

Revista Română de Inginerie Civilă
Indexată în bazele de date internaționale (BDI)
ProQuest, INSPEC, EBSCO
INDEX COPERNICUS, ULRICH'S și JOURNALSEEK
Volumul 7 (2016), Numărul 2
ISSN 2068-3987

Differences between the five climatic zones of Romania regarding the design and energy requirements of an energy efficient house <i>Silviana Brata, Victoria Cotorobai, Cristina Tanasa, Daniel Dan, Dan Stoian, Valeriu Stoian</i>	113-128
Comparison on the behavior of confined masonry structures made with ceramic vertical hollow blocks in correlation with CR6-2013 and P2-85 design codes requirements <i>Daniel Stoica, Mihai Niste</i>	129-142
Conceptul structural al clădirii Bucharest One <i>Dragoș Coțofană, Șerban Dima, Mihai Dragomir, Viorel Popa, Stelian Constantinescu</i>	143-152
Managementul deșeurilor din construcții și demolări <i>Cristina Iacoboaia, Mihaela Aldea</i>	153-163
Case study in product quality and environmental planning to achieve comfort within indoor working spaces <i>Mihai Dragomir, Bela Zalany, Diana Dragomir, Florin Popescu, Sergiu Solcan</i>	164-171
The modelling and the automation of an independent wound DC motor <i>Robert Peci, Eleonora Darie</i>	172-177
L'évaluation du confort thermique au sein des véhicules avec des indices classiques - approche expérimentale <i>Pierre-Yves Ouhimi, Thomas Lechartier, Paul Danca, Cristina Fabian</i>	178-186
The negative influence of the hydraulic imbalance to the system performance in solar panels <i>Florin Iordache, Horatiu Dragne</i>	187-198
Dezvoltarea urbană și regională integrată pentru îmbunătățirea managementului riscului la inundații <i>Iuliana Nichersu</i>	199-207
Cercetări experimentale privind analiza răspunsului la acțiunea focului a sistemelor de reabilitare termică, cu termoizolație din polistiren <i>Octavian Lălu, Ion Anghel, Silviu Codescu, Bogdan Brănișteanu</i>	208-219

COLEGIUL EDITORIAL

Prof.dr.ing. Ioan BOIAN, *Universitatea Transilvania Braşov*
Prof.dr.ing. Alexandru CĂTĂRIG, *Universitatea Tehnică Cluj Napoca*
Conf.dr.ing. Victoria COTOROBAI, *Universitatea Tehnică Gh. Asachi Iaşi*
Prof. dr. mat. Rodica DĂNEŢ, *Universitatea Tehnică de Construcţii Bucureşti*
Prof.dr.ing. Carlos Infante FERREIRA, *Delft University of Technology, The Netherlands*
Prof.dr.ing. Dragoş HERA, *Universitatea Tehnică de Construcţii Bucureşti – redactor şef*
Prof.dr.ing. Ovidiu IANCULESCU, *director editorial*
Prof.dr.ing. Gheorghe Constantin IONESCU, *Universitatea Oradea*
Prof.dr.ing. Florin IORDACHE, *Universitatea Tehnică de Construcţii Bucureşti*
Prof.dr.ing. Vlad IORDACHE, *Universitatea Tehnică de Construcţii Bucureşti*
Prof.dr.ing. Carmen Elena MAFTEI, *Universitatea Ovidius Constanţa*
Prof.dr.ing. Ion MIREL, *Universitatea Politehnica Timişoara*
Prof.dr.ing. Dan GEORGESCU, *Universitatea Tehnică de Construcţii Bucureşti*
Prof.dr.ing. Mircea PETRINA, *Universitatea Tehnică Cluj Napoca*
Conf.dr.ing. Dorel PLĂTICĂ, *Universitatea Tehnică Gh. Asachi Iaşi*
Prof.dr.ing. Nicolae POSTĂVARU, *Universitatea Tehnică de Construcţii Bucureşti-redactor şef*
Prof.dr.ing. Daniela PREDA, *Universitatea Tehnică de Construcţii Bucureşti*
Prof.dr.ing. Ioan SÎRBU, *Universitatea Politehnica Timişoara*
Prof.dr.ing. Ioan TUNS, *Universitatea Transilvania Braşov*

ISSN 2068-3987

MATRIX ROM
OP CHIAJNA CP 2
077040 – ILFOV
Tel. 021 4113617 Fax. 021 4114280
e-mail: office@matrixrom.ro
www.matrixrom.ro

Differences between the five climatic zones of Romania regarding the design and energy requirements of an energy efficient house

Silviana Brata¹, Victoria Cotorobai², Cristina Tanasa¹, Daniel Dan¹, Dan Stoian¹, Valeriu Stoian¹

¹*Politehnica University of Timisoara, Department of Civil Engineering and Building Services, 2nd Traian Lalescu Street, Timișoara, România*

²*Technical University "Gheorghe Asachi" Iasi, Department of Building Services, Romania*

Abstract

In Romania, the energy performance design of buildings and related facilities is made on the hypothesis of standardized conventional climate data determined based on statistical average values. The Romanian territory is divided in five different climate zones that have different exterior climate parameters. This paper evaluates to what extent the energy demand vary in case of a residential building already built in the climatic zone II if it transposed to each of the other four climatic zones of Romania. Thus, the study starts from a baseline case of an energy-efficient building, designed and built in compliance with the principles of the passive house standard, in Timis County. Also, another purpose of this study is to establish U-values for the envelope elements, necessary to achieve the passive house standard for each of the five climate zones, in the conditions of the architecture and building services chosen for the already built house in the climate zone II. The energy performance calculations indicate different energy requirements for each of the five climatic zones, except the results for the climatic zone III and IV which are very similar. This paper emphasizes the particularity of the energy efficient design related to the climatic zone and the need of a careful planning in order to obtain the desired energy efficiency at a cost optimal level.

Keywords: energy efficient house, energy requirements, climate zones

1. Introduction

One of the current global problems is the need to reduce the energy consumption in order to prevent conventional natural resources depletion and environmental pollution. According to the statistics of the International Energy Agency (IEA) for energy balance for 2004-2005, the major part of the total final energy use globally is in the building sector (residential and commercial) (IEA, 2008). Thus, the energy consumption in the building sector represents an important category of the total energy consumption at a global level. At the level of the EU, the residential sector accounts for about a quarter of the final energy consumption, according to another important document issued by the European Commission (EC, 2014). The gradual reduction of the energy need in the European Union represents a necessary strategy in order to reduce the greenhouse gas emissions and also European Union dependency on the imported energy. The building sector is identified as the one with the highest potential for reducing the energy consumption. In 2006, the estimated potential for energy saving was 27% for residential and 30% for commercial buildings (EC, 2006). The European Union published the Energy Performance of Buildings Directive EPBD as a legislation regarding the energy performance of the buildings for the European member states and aims to promote improvements in the energy efficiency of a building (EBPD, 2010).

In Romania, the highest percent of the total energy consumption of a building is registered for heating. This fact proves the high potential for the implementation of energy efficient solutions in the rehabilitation of existing buildings and also the importance of developing more accurate standards and energy efficiency solutions for the design and construction of the new buildings.

Throughout the world, different approaches of energy efficient buildings exist with the attempt of providing validation for low energy buildings (Dequaire, 2012). Were developed several energy efficient buildings standards and requirements on energy and energy efficiency. These standards and requirements have the purpose to

guide building norms and standards in each country and contribute to the implementation of the necessary actions. Due to the diversity of climatic conditions, available technologies and practices among European Union countries, the manner and extent of implementation of energy efficiency in buildings are regulated in each country.

An already well known energy efficient design standard is the passive house concept. In order to achieve the passive house standard, a house must have an annual heating/cooling requirement for at most 15kWh/m²/year and a total energy footprint of less than 120kWh/m²/year (Feist, 2007). A passive house combines high-level comfort with low energy consumption. Passive components like insulation, advantageous orientation, heat recovery, air tight envelope are the key elements. The high level of thermal insulation, heat recovery system and solar gains provide a comfortable indoor environment without the need of a conventional heating system. Thus, a passive house doesn't need to be heated actively to a large extent and the additional necessary heat is frequently supplied by heat pumps (Ochs 2012).

This paper presents aspects related to the design using passive house design procedure of an energy efficient building in Romania, focusing on the particularity of the Romanian climatic conditions.

2. Method

2.1. Details for the residential building subjected to energy demand evaluation

2.1.1. Architectural aspects and energy efficient design

The residential building subjected to study was designed and built applying passive house measures and is situated near the city of Timisoara. The construction of the house was finalised in 2011 and ever since is continuously monitored through a complex monitoring system that registers data related to energy consumption and

comfort parameters. The studied residential building is a semidetached house with a treated floor area of approximately 140 m². Fig. 1 shows the geometry of the studied house.

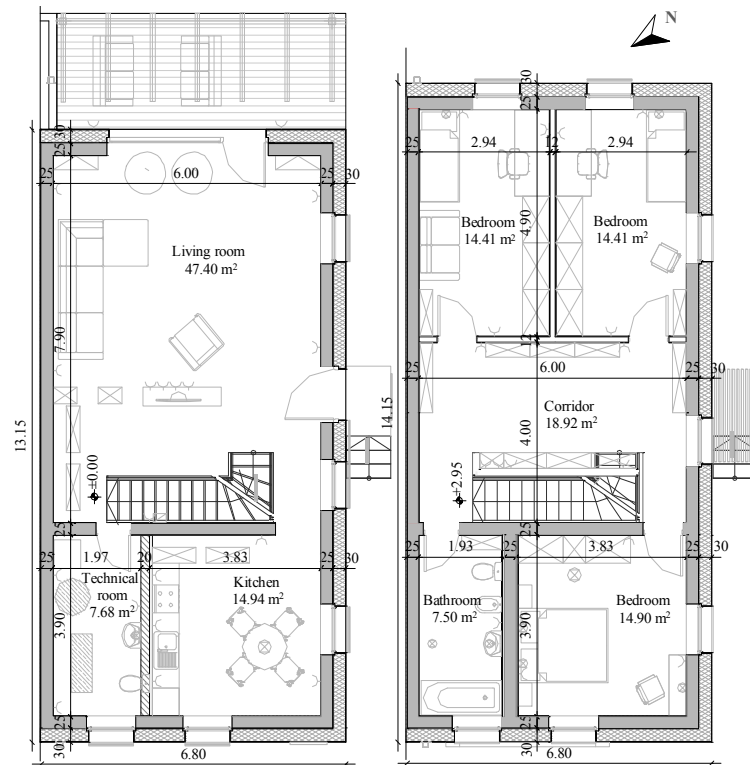


Fig. 1. Horizontal architectural plans for the studied house (ground floor, first floor)

From an architectural perspective, the house presents a compact form indicated by the thermal envelope surface area to volume (A/V) ratio of 0.89 m²/m³ and by the heat loss form factor of 2.77. The heat loss form factor is an alternative to the A/V ratio and describes the ratio of the thermal envelope surface area to the treated floor area. Achieving a heat loss form factor of ≤ 3 is a useful guideline when designing an energy efficient house such as the passive house (BRE Trust). Also, the building has considerable glazing surfaces for the south oriented facades in order to assure solar heat gains during the cold season.

The U -values of the enclosure elements are below the value of 0.15 W/(m²K) recommended by the Passive House Institute. The use of external insulation provides a

Differences between the five climatic zones of Romania regarding the design and energy requirements of an energy efficient house

major advantage in reducing thermal bridges at geometric junctions. The vertical surfaces were complemented with general thermal insulation consisting of polystyrene plates of 300 mm thickness, while only 150 mm of thermal insulation was provided for the upper part of the parapet. The roof system is a non-traffic terrace with a slope of 2%, which incorporates 425 mm thick thermal insulation. Table 1 contains information related to the characteristics of the envelope elements of the house. The ground floor was insulated with polystyrene plates of 400 mm thickness. Polystyrene plates of 150 mm thickness were applied from the foundation beams upwards in order to reduce heat losses through ground.

Table 1. Characteristics of the envelope elements

<i>Envelope element</i>	<i>Surface area [m²]</i>	<i>Total thickness [m]</i>	<i>U-value [W/(m²K)]</i>
Exterior walls	158.55	0.588	0.10
Ground floor	86.70	0.887	0.09
Roof terrace	96.60	0.924	0.08
Floor over air	6.80	0.680	0.07
Windows	41.87	-	0.90

In the construction phase of the house, an airtightness test was performed using the Blower Door procedure obtaining an air change rate of 0.60 h⁻¹. The passive heating strategy of the house is based on the passive solar design and ventilation through a canadian well. The passive cooling strategy during summer is also based on the ventilation through the canadian well, solar protection and shading systems and night ventilation by opening windows.

The building is equipped with an efficient system providing ventilation, heating, cooling and domestic hot water. The system consists in a heat recovery ventilation unit that features an underground heat exchanger for fresh air input, an air-water heat pump, a 2.5 square meter solar collector. The heat is distributed in the

living areas through fan convectors mounted in the ceiling. All equipment installed in the building uses electricity thus facilitating an accurate and clear evaluation of the building's total energy consumption.

The monitoring process was initiated in 2012. Figure 2 shows a recent diagram obtained from the measurements of the passive house monitoring system during a year. This graph shows the daily mean temperature inside the house and the daily mean exterior temperature for a year of monitoring.

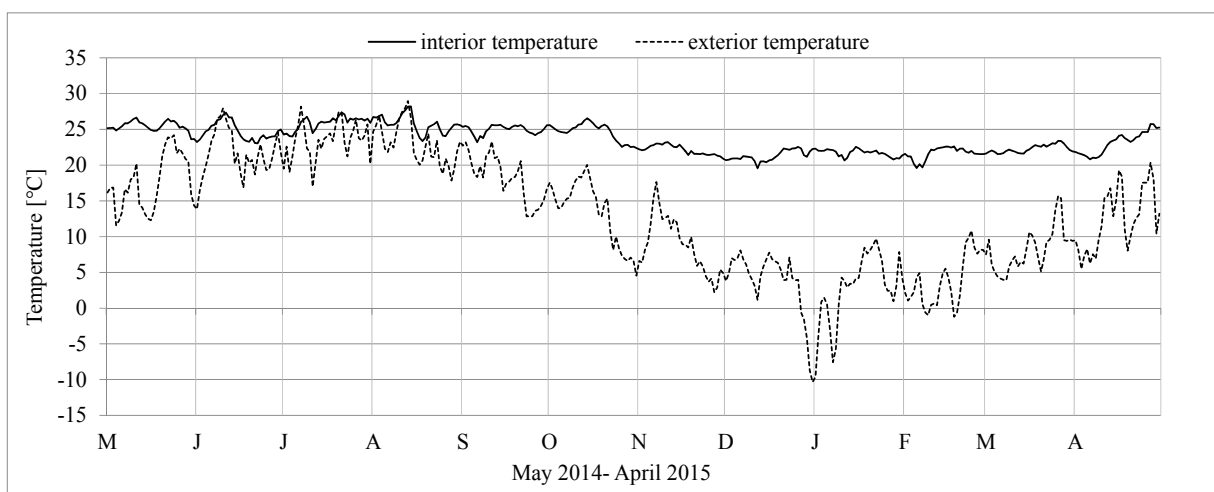


Fig. 2. Temperature measurement for the passive house

Analysis of the graph in Figure 2 shows that the interior air temperature is maintained at values between 20°C and 22°C for the winter months, indicating adequate thermal comfort. Yet for the summer months, there were days when the daily mean temperature was higher than recommended, meaning the house slightly overheated during the sunny summer days. The causes of the overheating are the lack of shading systems for the windows and of an active cooling system, the house being cooled during the night through windows opening and during the day through the Canadian well. Despite the overheating of the house during the summer days, the users of the house did not claim any major discomfort.

Differences between the five climatic zones of Romania regarding the design and energy requirements of an energy efficient house

2.1.2. Structural characteristics of the house

As Romania is a highly active seismic country special structural requirements and detailing are imposed by codes. The structural system of the house was designed in conformity of P100/2006 (P100, 2006) Romanian standard, which is a more severe as equivalent European code EN 1998-1. Based on these requirements the structure was designed for a peak ground acceleration of $a_g = 0.16g$, corresponding to the location of the house. The structural system of the house is a commonly used system in Romania and is composed of masonry structural walls of 250-mm-thick ceramic hollow bricks, confined with reinforced concrete horizontal and vertical ties to meet seismic regulations.



Fig. 3. Pictures from the construction site of the residential house

The infrastructure consists of isolated concrete blocks connected with foundation beams that facilitated the thermal insulation of the entire ground floor. The roof of the house is a non-traffic terrace with structure of wooden beams. Figure 3 shows pictures taken during the construction of the structural system of the house.

2.2. Climatic parameters used to determine the energy performance of the building

The climatic parameters represent essential values in order to assess the energy performance and efficiency of a building and its equipment. Thus, the values for specific climate parameters are needed to assess the energy performance of new and existing buildings and also sizing the energy efficient envelope and equipment of the building. Information related to the climate data used in the energy use for space heating and cooling computation in Romania is presented in the Romanian methodology Mc001 (Mc 001, 2006). The first classification on climate zones was made using the weather parameters specific to the years 1961-1988. The update of the climate data implied the analysis of the weather parameters for two representative climate intervals 1961-2008 and 1994-2008. Currently, the Romanian territory is divided in five climate zones characterised by conventional exterior temperatures used for the buildings heating load calculation. For the purpose of this paper five representative towns for each climate zone were chosen (Table 2).

Table 2. Representative locations for each climate zone

<i>Climatic zone</i>	<i>City</i>
I	Constanta
II	Timisoara
III	Iasi
IV	Targu Mures
V	Sfantu Gheorghe

The monthly average temperatures and intensity of global solar radiation for each location were used in the energy requirements calculations performed by quasi-steady-state method.

Figure 4 shows a graph with the variation of the monthly average exterior temperature during the year. We can observe the temperature differences between the

Differences between the five climatic zones of Romania regarding the design and energy requirements of an energy efficient house

five cities and also the close values for the temperatures in Iasi and Targu Mures.

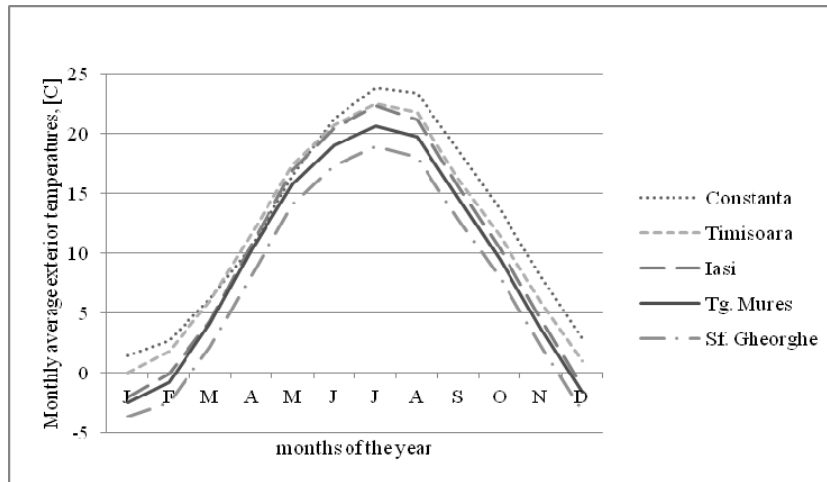


Fig. 4. Monthly average exterior temperature [°C]

Similar to Figure 4, Figure 5 presents the variation of the total solar radiation intensity during a year. The values for Constanta are the highest for almost the entire year.

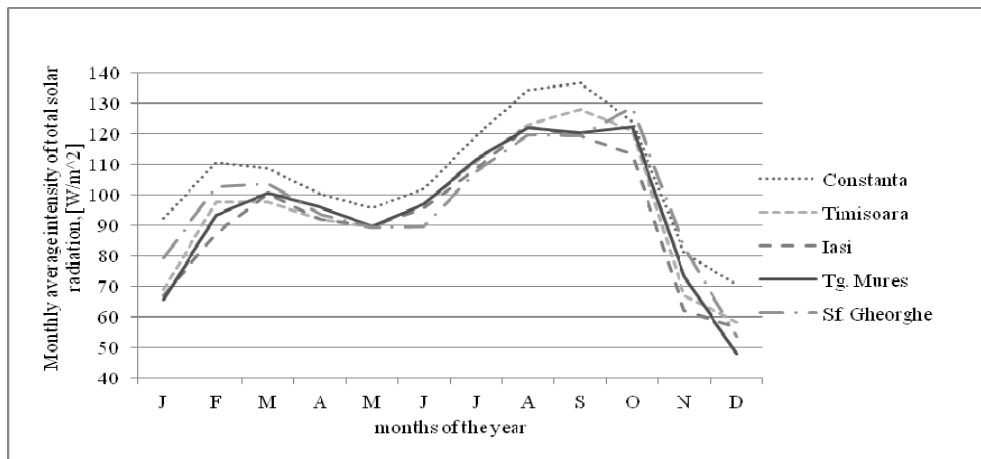


Fig. 5. Monthly average intensity of solar radiation [W/m²]

A comparative presentation of the average annual temperature and the maximum and minimum values of the parameters used in the calculations, for each location for the five climatic zones, are presented in Table 3.

Table 3. Climate parameters values for the studied climatic zones/cities

<i>Climatic zone /city</i>	<i>I Constanta</i>	<i>II Timisoara</i>	<i>III Iasi</i>	<i>IV Targu Mures</i>	<i>V Sfantu Gheorghe</i>
Annual average temperature [°C]	12.4	11.4	10.3	9.4	7.7
Maximum monthly average exterior temp. [°C]	23.8/July	22.5/July	19.8/July	20.6/July	18.9/July
Minimum monthly average exterior temp. [°C]	1.4/Jan.	0.0 /Jan.	-2.1/Jan.	-2.5/Jan.	-3.7/Jan.
Maximum monthly average intensity of total solar radiation [W/m²]	136.6/Sept.	127.8/Sept.	122.1/Sept.	122.2/Sept.	128.7/Sept.
Minimum monthly average intensity of total solar radiation [W/m²]	70.7/Dec.	58.2/Dec.	56.5/Dec.	48.1/Dec.	53.6/Dec.

Thus, for the calculations the monthly method was applied using the dedicated software tool Passive House Planning Package PHPP.

2.2. Evaluation of the energy requirements for the studied house using PHPP in case of the five climatic zones in Romania

The first prerequisite on the road of realising a passive house consists in a well-planned and documented design. Throughout time, the Passive House Institute has presented different passive house building techniques and specific details that are

suitable for the Central European Climate. However, it is not enough to solely apply those solutions for buildings situated in other climatic conditions. A more detailed design is necessary by performing simulations using the specific climatic conditions. As presented earlier in this paper, in Romania can be identified five climatic zones, each one characterised different exterior parameters such as temperature and solar radiation. At the moment of the planning and design of the house discussed in this paper, the energy use evaluation was performed for the climatic zone II, using the specific climate data for exterior temperature and solar radiation for the city of Timisoara. To achieve the desired energy efficiency, the design was performed using the dedicated software tool Passive House Planning Package PHPP which is one of the most frequently used design tools for passive houses and was developed by W. Feist at the Passive House Institute in Germany. Passive House Planning Package PHPP is based on European standards related to thermal protection of buildings and energy performance calculations. PHPP is an Excel-based energy modelling tool that can be used to design a passive house or to verify whether a building meets the Passive House standard. The main advantage of the PHPP software is that all components for the thermal envelope and the building services can be optimized to achieve the entire maximum technical potential of the respective component (CEPH, 2011). The thermal properties of the building envelope were required for computational analysis. Along with the thermal properties and areas of the building components, parameters related to the activities of occupants, window and wall orientations, shading and ventilation are also necessary.

For the purpose of this study, the energy demand of the residential building was also evaluated in the situations of the other four locations corresponding to the climate zones of Romania. Therefore, for the same calculation model, different climate data was used in order to assess the energy requirements in each of the other four locations. Table 4 presents the results obtained from the PHPP simulations for each of the climate scenario. As expected, for the first location, Constanta, the energy requirements are the lowest due to the fact that the exterior temperature and solar

radiation intensity are higher than for the second location, Timisoara, which represents the location for which the house was designed for in the first place. The results for the third location, Iasi, and fourth location, Tg. Mures, show close values for the energy requirements. For the fifth location, Sf. Gheroghe, the energy requirement is the highest, bear in mind that the weather parameters for this town are the most disadvantageous.

Table 4. Results of the energy performance simulation using Passive House Planning Package

<i>Climatic zone</i>	<i>Heating energy demand</i>	<i>Specific primary energy</i>	<i>Frequency of overheating at 25°C during summer</i>
	<i>[kWh/m²/year]</i>	<i>[kWh/m²/year]</i>	<i>[%]</i>
I Constanta	10.4	99	30.6
II Timisoara	15.0	106	15.4
III Iasi	19.6	114	11.7
IV Targu Mures	20.6	115	7
V Sfantu Gheorghe	23.4	119	2.4

The energy requirements of the building transposed in each of the five climate conditions vary from one location to the other. The highest difference is between the results for the first location and the results for the fifth location, which are the extremes in terms of weather parameters values. The lowest difference is between the results for Iasi and Targu Mures.

Regarding the frequency of overheating, for the climatic zones IV and V the risk reduced even though shading and systems were not considered in the calculation for neither of the scenarios. The Passive House Institute recommends a limit of less than 10% of the total number of occupied hours in a year for the frequency of overheating events when indoor temperature is higher than 25°C. For the other three climatic zone, the frequency of overheating exceeds the 10% limit, especially in the situation of the

Differences between the five climatic zones of Romania regarding the design and energy requirements of an energy efficient house

climatic zone I. In these cases, summer shading devices are required in order to maintain a comfortable climate inside the house during the summer sunny days.

2.3. Required U-values to achieve the passive house standard for each of the five climatic zones

The results of the PHPP evaluations show on one hand that the efficiency measures applied for the climatic zone II are not enough to achieve the passive house standard in the climatic zones III, IV and V for the studied house. On the other hand, it can be concluded that in the situation of climate zone I for the location Constanta, the energy efficiency measures might be less restrictive if the purpose is solely to achieve heating energy demand under 15 kWh/m². Thus, other series of PHPP simulations were performed with the purpose of achieving the passive house requirement for each climate scenario. For this purpose, the U-values of the envelope elements were improved or reduced until the heating energy demand was ≤ 15 kWh/(m²year) for all situations. For each location, maximum U-values were defined that are necessary to achieve the passive house standard (Table 5).

Table 5. U-values necessary to fulfil the passive house requirements in the five climatic zones

<i>Climatic zone/city</i>	<i>Average U-value [W/(m²K)]</i>
I Constanta	0.216
II Timisoara	0.178
III Iasi	0.155
IV Targu Mures	0.149
V Sfantu Gheorghe	0.139

The obtained U-values are relevant only for the situation of the studied residential building. The requirements might be more or less restrictive depending on the architecture/geometry of a building, orientation and also building equipment.

3. Conclusions

The purpose of this paper was to assess the influence of the climatic zone on the energy requirements of a residential building designed as a passive house. For this purpose, a case study was developed on the energy efficient residential house built in Timisoara. The house was subjected to simulations in PHPP using different climate scenarios corresponding to the five climate zones of Romania. The results indicated, as expected, the lowest energy demand for the climatic zone I scenario and the highest energy demand for the climate zone V scenario. The difference between the results for the climate zone I and climate zone II scenarios is noticeable, although in both cases the house fulfils the passive house requirement of heating demand less than 15 kWh/(m²year). The scenarios for climate zone III and IV have close results for energy requirements but a significant growth is noticed compared to the baseline case scenario. For the climate zone V scenario the difference from the baseline case scenario is even more noticeable. These results of the PHPP simulations lead to the conclusion that the residential house, as designed to achieve the passive house standard for climate zone II, easily fulfils the criteria for climate zone I but for the climate zone III, IV and V requires additional energy efficiency measures. For the studied house, maximum U-values are defined necessary to achieve the passive house standard in each of the five climate conditions. Compared to the baseline case scenario, these U-values can be achieved through an increase in the thermal insulation thickness or use of more efficient materials, use of highly energy efficient windows. For the climate zone I scenario, the energy demand results indicate that it is possible to increase the U-value compared to the baseline case scenario and still fulfil the passive house heating demand criteria.

Differences between the five climatic zones of Romania regarding the design and energy requirements of an energy efficient house

As a future development of this study, specific solutions and energy efficiency details will be developed and also economic calculations will be performed for each scenario in order to compare the initial investments and also the life cycle costs. Also, structural design aspects have to be considered taking in consideration the corresponding seismic load for each location. For the locations chosen for this study, only Iasi has a seismic load higher than Timisoara. For this situation it is likely that additional measures will be required to improve the seismic resistance of the building.

4. Acknowledgements

This work was supported by a grant of the Romanian National Authority for Scientific Research, CNDI–UEFISCDI; project number PN-II-PT-PCCA-2011-3.2-1214-Contract 74/2012.

References

BRE Trust, Passivhaus Primer – Designer’s Guide: A guide for the design team and local authorities, On line at:

http://www.passivhaus.org.uk/filelibrary/Primers/KN4430_Passivhaus_Designers_Guide_WEB.pdf

Certified European Passive House (CEPH) Project: A success Story, WIP – Renewable Energies, On line at:

https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/ieeprojects/files/projects/documents/ceph_certified_european_passive_house_designers_en.pdf

Dequaire X., (2012), Passivhaus as a low-energy building standard: contribution to a typology, *Energy Efficiency*, 5-3, 377-391.

EC, (2006), Communication from the Commission - Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential, On line at: http://www.buildup.eu/sites/default/files/actionplan_p2548.pdf

EC, (2014), European Energy Security Strategy – Communication from the Commission to the European Parliament and the Council, On line at:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0330&from=EN>

EPBD, (2010), *Energy Performance of Buildings Directive*, Journal of the European Union: 13-35, On

Silviana Brata, Victoria Cotorobai, Cristina Tanasa, Daniel Dan, Dan Stoian, Valeriu Stoian

line at:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF>

EN 1998-1. Eurocode 8: Design of Structures for earthquake resistance.

Feist W., Pfluger R., Kaufmann B., Schnieders J., Kah O., (2007), *Passive House Planning Package 2007, Technical information, PHI-2007/1*, Passive House Institute, Darmstadt, Germany.

IEA, (2008), Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings, International Energy Agency Information paper, On line at: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Building_Codes.pdf

Mc 001-2006, (2006), Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor (in Romanian), Ministry of Regional Development and Tourism.

Ochs F., (2012), *Monitoring and simulation of a passive house with innovative solar heat pump system*, International Energy Agency - Solar, Heating & Cooling Programme, On line at: <http://archive.iea-shc.org/publications/downloads/2011.023.pdf>

P100/2006, (2006), Cod de proiectare seismică – partea I - Prevederi de proiectare pentru clădiri (in Romanian), Ministerul Transportului Construcțiilor și Turismului.

Passive House Institute – Darmstadt, On line: <http://www.passiv.de/>

Comparison on the behavior of confined masonry structures made with ceramic vertical hollow blocks in correlation with CR6-2013 and P2-85 design codes requirements

Daniel Stoica¹, Mihai Niste²

¹Associate Professor, PhD, Technical University of Civil Engineering, Faculty of Civil, Industrial and Agricultural, e-mail: stoica@utcb.ro, Romania

²Assistant Professor, Technical University of Civil Engineering, Faculty of Civil, Industrial and Agricultural, e-mail: mihainiste@yahoo.com, Romania

Abstract: Considering the provisions of the new design codes P100/1-2013 and CR6-2013 in this paper a comparison between structural responses for a building with structural masonry walls made of vertical hollow ceramic blocks calculated according to CR6-13 and P2-85 design codes requirements.

Keywords: Hollow, blocks, CR6-13, P2-85

1. Computation hypothesis

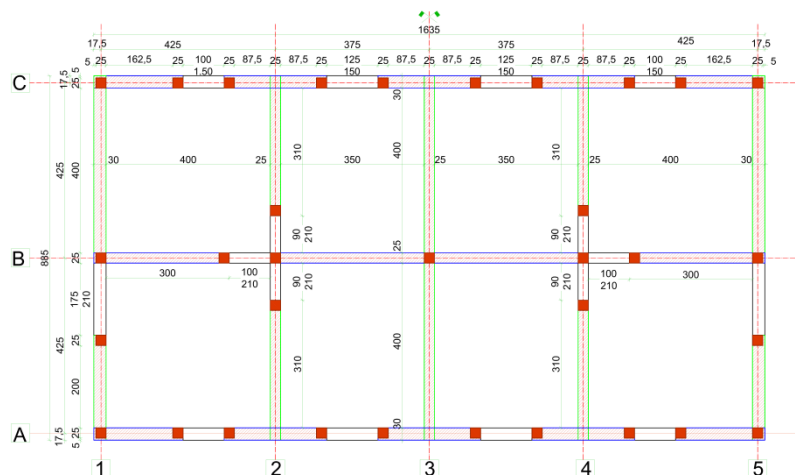
There has been realized two study cases for a building with 3 levels with confined masonry structure, having the dimensions in plan about 16.35m with 8.85m and the levels height of 2.75m. As a location Bucharest was considered which is characterized by a peak ground acceleration $a_g=0.30g$ and with the control period (corner period) $T_c=1.6$ seconds.

For the first study case computation vertical hollow ceramic blocks were considered; for the external walls the thickness $t = 30\text{cm}$ respectively for the interior walls $t = 25\text{cm}$. The specific weight of the masonry was considered 1050 kgf/m^3 . The masonry is made with a general purpose masonry mortar M5 and ceramic blocks with a standardized compression strength $f_b = 10\text{N/mm}^2$, resulting the compressive strength of masonry $f_k=3.65 \text{ N/mm}^2$ according to Table 4.2.b of CR6- 2013 code.

For the second study case were considered the same geometrical and weight ceramic blocks. The masonry is made with a general purpose masonry mortar M5 (M50 according $R=2.30 \text{ N/mm}^2$ (see table 3 of STAS 10109/1-82), shear resistance $R_f = 0.16 \text{ N/mm}^2$ and characteristic strength for the main stretching efforts $R_p = 0.11 \text{ N/mm}^2$ (see table 5 of STAS 10109/1-82).

For both study cases were determined the loads, level weights and the seismic base coefficient.

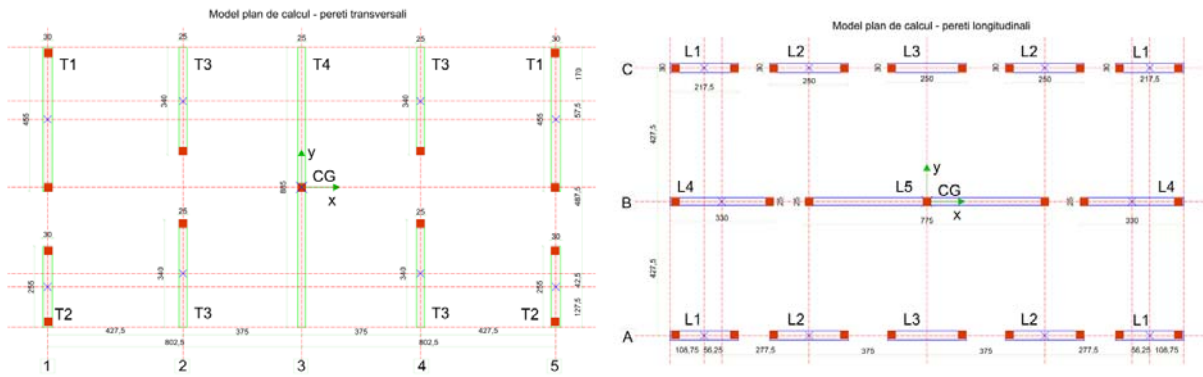
- The maximum ordinate for the elastic spectrum $\beta_0 = 2.50$;
- The reduction factor for buildings with more than 2 levels $\lambda=0.85$;
- The reduction factor which take into account the masonry critical damping ($\xi=8\%$) is $\eta=0.88$;
- The importance-exposure factor is $\gamma_{Ie}=1.0$ (current building type according to table 4.2 from P100-1/2013 code);
- The behavior factor $q=2.0$ (according to paragraph 8.3.4(5) from code P100-1/2013);
- The global seismic coefficient $c = \gamma_{Ie} \frac{\beta_0 \times \lambda \times \eta}{q} \times \frac{a_g}{g} = 1.0 \times \frac{2.5 \times 0.85 \times 0.88}{2} \times \frac{0.30g}{g} = 0.28$
- There was also calculated the horizontal levels seismic forces as $F_i = F_b \frac{m_i \times z_i}{\sum_{j=1}^n m_j \times z_j}$ (according to equation 4.5 from P100-1/2013 code).



2. Establishing the 2D models for seismic computation

The building shows geometric and structural symmetry in the plan and meets also the elevation conditions of regularity. It can be used to calculate it the equivalent static seismic forces using two planar models; building - regardless of the used blocks type - fit into the type 1.1 (Table 5.1. from CR6-2013 code). The two models are illustrated below:

Comparison on the behavior of confined masonry structures made with ceramic vertical hollow blocks in correlation with CR6-2013 and P2-85 design codes requirements



Checking the structural walls density

Transverse	Longitudinal
$Ax\ 1 + Ax\ 5 \Rightarrow 2 \times (4.55 \times 0.30 + 2.55 \times 0.30) = 4.26m^2$ $Ax\ 2 + Ax\ 4 \Rightarrow 2 \times (3.40 \times 0.25 + 3.40 \times 0.25) = 3.40m^2$ $Ax\ 3 \Rightarrow 8.85 \times 0.25 = 2.2125m^2$ Total $\Rightarrow A_{walls} = 9.8725m^2$ $\Rightarrow p = 6.82\%$	$Ax\ A + Ax\ C \Rightarrow 2 \times (2 \times 0.3 \times 2.175 + 3 \times 0.30 \times 2.50) = 7.11\ m^2$ $Ax\ B \Rightarrow 2 \times 0.25 \times 3.30 + 0.25 \times 7.75 = 3.5875\ m^2$ Total $\Rightarrow A_{walls} = 10.6975m^2$ $\Rightarrow p = 7.39\%$

According to Table 8.9 from P100-1/2013 code for a 3 levels building located in a site with the $a_g=0.30g$, the minimum density of structural walls is $p_{min} = 6.0\%$ for confined masonry structural system.

There were checked each wall ρ ratio (between the openings length and fullness masonry length according to table 8.11 of P100-1/2013 code - checking were done for a site with horizontal design acceleration $a_g=0.30g$. Requirements: exterior walls $\rho \leq 0.8$, interior walls $\rho \leq 0.25$ respectively.

Transverse	Longitudinal
$Ax\ 1\ sau\ Ax\ 5 \Rightarrow l_{openings} = 1.75m$ $l_{masonry} = 7.10m$ $\Rightarrow \rho = 0.246 \leq 0.80$ (exterior walls) $Ax\ 2\ sau\ Ax\ 4 \Rightarrow l_{openings} = 1.80m$ $l_{masonry} = 7.05m$ $\Rightarrow \rho = 0.25 \leq 0.25$ (interior walls)	$Ax\ A\ sau\ Ax\ C \Rightarrow l_{openings} = 4.50m$ $l_{masonry} = 11.85m$ $\Rightarrow \rho = 0.38 \leq 0.80$ (exterior walls) $Ax\ B \Rightarrow l_{openings} = 2.00m$ $l_{masonry} = 14.35m$ $\Rightarrow \rho = 0.14 \leq 0.25$ (interior walls)

The conditions from code P100-1/2013 - Table 8.11 are satisfied.

Structural analysis models take into account the connections made between the wall (cantilevers), which are made at every level by rigid floors (horizontal diaphragms) in their plan. In this case, the shear distribution between the structural walls stemming

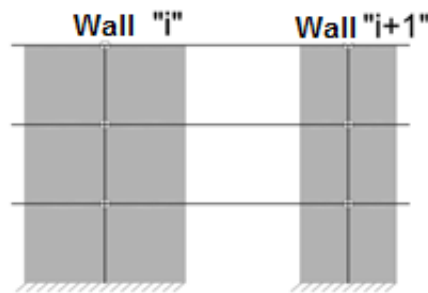
came from the lateral displacement compatibility condition of the walls at each floor. Spandrels effect is negligible.

The connections between the walls were modeled as compressed strut articulated at both ends.

The walls were modeled as elastic rectangular bar (with respective values of the area, the shear area and moment of inertia) at the ± 0.00 fixed support.

With this model from the equal condition translational displacements using a computer program for 2D analyses were calculated the sectional efforts (shear and bending moment) on each wall.

Because the torsion components depend only on the geometry and geometric properties of the walls, their values were considered proportional to those obtained by the method of independent cantilevers.



The calculation scheme for compressed struts

Design values of shear and bending moment for each wall are given in the below tables (for the transverse walls the values include increases from the torsional effect).

First level pier	Positive sense seismic action		
	V_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}/M_{Ed}
	tf	tfm	
T1	22.4	136.8	0.164
T2	10.1	54.7	0.185
T3	10.6	64.8	0.164
T4	34.5	265.7	0.130

Transverse (including the torsional effects)

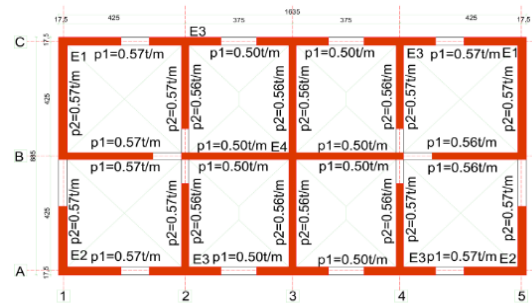
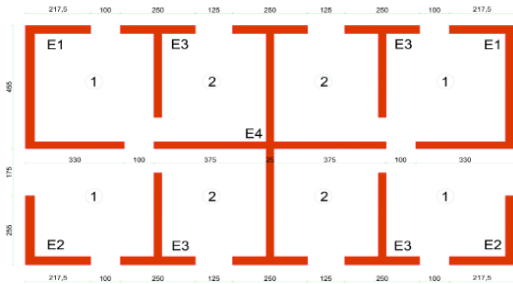
First level pier	Positive sense seismic action		
	V_{Ed}	M_{Ed}	V_{Ed}/M_{Ed}
	tf	tfm	
L1	8.0	45.5	0.176
L2	9.7	58.8	0.165
L3	9.7	58.7	0.166
L4	9.8	64.2	0.153
L5	30.4	284.9	0.107

Longitudinal (neglected torsional effects)

Further structural safety checks will be carried out using values obtained by applying the cantilever sectional efforts attached to each level.

Comparison on the behavior of confined masonry structures made with ceramic vertical hollow blocks in correlation with CR6-2013 and P2-85 design codes requirements

3. The vertical loads for structural walls



Total loads and compression unitary efforts on walls groups

Walls groups	n _e	Area	G _{slab}	G _{masonry}	G _{level}	G _{1st level}	G _{2nd level}	G _{3rd level}	σ _{0 1st level}	σ _{0 2nd level}	σ _{0 3rd level}
		m ²	tones	tones	tones	tones	tones	tones	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
E1	2	2.6775	7.69	8.84	16.53	49.58	33.05	16.53	0.185	0.123	0.021
E2	2	1.3275	3.163	4.38	7.54	22.63	15.09	7.54	0.170	0.114	0.024
E3	4	1.525	5.84	5.03	10.87	32.61	21.74	10.87	0.214	0.143	0.019
E4	1	5.4375	20.88	17.94	38.83	116.48	77.65	38.83	0.214	0.143	0.019

4. The capable bending moments calculation (1st level – Ceramic blocks masonry- CR6-2013)

TRANSVERSAL

Wall	Group	f _k	γ _M	f _d	t	l _w	A=t x l _w	σ _{0 parter}	S _d = σ ₀ /f _d	N _{Ed} = σ ₀ x A	l _s	A _{st}	X _{Rd}
		N/mm ²		N/mm ²			m ²	N/mm ²	---	tone			
T1	E1	3.65	1.9	1.92	0.30	4.55	1.365	0.185	0.096	25.28	4.25	6.15	0.585
T2	E2	3.65	1.9	1.92	0.30	2.55	0.765	0.170	0.089	13.04	2.25	6.15	0.302
T3	E3	3.65	1.9	1.92	0.25	3.40	0.850	0.214	0.111	18.18	3.15	6.15	0.505
T4	E4	3.65	1.9	1.92	0.25	8.85	2.213	0.214	0.112	47.4	8.60	6.15	1.315

Wall	M _{Rd} (ZNA)	M _{Rd} (A _s)=l _s A _{st} f _{yd}	M _{Rd} (ZC)= M _{Rd} (A _s)+ M _{Rd} (ZNA)	M _{Ed}	OBS	V _E /M _E	V _{Edu} = M _{Rd} (ZC) x V _E /M _E
	tm		tm				tm
T1	50.11	78.41	* 128.53	136.8	NOK	0.164	21.05
T2	14.66	41.51	56.17	54.7	OK	0.185	10.37
T3	26.32	58.12	84.43	64.8	OK	0.164	13.81
T4	178.55	158.67	337.22	265.7	OK	0.130	43.79

LONGITUDINAL

Wall	Group	f_k	γ_M	f_d	t	l_w	$A=t \times l_w$	$\sigma_{0 \text{ parter}}$	$s_d = \sigma_0 / f_d$	$N_{Ed} = \sigma_0 \times A$	l_s	A_{st}	x_{Rd}
		N/mm ²		N/mm ²									
L1	E2	3.65	1.9	1.92	0.3	2.2	0.653	0.170	0.089	11.12	1.875	6.15	0.257
L2	E3	3.65	1.9	1.92	0.3	2.5	0.750	0.214	0.111	16.04	2.25	6.15	0.371
L3	E4	3.65	1.9	1.92	0.3	2.5	0.750	0.214	0.112	16.07	2.22	6.15	0.372
L4	E1	3.65	1.9	1.92	0.3	3.3	0.825	0.185	0.096	15.28	3.00	6.15	0.424
L5	E4	3.65	1.9	1.92	0.3	7.8	1.938	0.214	0.112	41.5	7.50	12.05	1.152

Wall	$M_{Rd} (ZNA)$	$M_{Rd}(AS) = l_s A_{st} f_{yd}$	$M_{Rd} (ZC) =$	M_{Ed}	OBS	V_E / M_E	$V_{Edu} = M_{Rd} (ZC) \times V_E / M_E$
			$M_{Rd}(AS) + M_{Rd} (ZNA)$				
	tm	tm	tm	tm		m ⁻¹	tone
L1	10.67	34.59	45.26	45.5	OK	0.176	7.96
L2	17.07	41.51	58.59	58.8	OK	0.165	9.66
L3	17.10	41.51	58.51	58.7	OK	0.166	9.69
L4	21.97	55.35	77.32	64.2	OK	0.153	11.80
L5	135.92	271.13	408.05	284.9	OK	0.107	43.54

Conclusions available for the masonry structure made of ceramic blocks according to design code CR6-2013.

The requirement of structural resistance to compression and bending is satisfied for the whole building both directions.

* Transversely the T1 wall has insufficient strength $M_{Rd} = 0.94 M_{Ed}$. Since this strength is less than 15%, it is acceptable that the difference is covered by redistributing the total resistance $\Sigma M_{Rd} = 1.15 \Sigma M_{Ed}$

5. The structural walls design shear strength computation

Failure mechanism by sliding in horizontal beds

The design slip strength in horizontal beds of confined masonry walls, V_{Rd} is calculated by adding:

- The design slip strength in horizontal beds of URM masonry panel corrected to take into account the effect of confinement elements (V_{Rdl}^*);
- The design shear strength of reinforcement corresponding to compressed belt column from the compressed wall edge (V_{Rd2});
- The design shear strength of compressed belt column (V_{Rsc}).

$$V_{Rd} = V_{Rdl}^* + V_{Rd2} + V_{Rsc} \text{ according to relation (6.35) from CR6-2013}$$

V_{Rdl}^* corrected strength calculation was made using the equation:

Comparison on the behavior of confined masonry structures made with ceramic vertical hollow blocks in correlation with CR6-2013 and P2-85 design codes requirements

$$V_{Rd,l}^* = \frac{1}{\gamma_M} f_{vk0} t l_{ad} + 0.4 N_{Ed}^* \text{ according to relation (6.35a) from CR6-2013}$$

where $N_{Ed}^* = N_{Ed} + 0.8 V_{Ed} \frac{h_{pan}}{l_{pan}}$ according to relation (6.35b) from CR6-2013

h_{pan} and l_{pan} are the confined masonry panel dimensions.

In the following tables there used the notations:

$$V_{ad} = \frac{1}{\gamma_M} f_{vk0} t l_{ad} \quad V_{\mu} = 0.4 N_{Ed}^*$$

The compressed belt column reinforcement shear strength where computed according to CR6-2013, where for the longitudinal reinforcement of $\varnothing 14$ $f_{yd} = 300 \text{ N/mm}^2$, 2nd strength category, and the stirrups of $\varnothing 8$ $f_{yd} = 210 \text{ N/mm}^2$, 1st strength category, it was considered a $\lambda_c = 0.25$ (table 6.3 from CR6).

$$V_{Rd2} = \lambda_c A_{asc} f_{yd} \text{ according to relation (6.36) from CR6-2013}$$

The shear strength value for the belt column concrete where computed with:

$$V_{Rsc} = A_{bsc} \times f_{cvd} \text{ according to relation (6.37) from CR6-2013}$$

$f_{cvd} = f_{cvk} / \gamma_C = 0.27 \text{ N/mm}^2 / 1.5 = 0.18 \text{ N/mm}^2$ (concrete class C12/15 according to table 3.2 from EC 6)

It result the total shear strength of the compressed belt column as: $V_{Rstc} = V_{Rd2} + V_{Rsc}$

TRANSVERSE

Element	V_{Ed}	N_{Ed}	N_{Ed}^*	l_w	h	l_{ad}	$V(\mu)$	V_{ad}	V_{Rdl}^*	V_{Rd2}	V_{Rsc}	V_{Rstc}	$V_{Rdl}(ZC)$	OBS
	tone	tone	tone	m	m	m	tone	tone	tone	tone	tone	tone	tone	
T1	22.39	25.28	35.12	4.55	2.50	0.00	14.05	0.00	14.05	4.61	1.13	5.74	19.79	NOK
T2	10.10	13.04	20.96	2.55	2.50	0.00	8.38	0.00	8.38	4.61	1.13	5.74	14.12	OK
T3	10.64	18.18	24.44	3.40	2.50	0.00	9.78	0.00	9.78	4.61	1.13	5.74	15.50	OK
T4	34.53	47.40	55.20	8.85	2.50	0.00	22.08	0.00	22.08	4.61	1.13	5.74	27.81	NOK

LONGITUDINAL

Element	V_{Ed}	N_{Ed}	N_{Ed}^*	l_w	h	l_{ad}	$V(\mu)$	V_{ad}	V_{Rdl}^*	V_{Rd2}	V_{Rsc}	V_{Rstc}	$V_{Rdl}(ZC)$	OBS
	tone	tone	tone	m	m	m	tone	tone	tone	tone	tone	tone	tone	
L1	8.00	11.12	18.48	2.18	2.50	0.00	7.39	0.00	7.39	4.61	1.13	5.74	13.13	OK
L2	9.69	16.04	23.79	2.50	2.50	0.00	9.52	0.00	9.52	4.61	1.13	5.74	15.26	OK
L3	9.72	16.07	23.85	2.50	2.50	0.00	9.54	0.00	9.54	4.61	1.13	5.74	15.27	OK
L4	9.79	15.28	21.21	3.30	2.50	0.00	8.48	0.00	8.48	4.61	1.13	5.74	14.22	OK
L5	30.42	41.50	49.35	7.75	2.50	0.00	19.74	1.00	19.74	7.23	1.13	8.36	28.09	NOK

Failure mechanism in inclined section

The design strength for inclined failure mechanism for the confined masonry walls (V_{Rd}) is computed by assuming:

- The design strength for inclined section of a URM masonry panel corrected to take into account the interaction with the confinement elements (VR_{di}^*);
- The design shear strength due to compressed belt column reinforcement from the compressed wall edge (VR_{d2});
- The design shear strength for the compressed belt column (VR_{sc}).

$$VR_d = VR_{di}^* + VR_{d2} + VR_{sc}$$

The VR_{d2} and VR_{sc} values are identical with those determined for the horizontal slip mechanism.

Characteristic tension strength of burned clay elements were considered as: $f_{bt} = 0.035f_b$ according to (4.5a) from CR6-2013

Standardize compression strength of burned vertical hollowed clay blocks were considered: $f_b = 10\text{N/mm}^2$

Resulting that: $f_{bt} = 0.035f_b$ so $f_{bt} = 0.035 \times 10\text{N/mm}^2 = 0.35\text{N/mm}^2$

Characteristic unitary inclined strength for ceramic masonry where computed by:

$$f_{vk,i} = 0.22f_{bt}\sqrt{1 + 5\frac{\sigma_d^*}{f_{bt}}} = 0.077\sqrt{1 + 14.285\sigma_d^*} \quad \text{according to (4.4a) from}$$

CR6-2013

The design inclined strength became:

$$V_{Rd,i} = \frac{A_w}{b} \times \frac{f_{vk,i}}{\gamma_M} = \frac{A_w}{b} \times f_{vd,i} \quad \text{according to (6.34) from CR6-2013}$$

b – correction coefficient that takes into account the aspect ratio of the masonry panel

$b = 1.5$ for $h/l_w \geq 1.5$

$b = 1.0$ for $h/l_s < 1.0$

$b = h/l_w$ for $1.0 \leq h/l_w < 1.5$ according to 6.6.4.1.2. from CR6-2013

$h = H_{tot}$ for all the cantilever walls $\Rightarrow H_{tot} = 8.25\text{m}$

The values VR_{di}^* and the confined masonry inclined strength appear in the following tables:

TRANSVERSE

Element	n_e	V_{Ed}	l_w	Area	N_{Ed}^*	$\sigma_d^* = N_{Ed}^*/A$	$f_{vk,i}^*$	$f_{vd,i}^*$	b	VR_{di}^*	VR_{sc}	$VR_{di} (ZC)$	OBS
		tones	m	m^2	tones	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2		tones	tones	tones	
T1	2	22.39	4.55	1.37	35.12	0.257	0.166	0.0876	1.50	7.97	5.74	13.71	NOK
T2	2	10.10	2.55	0.77	20.96	0.274	0.170	0.0898	1.50	4.58	5.74	10.32	OK
T3	4	10.64	3.40	0.85	24.44	0.288	0.174	0.0915	1.50	5.19	5.74	10.93	OK
T4	1	34.53	8.85	2.21	55.20	0.249	0.164	0.0866	1.00	19.15	5.74	24.89	NOK

Comparison on the behavior of confined masonry structures made with ceramic vertical hollow blocks in correlation with CR6-2013 and P2-85 design codes requirements

LONGITUDINAL

Element	n _e	V _{Ed}	l _w	Area	N _{Ed} *	σ _d *=N _{Ed} */A	f _{vk,i} *	f _{vd,i} *	b	V _{Rd,i} *	V _{Rstc}	V _{Rd,i} (ZC)	OBS
		tones	m	m ²	tones	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	---	tones	tones	tones	
L1	4	8.00	2.18	0.65	18.48	0.283	0.173	0.0910	1.5	3.96	5.74	9.70	OK
L2	4	9.69	2.50	0.75	23.79	0.317	0.181	0.0953	1.5	4.77	5.74	10.50	OK
L3	2	9.72	2.50	0.75	23.85	0.318	0.181	0.0954	1.5	4.77	5.74	10.51	OK
L4	2	9.79	3.30	0.83	21.21	0.257	0.166	0.0876	1.5	4.82	5.74	10.56	OK
L5	1	30.42	7.75	1.94	49.35	0.255	0.166	0.0873	1.07	16.91	8.36	25.27	NOK

Associated shear force for bed joints reinforcement

The shear force taken by the horizontal bed joints reinforcements is calculated using the equation: $V_{Rd3} = 0.8 l_w \frac{A_{sw}}{s} f_{yd}$ according to (6.41) from CR6-2013. In the case of ceramic with vertical hollow masonry block with reinforcement in the horizontal bed joints will be with OB37 2Ø8 and $f_{yd}=210\text{N/mm}^2$ ($A_{sw} = 100.48\text{mm}^2$) from two rows on the 1st floor $s=2 \times 250\text{mm}=500\text{mm}$, respectively at the 2nd and 3rd floor from row to rows $s=250\text{mm}$. $V_{Rd}(ZC) = \min(V_{Rd,1}; V_{Rd,i})$ and $V_{Rd}(ZC+AR) = V_{Rd}(ZC) + V_{Rd,3}$

1st LEVEL - TRANSVERSE

Horizontal reinforcement design strength computation:

Element	l _w	n _{bars}	diameter	A _{sw}	nr rows	h _{row}	s	f _{yd}	V _{Rd3}
	m	---	mm	mm ²	---	mm	mm	N/mm ²	tones
T1	4.55	2	8	100.48	2	250	500	210	15.36
T2	2.55	2	8	100.48	2	250	500	210	8.61
T3	3.40	2	8	100.48	2	250	500	210	11.48
T4	8.85	2	8	100.48	2	250	500	210	29.88

The masonry walls shear strength

1st LEVEL – ceramic blocks masonry – CR6-2013

Element	V _{Rd,i,ZC}	V _{Rd,1,ZC}	V _{Rd,AR}	V _{Rd} (ZC+AR)
T1	13.71	19.79	15.36	29.07
T2	10.32	14.12	8.61	18.93
T3	10.93	15.50	11.48	22.40
T4	24.89	27.81	29.88	54.77

1st LEVEL - LONGITUDINAL

Horizontal reinforcement design strength computation:

Element	l_w	n_{bars}	diameter	A_{sw}	nr rows	h_{row}	s	f_{yd}	V_{Rd3}
	m	---	mm	mm ²	---	mm	mm	N/mm ²	tones
L1	2.175	2	8	100.48	2	250	500	210	7.34
L2	2.5	2	8	100.48	2	250	500	210	8.44
L3	2.5	2	8	100.48	2	250	500	210	8.44
L4	3.3	2	8	100.48	2	250	500	210	11.14
L5	7.75	3	8	150.72	2	250	500	210	39.25

The masonry walls shear strength

1st LEVEL – ceramic blocks masonry – CR6-2013

Element	$V_{Rd,i,ZC}$	$V_{Rd,l,ZC}$	$V_{Rd,AR}$	$V_{Rd}(ZC+AR)$
L1	9.70	13.13	7.34	17.04
L2	10.50	15.26	8.44	18.94
L3	10.51	15.27	8.44	18.95
L4	10.56	14.22	11.14	21.70
L5	25.27	28.09	39.25	64.51

The shear safety check relation is: $V_{Rd} \geq 1.25V_{Edu}$ according to 8.8 from P100-1/2013
Where V_{Edu} is the the associate shear force value to eccentric compression failure which were determined in the previous tables. The values comparison appear in the following tables:

Ceramic masonry			
Element	$V_{Rd}(ZC+AR)$	V_{Edu}	$1.25*V_{Edu}$
	tones	tones	tones
T1	29.07	21.05	26.31
T2	18.93	10.37	12.96
T3	22.40	13.81	17.26
T4	54.77	43.79	54.73

Ceramic masonry			
Element	$V_{Rd}(ZC+AR)$	V_{Edu}	$1.25*V_{Edu}$
	tones	tones	tones
L1	17.04	7.96	9.95
L2	18.94	9.66	12.08
L3	18.95	9.69	12.11
L4	21.70	11.80	14.75
L5	64.51	43.54	54.43

1st LEVEL - TRANSVERSE

Units shear safety check is carried out for all masonry walls of the structure.

1st LEVEL LONGITUDINAL

6. Shear safety check

Responses according to CR6-2013:

TRANSVERSE DIRECTION									
1 st Level Pier	CR6-2013								
	Positive seismic sense								
	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}	$V_{Rd,l}$	$V_{Rd,i}$	$V_{Rd,ZC}$	$V_{Rd,AR}$	$V_{Rd,ZC+AR}$	M_{Rd}
	tf	tf	tfm	tf	tf	tf	tf	tf	tfm
T1	25.28	22.40	136.80	19.79	13.71	13.71	15.36	29.07	50.11
T2	13.04	10.10	54.70	14.12	10.32	10.32	8.61	18.93	14.66
T3	18.18	10.60	64.80	15.50	20.93	15.50	11.48	26.98	26.32
T4	47.40	34.50	265.70	27.81	24.89	24.89	29.88	54.77	178.55

Comparison on the behavior of confined masonry structures made with ceramic vertical hollow blocks in correlation with CR6-2013 and P2-85 design codes requirements

LONGITUDINAL DIRECTION									
1 st Level Pier	CR6-2013								
	Positive seismic sense								
	N _{Ed} tf	V _{Ed} tf	M _{Ed} tfm	V _{Rd,l} tf	V _{Rd,i} tf	V _{Rd,ZC} tf	V _{Rd,AR} tf	V _{Rd,ZC+AR} tf	M _{Rd} tfm
L1	11.12	8.00	45.50	13.13	9.70	9.70	7.34	17.04	45.26
L2	16.04	9.70	58.80	15.26	10.50	10.50	8.44	18.94	58.59
L3	16.07	9.70	58.70	15.27	10.51	10.51	8.44	18.95	58.51
L4	15.28	9.80	64.20	14.22	10.56	10.56	11.14	21.70	77.32
L5	41.50	30.40	284.90	28.09	25.27	25.27	39.25	64.52	408.05

Responses according to P2-85:

TRANSVERSE DIRECTION										
1 st Level Pier	P2-85									
	T _{cm,ZNA} tf	T _{cf,ZNA} tf	T _{cp,ZNA} tf	T _{min,ZNA} tf	T _{cm,c} tf	T _{cm,ZC} tf	T _{cf,ZC} tf	T _{cp,ZC} tf	T _{min,ZC} tf	T _{min,ZC+AR} tf
T1	42.51	9.44	10.01	9.44	85.37	127.88	17.49	40.70	17.49	32.85
T2	13.35	4.87	5.61	4.87	58.97	72.32	12.60	22.80	12.60	21.21
T3	19.78	6.79	6.23	6.23	73.28	93.06	14.65	30.40	14.65	26.13
T4	134.03	17.70	16.23	16.23	77.18	211.21	44.79	91.50	44.79	74.67

LONGITUDINAL DIRECTION										
1 st Level Pier	P2-85									
	T _{cm,ZNA} tf	T _{cf,ZNA} tf	T _{cp,ZNA} tf	T _{min,ZNA} tf	T _{cm,c} tf	T _{cm,ZC} tf	T _{cf,ZC} tf	T _{cp,ZC} tf	T _{min,ZC} tf	T _{min,ZC+AR} tf
L1	9.71	4.15	4.79	4.15	50.94	60.65	11.83	19.46	11.83	19.17
L2	12.83	5.99	5.50	5.50	54.36	67.19	13.80	22.36	13.80	22.24
L3	12.83	6.00	5.50	5.50	54.32	67.15	13.81	22.36	13.81	22.25
L4	18.64	5.70	6.05	5.70	75.26	93.90	13.49	29.52	13.49	24.63
L5	102.79	15.49	14.21	14.21	89.23	192.02	42.43	81.63	42.43	81.68

Comparisons between the responses:

TRANSVERSE DIRECTION																	RATIO	
1 st Level Pier	CR6-13						P2-85										P2-85 la CR6-13	
	V _{Rd,l} tf	V _{Rd,i} tf	V _{Rd,ZC} tf	V _{Rd,AR} tf	V _{Rd,ZC+AR} tf	M _{Rd} tfm	T _{cm,ZNA} tf	T _{cf,ZNA} tf	T _{cp,ZNA} tf	T _{min,ZNA} tf	T _{cm,c} tf	T _{cm,ZC} tf	T _{cf,ZC} tf	T _{cp,ZC} tf	T _{min,ZC} tf	T _{min,ZC+AR} tf	D1	D2
	T1	19.79	13.71	13.71	15.36	29.07	50.11	42.51	9.44	10.01	9.44	85.37	127.88	17.49	40.70	17.49	32.85	1.13
T2	14.12	10.32	10.32	8.61	18.93	14.66	13.35	4.87	5.61	4.87	58.97	72.32	12.60	22.80	12.60	21.21	1.12	1.22
T3	15.50	20.93	15.50	11.48	26.98	26.32	19.78	6.79	6.23	6.23	73.28	93.06	14.65	30.40	14.65	26.13	0.97	0.95
T4	27.81	24.89	24.89	29.88	54.77	178.55	134.03	17.70	16.23	16.23	77.18	211.21	44.79	91.50	44.79	74.67	1.36	1.80
Average ratio for transverse																	1.15	1.31

LONGITUDINAL DIRECTION																	RATIO	
1 st Level Pier	CR6-13						P2-85										P2-85 la CR6-13	
	V _{Rd,l} tf	V _{Rd,i} tf	V _{Rd,ZC} tf	V _{Rd,AR} tf	V _{Rd,ZC+AR} tf	M _{Rd} tfm	T _{cm,ZNA} tf	T _{cf,ZNA} tf	T _{cp,ZNA} tf	T _{min,ZNA} tf	T _{cm,c} tf	T _{cm,ZC} tf	T _{cf,ZC} tf	T _{cp,ZC} tf	T _{min,ZC} tf	T _{min,ZC+AR} tf	D1	D2
	L1	13.13	9.70	9.70	7.34	17.04	45.26	9.71	4.15	4.79	4.15	50.94	60.65	11.83	19.46	11.83	19.17	1.13
L2	15.26	10.50	10.50	8.44	18.94	58.59	12.83	5.99	5.50	5.50	54.36	67.19	13.80	22.36	13.80	22.24	1.17	1.31
L3	15.27	10.51	10.51	8.44	18.95	58.51	12.83	6.00	5.50	5.50	54.32	67.15	13.81	22.36	13.81	22.25	1.17	1.31
L4	14.22	10.56	10.56	11.14	21.70	77.32	18.64	5.70	6.05	5.70	75.26	93.90	13.49	29.52	13.49	24.63	1.14	1.28
L5	28.09	25.27	25.27	39.25	64.52	408.05	102.79	15.49	14.21	14.21	89.23	192.02	42.43	81.63	42.43	81.68	1.27	1.68
Average ratio for longitudinal direction																	1.17	1.36
Average ratio for both directions																	1.16	1.34
Total average ratio																	1.25	

Final responses comparisons:

TRANSVERSE DIRECTION		RATIO P2-85 la CR6-13	
1 ST LEVEL PIER		D1	D2
T1		1.13	1.28
T2		1.12	1.22
T3		0.97	0.95
T4		1.36	1.80
Average ratio for transverse		1.15	1.31
DTRANSVERSE DIRECTION			
1 ST LEVEL PIER		D1	D2
L1		1.13	1.22
L2		1.17	1.31
L3		1.17	1.31
L4		1.14	1.28
L5		1.27	1.68
Average ratio for longitudinal direction		1.17	1.36
Average ratio for both directions		1.16	1.34
Total average ratio		1.25	

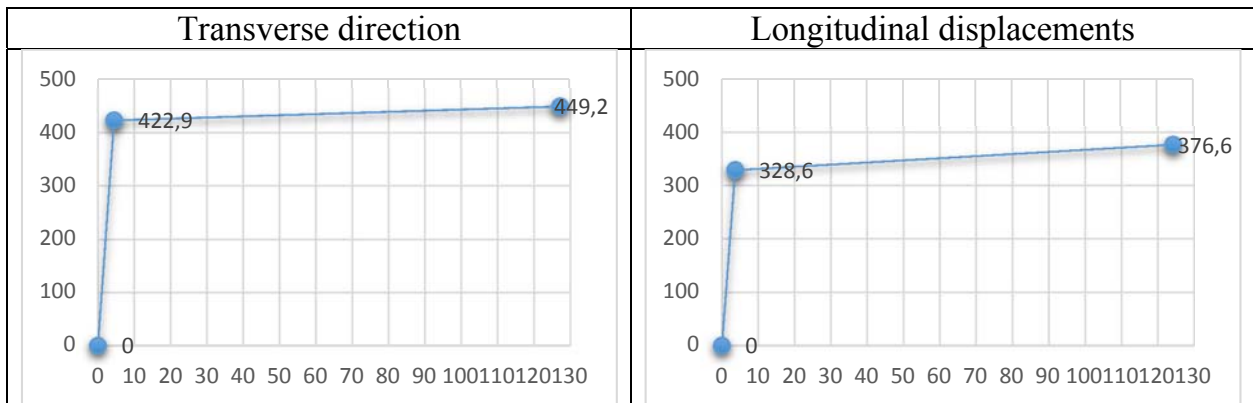
So there is a noticeable difference in overall average of 25% in addition to values derived from calculations resilience made according to P2-85 and those completed under CR6-13.

It can be said that in terms of structural responses obtained that the CR6-2013 design code provides an increase of 25% versus safety requirements P2-85 former design code.

7. Using the pushover models

2 models were carried out for structural analysis, one for each type of structure (longitudinally or transverse direction).

After pushover analyses the base shear force-displacements curve were obtained:



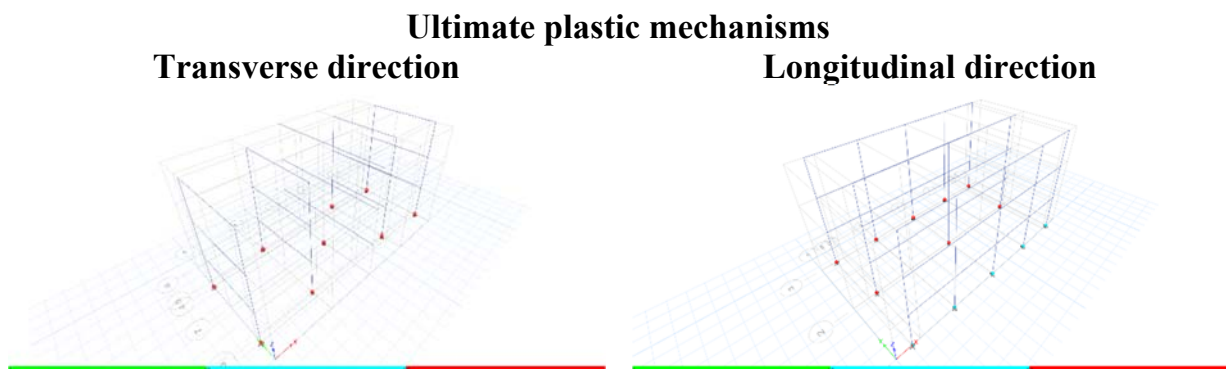
Comparison on the behavior of confined masonry structures made with ceramic vertical hollow blocks in correlation with CR6-2013 and P2-85 design codes requirements

The followings values may be observe:

- Transverse direction:
 - o $V_y=422.9$ tf and $\Delta_y=4.44$ mm respectively $V_u=449.2$ tf and $\Delta_u=127.2$ mm
- Longitudinal direction:
 - o $V_y=328.6$ tf and $\Delta_y=3.65$ mm respectively $V_u=376.6$ tf and $\Delta_u=124.2$ mm
- The differences between the both masonry direction structures are:

Characteristic	Difference between longitudinal/transverse	Average for characteristic
V_y	28.69%	23.99%
V_u	19.28%	
Δ_y	21.64%	12.03%
Δ_u	2.42%	

It can be seen that the average differences for the two directions (longitudinal and transverse) are approximately 23.99% between base shear forces and 12.03% between deflections.



8. Conclusions

The safety for shear is satisfied on the whole building, ensuring the favorable energy dissipation mechanism by ranking seismic resilience of the structure used for the type of masonry (vertical hollow ceramic blocks). This can be seen both in the simplified calculations but also in pushover analysis.

Since confined masonry by some walls and some levels do not meet the requirement of shear safety, a reinforcement in the horizontal bed joints was considered made with 2Ø8 OB37 (local 3Ø8 OB37 in walls T4 – 3rd floor and L5 – 1st and 2nd floor), arranged in two rows on the 1st floor and on a rows for 2nd and 3rd floor. So finally, for both types of calculations were considered ZC + AR-type structure.

Using the simplified calculation models (structural regularity permitting the 2D and elevation of the structure considered), leading to a structural conformation, neglecting a significant component show a computing collaboration on spatial structure.

The structural compliance can be optimized by the choice of models and methods for calculating the minimum allowed higher, applied in this paper.

To obtain a safe structural conformation under the seismic action and economic and functional optimal, were used models for nonlinear static behavior. To obtain more reliable results it is recommended structural models using 3D and modal calculation, to capture more accurately the real behavior of the structure.

It finds that structural responses obtained for the two types of calculations performed for masonry structure made with ceramic vertical hollow blocks are quite close even for normal or superior level analysis or different design strengths.

It can be said that in terms of structural responses obtained from CR6-2013 in force design code provides an increase of 25% safety versus the requirements of P2-85 former code.

References

- [1] Daniel Stoica – Structuri din zidarie – Probleme si solutii moderne – Editura MatrixRom 2015
- [2] Cod de proiectare seismică - Partea I - Prevederi de Proiectare pentru clădiri - Indicativ P100-1/2013
- [3] Cod de proiectare pentru Structuri din zidărie - Indicativ CR6/2013
- [4] Constructii Civile, Industriale si Agricole – Lucrari de zidarie – Calculul si alcatuirea elementelor – STAS10109/1-82
- [5] **NORMATIVULUI PRIVIND ALCĂȚUIREA, CALCULUL ȘI EXECUTAREA STRUCTURILOR DIN ZIDĂRIE” INDICATIV P 285**

Conceptul structural al clădirii Bucharest One

The structural concept of the Bucharest One building

Dragoș Coțofană¹, Șerban Dima¹, Mihai Dragomir¹, Viorel Popa¹,
Stelian Constantinescu¹

¹SC Allied Engineers Grup SRL
Str. Teheran, nr. 2, etaj 4, sector 1, București, Romania
office@alliedengineers.ro

Rezumat: Dezvoltarea imobiliară a Bucureștiului urmează tendința dezvoltării accelerate a fondului imobiliar pe verticală de pe plan mondial. Betonul armat realizat cu betoane având clase de rezistență superioare se impune ca o soluție optimă din punct de vedere tehnico-economic pentru realizarea structurilor înalte. Bucharest One este o clădire înaltă de birouri, având înălțimea supraterrană de 120 m, realizată în zona de nord a Bucureștiului. Clădirea are în componență trei subsoluri, parter, mezanin, 23 etaje și etaj tehnic. Înălțimea mare a construcției, hazardul seismic relativ ridicat din amplasament și proximitatea tunelurilor de metrou au impus, pentru proiectarea clădirii Bucharest One, utilizarea unor sisteme structurale judicios configurate, a unor metode de proiectare complexe și a unor soluții tehnologice performante. În această lucrare se prezintă pe scurt principalele aspecte privind conceptul structural al clădirii Bucharest One și unele particularități de execuție și proiectare.

Cuvinte cheie: clădire înaltă, nuclee de beton, betoane de clasă superioară, proiectare seismică

Abstract: The real estate development of Bucharest follows the trend of vertical expansion of buildings. High strength reinforced concrete is the best choice from the technical and economical point of view in the case of high rise buildings. Bucharest One is an office building located in the north part of Bucharest, with a height of 120m. The structure has three basement levels, ground floor, mezzanine, 23 floors and one technical floor. The large height of the building, the seismic hazard of the location and the proximity of the subway tunnels lead to the use of well-balanced structural systems, complex design techniques and cutting edge technological solutions. The article presents the main aspects of the structural concept of the Bucharest One building, with emphasis on the design and execution particularities.

Key words: high rise building, concrete central core, high strength concrete, seismic design

1. Introducere

Dezvoltarea imobiliară a Bucureștiului pe segmentul spațiilor pentru birouri a cunoscut o dinamică accelerată în ultimii ani. S-au dezvoltat proiecte adecvate chiriașilor care doresc să ocupe suprafețe mari, în multe situații pe baza unor contracte de pre-închiriere. Principalii susținători ai creșterii imobiliare sunt companiile din domeniul telecomunicațiilor. O dinamică deosebită a cunoscut zona de nord a Bucureștiului, în perimetrul șoselelor Barbu Văcărescu și Pipera.

Dezvoltarea unor clădiri cu suprafețe de închiriere mari dotate cu parcuri subterane a condus și la o redesignare a soluțiilor structurale adoptate. Se utilizează în mod curent planșee cu deschideri mari, de 7,5 – 8,1 m. Elementele structurale verticale cu rol în asigurarea rezistenței și rigidității la acțiuni orizontale sunt amplasate de regulă în interiorul clădirii. În configurarea poziției acestora trebuie să se țină seama și de exigențele arhitecturale privind asigurarea posibilității închirierii complete sau parțiale a unui nivel în condițiile deservirii directe a spațiilor închiriate cu lifturi, scări de acces sau utilități. Mai mult, în unele situații, soluțiile arhitecturale implică realizarea unor structuri înalte, cu înălțimi de peste 70m.

O astfel de clădire, dezvoltată în București de către fondul de investiții Globalworth, este clădirea Bucharest One, alcătuită din două corpuri, A și B, având funcțiuni diferite. Corpul A este o clădire de birouri cu 26 de niveluri supraterane și 3 niveluri subterane care adăpostesc în principal spații pentru parcuri. Corpul B este o clădire cu regim de înălțime 2S+P care adăpostește spații comerciale la parter și spații pentru parcuri în subsoluri și pe planșeul de peste parter. Cele două corpuri sunt separate prin rost seismic pe toată înălțimea. În cadrul acestui articol sunt prezentate soluția structurală utilizată și principalele particularități de proiectare și execuție pentru structura clădirii Bucharest One, corpul A (figura 1). O descriere mai largă a proiectului este făcută de către autorii acestei lucrări în cadrul revistei AICPS Review 1-2/2015 [1].

Structura clădirii Bucharest One a fost proiectată de către SC Allied Engineers Grup SRL în acord cu proiectul de arhitectură realizat de către SC Architect Service SRL. Proiectarea lucrărilor geotehnice a fost realizată de către SC Metroul SA și SC Saidel Engineering SRL. Proiectul de instalații a fost întocmit de către SC MC General Construct SRL. Antreprenorul general al lucrării este SC Bog'art SRL.

Amplasamentul construcției, aflat în vecinătatea stației de metrou Aurel Vlaicu, este subtraversat de cele două tuneluri aparținând magistralei de metrou M2, care fac legătura între stațiile Pipera și Aurel Vlaicu. Poziția tunelurilor, care intersectează amplasamentul clădirii aproximativ în diagonală, a făcut ca cele două corpuri de clădire să fie proiectate având forme trapezoidale în plan. Corpul A (turnul cu înălțimea supraterană de 120m) a fost poziționat în afara zonei cu restricții de construire, însă Corpul B este realizat parțial peste tunelurile de metrou care străbat amplasamentul, acesta din urma având restricții majore de construire prin limitarea regimului de înălțime.



Fig. 1. Perspective imobil Bucharest One - reprezentare grafică (Arhitect: Architect Service)

Clădirea Bucharest One se poate clasifica în categoria clădirilor înalte. După Wood [2], clasificarea unei clădiri înalte depinde de caracteristicile acesteia (înălțime, proporții geometrice), de contextul în care ea este poziționată și de tehnologiile utilizate la realizarea acesteia. După Wood o clădire poate fi caracterizată ca înaltă dacă înălțimea sa depășește 50m având 14 sau mai multe niveluri. Aceleași criterii de clasificare sunt utilizate și de Council on Tall Buildings and Urban Habitat, CTBUH, [3]. CTBUH definește și categoriile clădirilor ”Super-înalte”, având peste 300m înălțime, și „Mega-înalte”, având peste 600m înălțime. Trebuie remarcat contextul în care clădirea Bucharest One este amplasată, cu clădiri învecinate având, în general, înălțimea sub 50m, cu excepția clădiri Sky Tower (137m înălțime) din imediata vecinătate. În afara acestor două clădiri, în București categoria clădirilor înalte este constituită în principal din clădirile Cathedral Plaza (75m), BRD Tower (87m), Tower Center International (107m), Intercontinental București (77m), Crystal Tower (72m), City Gate Towers (70m), Casa Presei Libere (104m) și Asmita Towers (92m). Toate aceste clădiri, cu excepția clădirii Intercontinental au fost realizate după anii 1992, pe baza normelor de proiectare seismică moderne. Din 2000 până în 2010, înălțimea medie a celor mai înalte construcții din lume a crescut accelerat de la 286 m la 349 m [4]. Tendința dezvoltării pe verticală a clădirilor pentru birouri în București o urmează pe cea de pe plan mondial chiar dacă în valori absolute înălțimile clădirilor din București sunt mai reduse, înscriindu-se în practica europeană. Dintre cele mai înalte 100 de clădiri din lume în anul 2010 sub 5% se regăsesc în Europa [4].

2. Structura

Corpul A al clădirii Bucharest One are funcțiunea principală de birouri. Forma în plan a suprastructurii corpului A este de trapez dreptunghic cu o suprafață desfășurată de 2457 mp la parter, 1415 mp la mezanin și 1860 mp la nivelurile curente. Subsolul este extins în plan comparativ cu nivelurile supraterane. Pentru realizarea conceptului structural al clădirii Bucharest One au fost analizate diferite soluții și materiale structurale.

O data cu creșterea calității betoanelor care se pot turna monolit în șantier, betonul s-a impus ca material structural pentru realizarea clădirilor înalte. Principala limitare în utilizarea betonului o constituia rezistența sa la compresiune în condițiile în care forțele axiale în elementele verticale la clădiri „Super-înalte” sau „Mega-înalte” sunt uriașe. În lume, se pot folosi în mod curent betoane de înaltă rezistență, cu clasa de rezistență până la C90/100, turnate monolit. Șapte din cel mai înalte zece clădiri din lume terminate în anul 2009 au structura din beton [5]. Sunt incluse aici Trump International Hotel and Tower (Chicago), Arrraya Center Office Tower (Kuwait City), dar și cea mai înaltă clădire din lume, Burj Kalifa (Dubai). La această clădire s-a stabilit un nou record mondial privind turnarea betonului prin pompă la înălțimea de 606m [6] cu ajutorul unui echipament de pompă realizat de către Putzmeister. S-au turnat betoane de clasă C50/60 în planșee și C60/70 și C80/90 în pereții structurali. Turnarea betoanelor de înaltă rezistență la nivelurile superioare poate ridica dificultăți legate de transportul betonului pe verticală și întârzierea timpului de punere în operă. În cazul clădirii Burj Kalifa, transportul betonului la înălțimea de 606 m a durat 40 de minute de la încărcarea pompei, la nivelul solului. La betoanele de clasă superioară rapoartele apă/ciment sunt reduse și se evită utilizarea aditivilor antrenori de aer pentru sporirea lucrabilității. În cazul clădirii Bucharest One, s-au utilizat betoane de clasă C40/50, C50/60 și C60/70 în funcție de natura elementului structural și poziția acestuia în structură. Scopul utilizării betoanelor cu rezistență ridicată s-a regăsit în realizarea unor secțiuni ale elementelor structurale cu gabarit compatibil cu cerințele estetice și de funcționalitate. Principalele limitări care au determinat alegerea unor clase înalte de rezistență ale betonului au fost date de valorile admise pentru efortul axial normalizat în stâlpii cadrelor perimetrice, rezistența nodurilor și efortul tangențial mediul normalizat în pereții structurali. Se face observația că rezistența betoanelor nu trebuie sporită liniar cu regimul de înălțime al clădirii.

În afara acțiunilor gravitaționale, clădirile înalte sunt supuse acțiunilor orizontale cauzate de vânt sau cutremur. Ținând seama de aceste acțiuni, la conceperea structurilor trebuie alese soluții structurale complexe în măsură să asigure:

- a) Rezistența la momentele de răsturnare cauzate de forțele orizontale prin elemente plasate perimetral, cât mai departe posibil de centrul (geometric) clădirii;
- b) Transmiterea încărcărilor gravitaționale către elementele verticale care contribuie la preluarea momentului global de răsturnare;
- c) Rezistența la forte tăietoare prin elemente structurale verticale cu inima dezvoltată;

- d) Conectarea prin intermediul planșeelor rigide și rezistente la acțiuni în planul lor a elementelor verticale perimetrare cu elementele structurale rezistente la forță tăietoare astfel încât perimetrul clădirii să fie antrenat la preluarea momentelor de răsturnare;
- e) Compensarea forțelor axiale din încărcări gravitaționale a elementelor perimetrare cu forțele axiale generate de efectul indirect pentru asigurarea capacității la compresiune a elementelor structurale verticale perimetrare chiar și în situația de încărcare seismică.

Pe plan mondial, s-au dezvoltat diferite soluții structurale pentru clădiri înalte. În general, pentru clădiri cu înălțimea de peste 250m se utilizează structuri de tip tub perimetral și nucleu interior. În cazul clădirilor înalte cu înălțimea de 100-140 m libertatea în alegerea sistemului structural este mai mare. Se utilizează structuri cu cadre rigide, eventual echipate cu sisteme de control al răspunsului (amortizori), structuri cu tub perimetral, structuri cu nuclee de pereți și cadre perimetrare cu stâlpi rari.

În cazul clădirii Bucharest One analizele structurale preliminare au arătat că o soluție structurală eficientă din punct de vedere tehnico-economic și compatibilă cu cerințele arhitecturale o constituie realizarea unui nucleu central și a unor cadre perimetrare cu stâlpi rari. Sistemul dual pereți-cadre prezintă avantajul rigidității, prin comparație cu cadrele simple, al ductilității și redundanței ridicate. De asemenea, utilizarea acestui sistem structural nu permite formarea unor mecanisme de plastificare locale, de etaj. În mod particular, configurarea spațiului interior la Bucharest One a permis realizarea a două nuclee cu gabarite inegale cuplate prin intermediul unor grinzi relativ lungi. Astfel, structura de rezistență principală este alcătuită din două nuclee de beton și cadre perimetrare de beton (figura 2). Forțele tăietoare generate de încărcarea seismică orizontală sunt preluate preponderent de cele două nuclee alcătuite din pereți de beton cuplați. Grosimea pereților perimetrali ai tuburilor în suprastructură este de 80 cm. Pereții din interiorul tuburilor au grosimea de 40 cm. Grinzile de cuplare au lățimi de 40-80 cm și înălțimi de 80-250 cm. Principalele documente normative utilizate la proiectarea seismică a structurii au fost P100-1/2006 [7] și CR2-1-1.1/2005 [8].

Cadrele perimetrare sunt alcătuite din stâlpi circulari de beton sau compoziți cu diametrul de 120 cm, cu secțiune constantă pe toată înălțimea clădirii. S-au realizat cadre cu rigiditate și rezistență mare pentru preluarea parțială a momentelor de răsturnare generate de acțiunea seismică orizontală și pentru limitarea deplasărilor structurii la nivelurile superioare. Pentru preluarea forțelor axiale considerabile, la nivelurile inferioare s-au utilizat stâlpi compoziți realizați din profile de oțel tip cruce de malta și beton armat. Orientativ, forțele axiale din stâlpii de colț pot atinge valori de până la 4000t în situația de proiectare seismică, din care 2100 t reprezintă încărcarea gravitațională. Grinzile cadrelor perimetrare sunt realizate din beton armat cu excepția celor de la mezanin care fac parte din cadrul cu stâlpi înclinați la nivelul parterului și mezaninului.

Planșeele au deschideri curente de 8,10m pe ambele direcții. Pe perimetrul clădirii, planșeele ies în consolă față de cadrele perimetrare pe o deschidere de

aproximativ 2,0 m. În urma analizelor efectuate s-a constatat că o soluție eficientă de planșeu este cea a planșeelor de beton cu grinzi principale și grinzi secundare. Placa cu grosimea de 10cm reazemă pe grinzi secundare cu secțiunea de 20 cm x 60 cm ce sunt dispuse la o distanță interax de 2,70 m. Grinzile secundare sunt dispuse „radial” și reazemă pe nucleul central, alcătuit din pereți de beton și pe cadrele perimetrice. Local, în zonele cu încărcări mai ridicate placa a fost realizată cu grosimea de 15 cm.

Pentru a spori deschiderile structurii la parter, în zona de acces în clădire, la nivelul parterului și mezaninului, pe latura paralelă cu tunelurile de metrou, s-au utilizat stâlpi înclinați de beton cu armatură rigidă. Această organizare a structurii a permis creșterea deschiderii aparente de la 8,10 m la 16 m la parter.

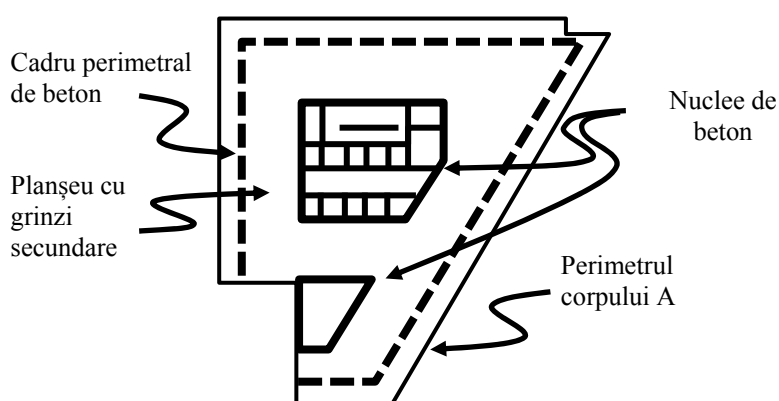


Fig. 2: Structura de rezistență la acțiuni seismice (reprezentare schematică)

În concluzie, la concepția suprastructurii s-au considerat trei componente principale, cu roluri clar definite, pentru asigurarea unui răspuns favorabil la acțiunile seismice orizontale:

- Nuclee de beton „lungi”, cu răspuns predominant de încovoiere cu forță axială, având rolul de a transmite integral forțele tăietoare la infrastructură și, parțial, momentul global de răsturnare, de a limita deplasările laterale la nivelurile inferioare și de a asigura ductilitatea de ansamblu a structurii.
- Cadre de beton perimetrice, realizate din stâlpi și grinzi, având rolul de a transmite o parte din momentul global de răsturnare, cauzat de forțelor seismice orizontale, la infrastructură. Cadrele sunt proiectate astfel încât să contribuie la limitarea deplasărilor laterale ale structurii la nivelurile superioare. Cadrele sunt parte a mecanismului global de plastificare contribuind într-o măsură semnificativă la disiparea energiei seismice în structură prin deformațiile plastice ale grinzilor.
- Diafragme orizontale rigide de beton la fiecare nivel pentru asigurarea conlucrării dintre cadrele de beton perimetrice și nucleele de beton. Rigiditatea la torsiune a clădirii este asigurată prin conlucrarea dintre cele două nuclee de beton și prin conlucrarea acestora cu cadrele perimetrice.

Sistemul de fundare este de tip radier de beton cu grosime variabilă, cuprinsă între 2,0 m și 2,8 m, rezemat pe piloți de beton armat și pe pereți mullați perimetrali.

Structura subsolurilor este alcătuită din stâlpi, pereți și planșee groase de beton. Pereții perimetrali sunt conectați pe toată înălțimea cu pereții mulați.

Transmiterea momentului global de răsturnare al suprastructurii, a forței tăietoare asociate acestuia și a forțelor axiale către terenul de fundare s-a făcut prin fundații de adâncime. Pentru încărcarea piloților cu forțe axiale, infrastructura clădirii a fost concepută ca o cutie rigidă alcătuită din pereți perimetrali, pereți interiori, radier și planșee. Practic, încastrarea corpului A s-a făcut prin intermediul unor piloți de beton și prin pereții mulați perimetrali care sunt încărcăți prin intermediul cutiei rigide realizată la nivelul infrastructurii. Transmiterea forțelor de la baza nucleelor către piloți și încărcarea acestora cât mai uniformă a impus realizarea unei infrastructuri cu radier foarte gros și pereți structurali perimetrali și interiori dispuși suplimentar față de cei din suprastructură. Întrucât în jurul nucleului central se desfășoară, din punct de vedere funcțional, circulația principală prin subsoluri, pereții interiori introduși suplimentar și cei perimetrali nu au putut fi racordați direct cu pereții nucleelor din suprastructura. De aceea, încastrarea acestora s-a realizat în principal prin mecanismul de menghină constituit la nivelul infrastructurii dar și prin legătura de moment cu radierul de grosime mare.

3. Particularități de proiectare și execuție

Regimul mare de înălțime, utilizarea unor trame cu deschideri relativ mari a condus la dezvoltarea unor forțe tăietoare mari în pereți, la etajele inferioare, dar și a unor forțe axiale mari în stâlpii cadrelor perimetrare. În astfel de situații, utilizarea claselor uzuale de beton pentru realizarea structurii este restricționată de cerințele funcționale incompatibile cu necesitățile privind gabaritul elementelor structurale. Pentru a reduce gabaritul stâlpilor s-a optat pentru utilizarea la etajele inferioare a clasei de beton C60/75. Acesta a permis limitarea efortului axial normalizat în stâlpi, condiție esențială pentru asigurarea ductilității adecvate a acestor elemente. De asemenea, o parte din stâlpii perimetrali au fost realizați, la etajele inferioare, în sistem compozit oțel-beton (beton cu armătură rigidă). Pentru a nu se produce variații bruște de rigiditate a stâlpilor pe înălțime s-a realizat reducerea progresivă a secțiunilor profilelor de oțel înglobate, de la un etaj la altul. Parametrul determinant considerat la stabilirea secțiunilor profilelor de oțel a fost forța axială din stâlpi cauzată de încărcările gravitaționale și seismice. Controlul forțelor axiale în stâlpi s-a făcut și prin armarea longitudinală judicioasă a grinzilor cadrelor perimetrare astfel încât să se limiteze forțele tăietoare asociate plastificării acestora din încovoiere. Soluția compozită oțel-beton s-a utilizat numai pentru stâlpii solicitați la forțe axiale mari și pentru o parte din grinzile de la mezanin. Nu s-au utilizat profilele înglobate în pereții de beton și nici în grinzile și stâlpii de la etajele superioare.

În zona de acces în clădire, unde se află recepția generală, cerințele arhitecturale au impus realizarea unor deschideri mari la nivelul parterului. Această zonă de acces este situată între corpurile A și B în axul aliniat cu traiectoria tunelurilor de metrou. În timp ce, în etajele superioare deschiderile cadrului marginal sunt de 8,1 m, în parter s-a considerat necesară, din punct de vedere funcțional, realizarea unor deschideri de până

la 12-14m. Ținând seama de forțele axiale mari din stâlpi la parter, pentru a nu perturba traseul de descărcare a forțelor axiale din stâlpi către infrastructură, prin rezemarea indirectă a stâlpilor din etaje pe grinzi de transfer, la nivelul mezaninului s-a optat pentru realizarea unor stâlpi înclinați în planul cadrului. Acest sistem este compatibil cu cerințele funcționale din parter, permite transferul direct al forțelor din stâlpi către infrastructură și nu a necesitat sporirea semnificativă a gabaritelor elementelor structurale în parter. Traectoria verticală a stâlpilor din acest cadru perimetral este deviată pe o înălțime de aproximativ 10 m, pe înălțimea parterului și a mezaninului, în planul cadrului. Stâlpii înclinați și grinda care îi unește, în planul cadrului, au fost realizați compozit oțel-beton. Utilizarea unei soluții compozite pentru grinda cadrului de peste mezanin este justificată prin necesitatea de a echilibra componentele orizontale ale forțelor axiale din stâlpii înclinați. Conformația de ansamblu a structurii a permis utilizarea stâlpilor înclinați deoarece forțele tăietoare la nivelul parterului sunt preluate preponderent de pereții de beton din cele două nuclee iar momentele încovoietoare de ansamblu sunt echilibrate parțial cumulativ prin momentele din pereți și prin cuplul de forțe axiale care se dezvoltă în stâlpii cadrelor perimetrice. Astfel, aceștia sunt solicitați predominant la forțe axiale. Aceste forțe sunt cauzate de încărcările gravitaționale și de efectul indirect generat de acțiunea seismică orizontală. Din cauza înălțimii mari a acestor stâlpi, au fost luate măsuri speciale la execuție legate, în special, de turnarea betonului în cofraje înclinate.

Lobby-ul clădirii de birouri este organizat la nivelul parterului și mezaninului, parțial în zona aflată în interiorul corpului A, între nuclee și axul cu stâlpi înclinați și parțial în afara corpului A, în spațiul format între cele două clădiri A și B. Această zonă se acoperă cu un luminator de sticlă cu structură de rezistență metalică, având 12m deschidere liberă și 70m lungime. Structura metalică a luminatorului este alcătuită dintr-o rețea de grinzi transversale paralele, de tip „macaz” cu talpă inferioară întinsă, dispuse oblic față de axele celor două corpuri de clădire. Grinzile sunt conectate la un capăt de structura de beton armat a corpului A (stâlpi verticali, stâlpi înclinați sau grinzi, după caz) prin intermediul unor reazeme de tip articulată care permit o rotire limitată în orice direcție. Condiția de asigurare a rotirii în sistemele de prindere a fost impusă pentru a evita distorsiunea în afara planului a structurii luminatorului ca urmare a rotirii de ansamblu a structurii Corpului A sub acțiunea seismică. Efectul de șaibă este asigurat prin sistemul de contravântuiri orizontale de tip bară plină, din oțel S460, cu dispozitive individuale de întindere, conectat de rețeaua de grinzi. Pentru a permite deplasarea relativă dintre cele două corpuri sub acțiunea seismică, la celălalt capăt grinzile transversale s-au conectat de grinda longitudinală rezemată pe un set de dispozitive de izolare seismică de tip glisant – „sliding bearings”. Izolatorii sunt montați individual pe stâlpi metalici fixați rigid într-o rețea de grinzi de beton armat „înțoarse” deasupra planșeului de peste parterul Corpului B. Cursa izolatorilor a fost dimensionată pentru a permite deplasările relative maxime pe orizontală ale celor două structuri, determinate pentru acțiunea seismică asociată stării limite ultime.

Soluția structurală pentru planșee a fost aleasă astfel încât să se poată implementa un sistem de prefabricare a grinzilor secundare. Acestea au toate aceeași

lungime, aceeași secțiune de beton și detalii de armare care se repetă. Proiectarea grinzilor secundare în soluție prefabricată a permis reducerea timpului de execuție a planșeelor față de soluția beton-monolit. Ținând seama de numărul mare de planșee asemenea, utilizarea prefabricării reduce, de asemenea, necesarul de manoperă și costurile totale de realizare a planșeelor. Totodată, soluția de planșeu cu grinzi secundare conduce la reducerea masei totale a structurii și implicit a forțelor orizontale de proiectare și a eforturilor de dimensionare a elementelor structurale și a infrastructurii, inclusiv a piloților, cu efecte favorabile asupra costului total al investiției. Pentru a spori gradul de conlucrare a grinzilor prefabricate cu placa din beton realizată monolit, fără un spor semnificativ de armatură transversală, de-a lungul grinzilor au fost prevăzute asperități sub forma unor praguri.

Pentru scurtarea perioadei necesare construirii infrastructurii, ținând seama de caracteristicile geotehnice ale terenului în amplasament și de configurația generală a infrastructurii, pentru corpul A, sprijinirea incintei de pereți mulați s-a realizat prin intermediul plăcii de peste subsolul 3. La realizarea subsolurilor s-a utilizat o adaptare a tehnologiei de execuție a infrastructurilor de tip „top-down”. Placa de peste subsolul 3 cu grosimea de 40cm a fost realizată prin turnare directă pe teren, în excavație deschisă. Ulterior, excavația generală a continuat sub nivelul plăcii, până la cota inferioară a radierului, pe o adâncime de aproximativ 5 m. După începerea excavației de sub placă, aceasta a rezemat direct pe profile metalice înglobate în piloți și discontinuu pe pereții mulați perimetrali. Discontinuitatea a constat în realizarea unor zone nebetonate pentru a facilita execuția pereților perimetrali de la subsolul 3 și pentru a evita subturnări generalizate pe întreg perimetrul clădirii. În dreptul nucleelor de pereți care continuă în suprastructură s-au prevăzut goluri în placă pentru a simplifica execuția pereților și a excavației. În zonele în care nu s-au realizat goluri în planșeu pentru realizarea pereților de subsol, continuitatea barelor verticale din acești pereți s-a realizat prin intermediul unor bare înglobate în placă prevăzute la partea inferioară cu dispozitive mecanice de îmbinare. Placa de peste subsolul 3 a fost calculată pentru a ține seama de încărcările gravitaționale aplicate în timpul execuției, dar și de forțele din planul ei generate de preluarea împingerilor din pereții mulați perimetrali. S-a remarcat în planul plăcii prezența nu numai a eforturilor de compresiune, dar și a unor eforturi tangențiale importante cauzate de împingerile distribuite neuniform pe pereții mulați perimetrali.

4. Concluzii

Bucharest One este o clădire înaltă cu structura alcătuită din două nuclee de beton cuplate, cadre de beton perimetrale, planșee de beton cu grinzi secundare prefabricate și placă turnată monolit, rigide și rezistente la acțiuni în planul lor. Structura clădirii Bucharest One a fost dimensionată de acțiunea seismică. Scopul principal al proiectării seismice a fost realizarea unei structuri cu răspuns ductil la acțiunea seismică, cu rigiditate și rezistență adecvată. Proiectarea structurii a ridicat probleme specifice legate de înălțimea mare a clădirii, hazardul seismic din amplasament și învecinarea cu tunelurile de metrou. Aceste probleme au necesitat nu

numai utilizarea unor metode de proiectare cu grad înalt de complexitate dar și considerarea unor tehnologii moderne de execuție și materiale de construcție cu caracteristici superioare.

Ținând seama de regimul mare de înălțime al clădirii, creșterea ritmului de execuție a constituit o prioritate. Utilizarea planșeului de peste subsolul 3 pentru realizarea sprijinirii temporare a pereților mulați și realizarea planșeelor în soluție mixtă monolit/prefabricat au condus la creșterea calității lucrărilor și sporirea ritmului de execuție.

Soluțiile structurale alese, prezentate în cadrul acestei lucrări, eficiente în preluarea tuturor tipurilor de solicitări (încărcări gravitaționale și forțe laterale din seism și vânt), au condus la atingerea unor consumuri optime de materiale pentru o clădire cu structura din beton armat cu regim mare de înălțime (120m), amplasată în municipiul București

Referințe

- [1] Popa, V., Dragomir, M., Ursu, C., Coțofană, D., Dima, S., Opreșoreanu, V., 2015, BUCHAREST ONE – Soluția structurală a unei clădiri de birouri cu înălțimea de 120m, Asociația Inginerilor Constructori Proiectanți de Structuri, 1-2/2015
- [2] Antony Wood, (2008), Tall, Taller, Tallest, Cjocatgp Humanities Festival, November 2008, <http://www.ctbuh.org/TallBuildings/VideoLibrary/LeaderPresentations/ChicagoHumanitiesFestivalTallTallerTallest/tabid/2536/language/en-US/Default.aspx>
- [3] Council on Tall Buildings and Urban Habitat, <http://www.ctbuh.org/LinkClick.aspx?fileticket=zvoB1S4nMug%3d&tabid=446&language=en-US>
- [4] Council on Tall Buildings and Urban Habitat, <http://www.ctbuh.org/LinkClick.aspx?fileticket=M7nXrLx8g0M%3D&language=en-GB>
- [5] Council on Tall Buildings and Urban Habitat, <http://www.ctbuh.org/LinkClick.aspx?fileticket=ID903rKPRVc%3D&tabid=1353&language=en-US>
- [6] New heights reached in concrete pumping, 2009, World Pumps, Volume 2009, Issue 9, Pages 18-20, doi:10.1016/S0262-1762(09)70316-5
- [7] P100-1/2006. Cod de proiectare seismică. Prevederi de proiectare pentru clădiri
- [8] CR2 -1-1.1 (2005), Cod de proiectare a Construcțiilor cu Pereti Structurali de Beton Armat, M.T.C.T

Managementul deșeurilor din construcții și demolări

Construction and demolition waste management

Cristina Iacoboaia¹, Mihaela Aldea¹

¹Universitatea Tehnică de Construcții București
Bd. Lacul Tei nr. 122 – 124, București, Romania
E-mail: cristinai@utcb.ro, imihaela@utcb.ro

Rezumat. *România și în mod special orașele mari se confruntă cu o dezvoltare urbană importantă și de multe ori haotică, cu asfaltări și reasfaltări, construcții/renovări rezidențiale, rezultând cantități importante de deșeuri din construcții și demolări. Negestionarea corespunzătoare a deșeurilor din construcții și demolări conduce la apariția unor probleme de mediu, sociale, juridice etc. Legislația românească stabilește, pentru producătorii de deșeuri și autoritățile administrației publice locale, obligația de a atinge, până în anul 2020, un nivel de pregătire pentru reutilizare, reciclare și alte operațiuni de valorificare materială, de minimum 70% din masa cantităților de deșeuri nepericuloase provenite din activități de construcție și demolări. Articolul analizează evoluția cantității de deșeuri din construcții și demolări din România, gradul de reciclare a acestor deșeuri raportat la situația din Uniunea Europeană și modalități de finanțare prin intermediul fondurilor europene a unor proiecte care să contribuie la atingerea țintei de valorificare.*

Cuvinte cheie: deșeuri construcții și demolări, prevenire, reciclare, management

Abstract. *Romania and especially the big cities are confronted with an important and often chaotic urban development, with asphalt works for road surfacing and re-surfacing, with residential constructions/rehabilitations, resulting in important quantities of construction and demolition debris. The lack of appropriate handling of construction and demolition debris contributes to the emergence of environmental, social, legal etc issues. Romanian regulations stipulate the obligation for waste generators and local public administrations to attain a level of preparedness for reuse, recycle and other operations of material valorisation of 70% from the mass quantity of non-hazardous construction and demolition debris. The paper analyses the quantitative evolution of the construction and demolition debris in Romania, the rate of recycling of these wastes reported to the situation in the European Union and the modalities of financing certain projects through the European Funds, projects which serve to the attainment of the valorisation targets.*

Key words: construction and demolition debris, prevention, recycling, management

1. Introducere

Sectorul construcțiilor are o importanță strategică pentru țările din întreaga lume, deoarece oferă construcții și infrastructură pentru societate și economie [1]. Dezvoltarea acestui sector conduce la creșterea cantității de deșeuri din construcții și demolări, compuse din: beton, cărămizi, țigle și materiale ceramice, lemn, sticlă, materiale plastice, amestecuri bituminoase, gudron de huilă și produse gudronate, metale, pământ, materiale izolante, gips etc. Compoziția deșeurilor din construcții și demolări depinde de lucrările de construcții, dacă este vorba despre construcția unei lucrări noi sau renovarea/modificarea unei construcții mai vechi, din lucrările de renovare/modificare rezultând mai multe deșeuri.

În țările Uniunii Europene deșeurile din construcții și demolări au ajuns la 25-35% din cantitatea totală de deșeuri municipale generate, motiv pentru care trebuie acordată o atenție specială politicilor și măsurilor care duc la prevenirea și reciclarea acestui tip de deșeu [2].

2. Deșeurile din construcții și demolări în Uniunea Europeană și în România

În anul 2013 au fost generate în Uniunea Europeană aproximativ 750 de milioane tone de deșeuri din construcții și demolări, cantitate care a scăzut în ultimii 7 ani cu aproximativ 100 de milioane tone, datorită crizei economice, dar și a eforturilor luate la nivel european pentru reducerea cantității de deșeuri (conform datelor înregistrate de Eurostat). Această cantitate reprezintă 30% din cantitatea totală de deșeuri municipale generate în Uniunea Europeană și variază destul de mult între țările componente. Deșeurile din construcții și demolări sunt definite diferit în țările din Uniunea Europeană ceea ce duce la greutatea comparării acestora. Pământul excavat este sau nu considerat deșeu din construcții și demolări. Compoziția deșeurilor din construcții și demolări este dependentă de dezvoltarea domeniului construcțiilor, respectiv a materialelor. Construcțiile au durata de viață de mai multe decenii și resturile din demolări obținute astăzi sunt din materialele de construcție de acum câteva decenii, iar materialele folosite astăzi vor deveni deșeuri peste 50-100 de ani. Decizia de a demola sau nu o construcție depinde și de calitatea materialelor utilizate, dacă sunt sau nu materiale durabile. Anumite materiale folosite în trecut au devenit acum deșeuri periculoase, de exemplu azbestul și trebuie luate măsuri speciale la gestionarea lor [2].

În anul 2015 Comisia Europeană a început studiul „Resource Efficient Use of Mixed Waste”, cu finalizare în aprilie 2016, care are ca obiective analiza situației actuale a deșeurilor din construcții și demolări în statele membre ale Uniunii Europene, identificarea obstacolelor în reciclare și a potențialelor deficiențe care ar putea conduce la nerespectarea legislației UE în domeniul deșeurilor (a țintelor de reciclare – vezi capitolul 4) [3]. Până în acest moment fiecare țară membră a elaborat câte un raport privind situația deșeurilor din construcții și demolări. Pe baza celor 28 de rapoarte a fost calculată cantitatea de deșeuri din construcții și demolări generată pe cap de locuitor, cantitate care include și pământul excavat, deși în unele țări această cantitate nu intră în definiția deșeurilor din construcții și demolări.

Se observă variații importante între cantitățile de deșeuri din construcții și demolări generate în țările din UE de la 4,1 tone/an persoană în Austria, la 0,07 tone/an persoană în România (fig.1). Deși la nivel european cantitatea de deșeuri din construcții și demolări generată a scăzut în ultimii ani, există țări în care această cantitate a crescut, datorită creșterii activității în sectorul construcțiilor, dar și a modificării modului de colectare a datelor.

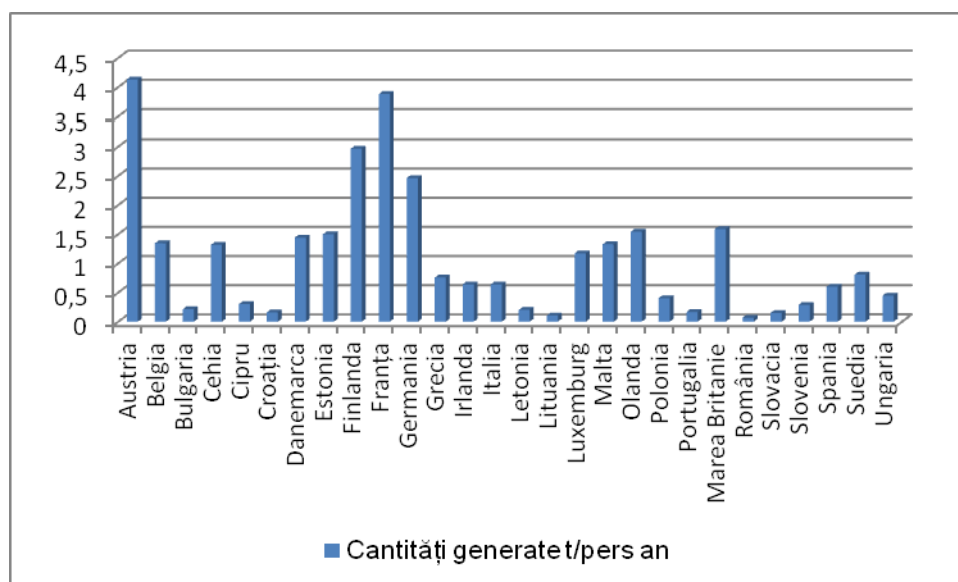


Fig. 1. Generarea deșeurilor din construcții și demolări pe cap de locuitor în state membre ale UE, 2012

La variația cantității de deșeuri din construcții și demolări contribuie în special activitatea economică din sectorul construcțiilor, dar și diversele tehnologii utilizate și practicile încetățenite în domeniul construcțiilor (în unele regiuni cărămida este materialul de construcție principal, în timp ce în altele betonul, iar lemnul este un material de construcție important în țările nordice precum Finlanda sau Suedia etc.), necesitatea de a adopta anumite soluții constructive datorită condiționărilor ce țin de structura geo-fizică a terenului sau a altor condiționări cum ar fi caracterul seismic al unei zone [4].

Cantitatea de deșeuri municipale colectată de către firmele specializate în activități de salubritate, în România, în anul 2011, a fost de **5.085.082** tone. Din această cantitate 10,46% o reprezintă deșeurile provenite din construcții și demolări (531783tone).

Cantitatea de deșeuri din construcții și demolări colectată în România, în ultimii ani, înregistrează valori mai mici de 10% din cantitatea totală de deșeuri municipale colectate (fig. 2). Comparând acest procentaj cu media Uniunii Europene, care se regăsește în intervalul 25-35%, se observă faptul că procentul înregistrat în România este sensibil mai mic și se pune astfel problema acurateței și integralității datelor colectate și centralizate.

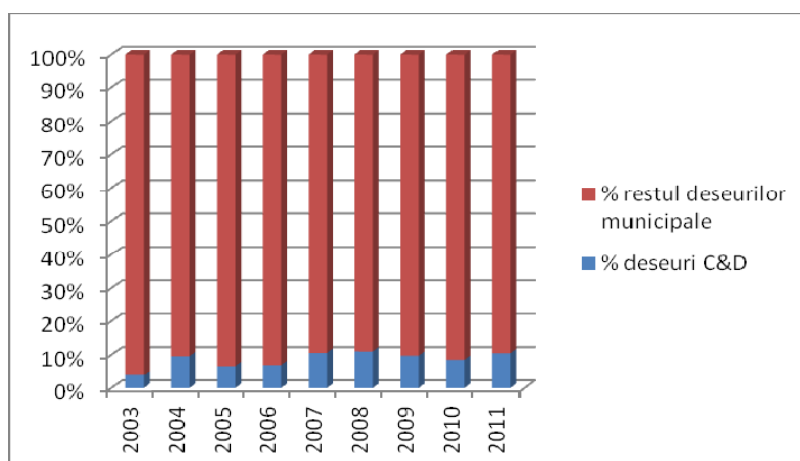


Fig. 2. Variația procentului de deșeuri din construcții și demolări colectate din cantitatea de deșeuri municipale (sursa: Agenția Națională pentru Protecția Mediului)

Legea nr. 211/2011 actualizată privind regimul deșeurilor prevede obligativitatea producătorilor de deșeuri, deținătorilor de deșeuri, operatorilor economici care se ocupă de cumpărarea-vânzarea deșeurilor, sau de valorificarea ori eliminarea deșeurilor, sau de tratarea deșeurilor, inclusiv a intermediarilor „să asigure evidența gestiunii deșeurilor pentru fiecare tip de deșeu, în conformitate cu modelul prevăzut în anexa nr. 1 la HG nr. 856/2002, cu completările ulterioare, și să o transmită anual Agenției Județene pentru Protecția Mediului”. Raportarea acestor date se realizează prin intermediul unei platforme online intitulată Sistem Integrat de Mediu. Cel mai recent „Raport Național Privind Starea Mediului 2013” elaborat în 2014 nu a actualizat datele privind deșeurile din construcții și demolări și sunt incluse în raport datele colectate în anul 2011, la fel ca în raportul din anul precedent. Acest fapt semnaleză o funcționare greoaie a Sistemului Integrat de Mediu, probabil cumulată cu reticența de conformare a operatorilor economici menționați anterior de a completa chestionarele prevăzute pentru raportare.

Un alt impediment în colectarea datelor constă în faptul că unele firme de construcții au puncte de lucru multiple și dispersate pe întreg teritoriul național și nu centralizează datele cantităților de deșeuri produse. De multe ori deținătorii deșeurilor din construcții și demolări sunt greu de identificat de către autoritățile de mediu, deoarece sunt operatori economici al căror profil de activitate nu necesită deținerea unei autorizații de mediu. Nu de puține ori deșeurile din construcții și demolări sunt eliminate la depozitele municipale vechi, fără cântărire, sau cel mai grav sunt aruncate ilegal pe terenuri virane cauzând poluarea aerului, a apei și a solului [5,6,7]. Trebuie menționat faptul că Agenția Națională de Protecția Mediului deține date furnizate de companiile de salubritate, care colectează doar o parte din aceste deșeuri. Astfel, în anul 2011, doar 75,69% din populație a fost deservită de serviciile de salubritate, din care 90,45% s-au situat în mediul urban și 59,17% în mediul rural. Pentru calculul cantităților de deșeuri generate și necolectate se folosesc indici de generare.

Având în vedere aceste neajunsuri, rata de colectare și de valorificare a acestei categorii de deșeuri rămâne deocamdată subapreciată sau cel puțin inexactă.

3. Managementul deșeurilor din construcții și demolări

Ierarhia deșeurilor așa cum este prezentată în cadrul Directivei Cadru 2008/98/CE privind deșeurile, prezintă ordinea descrescătoare a priorităților privind gestionarea deșeurilor: *prevenirea apariției deșeurilor, pregătirea pentru reutilizare, reciclarea deșeurilor, alte operațiuni de valorificare (ex. valorificarea energetică), eliminarea deșeurilor* (în principal prin depozitare).

Prevenirea apariției deșeurilor se concentrează asupra etapelor vieții unui produs înainte ca acesta să fie preluat de un operator de gestionare a deșeurilor (de la extragerea materiilor prime, trecând prin producție până la valorificare) [8]. Abordarea de tip analiza ciclului de viață (LCT) reprezintă o abordare conceptuală, care urmărește să identifice îmbunătățirile și să reducă impactul proceselor de producție și servicii în toate etapele ciclului de viață asociat, de la extracția și prelucrarea materiilor prime, la fabricare și distribuție, utilizare și eliminare (la sfârșitul duratei de viață). "Proiectarea ecologică" are ca principal rol îmbunătățirea performanței ecologice a unui produs de-a lungul ciclului de viață, considerând toate etapele de la producere la utilizare și generare de deșeu (de la materia primă, producție, ambalare, transport și distribuție, instalare/utilizare, întreținere, scoatere din uz și generare deșeu), integrând aspectele ecologice în fiecare din aceste etape [9].

Prevenirea cantității de deșeuri din construcții și demolări poate fi realizată prin:

- schimbarea conceptelor folosite în proiectare;
- selectarea materialelor și a metodelor de construcție.

Măsurile și conceptele de proiectare cuprind standardizarea (luarea în considerare a dimensiunilor standard ale materialelor și reducerea deșeurilor rezultate din tăierea acestora), utilizarea tehnologiilor cu deșeuri minime (prefabricare, cofraje metalice), evitarea modificărilor în stadiile finale ale proiectării (care duc la demolări parțiale și refacerea lucrărilor) și furnizarea de proiecte detaliate (în vederea evitării refacerii anumitor lucrări). Studii recente au arătat că pentru structuri din beton utilizarea prefabricatelor poate reduce semnificativ producerea deșeurilor pe șantierele de construcții.

Conformarea cu țintele asumate în legislația Uniunii Europene înseamnă ca până în anul 2020 să fie finalizat stadiul de pregătire pentru reutilizare, reciclare și alte operațiuni de valorificare materială, inclusiv operații de umplere cu deșeuri pentru minim 70% din masa deșeurilor provenite din activitățile de construcții și demolări.

O reciclare eficientă necesită o selectare la sursă, prin separarea diferitelor materiale reciclabile direct în cadrul șantierului. Se utilizează mai multe containere de depozitare, în funcție de posibilitățile de reciclare avute în vedere. Ulterior, deșeurile sunt transportate la stațiile de tratare sau reciclare, pentru ca în final să reintre în circuitul de producție ca materie primă secundară. Colectarea în amestec constituie alternativa colectării selective, prin această metodă toate deșeurile reciclabile sunt colectate într-un singur container. Deșeurile colectate sunt transportate la o stație de procesare, unde sortarea acestora se face manual sau automatizat. În cazul colectării în amestec există pericolul contaminării deșeurilor nepericuloase prin contactul cu cele periculoase.

În general, 90-95% din deșeurile nepericuloase din construcții și demolări pot fi reciclate, iar materialele principale care pot fi valorificate sunt [2,4,10]:

- materialul excavat (sol, nisip, pietriș, argilă, roci);
- materiale de la construcția drumurilor (bitum, smoală, pavaj, nisip, pietriș, roci zdrobite);
- materiale de la construcția sau demolarea clădirilor (sol, ciment, țigle, cărămizi, beton, ipsos, lemn, metale, sticlă);
- materiale de pe șantierele de construcții (lemn, plastic, hârtie, carton, metale, cabluri, soluții de lăcuit și vopsit).

Rata de reciclare a deșeurilor din construcții și demolări nepericuloase variază mult între țările din Uniunea Europeană de la 0% la peste 90%, deși potențialul de reciclare este foarte mare. Rata de reciclare a fost calculată pornind de la rapoartele de țară din cadrul proiectului „Resource Efficient Use of Mixed Waste” (vezi capitolul 2) și considerând și operațiuni de umplere rambleiere (fig. 3).

Unele țări precum Olanda, Germania și Danemarca au legislație specifică pentru reciclarea deșeurilor din construcții și demolări, cu restricționarea depozitării acestora, rezultând astfel rate mari de reciclare, mai mari de 80%. Măsurile luate de aceste state se referă adesea la taxe mai mari pentru depozitare, care pot să fie de 10 ori mai mari pentru deșeurile mixte decât pentru cele sortate, impozite și taxe pentru utilizarea agregatelor naturale, stimulente financiare și fiscale pentru sortarea și reciclarea deșeurilor din construcții și demolări, pentru producerea și utilizarea de agregate reciclate [10,11,12].

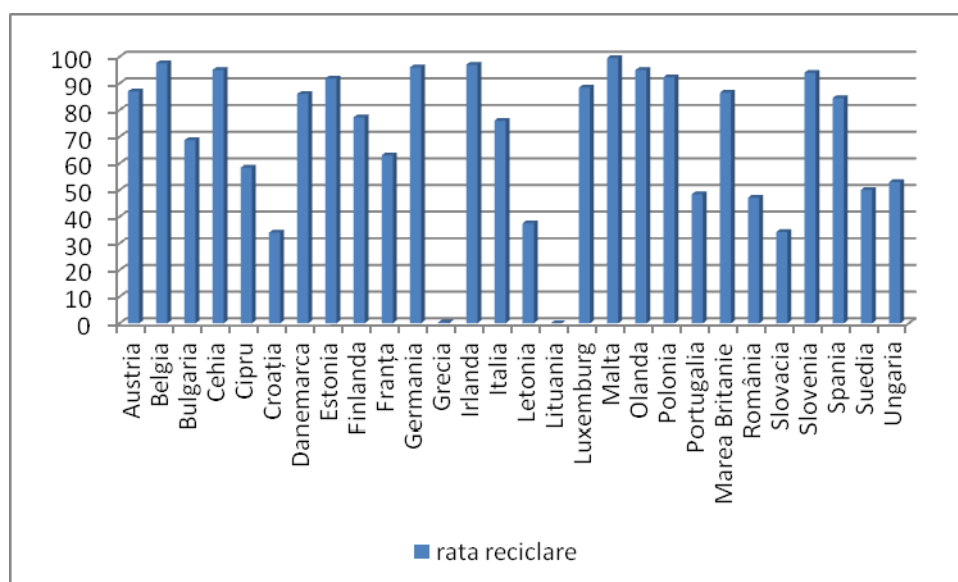


Fig. 3. Procentul deșeurilor din construcții și demolări nepericuloase reciclate, 2012

Rata de reciclare mare a deșeurilor din construcții și demolări poate fi obținută numai cu realizarea unui “Plan de Management al Deșeurilor” fezabil. Acesta este un document care stabilește pentru fiecare investiție o strategie de reciclare. Planul de Management al Deșeurilor trebuie:

- să estimeze tipurile și cantitățile de deșuri C&D generate în fiecare etapă a lucrării;
- să identifice cum fiecare deșeu va fi gestionat și valorificat;
- să furnizeze o estimare a ratei globale a activităților de reciclare;
- să stabilească planuri de instruire, întâlniri și alte comunicări referitoare la managementul deșeurilor [10].

Țările fără preocupări specifice de reciclare a deșeurilor din construcții și demolări au rate mici de reciclare (de exemplu Lituania, Grecia, dar și România) (fig.3).

În anul 2011, în România, rata de reciclare a deșeurilor din construcții și demolări a ajuns la 47,7%, înregistrând o creștere în ultimii ani (fig.4). Trebuie menționat faptul că rata de reciclare s-a calculat considerând cantitatea de deșuri colectată, nu cea generată, cum a fost calculată pentru restul țărilor, ceea ce a condus la un procent mai mare decât cel real. Datele înregistrate nu au considerat și operațiunile de umplere rambleiere, care sunt principalele utilizări ale deșeurilor din construcții și demolări. De asemenea există o piață nedeclarată a reutilizării deșeurilor din construcții și demolări, o piață rezultată în urma scumpirii materialelor de construcție și a creșterii necesităților populației, precum și o reutilizare internă în cadrul gospodăriilor sau al firmelor de construcții.

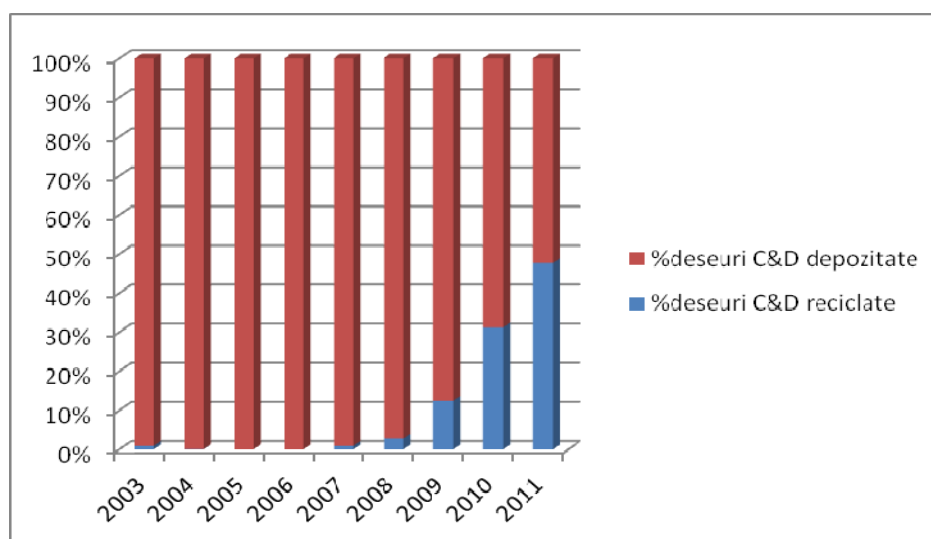


Fig. 4. Variația procentului de deșuri din construcții și demolări reciclate în România (2003-2011)
(sursa: Agenția Națională pentru Protecția Mediului)

Gradul de reciclare redus al deșeurilor din construcții și demolări din România poate fi din cauze de natură tehnică (inexistența infrastructurii de colectare separată și de sortare, respectiv lipsa capacităților de reciclare pentru anumite tipuri de materiale, cum ar fi lemnul), dar și economică (lipsa unor instrumente financiare care să stimuleze/oblighe operatorii de salubritate să livreze deșeurile colectate către instalații de tratare/valorificare și nu către eliminare). De asemenea, în România, agregatele naturale sunt în cantități suficiente și la preț redus, îngreunând intrarea pe piață a

agregatelor reciclate. La calcularea costurilor agregatelor reciclate trebuie luate în considerare, pe lângă costurile propriu-zise cu reciclarea, costurile de colectare și transport, costurile de investiții și de funcționare a echipamentelor necesare și rezultă astfel prețuri mai mari decât ale agregatelor naturale. Costul depozitării deșeurilor în România este mic, iar reciclarea are costuri mai mari și nu este rentabilă.

Eliberarea autorizațiilor de construire/desființare de către Consiliile Locale este condiționată, în baza Legii nr. 50/1991 privind autorizarea executării lucrărilor de construcții actualizată, de existența unui contract de prestări servicii încheiat cu un operator de salubritate pentru colectarea și transportul deșeurilor din construcții și demolări. Conform principiilor managementului deșeurilor acest lucru ar presupune transportul deșeurilor la un centru de management integrat al deșeurilor în vederea sortării, valorificării și/sau depozitării ulterioare. Neexistând o legislație specifică pentru deșeurile din construcții și demolări și din cauza motivelor expuse mai sus, mare parte din deșeurile colectate de operatorii de salubritate ajung să fie depozitate în depozitele de deșuri conforme și neconforme, împreună cu restul deșeurilor municipale. Materialele inerte reprezintă un procent important din deșeurile din construcții și demolări, iar la noi nu există depozite de deșuri inerte. Depozitând materiale inerte în depozitele de deșuri nepericuloase, împreună cu alte deșuri municipale, se ocupă un spațiu pentru care cheltuielile de construcție și de protecție a mediului sunt mult mai mari decât pentru un depozit de deșuri inerte.

4. Modalități de finanțare a managementului deșeurilor din construcții și demolări

Directiva Cadru 2008/98/CE privind deșeurile conține, printre altele, prevederi în domeniul reciclării. Statele Membre ale Uniunii Europene trebuie să organizeze sisteme de colectare separată cel puțin pentru hârtie, metal, plastic, sticlă până în 2015. Se impun ținte de pregătire pentru reutilizare și reciclare a deșeurilor de minimum 50% din masa totală pentru deșeurile menajere și asimilabile cu acestea, până în 2020 și pregătirea pentru reutilizare, reciclare și alte operațiuni de valorificare materială, inclusiv operații de umplere care utilizează deșuri pentru min 70% din masa deșeurilor provenite din activitățile de construcție și demolări. Legea nr. 211/2011 la art. 17 stabilește pentru producătorii de deșuri și autoritățile administrației publice locale obligația de a atinge, "până în anul 2020, un nivel de pregătire pentru reutilizare, reciclare și alte operațiuni de valorificare materială, inclusiv operațiuni de umplere rambleiere care utilizează deșuri pentru a înlocui alte materiale, de minimum 70% din masa cantităților de deșuri nepericuloase provenite din activități de construcție și demolări, cu excepția materialelor geologice naturale definite la categoria 17 05 04 din Hotărârea Guvernului nr. 856/2002, cu completările ulterioare".

Pentru a putea fi atinse țintele de reciclare stabilite pentru deșeurile din construcții și demolări până în anul 2020 trebuie accesate fondurile structurale. Au fost identificate programele operaționale și axele prioritare din perioada de programare 2014-2020, prin care se pot finanța diverse activități care să conducă la prevenirea, reutilizarea și reciclarea deșeurilor din construcții și demolări.

Pentru perioada de programare 2007-2013 proiectele din domeniul managementului deșeurilor au fost finanțate în special prin Programul Operațional Sectorial de Mediu (POS Mediu) 2007-2013, Axa Prioritară 2- Dezvoltarea sistemelor de management integrat al deșeurilor și reabilitarea siturilor istorice contaminate, Domeniul major de intervenție 2.1- Dezvoltarea sistemelor integrate de management al deșeurilor și extinderea infrastructurii de management al deșeurilor. Investițiile pentru acest domeniu de intervenție au prevăzut crearea de sisteme integrate de gestionare a deșeurilor la nivel regional, în paralel cu închiderea depozitelor de deșeuri neconforme [13]. S-au finanțat măsuri și activități de prevenire, colectare selectivă, sortare, valorificare și reciclare, transport, depozitare, tratare, eliminare etc. [13]. Prin POSMediu 2007-2013 au fost finanțate proiectele de management integral al deșeurilor ce acoperă aglomerările urbane și rurale de la nivelul județelor, iar pentru a putea fi selectate a fost necesar ca acestea să fie în acord cu Planul Național și Planurile Regionale de Gestionare a Deșeurilor existente [13]. Printre activitățile finanțate au fost și cele referitoare la reciclarea deșeurilor din construcții și demolări prin achiziționarea de concasoare care să transforme resturile de beton, cărămizi etc. în agregate reciclate.

Procesul de implementare al proiectelor finanțate prin POS Mediu a avut un ritm lent și s-a desfășurat anevoios ceea ce a determinat ca la 28.08.2015 să fie aprobate 32 de proiecte (valoare totală cca. 1,3 mld.€), cu un grad de absorbție de 51,9% [14]. O parte din aceste proiecte înregistrează întârzieri, drept pentru care nu se vor finaliza în 2015 și vor fi continuate prin Programul Operațional Infrastructură Mare (POIM) 2014-2020 Axa Prioritară 3 - Dezvoltarea infrastructurii de mediu în condiții de management eficient al resurselor - Obiectivul Specific 3.1 - Reducerea numărului depozitelor neconforme și creșterea gradului de pregătire pentru reciclare a deșeurilor în România. POIM prevede un buget de 351 milioane euro (Fondul de Coeziune + Bugetul Național) pentru investiții în sectorul managementului deșeurilor în vederea continuării dezvoltării proiectelor de management integrat al deșeurilor de la nivelul județelor ce au ca beneficiar Asociațiile de Dezvoltare Intercomunitară prin Consiliile Județene [15]. Prin POIM vor fi finanțate într-o primă etapă proiectele pregătite în perioada 2007-2013 și nedemarate încă, așa numite proiecte „fazate” (termen pe care îl considerăm inoportun datorită lipsei sale din dicționarele limbii române) și sistemul de management integrat al Municipiului București [15]. După finalizarea Planului Național de Gestionare a Deșeurilor 2014-2020, pe baza planului de acțiune propus se vor finanța și alte tipuri de investiții, POIM urmând a fi modificat în acest sens [15].

Implicarea cercetării și a inovării în managementul deșeurilor din construcții și demolări, promovarea unor materiale/tehnologii de construcții care previn apariția deșeurilor (proiectare ecologică), dar și constituirea unei baze de date cu operatorii care reciclează deșeurile (e-comert) și o bază de date cu deșeurile din construcții și demolări pot fi realizate accesând fonduri prin Programul Operațional Competitivitate:

AP1: Cercetare, dezvoltare tehnologică și inovare (CDI) în sprijinul competitivității economice și dezvoltării afacerilor

AP2: Tehnologia Informației și Comunicațiilor (TIC) pentru o economie digitală competitivă

IMM-urile care au ca obiect managementul deșeurilor pot obține finanțare prin Programul Operațional Regional - AP2: Îmbunătățirea competitivității IMM-urilor și prin Programul Național de Dezvoltare Rurală - măsura sM 6.4: Investiții în crearea și dezvoltarea de activități neagricole.

Activități legate de educație și diverse cursuri privind managementul deșeurilor pot fi derulate prin Programul Operațional Capital Uman pe toate axele prioritare:

AP1: Inițiativa locuri de muncă pentru tineri

AP2: Îmbunătățirea situației tinerilor din categoria NEETs (not in education, employment or training)

AP3: Locuri de muncă pentru toți

AP4: Incluziunea socială și combaterea sărăciei

AP5: Dezvoltare locală plasată sub responsabilitatea comunității

AP6: Educație și competențe.

Având în vedere că nu au apărut toate ghidurile solicitantului pentru programele operaționale, sau sunt în curs de consultare, situația prezentată poate să sufere modificări.

5. Concluzii

La nivel european se reciclează mai mult de 50% din cantitatea de deșuri din construcții și demolări generată. Majoritatea țărilor din Uniunea Europeană reciclează beton, cărămizi și asfalt, dar și un procent important din pământ, balast, criblură. Procentul de reciclare al deșeurilor din construcții și demolări din România e mai mic, dar înregistrează o creștere față de anii anteriori. Pentru reușita reciclării deșeurilor din construcții și demolări ar trebui o legislație specifică cu obligațiile celor implicați în procesul de reciclare, eliberarea autorizațiilor de construire sau de demolare condiționată de existența unui Plan de Management al Deșeurilor, creșterea taxei de depozitare, creșterea gradului de utilizare a agregatelor reciclate. Utilizarea fondurilor structurale din perioada de programare 2014-2020 poate să conducă la creșterea gradului de reciclare a acestor deșuri și la atingerea țintelor impuse de legislația națională și europeană.

Referințe

- [1] European Commission, "Production in construction up in april", 2014, <http://ec.europa.eu/enterprise/newsroom/press/items/detail.cfm?id=7599&lang=en>
- [2] European Commission, "Construction and Demolition Waste Management practices, and their economic impacts", Report by Symonds, in association with ARGUS, COWI and PRC Bouwcentrum, 1999 www.ec.europa.eu/environment/waste/studies/cdw/
- [3] ***http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/mixed_waste.htm
- [4] European Commission, "Service contract on management of construction and demolition waste – sr1, Final Report Task 2", A project under the Framework contract ENV.G.4/FRA/2008/0112, 2011

- [5] C. Iacoboaia, M. Șercăianu, “Reciclarea deșeurilor din construcții și demolări - o necesitate?”, The Romanian Economic Journal, No.33, 141-159, 2010
- [6] C. Iacoboaia, O. Luca, M. Aldea, M. Șercăianu, “Main issues related to the construction and demolition waste management in Romania”, In The Sustainable City VI, Urban Regeneration and Sustainability 13-17 April 2010 (pp.533-547) Southampton, Boston WITpress Transactions on Ecology and the Environment, nr.129
- [7] C. Iacoboaia, “Salubritate urbană”, Conspress, 2013
- [8] AEA Mediu Consulting srl/AEA Technology plc, “Revizuirea Strategiei Naționale de Gestionare a Deșeurilor”, 2009, http://www.asrm.ro/pdf/Revizuire%20Strategie%20Nat%20Gestiune%20Deșeuri_12_03_2009.pdf
- [9] *** Hotărârea nr. 870/2013 privind aprobarea Strategiei naționale de gestionare a deșeurilor 2014-2020, Monitorul Oficial, Partea I nr. 750 din 04/12/2013
- [10] M. Lennon, “Recycling Construction And Demolition Wastes, A Guide for Architects and Contractors”, The Institution Recycling Network, 2005
- [11] X. Duran, H. Lenihan, B. O’Regan, “A model for assessing the economic viability of construction and demolition waste recycling—the case of Ireland”, Resources, Conservation and Recycling, 46, pp. 302–320, 2006
- [12] G. Rodriguez, F.J. Alegre, G. Martinez, “The contribution of environmental management systems to the management of construction and demolition waste: The case of Autonomous Community of Madrid (Spain)”, Resources, Conservation and Recycling, 50, 2007, pp. 334-349
- [13] *** Ministerul Mediului și al Pădurilor - Ghidul solicitantului POSMediu, AP2, DMI 2.1, 2014
- [14] *** http://www.posmediu.ro/upload/pages/Raportare%20POS%20Mediu_28_08_2015.xls
- [15] *** Ministerul Fondurilor Europene - Programul Operațional Infrastructură Mare - Strategia pentru contribuția programului operațional la Strategia Uniunii pentru o creștere inteligentă, durabilă și favorabilă incluziunii și realizarea coeziunii economice, sociale și teritoriale, 2015

Case study in product quality and environmental planning to achieve comfort within indoor working spaces*

Mihai Dragomir^{1*}, Bela Zalany², Diana Dragomir¹, Florin Popescu², Sergiu Solcan²

¹ Technical University of Cluj-Napoca,
Bd. Muncii nr. 103-105, Cluj-Napoca, Romania

*E-mail: mihai.dragomir@muri.utcluj.ro

² SC Smart Furniture SRL,
Str. Branului nr. 53, Cluj-Napoca, Romania

Abstract. *The present work presents a demonstrative application for defining the needed measures to implement quality and environmental planning provisions at product level within a furniture start-up company that seeks to transfer newly developed products into production. The conceptual models of D. A. Garvin and N. Kano are used as basis for this endeavor and the resulting proposals can constitute the basis for concrete approaches such as ISO 9001 systems, Lean Six Sigma, Kaizen events or other. For the product related environmental aspects, the Bill of materials generated by the CAD software CATIA is used as the starting point for analysis. A modality of structured deployment of measures is presented, a “red thread” that runs from identifying and understanding the customer requirements, to design and development, to production and delivery and, ultimately, returns to the customers in order to assess their overall satisfaction along the product lifecycle. The authors consider that such an approach has the advantage of being, at the same time, scientifically sounds, technically useful and practically implementable, offering a tool which is easy to use in a company that combines R&D with market orientation against the usual background and challenges of launching a new business.*

Key words: *quality planning, environmental planning, Garvin’s 8 dimensions of quality, Kano model.*

1. Introduction

The current paper proposes a possible scenario for developing the adequate measures needed to perform product quality and environmental planning for a furniture start-up company focused on developing innovative furniture by incorporating RDI activities at the center of its business model, with the support of European Funding in the form of the project POSCCE 12.P01.001 13 C3, Research for developing and implementing into production innovative furniture, part of the 12.P01.001 Competitiveness Pole “Transylvanian furniture cluster”. As the project is nearing completion, a product portfolio has been developed by the researchers and designers and the company is considering its options in turning these products into market successes with the help of the newly implemented production system. For this purpose, a special focus will be dedicated to ensuring the proper realization of quality

* Lucrare inclusa in programul conferintei EENVIRO 2015

at product level, both by means of correct planning and optimized control, while at the same time maintaining a minimal environmental footprint.

For the needs of the present endeavor, quality as a goal will be approached by means of approaches proposed in the 1980s by professors David A. Garvin in the US and Noriaki Kano in Japan. The choice of these approaches is based on the need to define in an exploratory manner the possible future customer niches and to design into the products all the possible measures to ensure their success from early on, no matter what concrete form they take during implementation: ISO 9001 Quality management system objectives, Lean Six Sigma DPMO targets, Kaizen events programs or other means. This is due to the high degree of competitiveness on this market [1], both in Romania and abroad, where, even an innovative product, can fail quickly and be rapidly replaced if it does not meet the cost and performance expectations in a short time span (furniture is leaning in the past decades more towards the commodity end of the product novelty scale and attempts to push it towards the innovation end are still required to be good and cheap from start). The product interactions with the environment are mainly treated in this paper by means of analyzing and understanding the impact that the chosen materials have on the sustainability of resources, the quality of affected environmental factors (i.e. air) and the challenges of recycling at the product's end of life.

2. Structuring customer requirements using the Kano model

The Kano model [2,3] groups the requirements of the customers into three categories: mandatory (they must be fulfilled for the customer to perceive satisfaction), performance (the more the better to entice satisfaction) and surprising (a few unconscious requirements whose fulfillment brings a considerable return on investment). In the case of the analyzed furniture start-up company, based on focus group studies and the company policies, the market for residential and business (office) work furniture, respectively, yields the following requirements (Table 1):

Table 1

Customer requirements analysis		
Kano model category	Identified requirements Residential work environment	Identified requirements Business work environment
Mandatory	Durability Main function	Durability Easy maintenance Main function Cost effective
Performance	Comfort Easy to transport/Light Customization possibilities Precision of execution Distinction of materials Integration into trends Color/Texture/Aspect Delivery/Installation Cost effective	Re-configurability Professional aspect/image Precision of execution Distinction of materials Fireproofing Office equipment readiness Ergonomic working position Common spare parts / repairs Delivery/Installation/Recovery
Surprising	Design approach Multi-functionality Re-configurability	Multi-functionality Smart capabilities Recyclability

3. Structuring quality measures using Garvin's 8 dimensions

Prof. David A. Garvin proposed in his article from HBR in 1987 [4, 5], an approach to quality structured on 8 main dimensions that relate both to product and process levels: performance (main function), features (all other functionalities), reliability (constancy of functionality), conformance (adherence to expected norms), durability (time related behavior), serviceability (ability to be repaired), aesthetics (design preferences), perceived quality (satisfaction generated).

We shall use these direction to continue the presentation of how the identified customer requirements are used to generate product characteristics and an individualized process structures within the production system. A typical furniture type that can be included both in the residential and the business categories, namely a work desk, is used in the following to exemplify the results of thinking up the activities of the company through the dimensions mentioned above, using the proven advantages CAD/CAM/simulation software [6]. The main design themes are based on a survey of real customer requirements in terms of dimensions, functionality and aspect.

The *performance* of the product is visible in Figure 1 below, which shows the CAD model used for product design and indicates the main function of the product – to support work related activities. Based on the 3D model, all the necessary data for production can be derived: dimensions, tolerances, materials, fittings for assembly, accessories, etc. In this way, the room for error between the design and the production processes is minimized and time to customer is very short.



Figure 1. Example of a desk design (CATIA 3D model)

Also, some of the *features* of the product, which are design into it and then manufactured, can be seen in Figure 1: extended working area with two side at 90° angle, thick and stable working surface, mobile file and documents storage unit (roll box) with 3 separate drawers, open space on both sides (no front covers), stiffening elements connecting the wooden legs, one design and support metallic leg on the corner, sober finishing. Besides this, some hidden characteristics must also be mentioned: the wood particle boards must have the proper thickness and their edges

must be processed with ABS before assembly, the assembly pins, holes and glue need to be integrated and anti-slipping and anti-humidity legs need to be installed. Also, the document cabinet has its own mechanism and accessories that must be included: wheels, drawer guides, handles, etc. All the features are achieved through proper design and manufacturing according to CAD specifications (Figure 2).

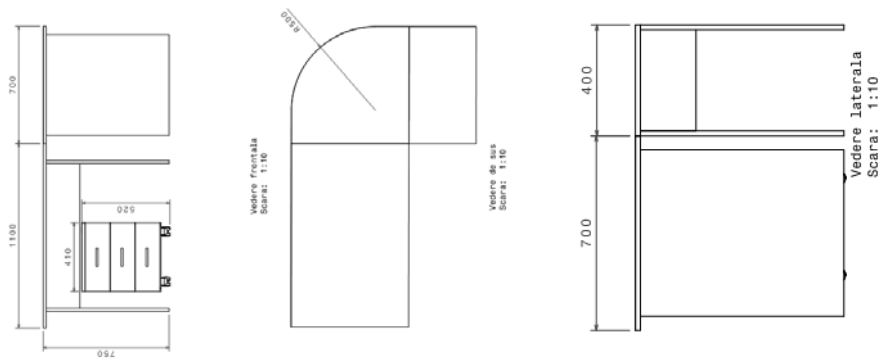


Figure 2. Product related features (overview drawings)

The *reliability* has been described in terms of FEA (finite element analysis) study that has tested through simulation the stress that the product must endure, using a uniformly distributed force of 2000N, 2 supports for each particleboard leg and 1 support for the metallic leg (Figure 3a). The results of the study indicate that the maximum possible deformations do not exceed the allowable limits of the material, thus the product is able to perform its function in a continued manner.

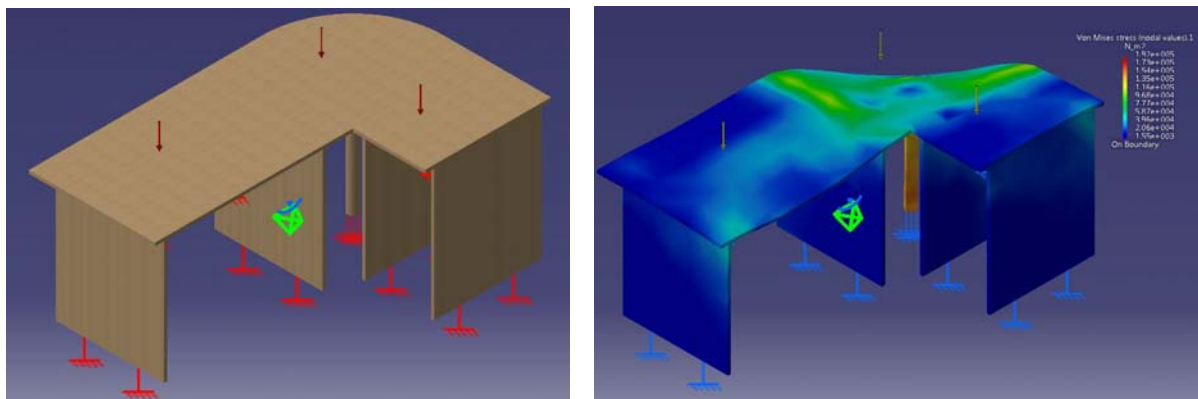


Figure 3. a) FEA setup; b) FEA results

In order to ensure *conformance* of the product with norms and regulations, the following standards will be observed during product design and manufacturing:

- STAS 147-88 – Wood furniture. Work tables and desks (Romanian standard)
- EN 527-1:2011 – Office furniture. Work tables and desks. Part 1: Dimensions (European norm)
- EN 527-2:2002 – Office furniture. Work tables and desks. Part 2: Mechanical safety requirements (European norm)

Case study in product quality and environmental planning to achieve comfort within indoor working spaces

Following the provisions of these standards, the designed work desk will have proper dimensions and relationships among dimensions, adequate functionalities and ergonomics and will provide the users with a safe interior environment (e.g. proper supports, proper distribution of load, positioning of joints and accessories, etc.).

In this case, *durability and serviceability* have been implemented by using a standardized and simple parts and a reduced number of technological operations, along with durable materials with a long useful life and easy to clean and maintain. In this way, the product is a demonstration of the guidelines of the Design for X approach, where X is replaced here not only by durability and serviceability, but also by quality, cost, manufacturability and ease of assembly. The details of these combined approaches can be better observed in the bill of materials (BOM) (Table 2):

Table 2

Bill of materials for the proposed desk

Nr. crt.	Name of component	Material	Dimensions	No. of pieces
1.	Large table top	Melamine	1100x 700x 18	1
2.	Small table top	Melamine	400x 700x 18	1
3.	Corner table top	Melamine	500x 700x 18 (rounded 500)	1
4.	Legs of table	Melamine	600x 732	4
5.	Metallic leg	Chromed metallic	732x 60 diam	1
6.	ABS	Plastic	2mm thick	
7.	ABS Adhesive	Adhesive		
8.	Bungs	Wood	6,5x 5 diam	Approx. 30
9.	Screws	Metal	10x 2.5 diam	4
10.	Connecting element (table1)	Melamine	864x 200x 18	1
11.	Connecting element (table 2)	Melamine	364x 200x 18	1

The *aesthetics* of the product are simple and lean, in accordance with the customers' requirements and current trends, without being the defining feature of this product. It has been positioned from the beginning as a work desk, for the average office worker, or, maybe, for some home office use. As such, it does not have significant image related roles. However, it projects a sleek, modern and discreet look that can make it attractive to a large customer base, while at the same time leaving room for the user to customize it in use according to their own wishes (Figure 4).





Fig. 4. Studies concerning the possible final aspect of the desk (w/o the roll box)

The *perceived quality* in the case of the studied product has been assessed during a focus group with 10 natural persons, possible customers of the given product, that have not been involved in the customer requirements gathering or other development phases. Their feedback is summarized in the table below based on a questionnaire with 10 items, 9 with a Likert scale and 1 open, aimed at determining strong and weak points of the proposed design and the drivers of the purchasing decision (Table 3):

Table 3

Summary of customer feedback regarding perception of the proposed desk		
Nr. crt.	Investigated aspect	Responses
1.	Useful space and its distribution	0%-insufficient, 10%-barely enough, 80%-adequate, 10%-a bit large, 0%-too large
2.	Storage capacity	30%-insufficient, 40%-barely enough, 30%-adequate, 0%-a bit large, 0%-too large
3.	Flexibility of the arrangement	0%inflexible, 30%somewhat flexible, 70%-flexible enough, 0%-too flexible, 0%-unusable
4.	Perceived support and stability	0%-unstable, stable enough, adequate support, very stable, 0%-immovable
5.	Connectivity, adequacy for equip.	80%-no connectivity, 20%-low connectivity, 0%-adequate connectivity, 0%-high connectivity, 0%-very high connectivity
6.	Aspect, customization possibilities	0%-unlikeable, 10%-tarnished, 30%-acceptable, 50%-good looking, 10%-great looking
7.	Overall product evaluation	0%-poorly designed, 10%-acceptable, 20%-adequate, 50%-good, 20%-very good
8.	Desired product life	10%-under 3 years, 40%-3-5 years, 50%-over 5 years
9.	Other desired features based on the presented design (open)	Power outlets, modularity, coffee mug area, storage trays pawls, roll box anchors, possibility to conceal/organize cables, more modern materials, more futuristic design
10.	Likeliness to purchase	10%-not at all, 10%-not likely, 60%-likely, 20%-very likely, 0%-for sure

Based on these responses and considering the development, production and marketing costs, the decision of the company's management leans towards producing the desk both as an on-demand item and as a series item. Also, improvement possibilities can be inferred from these responses.

4. Environmental measures for the product life

There have been identified *three main directions* for acting upon the product in order to increase its environmental compatibility with the current regulations and the expectations of the target markets (Table 4). Each of these directions can be solved with multiple solutions that have both positive and negative aspects. Without providing final solutions, the authors recommend that the company make the corresponding product development and manufacturing decisions from the combinations below, after performing a cost-benefit analysis, a trade-off analysis and possibly, after appealing to innovative solutions such as the ones provide by the application of the TRIZ method (Theory of Inventive Problem Solving).

Table 4

Environmental planning for the proposed desk

Studied issue	Solutions	Challenges
Materials used and sustainability of resources	Eco-friendly particle board Use of recovered materials Replacement materials (plastics)	High price, customers will refuse Raises aesthetic and durability issues Cheap look and feel of the product
Interactions with environmental factors (mainly air)	Classic laminated surface Glass/Plexiglas covering Chemical treatments	Cheap look, poor product image Additional weight, sensitive Additional costs, possible side-effects
Recyclability at the end of active life	Particleboards, edges, adhesives Metallic components	Difficult to recycle, expensive to dispose Easy and cheap to recycle

A possible way out of this conundrum that balances the entire customer oriented development against societal issues would be to create a family of products, where different variants can be created by the clients themselves, thus encouraging them to be co-creators.

5. Conclusions

The product used in this case study, a work desk, has both residential and business viability, with minimal modifications or variations. It is essential that it is designed and manufactured in conformance with way the customer perceive an innovative, high quality and environmental friendly product, as they will spend considerable time working on it and it will be featured in their relationships with other persons (family, co-workers, customers). Our demarche showcases that by using proper scientific approaches and tools, as well as adequate software tools, a simple product (work table) can be transformed into a real partner for the customer (work desk). In this way, the quality of their working indoor environment is constructed by achieving the perception of satisfaction on the part of the customer, along the entire

work day and by minimizing potential negative impacts of poorly designed furniture (strains, aches, lack of functionality, air contamination, dissatisfaction, etc.).

Acknowledgement

This paper has benefited from the support of the project “Research for the development and implementation into production of innovative furniture”, contract no. 12 P01 001 13 C3, beneficiary Smart Furniture SRL Cluj-Napoca, partner Technical University of Cluj-Napoca. The project is part of the Competitiveness Pole 12 P01 001 “Transylvanian Furniture Cluster” financed through the Sectorial Operational Program “Increase of Economic Competitiveness 2007-2013” by the European Regional Development Fund.

This publication reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

6. References

- [1] Ioana-Roxana Cicală, Diana Dragomir, Mihai Dragomir, „Determining the critical success factors of a romanian furniture manufacturer, as part of a strategic planning initiative”, *Review of Management & Economic Engineering*, Vol. 12, Issue 1, pp. 149-164, 2013
- [2] Noriaki Kano, Seraku Nobuhiku, Takahashi Fumio; Tsuji Shinichi, „Attractive quality and must-be quality”, *Journal of the Japanese Society for Quality Control*, Vol. 14, Issue 2, pp. 39-48, 1984
- [3] Josip Mikulić, Darko Prebežac, „A critical review of techniques for classifying quality attributes in the Kano model”, *Managing Service Quality*, Vol. 21, Issue 1, pp. 46-66, 2011
- [4] David A. Garvin, „Competing on the Eight Dimensions of Quality”, *Harvard Business Review*, Vol. 65, Issue 6, pp. 101-109, 1987
- [5] Arthur Tenner, Irving DeToro, „Total quality management: three steps to continuous improvement”, Addison-Wesley Longman, ISBN-13: 978-0201563054, 192 pp., 1992
- [6] Ghinea, R.A., Popescu, D., Neamtu, C., Hurgoiu, D., Popister, F., „Using Delmia V5 for human activity improvement in an assembly line production”, *Applied Mechanics and Materials*, 657, pp. 353-358, 2014

The modelling and the automation of an independent wound DC motor*

Robert Peciş¹, Eleonora Darie²

¹Lecturer, Eng. Ph.D., the Faculty of Building Services and Equipment, Technical University of Civil Engineering of Bucharest, Lacul Tei Bvd., no. 122 – 124, RO 020396, sector 2, Bucharest, Romania

²Assoc. Prof., Eng. Ph.D., the Faculty of Building Services and Equipment, Technical University of Civil Engineering of Bucharest, Lacul Tei Bvd., no. 122 – 124, RO 020396, sector 2, Bucharest, Romania

Abstract

In this paper the authors analyse a dynamic system, namely the independent wound DC motor and a new automation mode for this. Starting from the voltage balance equation and the torque balance equation, a Matlab/Simulink model is built for the motor and the motor's answer to unit level signal and a ramp signal is analysed. For the automation of the system a PID regulator is used. By the fine tuning of the regulator's parameters, an optimal variation is obtained, which satisfies all the performances.

Key-words: *Electrical drive, speed control, automation PID*

1. Introduction

In the dc motor based systems the independent wound DC motor is the most frequently used. For this motor, the excitation current is constant for a large interval of motor speeds.

There is well-known from the literature [1-7, 9] that the operation of the independent wound DC motor is determined by a voltage balance equation for the rotor wound (electric balance) and a torque balance equation (mechanical balance), as follows:

$$\mathbf{u}(t) = \mathbf{R} \cdot \mathbf{i}(t) + \mathbf{L} \cdot \frac{d\mathbf{i}(t)}{dt} + \mathbf{e}(t); \quad (1)$$

$$J \frac{d\omega(t)}{dt} = C_m(t) - C_r(t). \quad (2)$$

By using the basic equations from [1] and [2], we obtain:

$$\begin{aligned} e(t) &= \Phi \cdot \omega(t) \\ C_m(t) &= \Phi \cdot i(t) \\ C_r(t) &= f \cdot \omega(t) \\ \omega(t) &= \frac{d\theta(t)}{dt}, \end{aligned} \quad (3)$$

By introducing these equations (3) into the above equations (1 and 2), we obtain:

$$\begin{cases} \frac{di(t)}{dt} = -\frac{R}{L} \cdot i(t) + \frac{1}{L} \cdot u(t) - \frac{\phi}{L} \cdot \omega(t) \\ \frac{d\omega(t)}{dt} = \frac{\phi}{J} \cdot i(t) - \frac{fr}{J} \cdot \omega(t) \end{cases}; \quad (4)$$

where:

u – is the powering voltage present at the rotor's terminals;

ω – is the rotation speed of the motor axis;

i - is the rotoric current;

R – is the rotor wound's resistance;

L – is the rotor wound's inductance;

e – is the induced electromotive force;

Φ – is the excitation magnetic flux;

J – is the inertia moment of the motor axis;

θ – is the angular displacement of the motor axis;

C_m – is the active torque of the motor;

C_r - is the resistive torque of the load;

F_r - is the friction coefficient.

The two system variables, the electric one (the current intensity) and the mechanical one (the rotor axis rotational speed) can be found in each equation (4). In both (4) equations the other system variable produces an adverse reaction, being opposite to entry measure (in this case the power voltage present at the rotor circuit's terminals), realising the „coupling” between the two variables, a coupling necessary for the electromechanical conversion. The electromotive force is opposed to the power voltage present at the rotor circuit's terminals and the resistive torque is opposite to the electromagnetic torque, attenuating the mechanical speed's dynamics. For the motor mode, the difference between the electromagnetic torque and the load's resistive torque is strictly positive. If the entry value is not enough, the difference between the electromagnetic torque and the load's resistive torque becomes negative and the electromechanical conversion is not possible. In this way a skip area of the electromechanical conversion is introduced for the cases when the difference between the electromagnetic torque and the load's resistive torque is negative [9]. The numerical integration of the (4) equation system leads to the preparation of the system's model (figures 1 and 2).

2. The analysis of the independent wound DC motor's operation

By applying the Laplace transform for the (1-4) linear equations, we can obtain the following algebraic equations for zero condition ($i(0) = 0$ and $\omega(0) = 0$) [2]:

The modelling and the automation of an independent wound DC motor

$$\begin{cases} s \cdot i(s) = -\frac{R}{L} \cdot i(s) + \frac{1}{L} \cdot u(s) - \frac{\phi}{L} \cdot \omega(s) \\ s \cdot \omega(s) = \frac{\phi}{J} \cdot i(s) - \frac{f_r}{J} \cdot \omega(s) \end{cases}; \quad (5)$$

which conduct to the followings [2]:

$$\begin{cases} i(s) = \frac{1}{L \cdot s + R} \cdot u(s) - \frac{\phi}{L \cdot s + R} \cdot \omega(s) \\ \omega(s) = \frac{\phi}{J \cdot s + f_r} \cdot i(s) \end{cases} \cdot \quad (6)$$

3. The Matlab/Simulink model for the independent wound DC motor

By using the equations (5) and (6), the authors have built the numerical model for the said independent wound DC motor, with transfer functions, described is Simulink, as in figure 1 [2].

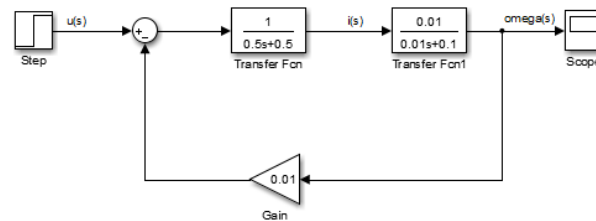


Fig. 1: The numerical model for the said independent wound DC motor for an unit level signal.

The model has been constructed with the blocks available in Matlab/Simulink.

4. The answer of the analysed system to the unit level signal

For visualizing the indicial answer of the analyses system [1, 2], after setting the values of the constants (by example $J = 0,01$; $f_r = 0,1$; $R = 1$; $L = 0,5$; $\phi = 0,01$) the simulation has been proceeded ($t=10$ s) and the oscilloscope window displayed the graphics showed in the below figure, showing the dependence of the output value (ω (s)) of an unit level input signal $u(s)$ (figure 2).

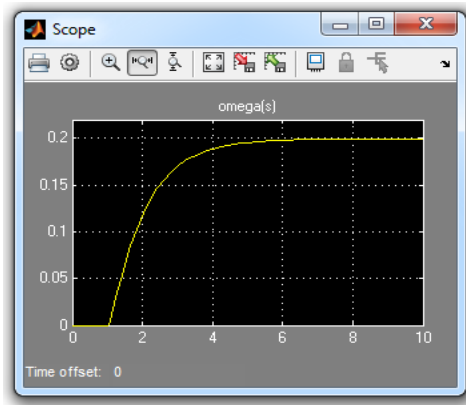


Fig. 2: The indicial answer ($\omega(s)$) of the independent wound DC motor to an unit level signal.

5. The answer of the analysed system to a ramp signal

The analysed numerical model (built with the blocks available in Matlab/Simulink) is shown in figure 3 below [1-2].

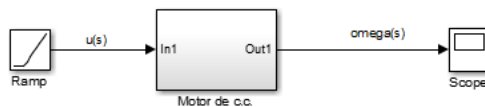


Fig. 3: The numerical model for the said independent wound DC motor for a ramp signal

The figure below (figure 4) shows the indicial answer (showing the dependence of the output value ($\omega (s)$) of an ramp input signal $u(s)$), displayed by the oscilloscope window. In this figure, the model of the DC motor is represented by a sub-system.

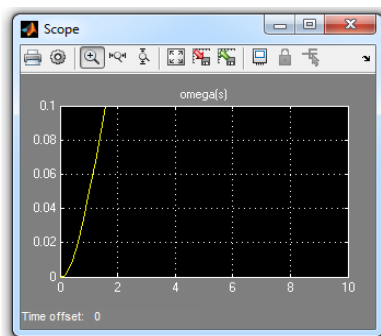


Fig. 4: The answer ($\omega(s)$) of the numerical model of the independent wound DC motor to a ramp signal.

6. The model's automation

A few performances are necessary to be ensured for the analysed system, namely:

The modelling and the automation of an independent wound DC motor

- Zero stationary error;
- The less transient time;
- Over-switch less than 20%;

The reference value is a unit level signal [1-5]. Figure 5 shows the analysed motor's automation scheme, including a PID regulator and figure 6 shows the indicial answer of the PID regulator close loop.

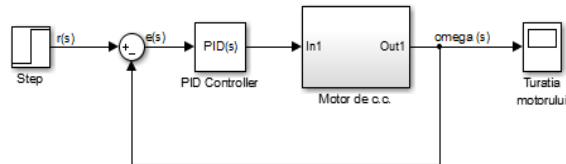


Fig. 5: The automation circuit for the independent wound DC motor.

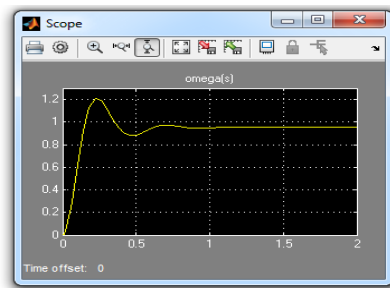


Fig. 6: The indicial answer ($\omega(s)$) of the closed loop system including a PID regulator.

From figure 6 we can deduce that there is a stationary error and it is necessary an integrative part. The over-regulation has a high value, being necessary the derivative component of the regulator, too. By refining these values we find an optimal value (figure 7), a value for which all the imposed requirements are satisfied.

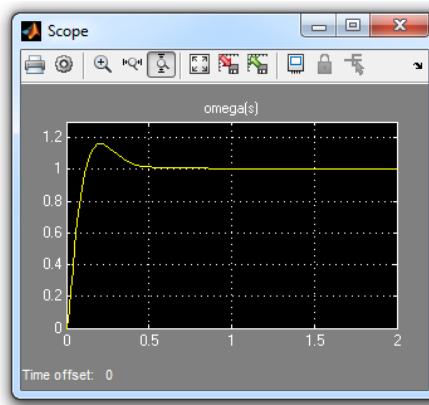


Fig. 7: The indicial answer ($\omega(s)$) of the closed loop system including a PID regulator.

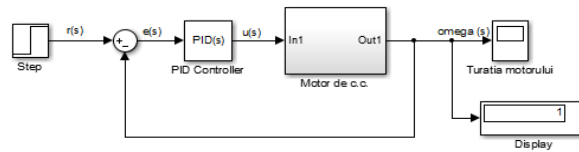


Fig. 8: The automation circuit ($P=120$; $I=320$; $D=5$) for the independent wound DC motor.

The stationary value of the system can be visualised by connecting at the output of a display block, as that one from figure 8. This block displays the last value, that of stationary mode (corresponding to $t = 2$ s).

7. Conclusions

The presented numerical models (figures 1 and 3) can be enhanced, considering the regulating possibilities by an adequate algorithm, that uses the information received from the transceivers – a current transceiver and a rotational speed transceiver. These can be engineered as a low-pass filter, their necessity being determined by the ripples of the rotor current, produced by the execution element or by the constructive structure itself.

In figure 2 there is shown the indicial answer of the system and we can notice that for $t = 1$ s, the output of the model is zero, inconvenience that can be solved by setting the *Step time* accordingly, so that the level signal will be applied at $t = 1$ s [2].

By the fine tuning of the regulator's parameters, the over-switch will be less and the stationary value will be close to zero [2].

The stationary value of the analysed system can be visualized by connecting a display block to the output, that will display the last value, meaning the stationary regime value (corresponding to $t = 2$ s).

In case of some more complicated building equipment processes, the Matlab/Simulink Model of figure 5 can become more complex.

References

- [1] I. Topa, L. Diaconu, *Actionari electrice reglabile cu masini de curent continuu*, Editura Matrix Rom, Bucuresti, 2002, ISBN 973-685-304-7;
- [2] C. Soare s.a., *Proiectarea asistata de calculator in Matlab si Simulink. Modelarea si simularea proceselor*, Editura Agir, Bucuresti, 2006, ISBN 973-720-102-7; 978-973-720-102-7;
- [3] T. Tudorache, *Medii de calcul in ingineria electrica MATLAB*, Editura Matrix Rom, Bucuresti, 2006, ISBN 973-755-005-6;
- [4] Gh. Andronescu, *Simularea numerica a actionarilor electrice cu motor de curent continuu*, Editura Matrix Rom, Bucuresti, 2009, ISBN 978-973-755-532-8;
- [5] Centea O., Darie E., *MAȘINI ELECTRICE*, Editura Printech, București, 2012, ISBN 978-606-521-880-2;
- [6] Darie E., *MAȘINI ELECTRICE*, Editura Printech, București, 2014, ISBN 978-606-23-0273-3;
- [7] Darie E., *MAȘINI ELECTRICE. APLICAȚII*, Editura Printech, București, 2014, ISBN 978-606-23-0274-0;
- [8] Simulink Toolbox Matlab User Guide;
- [9] Andronescu Gh., *Simularea numerica a actionarilor electrice cu masini de curent continuu*, Editura Matrix Rom, București, 2002, ISBN 973-685-304-7.

L'évaluation du confort thermique au sein des véhicules avec des indices classiques - approche expérimentale

Thermal comfort evaluation inside vehicles with classical indices - experimental approach

Pierre-Yves Ouhimi¹, Thomas Lechartier¹, Paul Danca², Cristina Fabian²

¹ Université de Caen Basse-Normandie, IUT Cherbourg-Manche, Département GTE
120 rue de l'Exode, 50 000 Saint Lô, France

² Université Technique des Constructions Bucarest
bd. Pache Protopopescu 66, Bucarest, Roumanie
E-mail: paul.danca09@gmail.com

Rezumat

Modalitățile actuale de evaluare ale confortului termic în autovehicule nu sunt optimizate în acord cu cele două direcții importante și interdependente, confortul termic și consumul de energie. Mai mult decât atât principiile de determinare sunt bazate pe metode de evaluare confortului termic în interiorul clădirilor. Obiectivul prezentului studiu este de a investiga confortul termic din interiorul automobilului. Cu ajutorul instrumentelor de măsură, am urmărit variația parametrilor interiori (temperatura și viteza aerului, temperatura medie de radiație, umiditatea relativă) și al celor exteriori (temperatura și umiditatea, radiația solară). Estimând rata metabolică și izolarea termică produsă de îmbrăcămintea pasagerilor și cunoscând valorile parametrilor interiori, am calculat indicele PMV, urmărind posibilitatea utilizării acestuia în autovehicul.

Cuvinte cheie: confort termic, PMV, autovehicul, TSV, habitacul

Abstract

The current methods for thermal comfort evaluation inside the vehicles are not optimized in agreement with the two important and interacting directions, thermal comfort and energy consumption. More than that, the determination principles are based on the evaluation methods of thermal comfort inside the buildings. The primary subject of this study is to investigate the thermal comfort inside the vehicles. By means of the measuring tools, we followed the interior parameters variation (air temperature and speed, mean radiation temperature, relative humidity) and the exterior ones (humidity and exterior temperature, solar radiation). Estimating the metabolic rate and the thermal isolation produced by the passengers clothing and knowing the interior parameters value, we have calculated the PMV parameter, analyzing the possibility of applying it inside vehicles.

Key words: thermal comfort, PMV, vehicle, TSV, cabin

1. Introduction

Le confort thermique est perçu et ressenti différemment par tout à chacun, il n'y a donc pas de définition universelle de ce terme [1]. Il dépend principalement des caractéristiques physiologiques, psychologiques, environnementales [2].

Pour lutter contre les zones présentant de l'inconfort, l'organisme humain peut «s'autoréguler» thermiquement grâce aux informations que le corps envoie à l'hypothalamus car la température interne du corps doit de rester quasi constante.

Le corps humain s'adapte à son environnement, notamment grâce au principe de sudation (mécanisme physiologique inconscient permettant d'abaisser la température corporelle), en grelottant (activation forcée des muscles pour se réchauffer), ou encore en adaptant sa respiration (lors d'un effort ou non). On dit alors que l'organisme humain est homéotherme [3]. Il possède aussi le sens de l'anticipation car, lorsqu'une personne sait que la température extérieure est faible par exemple, il va se munir de vêtements en conséquence [4]. Cette anticipation représente l'approche psychologique de l'homme envers son environnement car il a conscience des limites de ses mécanismes d'auto régulation.

Le sang, d'une température d'environ 37 °C, circule dans les vaisseaux sanguins et perd en température lorsqu'il réalise un long trajet (des organes internes où il est réchauffé, comme le cœur ou le foie, vers l'organe en question, les doigts par exemple). Si la température d'un local est inférieure à la température dite de confort thermique, les vaisseaux sanguins se rétractent et le corps limite ses échanges thermiques avec l'air ambiant; c'est le phénomène de vasoconstriction. A l'inverse, apparaît le phénomène de vasodilatation. Ces deux phénomènes témoignent d'un inconfort notable dans un milieu donné.

La vitesse de l'air est aussi un paramètre important dans pour la notion de confort thermique car, plus sa valeur est élevée, plus la sensation de froid se fera ressentir.

Encore aujourd'hui, il n'existe aucune équation réussissant à prendre en compte tout les paramètres en lien avec le confort thermique [5] (en sachant que ceux exposés ci-dessus n'en représente que la partie principale). Pourtant, certains scientifiques du XXème siècle ont essayé de comprendre et de se rapprocher d'une équation illustrant le confort thermique dans un espace clos. Fanger fut celui qui laissa la plus grande trace (aujourd'hui encore) de ces travaux. Son travail de recherche était basé sur un modèle empirique [6]. Il réalisa un grand nombre de tests sur des sujets humains sous des conditions toutes plus différentes les unes que les autres (variation de la température, de la vitesse de l'air en circulation, etc) pour finalement aboutir à une situation où le confort thermique est atteint. Il inventa un indice appelé PMV (Predicted Mean Vote) allant de -3 (très froid) à +3 (très chaud) avec 0 symbolisant la neutralité pour définir le confort thermique d'une pièce. La définition du PMV est valable seulement pour des personnes exposées de façon prolongée à des conditions constantes et avec un taux d'activité (métabolisme) constant.

Malgré tout, la notion de PMV n'est applicable que pour des températures ambiantes variant de 10 °C à 30 °C et pour des température rayonnantes allant de 10°C

L'évaluation du confort thermique au sein des véhicules avec des indices classiques- rapproche expérimentale

à 40 °C d'après les normes en vigueur dans le milieu du bâtiment aujourd'hui. Il n'y a pas de norme adaptée au milieu automobile délimitant le calcul du PMV [2, 7-11].

En outre, il réalisa d'autres études pour connaître le taux de personnes insatisfaites d'une ambiance. Il proposa l'équation du PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) qui est liée à celle du PMV [12, 13].

Tous les éléments influençant le confort thermique précédemment énoncés sont à prendre en compte lorsqu'il est question d'aménager l'habitacle d'une voiture. La climatisation permet de contrôler les caractéristiques de l'air extérieur. La performance du système de ventilation dépend principalement de ces paramètres :

- composition des vitres (et propreté)
- incidence de l'angle solaire
- débit d'air
- radiations dues aux objets (composition) de l'habitacle

A la suite de plusieurs expériences, des chercheurs ont démontré que les conducteurs avaient une « meilleure conduite » lorsque le confort thermique est proche d'être optimum [14]. D'autres ont également démontré que 85 % des trajets se font sur une distance d'environ 18 kilomètres répartis sur une plage horaire de 15 à 30 minutes [15]. Il faut donc adapter le confort thermique à ce paramètre. En outre, on peut réaliser une approche écologique du confort thermique. En effet, l'utilisation de la climatisation entraîne un surplus de la consommation d'essence pouvant atteindre 25 % en ville et 10 % en extra-urbain [16]. Donc, en utilisant des matériaux adéquats, le confort thermique et le respect de l'environnement peuvent être améliorés simultanément.

Une expérience fut réalisée sur une Skoda Octavia [17] pour comprendre quelles étaient les caractéristiques de l'air conditionné sortant des bouches d'aération. Les étudiants de doctorat ont réalisé un cadre composé de divers matériaux permettant à une caméra thermique de photographier en temps réel les divers profils de température de l'air des bouches d'aération. Ce cadre est composé d'une multitude de carrés en polyéthylène également répartis pour que la caméra puisse capter les températures en chacun des points du cadre. Les mesures de température ont été prises à l'avant (côté passager et côté conducteur) et à l'arrière du véhicule en adéquation avec les trappes de sorties d'air, en sortant des champs de température pour évaluer le confort thermique.

Une autre expérience fut menée [18] dans le but de comprendre les critères du confort thermique au sein d'un habitacle. Les auteurs ont utilisé, contrairement à l'expérience précédente, un système empirique en modifiant progressivement la température et l'humidité relative avec et sans la présence d'un sujet humain placé à l'avant de la voiture (côté conducteur). En effet, la température de la peau est sujet à de nombreuses contraintes. Elle augmente de manière significative dès lors qu'elle est exposée aux rayonnements solaires. Elle est aussi extrêmement dépendante de l'humidité relative. Si l'humidité relative n'est pas trop importante, la peau va pouvoir procéder à la sudation. Au contraire, avec une humidité relative importante elle ne va pas pouvoir le faire ce qui va donner une sensation d'inconfort. De plus, quand l'humidité relative est trop basse, la température du corps a tendance à augmenter.

Tout cela nous a conduits à proposer une campagne expérimentale dans une automobile pour évaluer différentes modalités de quantifier et évaluer qualitativement l'état de confort thermique. Cette étude représente une partie de notre stage de recherche licence et master et s'inscrit dans le projet INSIDE: *Innovative strategies of HVAC systems for high indoor environmental quality in vehicles* - PN-II-PT-PCCA-2013-4-0569.

2. Méthode expérimentale

La partie expérimentale a utilisé trois types de mesures: les capteurs de température i-button, l'évaluation Testo confort et les questionnaires des sujets humains.

Le système Testo est un système compact standardisé pour la détermination globale des index PMV et PPD. Il permet de mesurer la vitesse de l'air, l'humidité, la pression, l'intensité lumineuse, la température de l'air, la température rayonnante et le taux de CO₂. Dans nos expériences on utilisera surtout les deux températures – de l'air et rayonnante, l'humidité et la vitesse de l'air. Le thermomètre mesure la température ressentie dans un local, la sonde utilisé est de type k et sa plage de données va de 0°C à 120°C. L'anémomètre peut, quant à lui, mesurer de 0.06m*s-1 à 50m*s-1.

L'iButton est un capteur de température sans fil, à mémoire interne, sous la forme d'une pastille, que l'on peut placer sur n'importe quelle surface. Dans notre cas il est utilisé pour la prise de température sur les sujets humains. Il est placé par exemple, sur le front et sur la main gauche des sujets humains. Pour le transfert de données il faut le connecter à un ordinateur, muni du logiciel d'exploitation «OneWireViewer », par un port USB. Le logiciel extrait les données et les exprime sous forme d'un graphique de la température en fonction du temps.

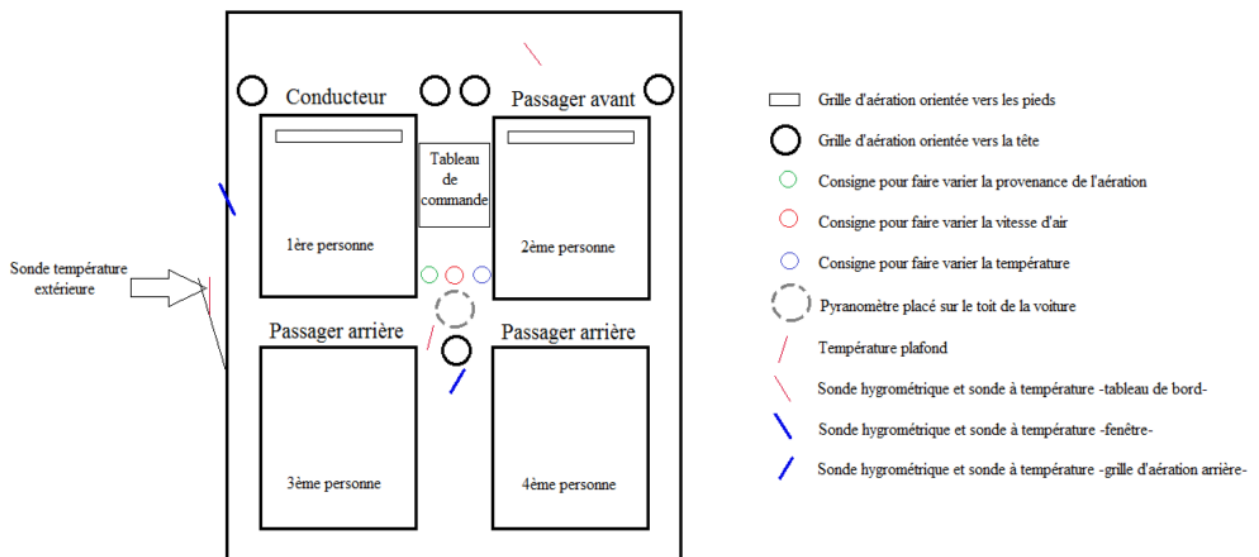


Fig. 1. Schéma de l'habitacle de la voiture et la position des capteurs

L'évaluation du confort thermique au sein des véhicules avec des indices classiques- rapproche expérimentale

Les occupants de la voiture avaient des dispositifs placés sur un de leur poignet et sur leur front. La voiture était également équipée de capteurs de mesure comme nous l'illustre le schéma de la Figure 1.

De plus, les sujets d'expérience devaient, toutes les cinq minutes, répondre à un questionnaire pour décrire ce qu'ils ressentaient à divers endroit du corps.

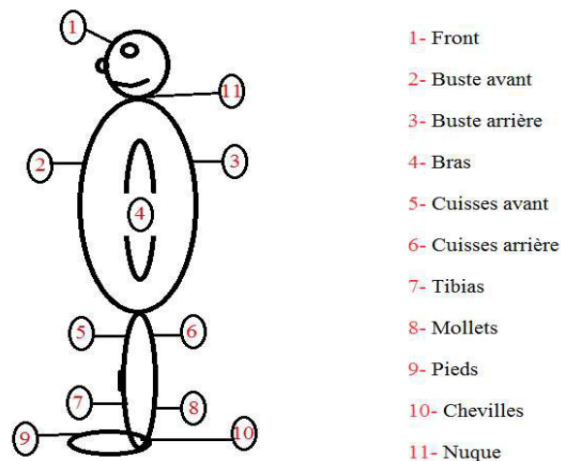


Fig. 2. Points de mesure sur le corps des sujets

Par la suite, nous avons eu à notre disposition des valeurs, données par le système Testo, divisées en 6 sessions. De plus, nous étions munis d'une sonde de température extérieure et d'un pyranomètre. A la suite de nos mesures, nous obtenons le flux solaire et la température suivante en fonction du temps (les séparations par traits verticaux exposent le changement de sessions au fil de l'expérience).

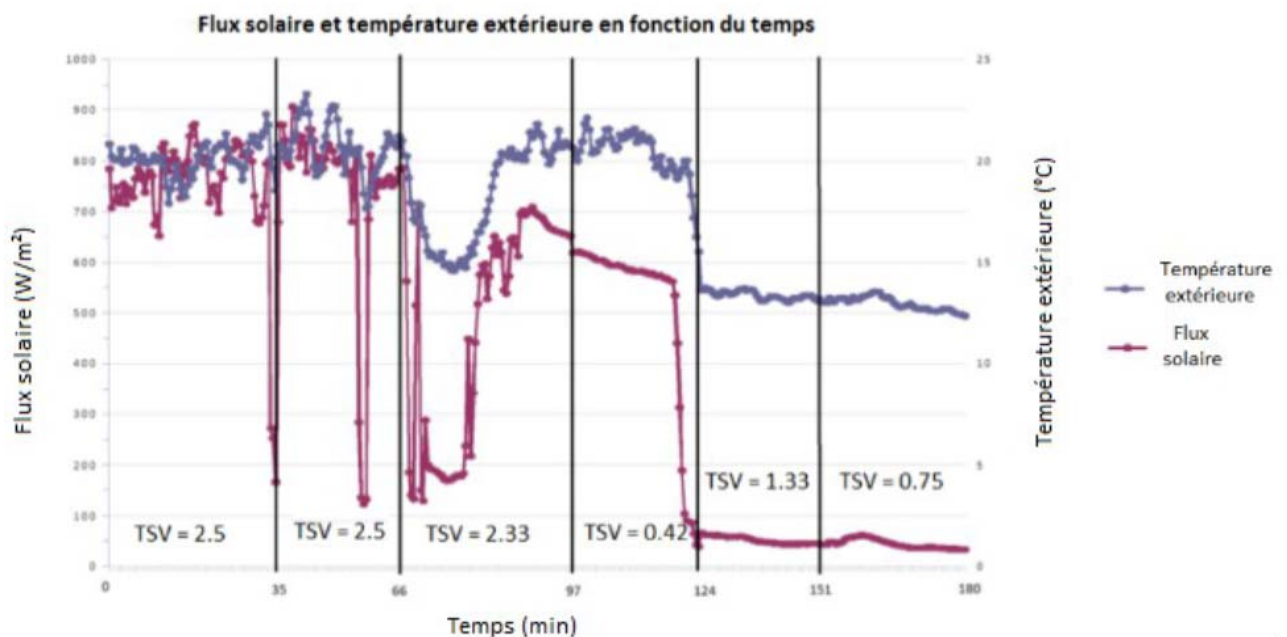


Fig. 3. Flux solaire et température en fonction du temps

L'utilisation des sujets humains nous a permis de recueillir la sensation thermique sous la forme de la note TSV (Thermal Sensation Vote) par l'intermédiaire des questionnaires complétés au long d'une période de 30 minutes, tous les 10 minutes. Pour les expériences avec les sujets humains, les quatre personnes sont placées dans la voiture. On fixe les iButtons sur leurs fronts et leurs mains gauches. Ensuite nous fermons les fenêtres, mettons en route la voiture et enclenchons la ventilation. Les mesures sont enregistrées tout pendant que les sujets remplissent un questionnaire leur demandant leurs sensations à plusieurs niveaux du corps (tête, dos, cuisse, chevilles ...), ainsi que leur sensation de confort. Tous ces éléments doivent être placés sur une échelle allant de -3 à +3, -3 étant une grande sensation de froid, +3 une grande sensation de chaud et 0 une ambiance neutre ou confortable.

3. Résultats

Les sessions 1 et 2 se rejoignent car les personnes ne se sentent pas très bien dans la voiture au regard de leurs réponses aux questionnaires. En revanche, les TSV retranscrits lors de la session 4 ne concordent pas avec ceux des sessions 1 et 2 car les personnes se sentent globalement bien. Cela peut s'expliquer en jetant un œil aux variations du flux solaire et de la température extérieure. En effet, ces paramètres sont élevés lors des sessions 1 et 2. Par contre, le flux solaire est moins élevé lors de la session 4 ce qui peut expliquer ces différences au niveau du ressenti des personnes dans la voiture. En outre, la température extérieure est globalement égale à celle présente lors des sessions 1 et 2.

Les sessions 3, 5 et 6 présentent toutes des caractéristiques différentes mais on remarque que les sessions 5 et 6 sont globalement similaires. Plus les passagers de la voiture restent longtemps dans l'habitacle et plus ils ressentent un inconfort dû à la chaleur alors qu'ils se sentaient bien au début de l'expérience. Par contre, lors de la session 3, au début les personnes étaient partagées entre le fait de sentir un léger ou un inconfort assez important, puis ils ont tous, au fil de l'expérience, ressenti un inconfort très important. Le flux solaire et la température extérieure descendent fortement au début de la session 3 mais remontent fortement à partir du milieu de la session 3. Le flux solaire et la température extérieure sont basses et constantes lors des sessions 5 et 6.

Par la suite, nous avons séparé toutes les valeurs en fonction des places que les passagers occupaient. Ensuite nous avons exprimé le TSV et le PMV en fonction de quatre paramètres : - la température intérieure; - le flux solaire; - la température de rayonnement; - la température du tableau de bord.

Nous avons divisé les résultats en deux parties différentes de celles exposées ci dessus. En effet, nous avons remarqué que les résultats des sessions 1, 2, 3 et 4 concordent. D'une part, dans la première catégorie de mesure, les valeurs du coefficient de détermination sont proches de 0 pour chacune des régressions linéaires de chaque graphique, que se soit pour les courbes de PMV et de TSV. Nous pouvons donc assez simplement en conclure que ces résultats ne sont pas probants. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces mauvais aboutissants.

L'évaluation du confort thermique au sein des véhicules avec des indices classiques- rapproche expérimentale

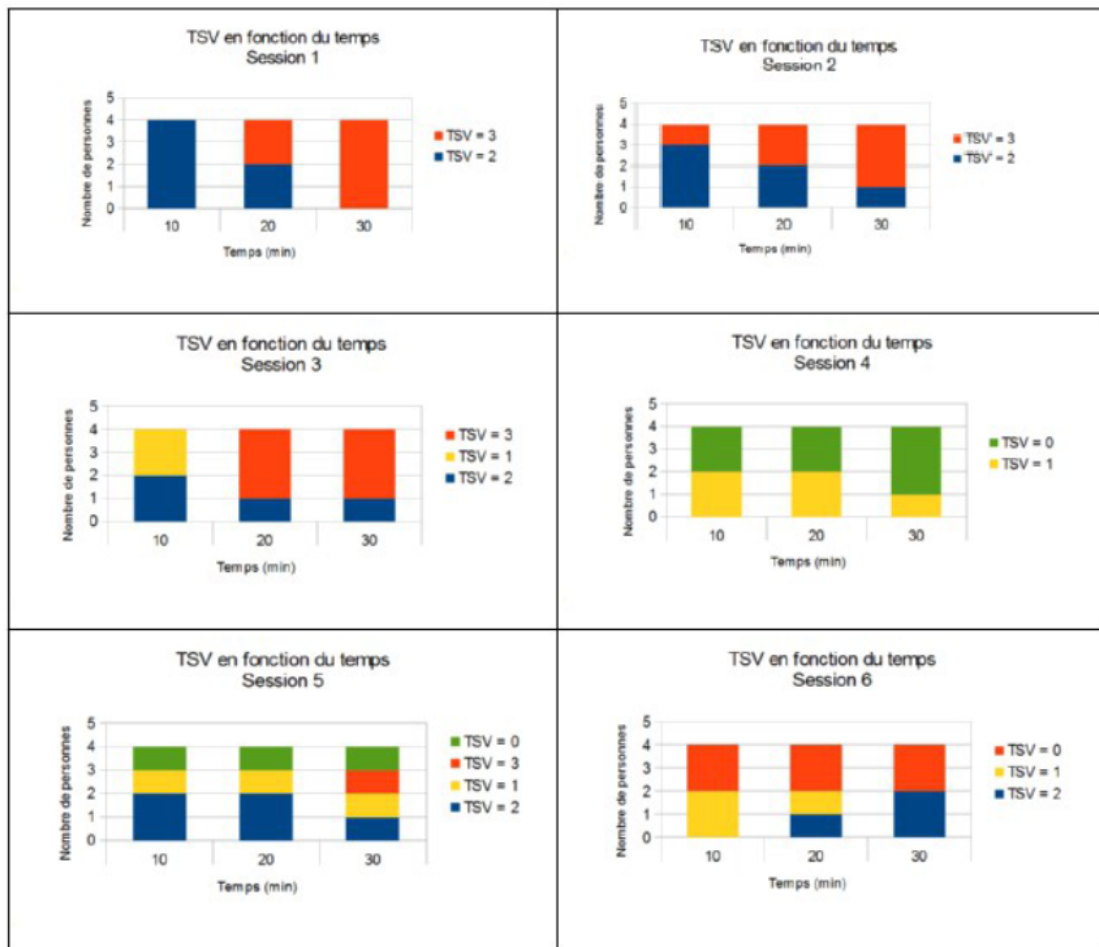


Fig. 4. Valeurs de TSV pour chaque session

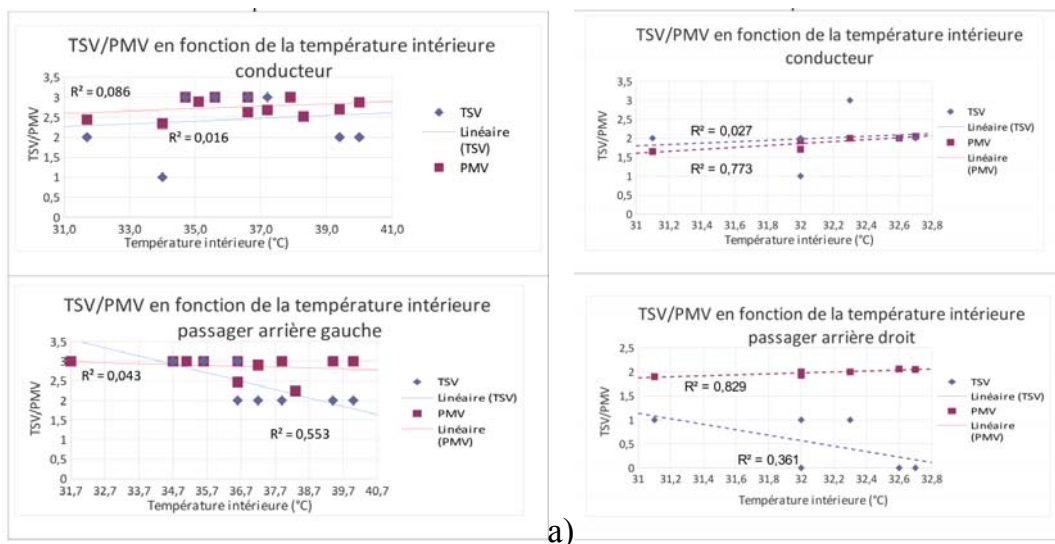


Fig. 5. Corrélation du TSV et PMV en fonction de température:
 a) catégorie 1 session 1, 2, 3 et 4; b) catégorie 2 session 5 et 6

Les sujets humains testés lors de cette étude ont peut être donné des conclusions hâtives et peu représentatives des conditions de l'habitacle. Effectivement, le confort

étant une notion très subjective et différente pour tout à chacun, ils ont dû être affectés par les paramètres extérieurs à l'expérience.

D'autre part, dans la seconde catégorie de mesure, les valeurs du coefficient de détermination sont proches de 1 pour les régressions linéaires du PMV, alors qu'il est souvent proche de 0 pour celles du TSV. On peut donc en conclure que les sujets humains étaient, comme précédemment, affectés par les paramètres extérieurs à l'expérience. Par contre, les valeurs obtenues relatives au PMV sont assez concluante. Étant donné que la température extérieure et le flux solaire restent constants lors des sessions 5 et 6, les valeurs obtenues pour le PMV sont globalement constantes car les appareils de mesure (notamment le système Testo) prévus initialement pour le bâtiment donnent des valeurs optimums. En effet, ces appareils ont un long temps de réponse et lorsque les paramètres extérieurs au véhicule restent constants, cette configuration est idéale.

4. Conclusions

Les recherches dans le domaine de l'automobile étant axées sur l'efficacité énergétique (consommation d'essence etc.), les instruments de mesure du confort thermique, sont très peu nombreux et ne conviennent pas à aux dimensions de l'habitacle d'une voiture. Par exemple, l'appareil servant à mesurer la température radiante du système Testo est adapté au domaine du bâtiment. Il est utilisé pour collecter des données dans des espaces moins dynamiques en termes de variation des paramètres du climat intérieur que celui de la voiture. Nous pensons donc qu'il est nécessaire de modifier les normes concernant la prise de mesures dans l'habitacle des voitures et inventer des nouveaux instruments de mesure, car l'approche et le matériel utilisés actuellement pour ces mesures ne sont pas encore adaptés à ce type de configuration.

Remerciements: Cet article a été réalisé pendant les projets PN-II-PT-PCCA- 2011-3.2-1212 et PN-II-ID-PCE-2011-3-0835 avec le soutien financier de UEFICDI-Roumanie.

Références

1. Croitoru, C., *PhD Thesis: Studii teoretice și experimentale referitoare la influența turbulenței aerului din încăperile climatizate asupra confortului termic*. 2011, Technical University of Civil Engineering Bucharest.
2. Fanger, P.O., *Thermal comfort*. 1982, Malabar, FL.: Robert E. Krieger Publishing Company.
3. Stolwijk, J.A.J. and J.D. Hardy, in *Control of Body Temperature, Handbook of Physiology, Section 9, Chapter 4*, B. American Physiology Society, Maryland, Editor. 1977. p. 45 – 68.
4. de Dear, R. and G.S. Brager, *The adaptive model of thermal comfort and energy conservation in the built environment*. International Journal of Biometeorology, 2001. **45**(2): p. 100-108.
5. Gao, N., H. Sun, and D. Ewing, *Heat transfer to impinging round jets with triangular tabs*. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2003. **46**(14): p. 2557-2569.

L'évaluation du confort thermique au sein des véhicules avec des indices classiques- rapproche expérimentale

6. Fanger, P.O. *Proposed Nordic standard for ventilation and thermal comfort*. in *Proc. Int. Conf. On Building Energy Management*. 1980.
7. ISO 7730 - *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*. 2005.
8. ***, *Moderate thermal environments - determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort in ISO 7730*, I.O.f. Standardization, Editor. 1984.
9. ISO, *Ergonomics of the thermal environment -Evaluation of thermal environments in vehicles Part 3: Evaluation of thermal comfort using human subjects*, in *ISO 14505-3:2006*. 2006.
10. ISO, *Ergonomics of the thermal environment -Evaluation of thermal environments in vehicles Part 2: Determination of Equivalent Temperature*, in *ISO 14505-3:2006*. 2006, ISO.
11. ISO, *Ergonomics of the thermal environment - Evaluation of thermal environments in vehicles Part 1: Principles and methods for assessment of thermal stress*, in *ISO 14505-1:2007*. 2007.
12. Fanger, P.O., *The new comfort equation for indoor air quality*. *Ashrae Journal*, 1989. **31**(10): p. 33-38.
13. Fanger, P.O.a.P., C.J.K. . *Discomfort due to air velocities in spaces*. in *Proceedings of the Meeting of Commissions B1, B2, E1 and the IIR, 4, Belgrade*. 1977.
14. Alahmer, A., et al., *Vehicular thermal comfort models; a comprehensive review*. *Applied Thermal Engineering*, 2011. **31**(6–7): p. 995-1002.
15. Rugh, J.P. and D. Bharathan. *Predicting Human Thermal Comfort in Automobiles in Vehicle Thermal Management Systems Conference and Exhibition*,. 2005. Toronto, Canada
16. Liu, J. and S. Zeng, *Progresses and needs in cabin environment research of transport vehicles*. *Building and Environment*, 2012. **47**(0): p. 3-4.
17. Hwang, S.D., C.H. Lee, and H.H. Cho, *Heat transfer and flow structures in axisymmetric impinging jet controlled by vortex pairing*. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 2001. **22**(3): p. 293-300.
18. Alahmer, A., et al., *Analysis of vehicular cabins' thermal sensation and comfort state, under relative humidity and temperature control, using Berkeley and Fanger models*. *Building and Environment*, 2012. **48**(0): p. 146-163.

The negative influence of the hydraulic imbalance to the system performance in solar panels

prof. dr. ing. Florin Iordache¹, drd. ing. Horatiu Dragne²

¹ Universitatea Tehnica de Constructii București
Bulevardul Lacul Tei 122-124, Sector 2, București, Romania
E-mail: fliord@yahoo.com

² Universitatea Tehnica de Constructii București
Bulevardul Lacul Tei 122-124, Sector 2, București, Romania
E-mail: horatiudragne@yahoo.com

Abstract

This article presents how greater impact has the flow rate determining the system performance in the thermal solar panels. Starting from the general correlation between flow rate of thermal agent and the solar energy received by a flat plate collector the analysis is extended to an entire field of collectors where the flow rate is more or less uniform.

The bad performance determined by the hydraulic unbalance is being presented in relation to the general performance of the field. The drop in the performance of the system is that point where for less energy used a smaller amount of energy is produced.

In this article, it is justified the medium range of values for the flow rate that must be adopted in order to obtain a stable and balanced functionality of the entire system and best performance for the system. According to that, if a flat plate collector needs a minimum flow rate of 15 l/m².h to work properly, for an entire field of collectors we need at least 60 l/m².h to get good performance.

The purpose of this paper work is to show the negative consequences that affect the energy performance of solar panels, like the hydraulic unbalance inside the network that unites the solar panels.

The research has the 2 main objectives:

1. Determining the correlation between the dispersion of flow rate and the reduce of the system performance;
2. Determining the influence of initial designed flow rate to the correlation from point 1.

This aspect that we discuss in a solar panel network also appears in classic heating networks. In the case of the solar panel field, lowering the performance means lowering the power received from the sun, but in the classic heating networks lowering the performance means lowering the power supplied to heated spaces. In other words, in the case of the solar panel field the heat does not get high enough and in the case of the heating network it does not get as low as it could get. The lowered performance in solar panels field can be evaluated by reporting the new performance obtained to the maximum performance that can be obtain.

Key-word: solar panels, performance

1. Introduction

We consider a balance network that network where the flow rate in all the nodes has the same value for all the solar panels, in opposition to an unbalance network where the flow rate repartition is chaotic, even if the total flow rate generated at the source of the network is the same in both cases (that is determined from the project state).

The purpose of this paper work is to show the negative consequences that affect the energy performance of solar panels, like the hydraulic unbalance inside the network that unites the solar panels.

In the next chapters we will start analyzing one solar panel and then extend the analysis to a field of solar

2. The evaluation of the solar thermal performance

The solar panel theory is well known to current day, so we will only appeal to well know relations and we will utilize them in order to evaluate the solar power received [4,9,13]. If you refer to a single solar panel the relations that are used to evaluate the performance of the panel are:

$$\eta = F_R \cdot (\alpha\tau) - F_R \cdot k_c \cdot \beta \quad (1)$$

$$\beta = \frac{t_0 - t_e}{I} \quad (2)$$

$$F_R = \frac{a \cdot \rho c}{k_c} \cdot (1 - E) \quad (3)$$

$$E = \exp\left(-\frac{F' \cdot k_c}{a \cdot \rho c}\right) \quad (4)$$

Or if we refer to the medium temperature of the thermic agent:

$$\eta = F' \cdot (\alpha\tau) - F' \cdot k_c \cdot \beta' \quad (5)$$

$$\beta' = \frac{t_m - t_e}{I} \quad (6)$$

$$t_m = F \cdot t_0 + (1 - F) \cdot t_E \quad (6)$$

$$F = \frac{1 - E}{-\ln E} \quad (6)$$

$$t_E = \frac{\alpha\tau}{k_C} \cdot I + t_e \quad (7)$$

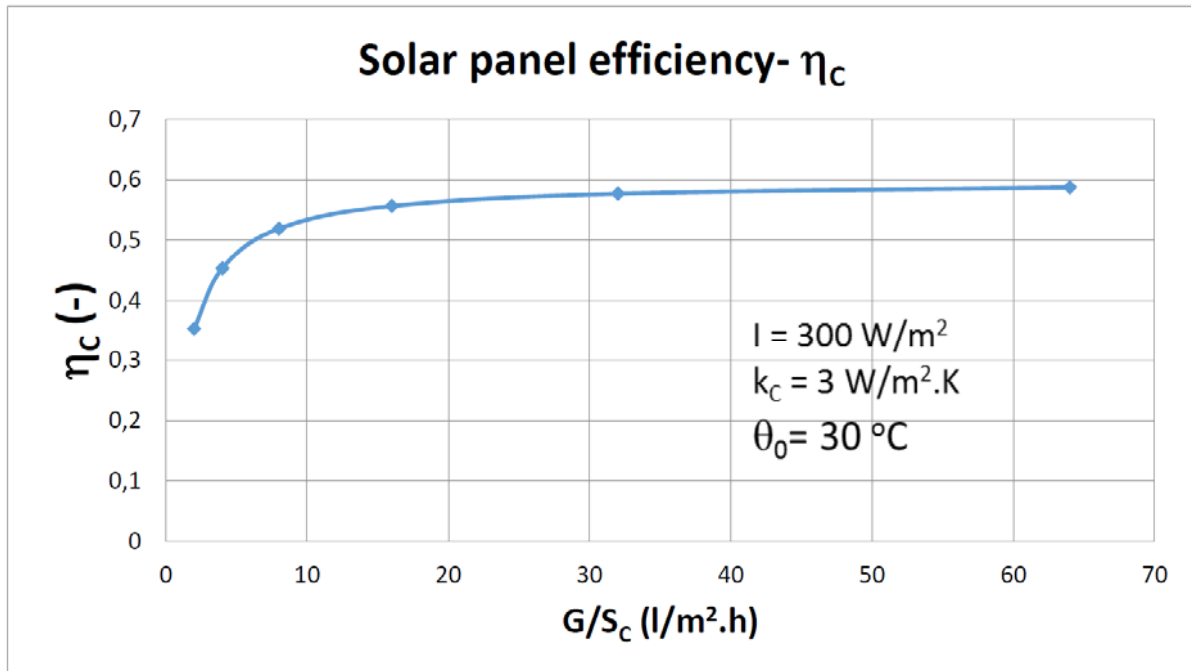


Fig. 1- Representation of theoretical solar panel efficiency

In order to calculate the efficiency of a solar panel we use relations (1), (2), (3), (4) or relations (5), (6), (7) depending what temperature of the thermal agent is used (inlet or medium).

In fig. 1 it is presented the evolution of the capture efficiency depending of the specific flow rate of thermal agent for a certain situation ($I = 300 \text{ W/m}^2$, $k_c = \text{W/m}^2\cdot\text{K}$, $t_0 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$). We can see that after the value of $16 \text{ l/m}^2\cdot\text{h}$ of the specific flow rate of the thermal agent, the value of the efficiency remains almost the same, the increase being very little. We obtain the same result in other situations, changing the parameters.

Another way to express this thing is to represent in a graphic the thermal characteristic of the solar panel. By thermal characteristic of a solar panel we understand the graphic representation of relation 1 and 5.

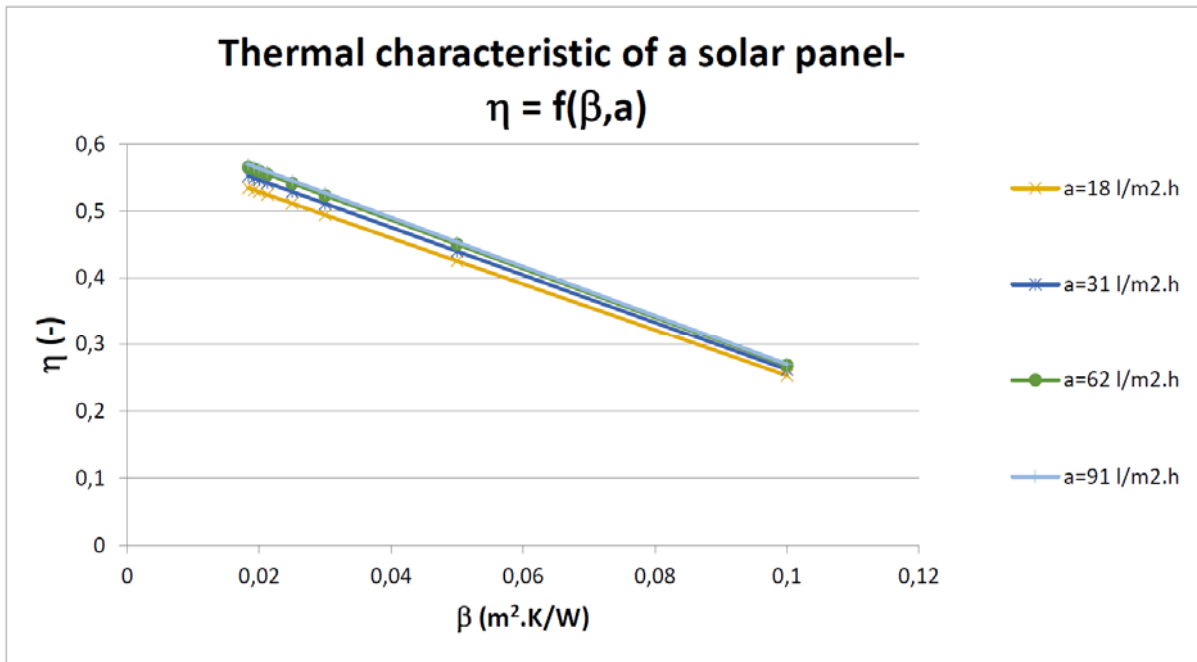


Fig. 2 - The thermal characteristics of solar panels at different flow rate rates

From fig. 2 observe how the thermic characteristic representative lines for different values of the specific flow rate of the thermal agent are starting to stock in the upper part of the diagram starting from the value of the 16 l/m².h. We can conclude from this that for a single solar panel the performance values will not increase after the flow rate value that we express. From fig 2 we can also see the lowering of the performance at specific flow rate lower than 10 l/m².h.

In fig. 3 it is the presented the shape of the thermal characteristic of a solar panel with absorption in the relation with the coefficient of entrance parameters β' . In this situation we have only one representative series for all the values of specific flow rate. The series in diagram from fig. 3 have a different global coefficient of thermic transfer k_c of the solar panel.

The negative influence of the hydraulic imbalance to the system performance in solar panels

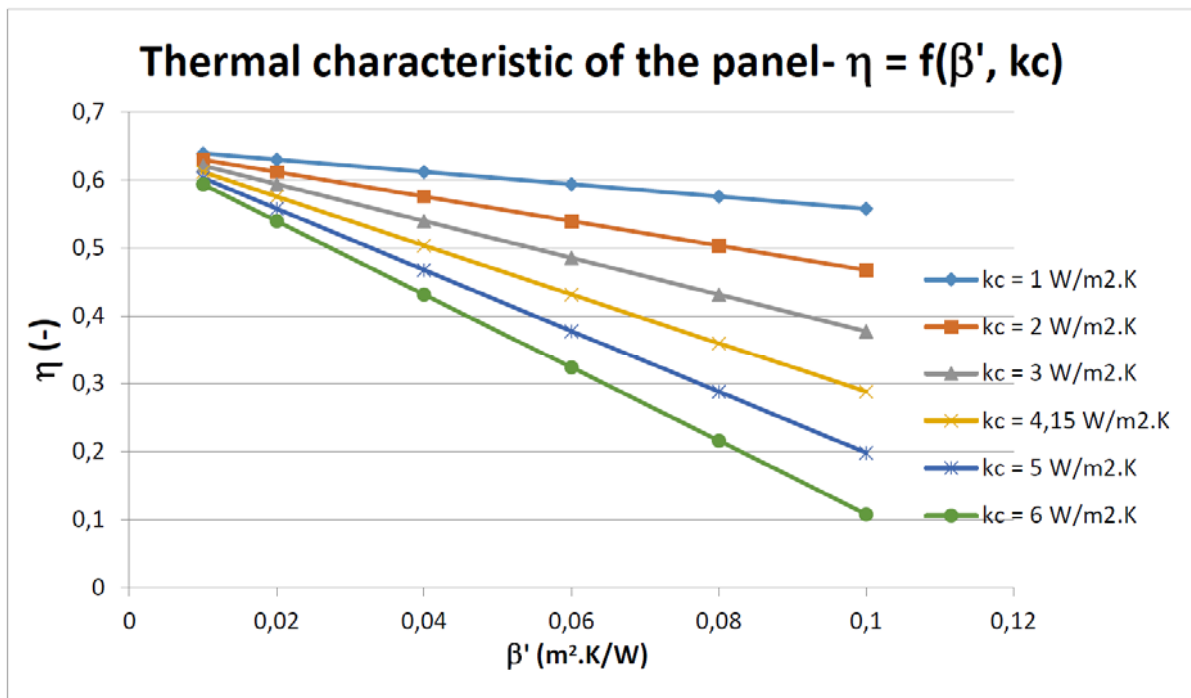


Fig. 3- Thermal characteristics of solar panels at different kc

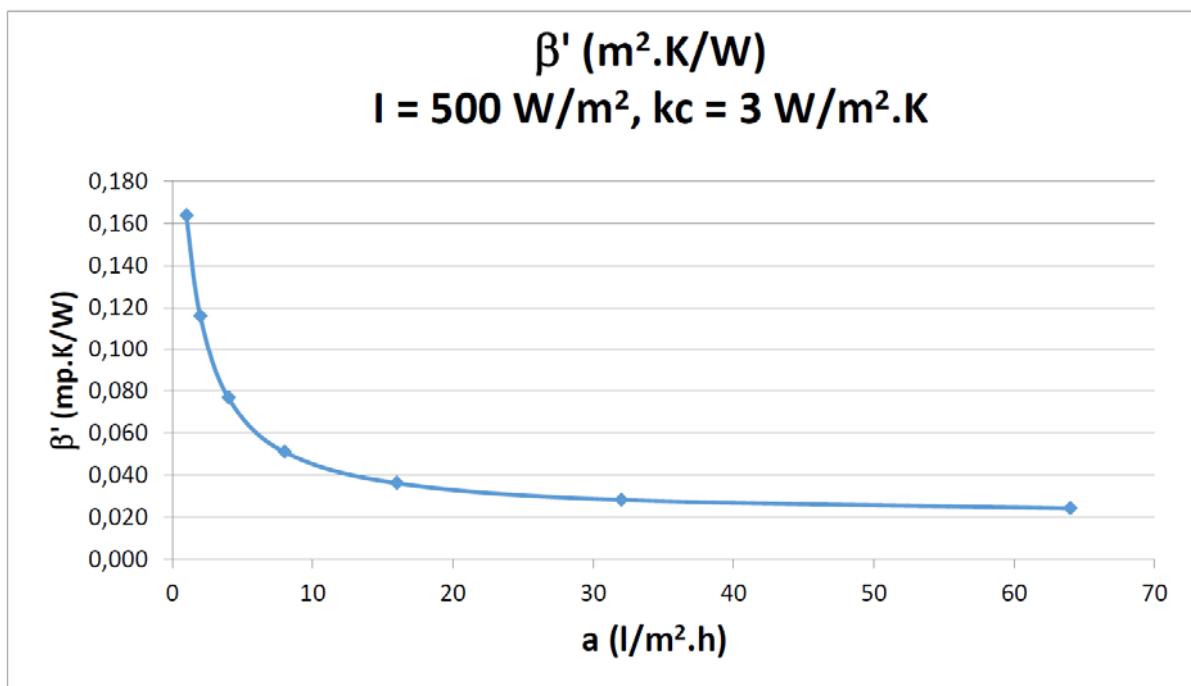


Fig. 4 – Representation of β'

The influence of the specific flow rate can be pointed from the fig. 4. It can be seen from here that the values of the specific flow rate below the value of 16 l/m².h lead to big increases of the values β' and from here on, in fig 3 to lower values of efficiency η .

3. The influence of the hydraulic aspects to the thermal performance of the solar panel surface

Those presented until now make reference to the direct influence of the flow rate to the performance of the solar panels and this study was necessary to obtain the final goal that will extend the study from one solar panel to a field of solar panels. Balancing a hydraulic system requires that the flow rate of thermal agent that pass different segments of the pipe network to be aligned with the panels that supply those pipe nodes. Usually, the general scheme used to supply the panels is a Tichelmann type that implies every solar panel network is equal in size and diameters to all other panels. This way, from the linear hydraulic resistance point of view is almost the same for all panels that will determine a low possibility to get a hydraulic unbalance. The hydraulic unbalance of the system can easily come from mistakes made in designing or building the system. If that happens some nodes of the network will have higher values of flow rate than others. The increase of the flow rate in some regions does not have any impact to the system but the lower values of flow rate in opposite regions will impact negatively the energetic performance of the system. This is why we must threat with attention this aspect and try to appreciate the consequences.

We want to evaluate what negative influence has the flow rate dispersion all over the field of solar panels and over the performance of the solar intake surface.

The hypothesis of work is that the system is designed to a certain flow rate that is considered to be respected.

$$\begin{aligned}
 P_R &= 1.163 \cdot a_R^* \cdot (1 - E_R) \cdot (t_E - t_0) \\
 E_R &= \exp(-NTU_R) \\
 NTU_R &= \frac{F' \cdot k_c}{1.163 \cdot a_R^*}
 \end{aligned} \tag{8}$$

In the case which from the solar panel flow rates a different flow rate than the base value, the thermic power will be also differ from the base value:

$$\begin{aligned}
 P &= 1.163 \cdot a^* \cdot (1 - E) \cdot (t_E - t_0) \\
 E &= \exp(-NTU) \\
 NTU &= \frac{F' \cdot k_C}{1.163 \cdot a^*}
 \end{aligned} \tag{9}$$

Reporting the thermal specific power P to the base thermal power P_R we obtain:

$$\frac{P}{P_R} = \frac{a^*}{a_R^*} \cdot \frac{1 - E}{1 - E_R} \tag{10}$$

The negative influence of the hydraulic imbalance to the system performance in solar panels

And now:

We have a total surface S and a total flow rate G . The specific base flow rate will be G/S . The total surface it is considered to be composed from two surfaces S_1 and S_2 that have different percentages from the total surface S . Like this:

$$\begin{aligned} S_1 &= s_1 \cdot S \\ S_2 &= s_2 \cdot S \end{aligned} \quad (11)$$

In turn, the flow rates corresponding to those two surfaces will be :

$$\begin{aligned} G_1 &= g_1 \cdot G \\ G_2 &= g_2 \cdot G \end{aligned} \quad (12)$$

The specific flow rates from those two zones will be :

$$\begin{aligned} \frac{G_1}{S_1} &= \frac{g_1}{s_1} \cdot \frac{G}{S} \\ \frac{G_2}{S_2} &= \frac{g_2}{s_2} \cdot \frac{G}{S} \end{aligned} \quad (13)$$

Or:

$$\begin{aligned} a_1^* &= \frac{g_1}{s_1} \cdot a_R^* \\ a_2^* &= \frac{g_2}{s_2} \cdot a_R^* \end{aligned} \quad (14)$$

A measure of the disperse flow rates of thermal agent within the catchment area, utilized in this paper work was the absolute value of the difference between the two surface percentage and the percentage of flow rates that correspond to those two zones $|s_1 - g_1| = |s_2 - g_2|$. It can be seen that the estimated dispersion is the same even if we refer to the first or the second zone.

In fig. 5 and 6 it is presented a graphical representation of the situation in which the surface collector is uniformly filled with the flow rate of thermal agent (fig. 5) and another situation in which the surface collector has two zones, one with a little surface that has a higher flow rate and other with a bigger surface and a lower flow rate (fig. 6) – unbalance fluid circulation for the collector surface. The horizontal lines in each graphic indicate the energetic performance for each surface. It can be seen that fig. 6 has lower performance than fig. 5.

The analysis counted only two base values for the flow rates:

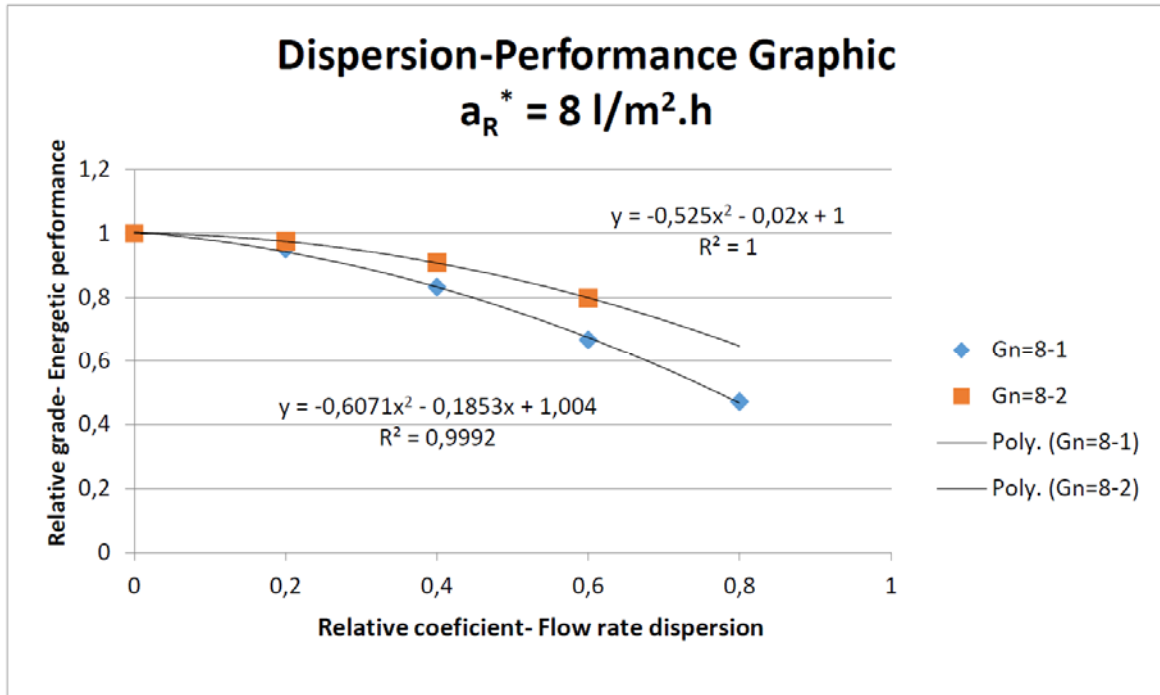


Fig. 5- Performance graphic representing the dispersion at 8 l/m².h

In fig. 5 it is presented the correlation between energetic performance of the intake solar system and the dispersion grade of the flow rate of thermal agent inside the solar surface where the reference flow rate is 8 l/m².h. It can be observed a great influence of the flow rate dispersion in this situation.

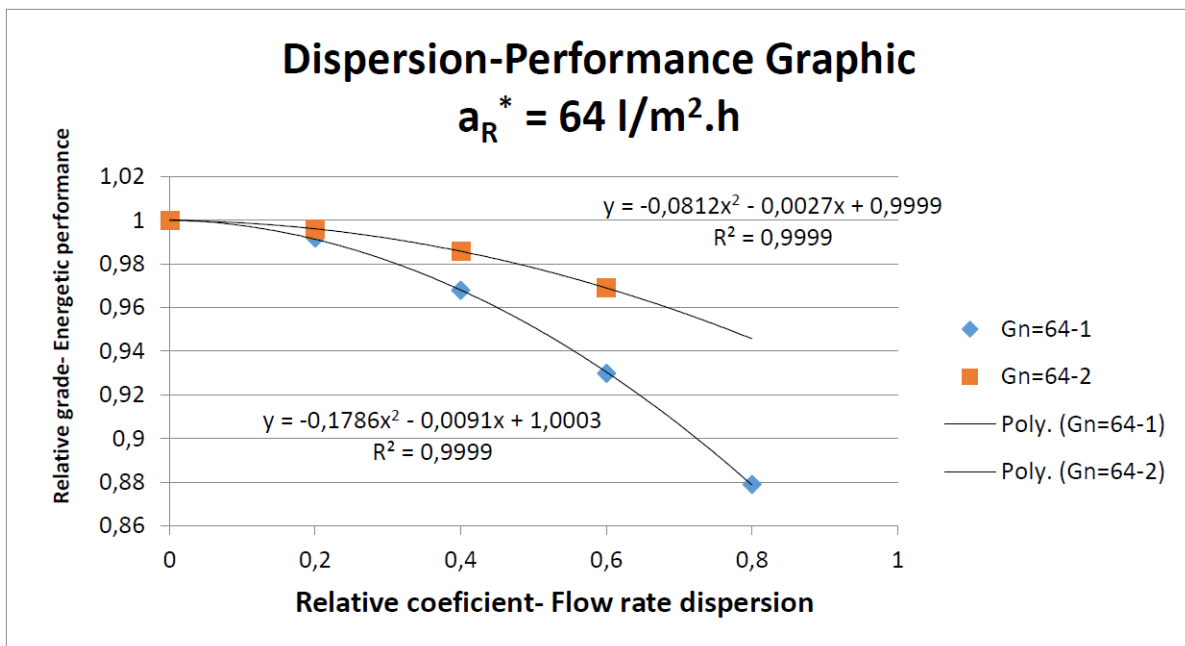


Fig. 6 Performance graphic representing the dispersion at 64 l/m².h

The negative influence of the hydraulic imbalance to the system performance in solar panels

Fig. 6 is similar to the fig. 5, with the difference of the base designed flow rate that was $64 \text{ l/m}^2\cdot\text{h}$ this time. The resulted influence over the flow rate dispersion was considerably low within the solar surface. In other words, the energetic performance of the intake surface is more stable now than in the first case.

In both graphics from fig. 5 and fig. 6 are two series that limits a correlation zone between the energetic performance and the flow rate dispersion. Each time appears a new zone because of the fact there are multiple ways in making this dispersions affecting the panel surface.

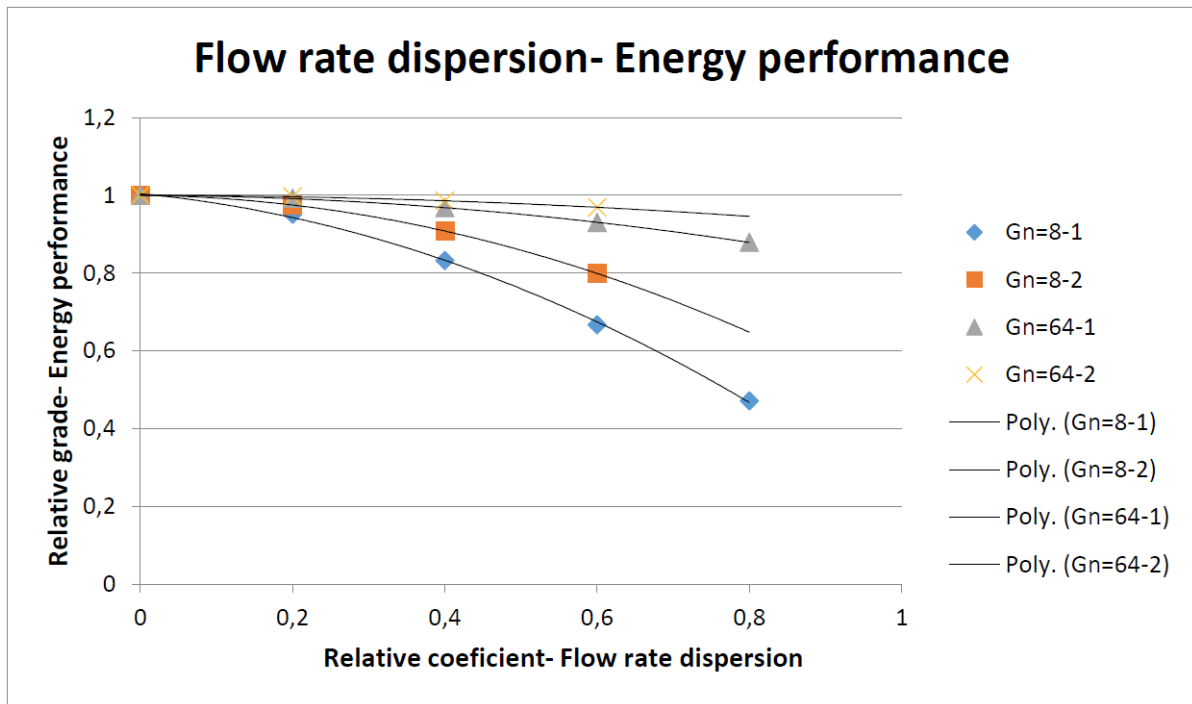


Fig. 7 – Performance graphic representing the dispersion at different flow rate values

In fig. 7 it is presented on the same graphic the situation between the dispersion grade of the flow rate and the energetic performance of those. It can be seen that the characteristic zone of the flow rate value of $8 \text{ l/m}^2\cdot\text{h}$ is considerably lower than the zone corresponding to the flow rate of $64 \text{ l/m}^2\cdot\text{h}$ value.

4. Conclusions

From the current paper we can set 2 big conclusions:

- The thermic performance of the plane solar panels with absorption will lower very fast at flow rates lower than $15 \text{ l/m}^2\cdot\text{h}$ and will raise very little above this value
- The working area of a solar panel field should be above the specific flow rate of $60 \text{ l/m}^2\cdot\text{h}$

◆ A bigger value for the flow rate of the thermal agent supplies a better

evacuation of air and a good functionality of the entire system;

♦ A bigger value for the flow rate protects from having big performance loses when unexpected hydraulic unbalance occurs.

The first conclusion is referring to singular solar panels. We found the value of 15 l/m².h the turning point where the more we increased the input energy, the energy created by the system was starting to limit to a certain value and could not get a slighter performance increase. But at values below of 15 l/m².h even a small amount of input energy increase will determine big increases for the output energy of the solar panel.

The second conclusion refers to a solar panel field. We studied the quantitative and qualitative aspects of the efficiency in relation with the specific flow rate. For the quantitative aspect, the dispersion of flow rate is higher the lower the flow rate is. That will decrease even more the system performance because will allow the system to run at lower values that have a big performance drop in relation to the small increase at higher values. So the dispersion of the flow rate just amplifies the influence of the flow rate to the system performance. We strongly recommend to design systems (up to 30 solar panels) that are using specific flow rates above the value of 60 l/m².h.

A practice usage for the current study is that we can determine the dispersion in a hydraulic solar system using the performance losses. The theoretical and experimental system performance can be compared and the difference between then represents the reduced performance. If none other factors are involved in lowering the system performance, we can determine the dispersion because we know how much the dispersion influence the system performance.

Nomenclature

α - absorption coefficient of the solar panel, -;

τ - transparency coefficient, -;

F' - efficiency factor of solar panels, -;

F_R - intake efficiency -;

η - efficiency of a plane solar collector, -;

β, β' - synthetic parameter for input measurements, m².K/W;

E - intrinsic feature, functional, for solar surface,-;

a - specific flow rate of thermal agent, m³/s;

θ_0 - initial temperature of the thermal agent inside the solar panel, °C;

t_0 - inlet temperature of the thermal agent inside at the solar panel, °C;

t_m - medium temperature of the thermal agent inside the solar panel, °C;

t_e - outside temperature, °C;

I - solar radiation intensity, W/m²;

t_E - equivalent temperature, °C;

k_C - global transfer coefficient for solar panels, W/m².K;

P_R - specific base power – thermic power for a surface of 1 m² de for the base

The negative influence of the hydraulic imbalance to the system performance in solar panels

flow rate demand (design), W ;

a_R^* - specific base flow rate (design flow rate), $l/m^2.h$;

s_1 s_2 – percentage of the two zones of surface used, $s_1 + s_2 = 1$;

g_1 g_2 – percentage of the two flow rates used for the two surfaces, $g_1 + g_2 = 1$;

a_1^* - specific flow rate for zone 1, $l/m^2.h$;

a_2^* - specific flow rate for zone 2, $l/m^2.h$;

1.163 – transformation factor, $W.h/l.K$;

NTU- number thermal units, -;

Copyright

All authors must sign the Transfer of Copyright agreement before the article can be published. This transfer agreement enables Elsevier to protect the copyrighted material for the authors, but does not relinquish the authors' proprietary rights. The copyright transfer covers the exclusive rights to reproduce and distribute the article, including reprints, photographic reproductions, microfilm or any other reproductions of similar nature and translations. Authors are responsible for obtaining from the copyright holder permission to reproduce any figures for which copyright exists.

Acknowledgements

We hereby acknowledge the project EST in URBA, PNII-PCCA Type 2 contract no. 28/2012 financially supported by the Romanian National Research Council.

References

1. BAA Yousef, NM Adam -Journal of Energy in Southern Africa Vol. 19 No. 4, Performance analysis for flat plate collector with and without porous media, Serdang, Malaysia, 2008
2. F. de Winter -Solar Collectors, Energy Storage, and Materials, Ed., MIT Press, Cambridge MA, 1990
3. Fabio Struckmann - Analysis of a Flat-plate Solar Collector, Lund, Sweden, May 2008
4. Florin Iordache – Energetica echipamentelor si sistemelor termice din instalatii – Ed. Conspress, 2010;
5. Ho Ming Yeht, Tong Tshien Lin- Energy Vol. 21, No. 6, pp. 435-443, 1996
6. Horia Ionuț Petcu, Adrian Badea - U.P.B. Sci. Bull., Series C, Vol. 72, Iss. 2, Theoretical and experimental assessment of stationary and dynamic running of one flat plate solar collector, Bucharest, 2010
7. Iordanou Grigorios- Flat-Plate Solar Collectors for Water Heating with Improved Heat Transfer for Application in Climatic Conditions of the Mediterranean Region, Durham, Durham University 2009
8. Johan Vestlund- Gas-filled, flat plate solar collectors, Gothenburg, Sweden 2012
9. John A. Duffie, William A. Beckman – Solar Engineering of Thermal Processes – John Wiley & Sons, 1980;

10. M. Khoukhi, S. Maruyama – Renewable energy 30 1177–1194, 2005
11. Prof. V. V. Satyamurty- Theory of Flat Plate Collectors - Liquid Based (lecture 12 and 14), Indian Institute of Technology, Kharagpur
12. Saleh, Ahmad M.- Modeling of flat-plate solar collector operation in transient states, Fort Wayne, Indiana, May 2012
13. Soteris Kalogioru -Solar Energy Engineering : processes and systems
14. Sunita Meena, Chandan Swaroop Meena, V.K.Bajpai- International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), Thermal Performance of Flat-Plate Collector: An Experimental Stud, March 2014
15. Tomas Matuska, Vladimir Zmrhal, Juliane Metzger- Building simulation, Detailed modeling of solar flat- plate collectors with design 1 tool kolektor July 2009
16. Zlan Ruken - Optimization of the geometry and material of solar water heaters, September 2001

Dezvoltarea urbană și regională integrată pentru îmbunătățirea managementului riscului la inundații*

Integrated urban and regional development for the improvement of flood risk management

Iuliana Nichersu

Institutul Național de Cercetare Dezvoltare Delta Dunării
Str. Babadag nr. 165, 820112, Tulcea, România
E-mail: iuliana.nichersu@ddni.ro

Rezumat: *Lucrarea de față aduce contribuții în analiza managementul riscului la inundații și dezvoltarea urbană și regională. Scopul acesteia este acela de a prezenta puntea de legătură dintre cele două discipline prin utilizarea fondurilor Europene, într-un mod integrat în vederea îmbunătățirii procesului de elaborare a politicilor aferente. Așadar, pentru reducerea riscului la inundații se impune integrarea celor două discipline, atât la nivelul datelor, cât și la nivel metodologic, datorită caracterul interdisciplinar complex și dinamic al celor două domenii și al relațiilor dintre acestea dar și cu exteriorul, în contextul majorelor schimbări globale. Abordarea acestei interacțiuni prin fonduri Europene păstrează activitățile și eforturile concentrate spre obiectivul propus, acela de a îmbunătăți procesul de elaborare a politicilor de management al riscului la inundații și dezvoltare urbană și regională, într-un mod integrat și unitar.*

Cuvinte cheie: dezvoltare urbană, risc la inundații, fonduri Europene

Abstract: *This paper makes contributions in the analysis of flood risk management and urban and regional development. Its purpose is to provide the bridge between the two disciplines through the use of European funds in an integrated manner to improve the process of policy framework.*

Therefore, to reduce the flood risk is appropriate to incorporate the two disciplines, both in the data and the methodological level because of the interdisciplinary character complex and dynamic of the two fields and relations between them and the outside, in the context majorelor global changes. Addressing this interaction by European funds keep activities and concentrated efforts toward the target, to improve the process of policy making flood risk management and urban and regional development in an integrated and unified.

Keywords: urban development, flood risk, European Funds

* Lucrare inclusă în programul conferinței *Ingineria clădirilor 2015*

1. Introducere

1.1. Dezvoltarea regională

Dezvoltarea regională reprezintă un concept inițiat prin necesitatea îndeplinirii obiectivelor Uniunii Europene. De-a lungul timpului, datorită adaptării acestuia în toate elementele planificării spațiale, dezvoltarea regională a primit o serie de definiții, prin Legea nr. 350/ 2001 privind Amenajarea teritoriului și Urbanismul sau alte documente oficiale. [1]

Pentru a putea fi aplicată politica de dezvoltare regională s-au înființat opt regiuni de dezvoltare, care cuprind tot teritoriul României. Fiecare regiune de dezvoltare cuprinde mai multe județe. În momentul de față, regiunile de dezvoltare nu sunt unități administrativ-teritoriale, nu au personalitate juridică, fiind rezultatul unui acord liber între consiliile județene și cele locale. Însă, pentru eficientizarea absorbției fondurilor europene disponibile, este în desfășurare procesul de reorganizare a regiunilor de dezvoltare (regionalizare). Pentru aceasta, procesul de regionalizare și continuarea descentralizării administrative și financiare au fost incluse în Programul de Guvernare 2013-2016. Procesul de regionalizare constă în aplicarea unor măsuri privind reorganizarea administrativ-teritorială, prin crearea cadrului instituțional regional pentru o mai bună funcționare a administrației publice. (după [2])

După cum menționează definiția dezvoltării regionale, România trebuie să depășească decalajul pe care îl are față de Europa, prin dezvoltarea regiunilor, folosind mai eficient resursele existente: resurse locale, fonduri guvernamentale și programe europene.

Cele două direcții de acțiune:

- reorganizarea administrativ-teritorială, prin crearea cadrului instituțional regional pentru o mai bună funcționare a administrației publice, și
- reforma administrației publice, prin descentralizare și simplificarea legislației și a procedurilor administrative, pentru servicii publice mai eficiente, vor fi realizate în același timp, printr-o serie de măsuri susținute în special în cursul anului 2013. [3]

Pentru atingerea obiectivului, instituțiile nou formate în acest sens vor oferi autorităților publice toate instrumentele necesare pentru proiectarea și îndeplinirea strategiilor de dezvoltare echilibrată. În acest fel, regiunilor vor evolua, se vor reduce dezechilibrele dintre regiuni, și se vor corela strategiile și politicile la nivelul regiunilor. Aici se impune realizarea unor politici integrate, trans-sectoriale, ce ating sincronizat obiective din directive diferite.

1.2. Politici de dezvoltare regională

Politica de dezvoltare regională reprezintă un ansamblu de măsuri planificate și promovate de autoritățile administrației publice locale și centrale, în parteneriat cu diverși actori (privati, publici, voluntari), în scopul asigurării unei creșteri economice, dinamice și durabile, prin valorificarea eficientă a potențialului regional și local, în

scopul îmbunătățirii condițiilor de viață. În UE, politica de dezvoltare regională se realizează la nivelul NUTS II [4].

Chiar dacă nu există reguli în această privință (în perspectivă, UE va stabili reguli mai precise pentru clasificarea NUTS), experiența arată că o politică de dezvoltare regională nu este eficientă dacă se aplică pe o structură teritorială foarte fragmentată, cu unități mici și insuficient de puternice pentru a putea atrage și derula programe complexe de dezvoltare. Principalele domenii care pot fi vizate de politicile regionale sunt: dezvoltarea întreprinderilor, piața forței de muncă, atragerea investițiilor, transferul de tehnologie, dezvoltarea sectorului I.M.M.-urilor, îmbunătățirea infrastructurii, calitatea mediului, dezvoltare rurală, sănătate, educație, învățământ, cultură. Dezvoltarea rurală ocupa un loc distinct în cadrul politicilor regionale și se referă la următoarele aspecte: înlăturarea/diminuarea sărăciei în zonele rurale; echilibrarea oportunităților economice și a condițiilor sociale dintre mediul urban și cel rural; stimularea inițiativelor locale; păstrarea patrimoniului spiritual și cultural. [4]

Cadrul de implementare și de evaluare a politicii de dezvoltare regională îl reprezintă regiunea de dezvoltare, constituită ca o asociere benevolă de județe vecine.

Obiectivele de baza ale politicii de dezvoltare regională sunt următoarele:

- diminuarea dezechilibrelor regionale existente, cu accent pe stimularea dezvoltării echilibrate și pe revitalizarea zonelor defavorizate (cu dezvoltare întârziată); preîntâmpinarea producerii de noi dezechilibre;
- îndeplinirea criteriilor de integrare în structurile Uniunii Europene și de acces la instrumentele financiare de asistență pentru țările membre (fonduri structurale și de coeziune);
- corelarea cu politicile sectoriale guvernamentale de dezvoltare; stimularea cooperării interregionale, interne și internaționale, care contribuie la dezvoltarea economică și care este în conformitate cu prevederile legale și cu acordurile internaționale încheiate de România. [5]

1.3. Directiva Managementul Riscului la Inundații

Directiva Europeană privind Evaluarea și Gestionarea Riscului la Inundații, a intrat în vigoare la 26 Noiembrie 2007. Acest document stabilește un cadru cu privire la îmbunătățirea gestionării riscului la inundații în toate statele membre ale Uniunii Europene. Noua directivă a apărut în contextul semnificativelor inundații din Europa Centrală din deceniul precedent, care au condus la presiuni asupra Comisiei Europene de a iniția acțiuni privind inundațiile, și care, de asemenea, au coincis cu o evoluție rapidă în gândire cu privire la gestionarea inundațiilor și a riscului de inundații. Directiva se referă, prin urmare, la toate sursele inundațiilor (nu doar râuri, dar și la inundațiile de coastă, urbane, sau inundațiile apelor subterane). Este nevoie de planificare la o scară a bazinului și există cerințe specifice pentru bazine la nivel internațional, precum și în toate cazurile, potențialul impactului schimbărilor climatice asupra condițiilor de inundații trebuie să fie luate în considerare. Până la sfârșitul

anului 2011 evaluarea preliminară a riscurilor la inundații ar trebui să fie făcută în toate bazinele fluviale europene, și până la sfârșitul anului 2013 să existe hărți de risc la inundații, în toate zonele cu risc semnificativ. Directiva privind gestionarea riscurilor de inundații, are ca obiectiv reducerea riscurilor și a consecințelor negative pe care le au inundațiile în Uniunea Europeană. Directiva prevede ca gestionarea riscurilor de inundații să facă obiectul unor negocieri transfrontaliere și să cuprindă importante angajamente destinate să sporească transparența și să încurajeze o mai mare implicare a cetățenilor. Statele membre au obligația de a identifica bazinele hidrografice și zonele de coastă care prezintă riscuri de inundații, de a întocmi hărți ale riscurilor de inundații și de a elabora planuri de gestionare a riscurilor de inundații pentru respectivele zone [6]

Planurile de gestionare a riscului de inundații trebuie să fie realizate până cel târziu în 2015; întrucât toate aceste evoluții sunt importante. Aceste rezultate de mare anvergură în domeniul riscului la inundații în Europa devin din ce în ce mai legate de activitatea mai amplă în gestionarea bazinelor hidrografice, condusa de Directiva Cadru privind Apa (DCA). Aceasta a intrat în vigoare la sfârșitul anului 2000 și oferă o bază pentru gestionarea ecologică a stării corpurilor de apă, și include aspect legate de management riscului la inundații, deși nu ca un obiectiv principal. [6]

Legături între Directiva Cadru privind Apa și Directiva privind inundațiile sunt pe deplin recunoscute în Directiva privind inundațiile, cu cerința către structurile administrative de a utiliza aceleași limite și ori de câte ori este posibil. [7]

Directiva privind inundațiile urmărește un sistem european comun, și, prin urmare, stabilește un nivel minim pentru gestionarea riscurilor de inundații, care urmează să fie interpretat în contextul fiecărui stat membru în cazul în care, conceptele de gestionare a riscului de inundații au fost în curs de dezvoltare pentru mulți ani. Astfel, în urma inundațiilor severe din 1993 de pe Râul Rin și din 1995, Guvernul olandez a adoptat o politică de inundații numită "mai mult loc pentru râuri", cu accent pe stabilirea de noi locuri de depozitare și spațiu de transport.

Promisiune modernă și integrată, gestionarea riscului de inundații este cu siguranță convingătoare, aceasta aduce totodată o complexitate considerabilă. Bazată pe evaluarea riscului, abordarea presupune analiza impactul probabil la inundații într-o gamă foarte largă de condiții și efectul de gamă largă de măsuri de atenuare a efectelor.

2. Integrarea managementului riscului la inundații în dezvoltarea urbană și regională

2.1. Metode de integrare

Componentele sistemului planificării spațiale reprezintă totodată principalele componente ale sistemului global aflate în continuă interacțiune la toate nivelurile. Urmărind același tipar, se poate remarca aceeași influență în cazul relației dintre sistemul planificării spațiale și managementul riscului la inundații. Analiza

interacțiunii dintre aceste două sisteme dinamice este importantă pentru coordonarea și corelarea direcțiilor de dezvoltare în spațiu, pentru dezvoltarea economică durabilă din punctul de vedere al mediului precum și pentru stabilirea liniilor directoare ale politicilor și strategiilor în domeniul managementului riscului la inundații.

Comisia Europeană a impus încă din 2007 analiza acestei relații și totodată propunerea unor măsuri. Este necesară luarea de măsuri de adaptare din partea autorităților publice, cum ar fi adaptarea amenajării teritoriale și a planificării spațiale la riscurile de viitori.[...] Adaptarea la schimbările climatice constituie o provocare pentru autoritățile din Europa însărcinate cu planificarea, în special la nivel regional. Planificarea spațială este o chestiune trans sectorială, așadar aceasta constituie un instrument adecvat pentru definirea unor măsuri de adaptare rentabile. Cerințele minime pentru planificarea spațială, utilizarea terenurilor și modificarea utilizării terenurilor, luând în calcul adaptarea, ar putea juca un rol esențial pentru sensibilizarea publicului, a factorilor de decizie și a profesioniștilor și pentru inițierea unei abordări mai active la toate nivelurile. Legislația propusă privind evaluarea și gestionarea inundațiilor se concentrează asupra prevenirii, protecției și pregătirii. Punerea în aplicare include evaluarea amplitudinii fenomenelor extreme care s-ar putea produce în viitor, în scopul reducerii riscurilor. Este necesar să se acorde prioritate măsurilor „blânde” nestructurale, și anume utilizării cât mai largi a proceselor naturale pentru reducerea riscurilor de inundații, de exemplu utilizarea zonelor umede, maximizarea capacităților de retenție la sursă, utilizarea durabilă a terenurilor și o planificare spațială care să limiteze expunerea și vulnerabilitatea. Dispozitivele structurale „dure” de protecție vor rămâne însă elemente importante în lupta împotriva inundațiilor de proporții [8].

2.2. Metodologia de integrare propusă

Prin caracterul cuprinzător și interdisciplinar al domeniului planificării spațiale (incluzând aici dezvoltarea urbană și regională), se impune în permanență abordarea mai multor metode pentru prelucrarea și interpretarea datelor, în funcție de specificul problemei analizate.

De altfel, multe documente privind disciplinele planificării spațiale sau dezvoltarea regională la nivel European recomandă integrarea abordărilor. Noțiunile tradiționale de planificare locală în Europa Centrală și de Est, care subliniază dezvoltarea și utilizarea terenurilor într-un mod controlat, trebuie să fie înlocuită de o abordare mai largă privind analiza politică [9].

În analiza corelării sistemului planificării spațiale din perspectiva dezvoltării regionale cu managementul riscului la inundații, se impune abordarea integrată a diverse metode, precum: cercetarea amănunțită a zonei de studiu (întotdeauna după cele patru axe ale sistemului planificării spațiale: social, economic, cultural și ecologic), analiza GIS a datelor topo-hidro-geografice, modelarea hidraulică, modelarea sistemelor, elaborarea scenariilor (prin corelarea scenariilor obținute în modelarea hidraulică cu scenariile obținute în modelarea sistemului planificării spațiale).

Un model hidraulic realist este esențial pentru a putea întocmi planurile de planificare spațială, reprezentând baza acestora. Modelul hidraulic utilizat în planificarea spațială trebuie să fie cuprinzător, și nu local, pentru rezultate optime ale procesului de planificare spațială.

În vederea îmbunătățirii dezvoltării urbane și regionale din punctul de vedere al managementului riscului la inundații, din acest punct de vedere, se remarcă importanța hărților de hazard obținute prin modelarea hidraulică. Utilizarea hărților de hazard și a hărților de risc ca pas în realizarea unei metodologii de planificare spațială poate fi esențială pentru îmbunătățirea sistemului. Însă pe lângă instrumentele modelării hidraulice, se propune introducerea unei metodologii cu rolul de a crea o punte de legătură între cele două discipline și astfel introduce încă trei metode de analiză: calculul dimensiunii fractale, analiza sistemului cu ajutorul diagramelor de cauzalitate, și dezvoltarea scenariilor utilizând metoda impactului încrucișat (cross impact balance analysis).

Rezultatele metodologiei, concretizate prin elaborarea viziunii pe baza scenariilor dezvoltate după procesarea datelor cu ajutorul celor trei metode, ajută la îmbunătățirea managementului riscului prin elaborarea unor politici de planificare spațială integrată.

2.3. Corelarea modelării hidraulice cu modelarea sistemului planificării spațiale

Calitatea rezultatelor obținute în modelul hidraulic depinde în mare parte de disponibilitatea și calitatea datelor utilizate. În plus față de datele topo- geografice, nivelul apei și debitul de apă sunt, așa cum rezultă din capitolele anterioare, foarte importante în modelarea hidraulică. În funcție de parametrii reglabili (de exemplu, rugozitatea fundului apei), nivelurile calculate de către un model hidraulic pot fi adaptate la nivelurile de apă măsurate efectiv. În mod evident, modelul nu poate rula fără parametri. Condiția valorii limită (boundary) trebuie să rămână în anumite limite. În cazul în care modelul nu poate fi rulat, de obicei, aceasta înseamnă că există o eroare în conceptul schemei, care necesită un pas înapoi pentru căutarea și repararea posibilelor erori.

Elaborarea unor planșe de planificare spațială (concepte spațiale), care pot fi apoi încorporate cu modelul hidraulic, este, de cele mai multe ori, influențată de procesul decizional. GIS joacă un rol important atât în faza de pregătire a modelului hidraulic, cât și pentru vizualizarea rezultatelor, cum ar fi hazardul și zonele afectate.

Managementul riscului la inundații și managementul apei în general, în special în zonele urbane, interacționează cu sistemul planificării spațiale în două moduri principale:

- Prin utilizarea sistemului de planificare pentru a evita amplasarea noilor investiții în zonele cu risc major
- Prin ameliorarea efectelor inundațiilor asupra suprafeței inundate din zonele de aval punctelor critice. Politicile de planificare spațială ar trebui să se concentreze pe

ameliorarea impactului inundațiilor, atât din punct de vedere cantitativ și ca suprafață, cât și din punct de vedere calitativ (în privința calității apei).

2.4. Premisele utilizării scenariilor hidraulice în scenariile planificării spațiale

Îmbinarea conceptului hidraulic în aspectele de teorie, modelare și practica planificării spațiale este o preocupare tot mai des întâlnită în studiile din ambele sfere. Din acest punct de vedere se evidențiază două mari abordări- introducerea datelor din scenariile hidraulice în planificare spațială strategică pentru realizarea unui management integrat al riscului la inundații, precum și utilizarea informațiilor din scenariile hidraulice în scenariile planificării spațiale pentru ameliorarea efectelor inundațiilor.

În ambele cazuri, înțelegerea Rolului Managementului Riscului la Inundații în Planificarea Spațială reprezintă baza sistemului decizional în adaptarea și realizarea strategiilor și politicilor la nivel regional sau local.

Concepte de scenarii spațiale pot fi elaborate cu mare dificultate în contextul actual, întrucât diferențele mari dintre teorie/legislație și practică, precum și caracterul multidisciplinar al domeniului planificării spațiale îngreunează și încetinesc semnificativ abordarea.

Cu toate că, în urma modelării hidraulice, pot fi elaborate un număr mare de scenarii, întrepătrunderea acestora cu scenariile planificării spațiale include o serie de ipoteze și inconsistențe, iar cuprinderea întregului spectru de elemente nepredictibile este, de cele mai multe ori, imposibilă. Totuși, practicienii și planificatorii, sistemul decizional, precum și cercetătorii din domeniul dezvoltării scenariilor, modelării sistemului planificării spațiale, consideră esențială îmbinarea celor două tipuri de scenarii.

Comparativ cu actualele abordări, doar la nivel politic și decizional, (spre exemplu supraînălțarea digurilor), integrarea scenariilor hidraulice în scenariile de planificare spațială este o abordare complexă care poate fi aplicată atât la scară regională, cât și la scară locală și creează oportunități pentru noi abordări spațiale.

Însă introducerea unor măsuri precum ridicarea sau eliminarea unor diguri în anumite puncte, modifică geomorfologia (impunând astfel o serie de modificări spațiale fundamentale), precum și hidrologia locului. În această situație, de cele mai multe ori apar schimbări esențiale în planificarea spațială și funcțională a zonei, ceea ce impune o înțelegere completă a sistemului complex al planificării spațiale și integrarea acestor informații în sistemul decizional.

Premisele utilizării scenariilor modelării hidraulice în realizarea scenariilor hidrologice contribuie la consolidarea următoarelor aspecte:

- Scenariile modelării hidraulice sunt relativ abstracte atunci când sunt integrate în modele spațiale mai detaliate, unde fiecare funcție este armonizată cu celelalte, și unde posibilitățile planificării spațiale sunt luate în considerare.
- Sprijină utilizarea tuturor informațiilor într-un mod integrat și participativ, pentru realizarea unor planuri strategice (atât în domeniul planificării spațiale, cât și în domeniul managementului riscului la inundații) pe termen scurt, mediu sau lung.

- Dezvoltarea regională sub aspectul noului concept de integrare și coeziune

2.5. Utilizarea cercetării, dezvoltării și inovării în dezvoltarea urbană și regională, în contextul managementului riscului la inundații

Comisia Europeană pune la dispoziția României în calitate de membru al Uniunii Europene Fonduri specializate pentru dezvoltarea urbană și regională. Totodată, în vederea rezolvării problemelor în gestionarea riscului la inundații și a planificării spațiale, institutele de cercetare dezvoltare și inovare din țară au la dispoziție instrumente pentru găsirea unor soluții optime în managementul riscului la inundații, prin prisma planificării spațiale eficiente (Figura 1).

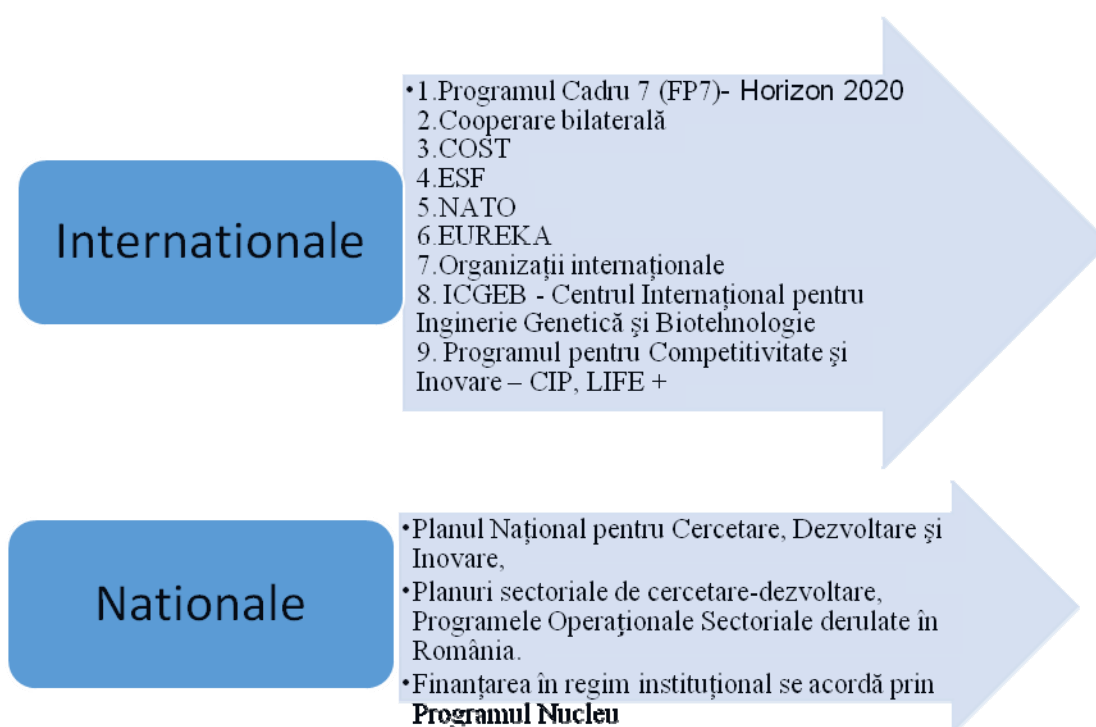


Figura 1. Programe de cercetare disponibile în domeniul cercetării în integrarea managementului riscului la inundații prin prisma dezvoltării urbane și regionale

3. Concluzii

Pentru analiza interacțiunii dintre sistemul planificării spațiale și a sistemului se impune stabilirea unei metodologii cât mai completă, care să evidențieze caracterul interdisciplinar complex și dinamic al celor două sisteme și al relațiilor dintre acestea și cu exteriorul. Abordarea acestei interacțiuni printr-o metodologie integrată păstrează activitățile și eforturile concentrate spre obiectivul propus.

Din punctul de vedere al planificării și dezvoltării zonelor, regulamentele aplicate la nivel local sunt corelate în prezent cu politicile naționale (corelarea dintre documentațiile locale de urbanism și legislația națională sau chiar Europeană).

Dezvoltarea urbană și regională integrată pentru îmbunătățirea managementului riscului la inundații

Totuși, ca parte din sistemul național de reformă în domeniul (aici) a amenajării teritoriului național în legătură cu riscul la inundații, încercarea de promovare a sistemului decizional centralizat în locul celui local micșorează rolul managementului riscului la inundații în planificarea spațială. Un impact asemănător îl are și realizarea hărților de risc la inundații la nivel bazinal.

Referințe

[1] *Autoritatea de Management POS TRANS. 2001. Ghid termeni de specialitate . București : Autoritatea de Management POS TRANS, 2001.*

[2] *** *Tudor Pendiuc, Realități și perspective în dezvoltarea regională a României, http://www.strategiimanageriale.ro/images/images_site/articole/article_c38defa8a5142e655ac2f94d1dd7c72f.pdf*

[3] *** *Regionalizarea României și descentralizarea administrației publice, <https://prezi.com/ifogl09tfnt9/regionalizarea-romaniei-si-descentralizarea-administratiei-p/>*

[4] *Pascariu, Gabriel . 2006. Analiză regională și urbană (instrumente ale dezvoltării regionale și spațiale). București : Universitatea de Arhitectură și Urbanism "Ion Mincu", 2006.*

[5] *** *Uniunea Generala a Industriasilor din Romania, <http://www.ugir1903.org/download/DezvoltareaRegionala.pdf>*

[6] *Ministerul Mediului. 2010. STRATEGIA NAȚIONALĂ DE MANAGEMENT AL RISCULUI LA INUNDAȚII PE TERMEN MEDIU ȘI LUNG. 2010.*

[7] *Comisia Europeană. 2010. Broșura SUERD. Bruxelles : Comisia Europeană, 2010.*

[8] —. 2007. CARTE VERDE- Adaptarea la schimbările climatice în Europa - posibilitățile de acțiune ale Uniunii Europene. Bruxelles : Comisia Europeană, 2007.

[9] *THE PRAGUE DECLARATION. 1991. Principles For Local Self-Gouvernement in Central and Eastern Europe. Prague : s.n., 1991*

Cercetări experimentale privind analiza răspunsului la acțiunea focului a sistemelor de rehabilitare termică, cu termoizolație din polistiren

Experimental research on fire behavior analysis for polystyrene insulation thermal rehabilitations systems

Octavian Lalu¹, Ion Anghel², Silviu Codescu³, Bogdan Brănișteanu⁴

¹INCD „URBAN-INCERC”

Șos. Pantelimon nr. 266, sector 2, București, Romania

E-mail: octavian.lalu@gmail.com

²Academia de Poliție „Alexandru Ioan Cuza” - Facultatea de Pompieri

Șos. Morarilor nr. 3, sector 2, București, Romania

E-mail: ion_anghel2003@yahoo.com

³Inspectoratul pentru Situații de Urgență al județului Giurgiu

Str. Dorobanți, nr. 19, municipiul Giurgiu, județul Giurgiu,

Romania

E-mail: silviu_codescu@yahoo.com

⁴ Inspectoratul General pentru Situații de Urgență

Str. Dumitrache Banul nr. 46 Sector 2, București, Romania

E-mail: albulescugrig@gmail.com

Rezumat. *Reglementările tehnice în domeniul securității la incendiu precum și tendința continuă de eficientizare a consumului energetic și de minimizare a pierderilor de căldură fac obiectul comparației diferitelor soluții constructive ale termoizolațiilor utilizate în construcții. Atunci când sistemul termoizolant este implicat într-un incendiu de fațadă apare riscul propagării incendiului la etajele învecinate. Modalitatea punerii în operă și discontinuitățile placărilor exterioare reprezintă parametri care influențează semnificativ propagarea incendiilor pe verticală. Articolul prezintă cercetări experimentale efectuate de autori, cu privire la comportamentul termoizolației din polistiren supusă acțiunii focului, în scopul întârzierii propagării verticale a flăcărilor.*

Cuvinte cheie: evoluție termică, sisteme de bariere, stand experimental, incendiu de compartiment, propagarea flăcărilor pe verticală

Abstract. *The technical regulations regarding fire safety and the ongoing trend of energy efficiency and minimizing heat losses, all will lead to a comparison of different constructive solutions for the thermal insulation used in construction. When the thermal insulation system is involved in a façade fire, the risk of fire spread to adjoining floors will occur. The way the insulation work is done and the external claddings discontinuities are parameters that significantly influence the spread of fire on the vertical façade of the building. The article presents an experimental research done by the authors, to study the*

behavior of burning polystyrene insulation and its influence on the spread of fire (with the intention to delay the spread).

Key words: thermal evolution, fire barriers systems, experimental stand, compartment fire, vertically fire spread

1. Introducere

Legislația Europeană impune, printr-o serie de reglementări tehnice, diferite măsuri pentru reducerea consumului de energie din sectorul construcțiilor, clădirile fiind responsabile pentru 40 % din consumul total de energie din Uniunea Europeană. Conform directivei 2010/31/UE [1] statele membre vor impune cerințe privind îmbunătățirea performanței energetice a clădirilor noi și existente. În România s-a adoptat o metodologie de calcul MC 001/1 [2] prin intermediul căreia se evaluează și se certifică performanța energetică atât pentru clădirile noi, cât și pentru cele existente. Conform unui studiu realizat de Ministerul Dezvoltării Regionale și Locuinței [3], până la începutul anului 2013, s-au reabilitat termic aproximativ 2000 de blocuri de locuit, urmând să se demareze acțiuni de reabilitare termică pentru alte 3000 de blocuri. Amploarea lucrărilor de reabilitare termică este foarte mare și implică costuri deosebit de ridicate. Ținând cont de costurile ridicate ale investițiilor trebuie să se asigure durabilitatea lucrărilor executate. Până în prezent, În România, nu existau studii și teste privind răspunsul la acțiunea focului, pe care îl au elementele de placări exterioare utilizate la reabilitarea termică a construcțiilor. Un studiu recent de cercetare aplicativă prezintă pe larg problematica propagării focului pe verticală la construcțiile multietajate și oferă o serie de soluții constructive pentru îmbunătățirea performanței fațadelor combustibile la acțiunea focului [4].

În figura 1 este prezentat un ansamblu de locuințe multifamiliale, reabilitat termic cu sistemul compozit de izolare termică ETICS (External Thermal Insulation Composite System). Reabilitarea termică presupune următoarele etape de realizare [5]:

- izolarea termică a pereților exteriori clădirii de locuit;
- înlocuirea ferestrelor și a ușilor exterioare pentru întregul ansamblu de locuințe, în vederea reducerii pierderii de energie prin elementele vitrate;
- termo-hidroizolarea acoperișurilor sau a terasei, termoizolarea planșeului situat deasupra ultimului nivel;
- izolarea termică a planșeului peste subsol (pentru apartamentele de la parter);
- demontarea instalațiilor și echipamentelor aflate pe fațade și pe terasa blocului de locuințe și remontarea acestora după finalizarea lucrărilor de reabilitare termică;
- reparații finale ale finisajelor anvelopei.



Fig. 1. Reabilitarea termică cu sistem de izolare compozit ETICS – Bd. Banu Manta, București, prelucrat după [4]

Punerea în operă a sistemelor compacte de termoizolații necesită o atenție sporită și trebuie executată cu personal calificat. Pentru o executare corectă a sistemelor compozite de termoizolații, în România, s-a adoptat „*Ghidul privind proiectarea și executarea lucrărilor de reabilitare termică a blocurilor de locuințe*” – indicativ GP 123-2013 [6], iar detaliile de principiu pentru intervenția la pereții exteriori sunt prezentate în reglementarea tehnică „*Soluții cadru pentru reabilitarea termo-higro-energetică a anvelopei clădirilor de locuit existente*” – indicativ SC 007-2013 [7].

Pentru asigurarea durabilității lucrărilor de reabilitare a anvelopei este necesară verificarea și pregătirea suprafeței suport, deoarece integritatea sistemului depinde de stabilitatea acestuia. Suprafața exterioară suport pentru aplicarea termosistemului, a clădirilor existente, este din beton armat, zidărie din blocuri de BCA (Beton Celular Autoclavizat) sau cărămizi ceramice. Aceste tipuri de pereți fac parte din categoria suporturi tencuite care impun, suplimentar, față de operațiunea de lipire, fixarea mecanică cu dibluri a plăcilor termoizolante.

2. Analiza experimentală a răspunsului la acțiunea focului

La nivel internațional cerințele de proiectare pentru fațadele clădirilor iau în calcul performanța energetică în vederea reducerii consumului de energie, reducerea infiltrațiilor de apă și de aer dar totodată încearcă să ofere un design estetic și flexibil [8]. Prin prisma acestor cerințe au apărut mai multe tipuri de materiale și sisteme de placări exterioare combustibile, care sunt utilizate la realizarea și reabilitarea fațadelor clădirilor noi sau existente.

2.1. Exemplificări privind propagarea incendiilor pe verticală

Atunci când din interiorul compartimentelor, flăcările acționează pe fațadele placate cu materialele combustibile, propagarea incendiului pe verticală se produce într-un timp scurt, uneori pe toată înălțimea construcțiilor. Statisticile arată că la nivel internațional, incendiile care implică aprinderea fațadelor și propagarea incendiului pe

verticală sunt destul de rare, în raport cu incendiile produse în compartimente, dar pagubele materiale rezultate în urma acestora sunt ridicate [9].

Cercetările existente scot în evidență faptul că, pentru elementele de placări exterioare, expunerea la un incendiu de compartiment (post-flashover), în urma căruia flăcările acționează direct pe fațadă, reprezintă o situație mai severă de expunere la foc decât expunerea la un foc de la o sursă exterioară [10], [11], [12].



Fig. 2. Reabilitarea termică cu sistem de izolare compozit ETICS – Bd. Banu Manta, București, prelucrat după [4]

Sistemul de placări exterioare ETICS utilizat la reabilitarea termică blocului de locuințe prezentat în figura 2, a fost realizat cu termoizolație din polistiren. Din investigările post-incendiu s-a constatat că nerespectarea specificațiilor producătorului la punerea în operă a sistemului și lipirea necorespunzătoare a plăcilor de polistiren au contribuit la propagarea incendiului pe verticală [13].

2.2. Realizarea unui stand experimental pentru testare

Studiul experimental efectuat a urmărit modelarea unui incendiu de compartiment, în care evoluția temperaturii va urmări curba standardizată de temperatură - timp ISO 834, descrisă de ecuația (1).

$$\theta_g = 345 \cdot \log_{10}(8t + 1) + \theta_0 \quad (1)$$

Standul utilizat pentru testare, prezentat în figura 4 (stânga), este alcătuit dintr-o structură suport realizată din zidărie BCA, cu o înălțime totală de 340 cm. Golul de fereastră, prin care acționează focul pe fațadă, are dimensiunile de 50 × 90 cm (H × L). Înălțimea standului de testare, considerată de la partea superioară a golului de fereastră ($h = 0$ cm), este de 210 cm. Pe structura suport realizată s-au montat elementele componente ale sistemului de placări exterioare, în conformitate cu reglementările tehnice în vigoare.

Cercetări experimentale privind analiza răspunsului la acțiunea focului a sistemelor de reabilitare termică, cu termoizolație din polistiren

2.2.1. Parametri urmăriți

Pentru sistemul testat s-a urmărit atât evoluția temperaturilor în compartimentul de incendiu, cât și distribuția temperaturilor pe suprafața exterioară a fațadei. Termocuplurile pentru măsurarea temperaturilor de pe suprafața exterioară a fațadei s-au montat în special pe direcția axei verticale de simetrie a sistemelor, la diferite înălțimi. Pe baza testului efectuat s-a urmărit realizarea unei reprezentări grafice a temperaturilor maxime, de pe suprafața exterioară a fațadei în raport cu înălțimea (figura 8 - dreapta), pentru situația de expunere la incendiu din interior.

2.2.2 Detalii de alcătuire și materiale utilizate

Sistemul testat reprezintă sistemele de placări exterioare ETICS, cu termoizolație din polistiren grafitat ignifugat, utilizate în practica curentă [14], [15].

Materialele utilizate pentru realizarea sistemului de reabilitare termică, cu termoizolație din polistiren, sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Descrierea materialelor utilizate la sistemul de reabilitare termică propus pentru testare

Nr. Crt.	Materiale folosite pentru realizarea sistemului	Caracteristici
	Sistem ETICS	
1.	Adeziv pentru plăci termoizolante	$\lambda=0,80$ W/mK
2.	Plăci termoizolante din polistiren expandat grafitat	$\lambda=0,032$ W/mK Clasă de reacție la foc: B-s2,d0 (E) $\rho=15$ Kg/m ³
3.	Adeziv șpacluire	$\lambda=0,80$ W/mK
4.	Dibluri de plastic	L=175 mm
5.	Plasă fibră de sticlă pentru sistem termoizolant	165 g
6.	Colțare metalice	cu plasă
7.	Grund	densitate 1,65 Kg/m ³
8.	Tencuială decorativă	$\lambda=0,70$ W/mK

Detaliu de alcătuire

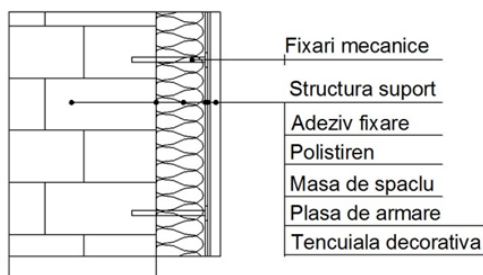


Fig. 3. Detaliu de alcătuire pentru sistemul compozit de izolare termică (stânga). Realizarea sistemului compozit de izolare termică - în curs de execuție (dreapta)

Sistemul testat la acțiunea focului a fost realizat respectându-se tehnologia curentă de execuție a sistemelor de placări exterioare, conform prevederilor din GP 123-2013 [6]. În figura 3 (stânga) este prezentat un detaliu de alcătuire utilizat în practica curentă la realizarea sistemelor de termoizolații. În figura 3 (dreapta) este prezentat sistemul de placări exterioare cu termoizolație din polistiren grafitat, pe durata procesului de execuție.

2.2.2 Poziționarea termocupurilor pentru sistemul propus

În figura 4 este prezentată amplasarea termocupurilor pe suprafața sistemului pregătit pentru testare, în scopul măsurării valorilor de temperatură.

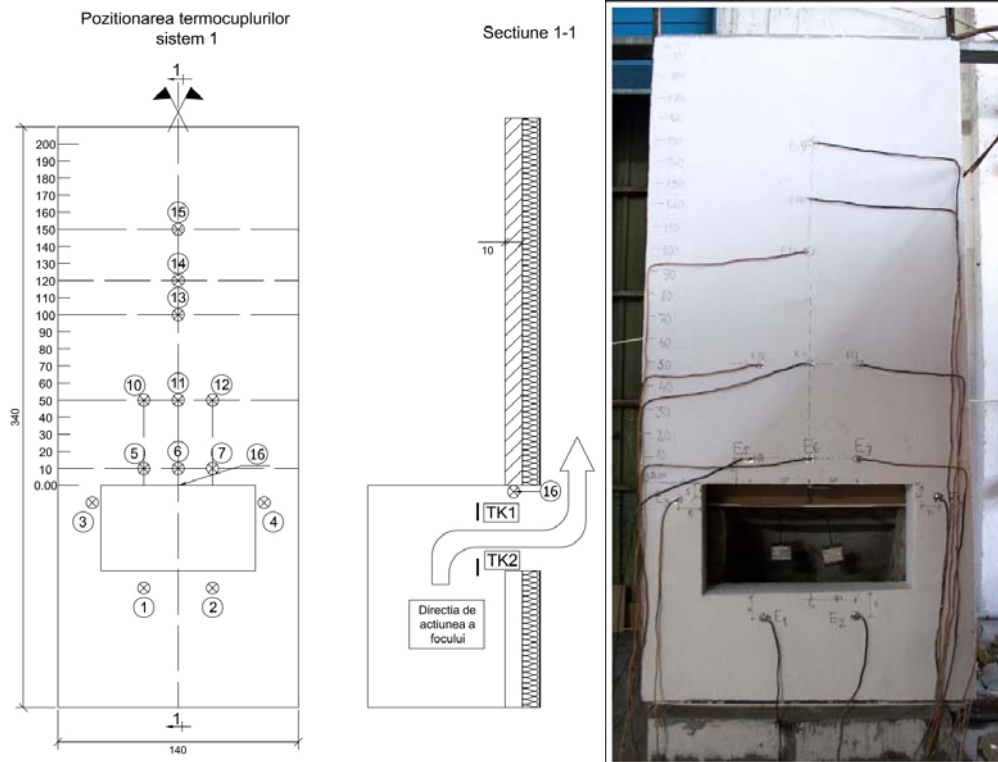


Fig. 4. Detaliu de poziționare a termocupurilor (stânga). Sistemul compozit de izolare termică pregătit pentru testare - înainte de începerea testului (dreapta)

După efectuarea testului s-a decopertat sistemul și s-au evaluat avariile produse de incendiu asupra termoizolației și nivelul de propagare a focului pe verticală.

3. Expunerea la acțiunea focului

Sistemul de placări exterioare a fost expus la acțiunea focului, simulându-se o situație de incendiu provenit din interiorul construcției, așa cum este prezentat în figurile 5, 6. Expunerea la acțiunea focului s-a efectuat în conformitate cu dezvoltarea curbei de temperatură - timp ISO 834, iar durata de expunere a fost de 50 de minute.

După minutul 5 de expunere la foc se observă o schimbare a culorii tencuiei decorative între înălțimea $h = 0 \dots 50$ cm, față de golul de fereastră.

Cercetări experimentale privind analiza răspunsului la acțiunea focului a sistemelor de rehabilitare termică, cu termoizolație din polistiren

Tencuiala decorativă își schimbă culoarea din albă în gri-marونیu, așa cum se observă în figura 5 (stânga).

După 20 de minute de expunere la foc se observă schimbarea culorii tencuielii decorative din marونیu în negru, pe o înălțime $h = 60$ cm, iar pe înălțimea $h = 60 \dots 80$ cm culoarea tencuielii decorative se schimbă din alb în marونیu, așa cum se observă în figura 6 (dreapta).

În tabelul 2 sunt prezentate valorile temperaturilor măsurate la diferite momente de timp, pe durata de expunere la acțiunea focului.

Tabelul 2

Temperaturile măsurate la minutul 5 și minutul 20 de expunere la acțiunea focului

Valori ale temperaturilor înregistrate [°C]						
Timp	$h = 0$ cm	$h = 10$ cm	$h = 50$ cm	$h = 100$ cm	$h = 120$ cm	$h = 150$ cm
min 5	395	199	200	50	122	51
min 20	639	298	336	89	184	88



Fig. 5. Minutul 5 de la începerea testului (stânga). Minutul 20 de la începerea testului (dreapta)



Fig. 6. Minutul 39 de la începerea testului (stânga). Minutul 51 de la începerea testului (dreapta)

După minutul 39 de expunere la foc se observă aprinderea sistemului testat în partea din dreapta-sus a golului de fereastră (figura 6 - stânga). Se constată picături arzânde, provenite din orificiul format, care au o durată de ardere mai mare de 10 secunde.

După oprirea acțiunii termice asupra sistemului testat polistirenul arde cu flacără în spațiul format între tencuiala decorativă și structura suport (figura 6 - dreapta).

Durata de ardere, după încetarea acțiunii focului, a fost de 210 s. După primele 30 de minute de expunere la foc se observă apariția unor fisuri în stratul de tencuială decorativă.

În tabelul 3 sunt prezentate valorile temperaturilor măsurate la diferite momente de timp, pe durata de expunere la acțiunea focului.

Tabelul 3

Temperaturile măsurate la minutul 5 și minutul 20 de expunere la acțiunea focului						
Valori ale temperaturilor înregistrate [°C]						
Timp	$h = 0$ cm	$h = 10$ cm	$h = 50$ cm	$h = 100$ cm	$h = 120$ cm	$h = 150$ cm
min 39	685	416	358	127	194	82
min 50	672	395	339	229	207	98

4. Analiza, prelucrarea și interpretarea rezultatelor

În urma testului de expunere la acțiunea focului, efectuat pe sistemul compozit de izolare termică, s-a decopertat stratul de tencuială decorativă în vederea evaluării răspunsului global la acțiunea focului. Rezultatele vizuale sunt prezentate în figura 7.



Fig. 7. Sistem compozit de izolate termică, după expunerea la acțiunea focului și decopertarea stratului de tencuială decorativă

Pe durata testului se observă autoîntreținerea focului în interiorul sistemului, în spatele tencuiei decorative. Propagarea focului pe verticală a avut loc prin interiorul sistemului pe toată înălțimea parapetului placat și anume $h = 200$ cm.

După acțiunea focului se constată că tencuiala decorativă devine casantă. Elementele de fixare mecanică (dibluri de plastic) poziționate în zona de acțiune directă a focului s-au topit.

Plasa de armare din fibra de sticlă nu este afectată de expunerea la acțiunea focului. În partea de jos a ferestrei, polistirenul grafitat este afectat pe o distanță de aproximativ 35 cm (figura 7). Se constată că plasa de armare și colțarele metalice cu plasă joacă un rol important în menținerea stabilității sistemului.

Pe durata de expunere la acțiunea focului au fost înregistrate temperaturile din compartimentul considerat de incendiu (figura 8 - stânga), temperaturile în zonele de fereastră (figura 8 - dreapta). Se observă că la minutul 50 de expunere la acțiunea focului, temperaturile în compartimentul de incendiu considerat au valorile medii de 879 °C. În partea dreaptă a zonei golului de fereastră se observă că temperaturile au avut valori maxime de 238 °C.

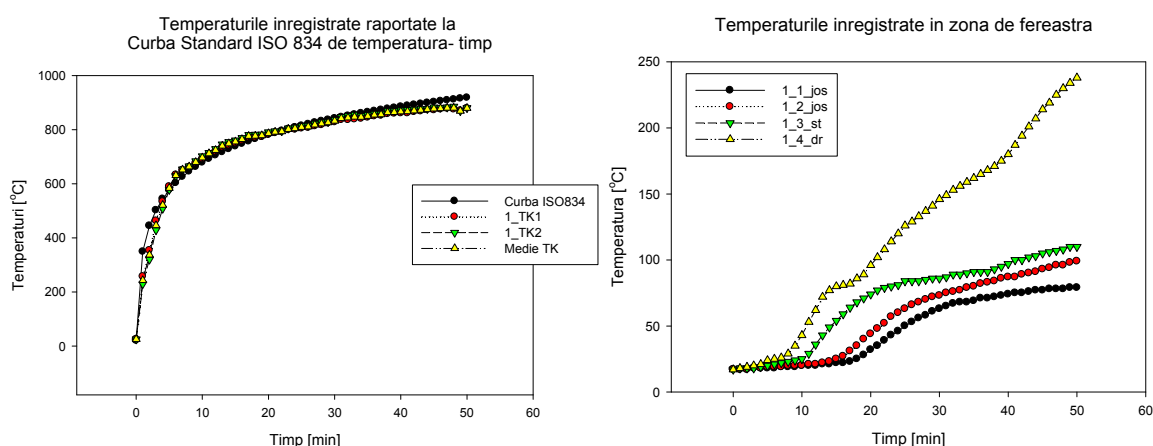


Fig. 8. Temperaturile înregistrate în compartimentul de incendiu (stânga) și în zonele de fereastră (dreapta), pe durata de expunere la foc

Analizând rezultatele prezentate în figura 9 (stânga) se observă că temperaturile maxime în zona buiandrugului (la $h = 0$ cm față de golul de fereastră) au avut valori maxime de 685 °C. Termoizolația din polistiren este arsă și topită, așa cum se observă din figura 7. La înălțimea de 50 cm, față de golul de fereastră, temperaturile ating valori maxime de 373 °C.

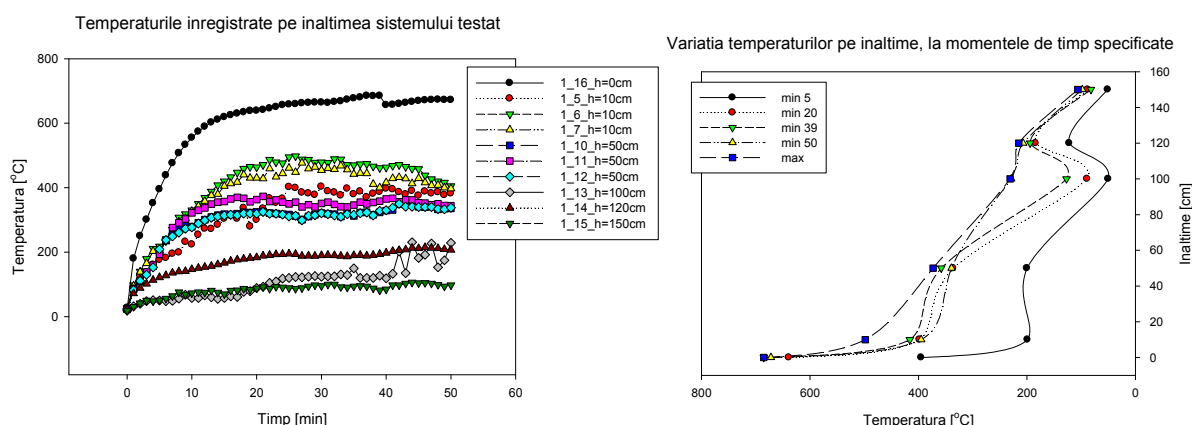


Fig. 9. Temperaturile înregistrate pe suprafața exterioră a sistemului testat (stânga). Variația temperaturilor înregistrate pe axa de simetrie a sistemului, la momentele de timp specificate, în raport cu înălțimea (dreapta)

În figura 9 (dreapta) este prezentată evoluția temperaturilor înregistrate de termocuplurile poziționate pe axa de simetrie a sistemului analizat, la diferite momente de timp, în raport cu înălțimea.

5. Concluzii

Analizând rezultatele obținute în urma studiului experimental, se constată că pentru clădirile multietajate, placate cu termoizolație din polistiren, trebuie efectuate întreruperi ale izolației combustibile, cu materiale termoizolante incombustibile (ex: vată minerală bazaltică, plăci termoizolante multipor, etc.).

Cercetări experimentale privind analiza răspunsului la acțiunea focului a sistemelor de reabilitare termică, cu termoizolație din polistiren

De asemenea, se observă că după 20 de minute de expunere la foc, temperaturile înregistrate pe fațadă, la înălțimea $h = 50$ cm, ating valori de 336 °C. Temperaturile de aprindere pentru polistirenul expandat, aflat în contact cu aerul, sunt cuprinse între valorile 340 °C ... 370 °C, iar temperaturile de autoaprindere, fără o sursă de flacără, sunt cuprinse între valorile 400 °C ... 420 °C [16]. De aici, rezultă necesitatea întreruperii stratului de termoizolație de la înălțimea $h = 50$ cm, față de golul de fereastră.

În zona golurilor de fereastră trebuie montate colțare metalice cu plasă de armare în vederea asigurării stabilității sistemului de placări exterioare la acțiunea unui foc din interior.

Respectarea tehnologiei de execuție a sistemelor de placări exterioare termoizolante, cu termoizolație din polistiren, este decisivă în comportarea la acțiunea focului a sistemului aflat în exploatare.

Studiul de cercetare privind analiza și testarea sistemelor termoizolante de reabilitare termică, la acțiunea focului, este cu caracter unicat în România, iar în continuarea studiului se propune analizarea și testarea metodelor de întrerupere a termoizolației, cu materiale incombustibile, în vederea reducerii riscului de propagarea a incendiilor pe verticală, la construcțiile multietajate.

Mulțumiri

Acest program de cercetare a fost realizat în cadrul programului „Cercetări experimentale în scopul determinării soluțiilor de conformare a elementelor de construcție cu performanțe superioare la acțiunea focului” Cod Proiect: PN 09-14 04 01. Programul de cercetare s-a desfășurat în cadrul Institutului Național de Cercetare Dezvoltare URBAN-INCERC. La realizarea programului experimental au luat parte membri din cadrul Academiei de Poliție „Alexandru Ioan Cuza” - Facultatea de Pompieri și din cadrul Universității Tehnice de Construcții București.

Referințe

- [1] *Parlamentul European și Consiliul*, Directiva 2010/ 31/ UE privind performanța energetică a clădirilor, 2010.
- [2] *Monitorul Oficial, Partea I nr. 126bis*, Indicativ MC 001/1-2006 Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor, Partea I - anvelopa clădirii, 2007.
- [3] *G. Petrescu, C. Stamatiade, E. Bungărdean*, Reabilitarea termică a blocurilor de locuințe, Ministerul Dezvoltării Regionale și Locuinței, www.mdrl.ro.
- [4] *O. Lălu*, „Cercetări privind elaborarea unor soluții durabile de reabilitare termică a anvelopei clădirilor. comportamentul la acțiunea focului, soluții de securitate la incendiu”, Teză de Doctorat, Universitatea Tehnică de Construcții București, 2016.
- [5] *Monitorul Oficial, Partea I nr. 155*, OUG nr.18/2009 Ordonanța de urgență privind creșterea performanței energetice la blocurile de locuințe, cu modificările și completările ulterioare, 2009.
- [6] *Ordinul nr. 2211/2013*, pentru aprobarea reglementării tehnice: Ghid privind proiectarea și executarea lucrărilor de reabilitare termică a blocurilor de locuințe, indicativ GP 123-2013, 2013.

- [7] *Ordinul nr. 2280/2013*, pentru aprobarea reglementării tehnice: Soluții-cadru privind reabilitarea termo-higro-energetică a anvelopei clădirilor de locuit existente, indicativ SC 007-2013, 2013.
- [8] *D. J. O'Connor*, Building Façade or Fire Safety Façade?, Editor: Antony Wood, CTBUH 8th World Congress, Dubai 2008.
- [9] *N. White, M. Delichatsios*, Fire Hazards of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components, Fire Protection Research Foundation, 2014.
- [10] *D. Yung, I. Oleszkiewicz*, Fire Spread via Exterior Walls of Buildings, Proceedings of 4th Conference on Building Science and Technology, Toronto, Ontario, Canada, 1988, pp. 18-19.
- [11] *S. Klopovic, Ö. F. Turan*, Flames Venting Externally during Full-scale Flashover Fires: Two Sample Ventilation Cases, Fire Safety Journal, **Vol. 31**, 1998, pp. 117-142.
- [12] *S. Yokoi*, Study on the Prevention of Fire Spread Caused by Hot Upward Current, Building Research Institute Japan, Report 34, 1960.
- [13] *M. Hajpál*, Analysis of a tragic fire case in panel building of Miskolc, EMI, Malta, 10-12 April 2012.
- [14] *O. Lălu*, Faza 13: Cercetări experimentale privind îmbunătățirea din punct de vedere al rezistenței la foc a unor sisteme termoizolante folosibile la reabilitarea termică a construcțiilor utilizând tencuieli cu conținut de perlit, Program NUCLEU, Cod proiect: PN 09-14 04 01, INCD „URBAN-INCERC”, 2013.
- [15] *O. Lălu*, Faza 14 - Analiza comparativă din punct de vedere al comportării la acțiunea focului a sistemelor de reabilitare termică utilizate conform normativelor în vigoare (P118/99) raportate la sistemele de reabilitare termică prevăzute cu bariere incombustibile, Program NUCLEU, Cod proiect: PN 09-14 04 01, INCD „URBAN-INCERC”, 2013.
- [16] *NFPA 704*, Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response, 2012;