 și Fig. 5, valorile maxime ale rezistenței termice și valorile minime ale fluxului de căldură pe unitatea de suprafață calculat pe timp de iarnă pentru o temperatură interioară de 20°C și o temperatură exterioară de -20°C s-au obținut pentru următoarele structuri în ordine:

- structura 17;
- structurile 18, 13, 15 ;
- structura 16;
- structurile 14, 1;
- structura 3 ;
- structurile 5, 6, 7, 8;
- structurile 4, 9, 10;
- structurile 11, 12;

Conform grupării din Tabelul 1, se poate concluziona că cele mai bune izolatoare termice sunt compozitele care utilizează ca liant lacul acrilic, în speță cel cu rețeta structurii A13, urmate apoi de cele cu făină, ciment și gips. Pentru structura sandwich având ca miez compozitul G12 s-a determinat experimental coeficientul de conductivitate termică prin metoda platanelor, utilizând masa Bock, obținându-se o valoare de 0,49W/mK. Cu această valoare s-a calculat rezistența termică, obținându-se valoarea de 0,776m²K/W, destul de apropiată de cea simulată și anume de 0,725m²K/W. Noi determinări experimentale pe aceste structuri sandwich pot fi făcute în cercetări viitoare și comparate cu valorile obținute prin simulare, în așa fel încât să se poată determina o relație între valoarea teoretică, simulată, și cea experimentală. Erorile care apar se datorează neomogenității structurilor compozite, de care programul de simulare nu poate ține cont. Este foarte interesantă comparația acestor structuri compozite, analizate în lucrare, cu structura unui zid de cărămidă cu grosimea de 40cm, atât din punct de vedere al rezistenței termice (Fig. 4 și 6), cât și a fluxului termic (Fig. 5 și 7). Se poate observa că rezistența termică a zidului de cărămidă este mult mai redusă decât a structurilor analizate, iar fluxul termic mult mai mare.

CONCLUSIONS

As the computer simulated diagrams in Fig. 4 and Fig. 5 shows, the maximum descending values of the thermal resistance and the minimum values of the heat flow per unit area in the winter time conditions, when the inside temperature is 20°C and the outside one is -20°C were obtained for the following structures:

- structure 17;
- structures 18, 13, 15 ;
- structure 16;
- structures 14, 1;
- structure 3 ;
- structures 5, 6, 7, 8;
- structures 4, 9, 10;
- structures 11, 12;

In the terms of the data in Table 1, it can be concluded that the best thermal insulating composites are those that use acrylic lacquer as binder, especially for the recipe of A13 structure, followed than by those with wheat flour, cement, clay and gypsum binders. For the sandwich structure with G12 composite core, the thermal conductivity coefficient was experimentally determined by method of heating plates, using Bock table, obtaining a value of 0.49W/mK. Using the experimental value, the thermal resistance has been calculated, obtaining a value of 776m²K/W, quiet close to the computer simulated value of 0,725m²K/W. New experimental tests will be performed on these sandwich structures in future research and the values will be compared with the simulated ones, so to determine an equation of the variation of experimental value against the theoretical one. The errors that occur can be explained by the heterogeneity property of the composite structures, which the computer simulation program does not consider. The comparison between the composite structures and the brick wall structure with a thickness of 40cm is very interesting, both in terms of thermal resistance (Fig. 4 and 6), and heat flow (Fig. 5 and 7). It can be observed that the thermal resistance of the brick wall is much lower than that of the analyzed composite structures, and the heat flow is huge.

BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

COȘEREANU, C., LĂZĂRESCU, C., CURTU, I., LICA, D., ȘOVA, D., BRENCI, L.M., STANCIU, M.D. (2010). Cercetări asupra unor structuri noi de înlocuire a polistirenului utilizat pentru izolarea termică a clădirilor/ Research on New Structures to replace Polystyrene used for Thermal Insulation of Buildings, *Mase Plastice* vol. 47, nr. 3 Sept. 2010, Bucuresti, ISSN 0025-5289, pp.341-345.

FOLARANMI, J. (2008). Effect of Additives on the Thermal Conductivity of Clay, Federal University of Technology, Minna, Nigeria.

OLĂRESCU, C., COȘEREANU, C. (2011). Cercetări asupra capacității de izolare termică a unor compozite din materiale biodegradabile/ Research on the Possibility of Thermal Insulation Property of Some Composites Made of Biodegradable Materials, *PRO LIGNO*, vol.7, nr. 3, ISSN 2069-7430, pp.54-58.

SCUTARU, L. M. (2006). Panouri termoizolante din lemn si materiale lemnoase utilizate in constructia caselor, teză de doctorat susținută în cadrul Universității Transilvania din Brașov, iulie, 2006/ Thermal insulating wooden boards used for house building, PhD Thesis, Transylvania University of Brasov.

YUCEL, K.T., BASYIGIT, C., ÖZEL, C. (2003). Thermal Insulation Properties of Expanded Polystyrene as Construction and Insulating Materials, Fifteenth Symposium on Thermophysical Properties, Boulder-Colorado-USA.