

Revista Română de Inginerie Civilă

Indexată, din 2011, în bazele de date internaționale (BDI)
INDEX COPERNICUS, ULRICH'S și JOURNALSEEK
Incepând cu 2013, revista va fi indexată și în BDI
ProQuest, INSPEC, EBSCO

Volumul 4 (2013), Numărul 2
ISSN 2068-3987

Influența utilizării surselor regenerabile și a sistemelor de recuperare a căldurii asupra certificării energetice a unei mari clădiri comerciale <i>Andrei Damian, Rodica Frunzulică</i>	63-72
Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din structuri în conformitate cu standardul SR EN 13791: 2007 <i>Dan Paul Georgescu</i>	73-80
A study of CO ₂ influence on student activity in classroom <i>Cristian Pacurar, Cosmin Cernazanu</i>	81-88
Siguranța structurilor ușoare la acțiunea vânturilor severe și a exploziilor în aer <i>Ludovic Kopenetz, Alexandru Cătărig</i>	89-97
Influence of the building envelope permeability upon the annual heating load <i>Vlad Iordache, Andrei Damian</i>	98-107
Analiza modală operațională a unui pod oblic <i>Iulia Raluca Boldor, Gavril Kollo, Marius Nedelcu</i>	108-121
Influența robinetelor termostactice asupra confortului utilizatorilor și implicațiile utilizării lor în mediul construit reabilitat <i>Rodica Frunzulică, Mirela-Sanda Țoropoc, Mircea Dinescu</i>	122-130
Crearea modelului digital al terenului utilizând tehnologia de scanare laser terestră pentru alunecarea de teren – drum de acces între localitatea Orșova și platoul Topleț, culmea Dranic, județul Mehedinți <i>Clara – Beatrice Vilceanu, Alina Corina Bălă</i>	131-141
Considerații privind aplicarea și corelarea noilor reglementări naționale din domeniul producerii betonului, proiectării, execuției și evaluării calității lucrărilor din beton <i>Dan Paul Georgescu</i>	142-147
Comparative analysis of experimental vs. theoretical thermal performances of a single phase flow minichannel heat exchange <i>Rodica Dumitrescu, Anica Ilie</i>	148-156
Criterii de optimizare aplicate în dimensionarea instalațiilor de alimentare cu apă <i>David Soare, George-Lucian Ionescu</i>	157-161
Urmărirea deformațiilor orizontale ale barajului Petrimanu folosind metode topografice <i>Maria – Roberta Gridan, Carmen Grecea</i>	162-169
Aspecte privind utilizarea pasivă a energiei solare în clădiri <i>Florin Iordache, Arthur-Sebastian Klepș</i>	170-181

COLEGIUL EDITORIAL

Prof.dr.ing. Ioan BOIAN, *Universitatea Transilvania Braşov*
Prof.dr.ing. Alexandru CĂTĂRIG, *Universitatea Tehnică Cluj Napoca*
Conf.dr.ing. Victoria COTOROBAL, *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. Carmen Elena MAFTEI, *Universitatea Ovidius Constanţa*
Prof.dr.ing. Ion MIREL, *Universitatea Politehnica Timişoara*
Conf.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

Influența utilizării surselor regenerabile și a sistemelor de recuperare a căldurii asupra certificării energetice a unei mari clădiri comerciale

The influence of renewable sources and heat recovery systems utilization on the energy performance certification for a large commercial building

Andrei Damian¹, Rodica Frunzulică¹

¹Universitatea Tehnică de Construcții București-Facultatea de Inginerie a Instalațiilor
B-dul Pache Protopopescu nr.66, sector 2, București, Romania
adamian7@yahoo.com, rofrunzulica@gmail.com

Rezumat. Lucrarea prezintă modul de elaborare al Certificatului de Performanță Energetică (CPE) pentru o clădire comercială de tip hypermarket având o suprafață importantă situată în București. Clădirea are o arie utilă totală de cca 25000 m² (parter+mezanin), ce cuprinde mai multe magazine, un hypermarket și localuri de preparare pentru alimente. La mezaninul clădirii se află și un grup de birouri destinat managementului local și altor angajați ai complexului. Subsolul clădirii, de suprafață utilă încălzită de cca 22000 m², este destinat exclusiv parcării mașinilor clienților și angajaților. Clădirea este dotată cu un sistem complex de climatizare și cuprinde soluții tehnice moderne pentru prepararea apei calde consum și pentru iluminat. Aceste facilități sunt legate de utilizarea surselor de energie regenerabile și de sisteme de recuperare a căldurii. În vederea elaborării certificatului de performanță energetică pentru această clădire complexă, s-au utilizat metodele de calcul dezvoltate în cadrul metodologiei de calcul a performanței energetice a clădirilor și instalațiilor aferente-Mc001/1,2,3-2007. Clasa energetică rezultată este clasa A, cea mai performantă dintre toate clasele energetice posibile. Este evident că obținerea acestei clase energetice a fost rezultatul utilizării în cadrul clădirii a surselor de energie regenerabile și sistemelor de recuperare a căldurii.

Cuvinte cheie: certificat energetic, recuperarea căldurii, performanța energetică

Abstract. The present paper deals with the elaboration of an Energy Performance Certificate for a large commercial building located in Bucharest. The building has a total useful area of about 20500 sqm (ground floor and mezzanine), containing mainly several shops, a large hypermarket and food preparation rooms. There is also a group of offices in the mezzanine part, conceived for the mall local management and staff. The building basement, having a total useful heated area of about 28000 sqm, is designed only for car parking purposes, for visitors and mall staff. The building is provided with a complex air conditioning system and some modern technical facilities for domestic hot water preparation and lighting. These facilities include the use of renewable energy sources and heat recovery systems. For the elaboration of the EPC for this complex building, it has been used the calculation method developed within the Romanian methodology for buildings energy performance-Mc001/1,2,3-2007. The energy class which had resulted from these calculations was class A, the best class within the EPC grid. It is obvious that this class was obtained as a result of the use of RES and heat recovery systems within the building.

Key words: energy certificate, heat recovery, energy performance

1. Introducere

Pentru evaluarea performanței energetice a clădirilor și instalațiilor aferente, România dispune la ora actuală de o metodologie de calcul adecvată, bazată pe prevederile legii 372/2005 [1]. Această metodologie, denumită prescurtat Mc001/1,2,3-2006 și publicată în Monitorul Oficial al României în anul 2007, a fost elaborată de un consorțiu de universități românești și institute de cercetare, condus de către Universitatea Tehnică de Construcții București. Din consorțiu au mai făcut parte, printre alți parteneri, Universitatea de Arhitectură Ion Mincu București și Institutul de Cercetare-Dezvoltare în Construcții, INCĐ-Urban Incerc, două entități cu mare experiență în domeniul clădirilor. Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor-Mc001, cuprinde trei părți (I, II și III), îmbogățite ulterior cu alte două (IV și V), după cum urează: Partea I, denumită "Anvelopa clădirii" [2], Partea a II-a, denumită "Performanța energetică a instalațiilor din clădiri" [3], Partea a III-a, denumită "Auditul și certificatul de performanță a clădirii" [4], Partea a IV-a, denumită: "Breviar de calcul al performanței energetice a clădirilor și apartamentelor" [5] și Partea a V-a, denumită "Model de certificat de performanță energetică al apartamentului" [6]. Toate aceste documente atestă preocuparea, la nivel național, pentru evaluarea performanței energetice a clădirilor, utilizând metode mai simple sau mai complexe, în funcție de scopul ce trebuie atins și de mijloacele avute la dispoziție pentru aceasta. Procesul de certificare energetică al unei clădiri sau al unui apartament urmărește încadrarea acestora într-o anumită clasă energetică, situată între limitele: A-eficiență energetică maximă și G-eficiență energetică minimă, ce încadrează clasele intermediare de eficiență energetică (în ordine descrescătoare a performanței energetice): B,C,D și E. Încadrarea se face în funcție de valoarea consumului total anual de energie primară al clădirii, q_{tot} , calculat pentru cinci utilități (încălzire, apă caldă de consum, iluminat, ventilare mecanică și climatizare), raportat la 1 m² de suprafață utilă încălzită, S_{inc} (m²) conform relației generale :

$$q_{tot} = \frac{Q_{tot}}{S_{inc}} \text{ (kWh/m}^2\text{an)} \quad (1)$$

în care: Q_{tot} consumul anual de energie primară pentru utilități (kWh), calculat la rândul său prin însumarea consumurilor totale pentru fiecare utilitate în parte :

$$Q_{tot} = Q_{inc} + Q_{acc} + Q_{il} + Q_{vm} + Q_{clim} \text{ (kWh)} \quad (2)$$

unde Q_{inc} reprezintă consumul anual total de energie primară pentru încălzire, Q_{acc} consumul anual total pentru prepararea apei calde de consum, Q_{il} consumul anual total pentru iluminatul artificial, Q_{vm} consumul anual total pentru ventilarea mecanică și Q_{clim} consumul anual total pentru climatizare. Trebuie totuși notat că există clădiri în care nu se consumă energie pentru toate cele cinci utilități simultan, neexistând, de exemplu, sisteme de ventilare mecanică organizată sau sisteme de climatizare centralizate implementate. În aceste condiții, relația generală de calcul (1) își păstrează forma, însă din relația (2) dispar termenii aferenți utilităților ce lipsesc. În prezenta lucrare se prezintă modul de elaborare al certificatului de performanță energetică al

unei clădiri comerciale mari, cu consumuri de energie importante pentru toate cele cinci utilități, ținând cont de metodologia Mc 001.

Rezultatul acestei evaluări se reflectă în clasa de eficiență energetică a clădirii obținută prin calcul (clasa A), în particularitățile ce apar la clădirile comerciale și unele observații legate de modul de întocmire a certificatului energetic pentru o clădire de acest tip.

2. Descrierea clădirii analizate și a instalațiilor aferente

Clădirea analizată din punct de vedere energetic este un magazin universal de tip hypermarket, situat în orașul București. Clădirea are un regim de înălțime D+P+M (Demisol, Parter și Mezanin), o suprafață construită desfășurată $S_{c,dest}=53040 \text{ m}^2$ și a fost construit în perioada 2011-2012, fiind inaugurat recent, în noiembrie 2012. Funcțiunea principală a clădirii este cea comercială și se desfășoară exclusiv în zona de Parter, unde este amplasată o suprafață de vânzări (SDV) de dimensiuni importante ($S_{sdv,p}=9006 \text{ m}^2$) și o serie de suprafețe de vânzări secundare de dimensiuni mai mici. În afara acestor zone, la Parter se găsesc și zone de preparare a alimentelor calde și reci, spații de depozitare, camere frigorifice și de congelare, un restaurant și grupuri sanitare pentru vizitatori și personalul magazinului. Suprafața totală încălzită la nivelul Parterului este $S_{inc,p}=19704 \text{ m}^2$. La mezaninul clădirii, cu suprafață totală încălzită de $S_{inc,M}=1296 \text{ m}^2$, se găsesc birouri în care își desfășoară activitatea personalul angajat pentru activitățile magazinului, precum și grupuri sanitare utilizabile exclusiv de către acești angajați. Demisolul clădirii, având suprafață totală utilă (încălzită), $S_{inc,D}=27068 \text{ m}^2$, este destinat exclusiv parcării mașinii vizitatorilor magazinului, având o capacitate maximă de utilizare de 300 de autoturisme în mod simultan.

Din punct de vedere al gradului de izolare termică, anvelopa clădirii îndeplinește condiția prevăzută de normativul C 107/2-2005, privind un coeficient global de izolare termică, G_1 , mai mic decât cel de referință: $G_1 < G_{1ref}$ (pentru clădiri cu altă destinație decât locuirea). Tipurile de izolație termică utilizate au în compoziție vată minerală simplă sau bazaltică, cu coeficienți de conductivitate termică, λ ($\text{W/m}^*\text{K}$) reduși: $\lambda < 0,04 \text{ W/m}^*\text{K}$, cu grosimi variabile, după cum urmează:

- 10 cm pentru termoizolarea planșeului peste demisol (parcare),
- 15 cm pentru casetele de fațadă ce compun pereții exteriori
- 20 cm pentru termoizolarea acoperișului magazinului.

Pereții exteriori ai demisolului sunt izolați cu polistiren expandat inclus în beton, cu grosimea de 8 cm. Pentru toate elementele de construcție enumerate, au rezultat rezistențe termice corectate (R') mai mari de $2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$, de unde rezultă pierderi de căldură reduse către exterior în perioada rece (iarna). Tâmplăria utilizată este eficientă energetic, având un coeficient global de transfer termic, U_t de ordinul a $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ (total mediat pentru partea vitrată și rama metalică), ce corespunde unei rezistențe termice corectate a tamplăriei, $R'=0,77 \text{ m}^2\text{K/W}$. Spațiul de vânzare principal al magazinului, aflat în zona Parterului, este considerat a fi suprafață deschisă, iar încălzirea și răcirea acestuia se realizează exclusiv cu aer, răcit sau încălzit cu ajutorul

a 9 aparate de tip rooftop ce funcționează într-un regim de recirculare de 70% (30% fiind aer preluat din exterior). Rooftopurile, amplasate pe terasa clădirii, sunt dotate cu baterie cu detentă directă cu funcționare cu freon pentru racire, respectiv cu funcționare pe gaz natural pentru încălzire. Puterea termică utilă instalată de încălzire a unui asemenea rooftop este $P_{ut,inc}=154,8$ kW (eficiența arzătorului pe gaz fiind 91%), iar cea corespondentă răcirii este $P_{ut,rac}=135,1$ kW, pentru un EER=2,46. În sezonul rece, rooftopurile funcționează în regim de pompă de căldură (PC), asigurând o putere termică utilă $P_{ut,inc,PC}=76,7$ kW pentru un coeficient de performanță COP=2. Spațiile secundare de vânzare (magazine mici) din zona parterului, sunt încălzite sau răcite cu același sistem utilizat în cazul suprafeței principale : sistem ”numai aer” alimentat de rooftopurile de acoperiș.

La nivelul mezaninului clădirii există spații de birouri și grupuri sanitare, tratate diferit din punct de vedere al modului de asigurare a confortului termic. Astfel, grupurile sanitare sunt încălzite în sezonul rece cu corpuri statice de tip radiatoare, iar în sezonul cald temperatura evoluează liber (nu există sistem de răcire), în timp ce birourile sunt răcite vara cu unități de climatizare individuale de tip split, ce funcționează și iarna pentru încălzire în regim de pompă de căldură.

Agentul termic pentru încălzire și preparare apă caldă de consum este produs într-o centrală termică, cu ajutorul a două cazane având fiecare puterea totală instalată $P_{tot,inst}=250$ kW. Acest agent termic primar deservește instalația interioară de încălzire cu corpuri statice a magazinului, compusă din radiatoare (în zona grupurilor sanitare și vestiarelor de la Parter și Mezanin) și aeroterme cu aer cald (în zonele de depozitare a mărfurilor de la Parter). Pentru încălzirea aerului pătruns din exterior prin deschiderea frecventă a ușii principale de acces a magazinului, au fost montate 4 perdele de aer electrice la sasu de intrare în clădire, la Parter. La Demisol s-au montat 10 perdele de aer electrice cu puterea termică $P_t = 16$ kW/perdea (treapta 3 de funcționare) în dreptul golurilor de acces (intrare/ieșire) a mașinilor în Parking, asigurând permanent o temperatură interioară în demisol, $\theta_{i,D}=10$ °C.

Zonele de grupuri sanitare și vestiare sunt prevăzute cu instalații de ventilare mecanică prin extracție, compuse din rețele de tubulaturi circulare sau rectangulare racordate la ventilatoare de evacuare în exterior a aerului viciat. Introducerea aerului de ventilare preluat din exterior se face prin grile amplasate pe fațada clădirii.

Pentru asigurarea debitului de aer de compensare în grupurile sanitare s-au prevăzut grile de transfer montate la nivelul ușilor. Aportul de aer proaspăt în aceste încăperi se poate asigura și local prin deschiderea ferestrelor. La solicitarea beneficiarului s-a realizat o rețea de extracție a aerului viciat din birourile de la mezanin, ce vehiculează un debit echivalent cu două schimburi orare de aer către un recuperator de căldură în plăci cu eficiență de 87%, traversat în sens invers de un debit similar de aer proaspăt exterior (aer de ventilare) - (Fig. 1). Astfel, se obține o recuperare importantă a energiei conținute în aerul extras din zona mezaninului și un consum mai redus pentru încălzirea sau răcirea aerului de ventilare introdus în această zonă. Reteaua de extracție a aerului din birouri, inclusiv recuperatorul de căldură, este amplasată în plafonul fals al birourilor din zona mezaninului.



Fig. 1. Recuperatorul de căldură pentru aerul evacuat din birouri.

Instalația de preparare a apei calde de consum (acc) pentru nevoile hypermarketului este formată din două sisteme separate: pentru grupurile sanitare din galeria comercială Parter, s-a implementat un sistem cu boiler solar bivalent cu volumul de 500 litri racordat la două panouri solare având puterea termică $P_t=4,36$ kW/buc., cu sursă suplimentară de energie rezistență electrică (Fig.2); pentru spațiile de preparare alimente și grupurile sanitare aferente acestora și mezaninului s-a prevăzut un boiler de acumulare cu volumul de 2000 de litri cu arzător pe gaz metan, conectat suplimentar printr-o serpentină la circuitul de apă de răcire al condensatorului centralei frigorifice aferent acestor spații; astfel, se recuperează o parte importantă din căldura de condensare cedată în urma producerii frigului în localurile tehnice, reducând substanțial consumul de gaz la arzător pentru obținerea unei temperaturi a apei calde de consum, $\theta_{acc}=45$ °C.



Fig.2 . Panourile solare și rezervorul de acumulare a apei calde

Ambele sisteme fac apel la două concepte importante privind eficiența energetică: recuperarea căldurii și utilizarea surselor de energie regenerabile (în cazul de față, energia solară).

În ceea ce privește iluminatul artificial al magazinului, soluția aleasă și implementată este deosebit de eficientă energetic: montarea, la nivelul acoperișului, a unui număr de 127 tuburi de lumină naturală, ce acoperă întreaga suprafață deschisă de vânzări a Parterului și suprafața mezaninului, inclusiv holurile de trecere, (Fig. 3 și 4), și reduc consumul de energie electrică pentru iluminatul artificial cu următoarele procente:

- cu 50% pentru suprafața de vânzări Parter;
- cu 100% pentru birourile de la mezanin, și
- cu 100% pentru depozitele de mărfuri alimentare și non-alimentare de la Parter.



Fig. 3. Iluminarea naturală a spațiilor de vânzare

Așadar, zona mezaninului (mai puțin grupurile sanitare) și cele două depozite de la Parter sunt iluminate integral prin utilizarea luminii naturale, ne fiind nevoie de iluminat artificial suplimentar. Suplimentar, pe acoperiș, mai sunt montate un număr de 30 de luminatoare clasice, care sporesc contribuția iluminatului natural în raport cu necesarul total de energie pentru iluminat al magazinului.



Fig. 4. Iluminarea naturală a birourilor și amplasarea tuburilor de lumină pe terasă

3. Rezultate obținute

Toate aceste măsuri eficiente energetic implementate la nivelul hypermarketului analizat au condus, în urma aplicării metodologiei Mc001 pentru clădirea dată, la o clasă A de performanță energetică, ce corespunde unui consum total anual specific pentru toate utilitățile: $q_{\text{tot}}=98 \text{ kWh/m}^2\text{an}$. Din punct de vedere al impactului clădirii asupra mediului ambiant, a rezultat o degajare specifică de CO_2 : $E_{\text{CO}_2}=16 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2\text{an}$. Nota energetică a clădirii, în condițiile date, are valoare maximă (100). În tabelul 1 sunt date valorile consumurilor specifice totale anuale, q_{specific} ($\text{kWh/m}^2\text{an}$) pentru fiecare din cele cinci utilități analizate (încălzire, apă caldă de consum, ventilare mecanică, climatizare și iluminat), precum și clasele energetice aferente acestora, ce au rezultat din calcul. În ultima coloană a tabelului sunt rediate clasele energetice pe utilități aferente clădirii de referință, asociată clădirii reale analizate.

Tabelul 1

Clasele energetice obținute pentru clădirea analizată

Tipul de consum	q_{specific} ($\text{kWh/m}^2\text{an}$)	Clasa energetică clădire reală	Limita superioară a clasei ($\text{kWh/m}^2\text{an}$)	Clasa energetică clădire de referință
Încălzire	34,5	A	70	A
Apă caldă de consum	14,4	A	15	C
Ventilare mecanică	5,1	B	8	B
Climatizare	21	B	50	B
Iluminat	23	A	40	A

Se poate observa clasarea energetică mai slabă (clasa B) pentru ventilare mecanică și climatizare, pentru două consumuri specifice totale (5,1, respectiv 21 $\text{kWh/m}^2\text{an}$) ușor mai mari decât limitele maxime (5, respectiv 20 $\text{kWh/m}^2\text{an}$) corespunzătoare clasei A pentru cele două utilități.

Ținând cont de puterile electrice mari consumate pentru ventilare mecanică și climatizare la aceste tipuri de clădiri (magazine mari), mai ales în situația adoptării unui sistem de climatizare ”numai aer”, considerăm că această clasare energetică a clădirii este deosebit de bună și se datorează mai multor fenomene: - o izolare termică a deosebită a anvelopei exterioare ce separă spațiile încălzite de mediul exterior sau încăperi neîncălzite [7]; - echipamente de încălzire și climatizare cu eficiențe ridicate la sarcină nominală și la sarcini parțiale;- recuperarea unei părți importante din căldura cedată la nivelul condensatorului centralei frigorifice pentru localurile de preparare alimente, în vederea preparării apei calde de consum pentru nevoi tehnologice și pentru grupurile sanitare;- utilizarea surselor de energie regenerabile, în cazul de față energie solară, pentru prepararea apei calde de consum la grupurile sanitare de la parter și mezanin, rezultând un consum anual specific din surse regenerabile de 1,25 $\text{kWh/m}^2\text{an}$, în absența căruia ar fi crescut $q_{\text{specific,acc}}$ de la 14,4 $\text{kWh/m}^2\text{an}$ la 15,65 $\text{kWh/m}^2\text{an}$, încadrând clădirea în clasa B de eficiență energetică pentru apa caldă de

consum!;- existența unui recuperator de căldură cu eficiență ridicată (87%) pe circuitul de ventilare al mezaninului, ce contribuie la recuperarea căldurii sensibile conținute în aerul evacuat din zona de birouri;- un sistem de automatizare și reglare ”inteligent” al clădirii, de tip BMS (Building Management System), ce presupune corelarea temperaturii aerului introdus cu cea a aerului exterior, recircularea unei părți importante din debitul extras (pană la 70%) la nivelul rooftopurilor de pe acoperiș, și prevederea unor senzori de prezență în zonele mai puțin circulate pentru reducerea consumului de energie electrică la iluminatul artificial.

O analiză interesantă a clasării energetice pentru clădirea analizată este cea în care demisolul acesteia, având o suprafață $S_D = 27068 \text{ m}^2$, nu este încălzit. Aplicând aceleași principii de calcul furnizate de metodologia Mc001, a rezultat o clasă energetică B pentru situația dată, corespunzătoare unui consum energetic specific anual total $q_{\text{specific}} = 193,9 \text{ kWh/m}^2\text{an}$, cu 98% mai ridicat decât în cazul clădirii reale. În tabelul 2 este ilustrată situația analizată pentru toate cele cinci utilități, și pentru o arie încălzită totală de doar 21000 m^2 (doar parter și mezanin încălzite).

Tabelul 2

Clasele energetice obținute pentru clădirea analizată, fără demisol încălzit

Tipul de consum	q_{specific} (kWh/m ² an)	Clasa energetică clădire reală	Limita superioară a clasei (kWh/m ² an)	Clasa energetică clădire de referință
Încălzire	65,2	A	70	B
Apă caldă de consum	26,1	B	35	E
Ventilare mecanică	9,7	C	11	C
Climatizare	44,7	C	87	C
Iluminat	46,2	B	49	A

Comentariile privind acest rezultat sunt următoarele:

- consumurile specifice la toate utilitățile aproape se dublează față de situația în care ”demisolul este încălzit”, aceasta deoarece suprafața demisolului este apropiată de suprafețele însumate ale parterului și mezaninului; acest lucru se datorează faptului că toate consumurile specifice pentru utilități sunt raportate la suprafața totală încălzită a clădirii;
- clasele energetice obținute pentru fiecare utilitate, cu excepția celei de încălzire, sunt cu o treaptă inferioare celor din cazul clădirii reale;
- clasele energetice în care se încadrează clădirea de referință sunt de asemenea, inferioare, celor aferente clădirii de referință asociate clădirii reale;
- consumurile de energie pentru iluminat, ventilare mecanică, climatizare și preparare apă caldă de consum rămân neschimbate față de situația cu demisol încălzit.

4. Concluzii

* Clădirea pentru care s-a calculat certificatul de performanță energetică analizat în acest articol are ca destinația magazin de retail și este caracterizată de o rezistență

termică totală importantă, astfel încât pierderile totale de căldură ale anvelopei către exterior sunt reduse. Aceste rezistente au contribuit foarte mult la încadrarea în clasa energetică A pentru consumul anual specific de energie pentru încălzire.

* Instalațiile de climatizare și ventilare mecanică sunt dotate cu echipamente performante din punct de vedere energetic, cu eficiențe ridicate. Prezența unui recuperator de căldură pe circuitul aerului evacuat de la mezanin pentru tratarea aerului de ventilare, precum și utilizarea eficientă a celor 9 rooftopuri de pe acoperiș conduc la încadrarea clădirii în clasa energetică B atât la partea de ventilare mecanică, cât și la partea de climatizare.

* Instalația de preparare a apei calde de consum utilizează, în scopuri de reducere a consumurilor de energie convenționale, două metode interesante: recuperare de căldură de la condensatorul centralei de frig aferentă localurilor de preparare a alimentelor, și utilizarea energiei solare cu ajutorul a două panouri solare cu tuburi vidate având puterea termică totală $P_{\text{tot}}=8,72$ kW. A rezultat clasarea clădirii în A pentru apa caldă de consum.

* Instalația de iluminat a magazinului apelează în mare măsură (peste 50%) la iluminatul natural, prin intermediul unor tuburi de lumină naturală, combinate și cu luminoare clasice, montate la nivelul acoperișului. Din acest motiv, indicele specific de consum anual pentru iluminat artificial este redus și conduce la plasarea clădirii în clasa energetică A la iluminat, un rezultat neașteptat de bun pentru acest tip de clădire, mare consumator de energie electrică la această utilitate.

* În ipoteza în care demisolul clădirii nu este încălzit, clasa energetică totală scade cu o treaptă de eficiență (B în loc de A), un comportament similar rezultând și pentru clasele energetice ale celor cinci utilități luate separat. Acest fenomen se datorează micșorării suprafeței utile încălzite cu 58% față de situația cu demisolul încălzit, în condițiile în care consumurile de energie pentru iluminat, ventilare mecanică, climatizare și preparare apă caldă de consum rămân neschimbate, iar necesarul de căldură al demisolului pentru menținerea unei temperaturi interioare de 5 °C este de 68 kW, reprezentând 4,7% din necesarul de căldură al întregii clădiri!

* Aceste observații conduc la ideea unei posibile anomalii în modul de calcul al consumului specific anual de energie pentru clădirea analizată: prin prevederea, la demisol, a 10 perdele de aer electrice cu putere totală instalată de max. 160 kW, s-a asigurat necesarul de căldură al întregului demisol, pentru asigurarea temperaturii interioare $\theta_{i,D}=10^{\circ}\text{C}$, în condițiile în care celelalte consumuri de energie pentru utilități (apă caldă de consum, climatizare, iluminat și ventilare mecanică) rămân aceleași, iar clasa energetică devine A (performanță maximă) în loc de B. În același timp consumul specific anual total scade cu 98% pentru clădirea cu demisol încălzit (clădirea reală) în raport cu situația în care acest spațiu nu ar fi încălzit.

Propunem, în urma acestei observații interesante, modificarea metodei de calcul al consumului specific anual total pentru o clădire încălzită, în sensul în care calculul indicilor specifici pentru alte utilități să nu se mai raporteze tot la suprafața încălzită (vezi relația (1)), deoarece acestea pot deservi cu totul alte suprafețe. S-ar putea imagina, de exemplu, un consum specific anual total calculat ca o medie a

consumurilor calculate pentru utilitățile componente, ponderate cu suprafețele deservite de acestea. Acest lucru ar presupune adaptarea referențialelor de calcul din metodologia Mc001-3/2006 pentru încadrarea celor cinci utilități în clasele energetice A...G, în funcție de destinația clădirilor analizate și de particularitățile funcționale ale acestora.

Referințe

- [1] Legea 372/2005 privind performanța termică a clădirilor-publicată în Monitorul Oficial al României –partea I, nr.1144/19.12.2005.
- [2] Metodologia de calcul al performanței energetice a cladirilor si instalațiilor Partea I ”Anvelopa clădirii”, Mc001/1-2006, Editura Fast Print București, 2005.
- [3] Metodologia de calcul al performanței energetice a cladirilor si instalațiilor Partea a II-a-”Performanța energetică a instalațiilor din clădiri”, Mc001-2/2006, Editura Fast Print București, 2005.
- [4] Metodologia de calcul al performanței energetice a cladirilor si instalațiilor Partea a III-a-”Auditul și certificatul de performanță a clădirii”, Mc001-3/2006, Editura Fast Print București, 2005.
- [5] Metodologia de calcul al performanței energetice a cladirilor si instalațiilor Partea a IV-a-”Breviar de calcul al performanței energetice a clădirilor și apartamentelor”, Mc001-4/2009, Editura Fast Print București, 2010.
- [6] Metodologia de calcul al performanței energetice a cladirilor si instalațiilor Partea a V-a-” Model de certificat de performanță energetică al apartamentului”, Mc001-5/2009, Editura Fast Print București, 2010.
- [7] Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor, indicativ C107-2005, Editura Fast Print București, 2006.

Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din structuri în conformitate cu standardul SR EN 13791: 2007

Assessment of in-situ compressive strenght in structures according
SR EN 13791:2007

Dan Paul Georgescu

Universitatea Tehnică de Construcții București,
B-dul Lacul Tei nr.124, Sector 2, București, România
e-mail: dgeorgescu@utcb.ro

Rezumat: *Lucrarea prezintă metodele și procedurile de evaluare a rezistenței la compresiune în situ a betonului din structuri, conform SR EN 13791: 2007. Sunt prezentate principiile, metodele și exemple de aplicare pentru evaluarea rezistenței caracteristice la compresiune in situ, prin încercarea carotelor și prin stabilirea relațiilor dintre rezultatele metodelor de testare indirecte și încercarea carotelor, prin comparatie cu metodele actuale practicate in România.*

Cuvinte cheie: Beton, evaluare, rezistenta la compresiune, metode, rezistenta in-situ, carote

Abstract: *The paper presents methods and procedures for the assessment of the in situ compressive strength of concrete in structures according SR EN 13791: 2007. There are presented principles, guidance and examples of applications for assessment of characteristic in-situ compressive strength by testing of cores and for establishing the relationships between test results from indirect test methods and the in-situ core strength, compared to the current Romanian regulations.*

Key words: concrete, assessment, compressive strength, methods, in-situ core strength

1. Introducere

Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din structuri reprezintă o activitate deosebit de importantă având în vedere că aceasta furnizează date cu privire la cea mai importantă caracteristică a betonului, clasa sa de rezistență. Această activitate este necesară, în principal, în două situații/ cazuri:

A. Evaluarea structurilor existente din beton;

B. Determinarea calității betonului din construcții noi, în cazul în care există dubii privind calitatea, neconformitatea betonului la stații, etc.

Necesitatea determinării in situ a rezistenței la compresiune a betonului apare pentru aceste cazuri la nivelul următoarelor reglementări naționale:

Cazul A: “Cod de evaluare seismică a cladirilor existente”, partea a treia a normativului P100 [1], in care se specifică la cap. 4.4 anumite reguli privind verificarea in-situ a betonului;

Cazul B: “Cod de practică pentru producerea betonului” indicativ CP 012-1/2007 [2] si respectiv cu Normativul NE 012-2/ 2010 “Producerea betonului și

executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat. Partea 2: Executarea lucrărilor [3].

Interpretarea rezultatelor și criteriile de conformitate – se prezintă în normativele românești de metode, în principal C26-85 [4] și C54-81 [5] și în standardul românesc armonizat SR EN 13791 [6].

2. Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din structuri

La nivel european, evaluarea rezistenței betonului din construcții existente se face în conformitate cu SR EN 13791. Se specifică faptul că evaluarea rezistenței la compresiune a betonului este necesară, în principal, în următoarele cazuri:

- structura din beton armat a construcției se va modifica sau își va schimba destinația;
- există dubii în legătura cu valoarea rezistenței la compresiune a betonului din diferite cauze legate de: punerea în opera, diferite deteriorări ale betonului, etc. ;
- este necesară evaluarea rezistenței betonului în timpul execuției construcției;
- s-au constatat neconformități ale rezistenței la compresiune a betonului în urma încercării probelor de beton produs la stații, etc.

Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului se efectuează în conformitate cu standardul SR EN 13791, pe baza schemei prezentate în figura 1, iar principalele metode de încercare se aplică în conformitate cu [7], [8], [9], standarde din seria SR EN 12504.

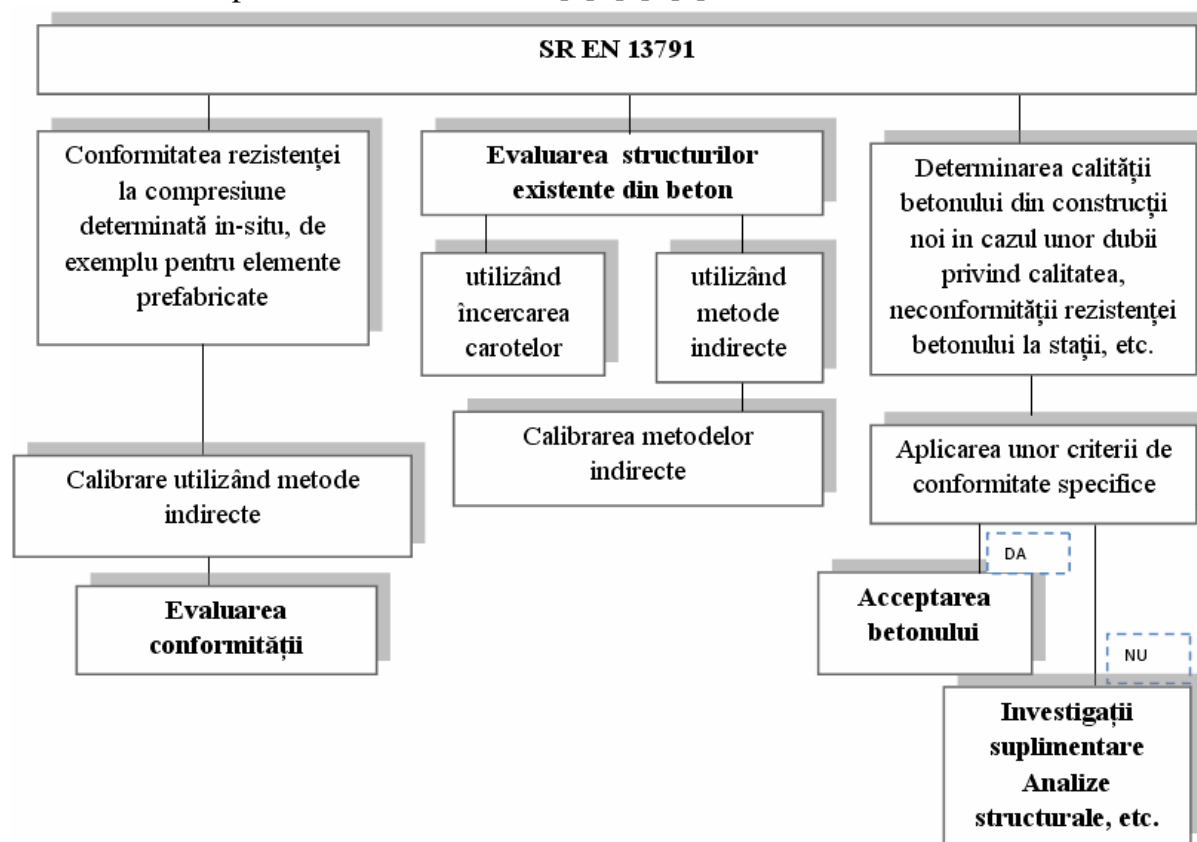


Figura 1. Schema privind principiile de aplicare a evaluării in-situ a rezistenței caracteristice la compresiune a betonului

Standardul european precizează faptul că acesta nu se aplică în cazul în care metodele indirecte sunt utilizate fara a se corela cu rezistența carotelor, sau cand se extrag mai puțin de 3 carote.

2.1. Rezistența caracteristică la compresiune a betonului determinată in-situ

În tabelul 1 se prezintă valorile rezistențelor caracteristice la compresiune ale betonului determinate in-situ. Aceste valori se obțin prin afectarea rezistenței caracteristice a betonului (clasa betonului) cu un coeficient subunitar γ_c , egal cu 0,85.

Tabelul 1

Rezistența caracteristică la compresiune a betonului determinată in-situ

Clasele de rezistență la compresiune în conformitate cu SR EN 206-1	Raportul dintre rezistența caracteristică a betonului determinată in- situ și rezistența caracteristică a epruvetelor standard	Rezistența caracteristică a betonului determinată in-situ	
		$f_{ck, is, cil}$	$f_{ck, is, cub}$
C8/10	0,85	7	9
C12/15		10	13
C16/20		14	17
C20/25		17	21
C25/30		21	26
C30/37		26	31
C35/45		30	38
C40/50		34	43
C45/55		38	47
C50/60		43	51
C55/67		47	57

2.1.1. Evaluarea rezistenței caracteristice a betonului determinată in-situ prin încercarea carotelor

Aceasta evaluare are în vedere aplicarea a două metode, în funcție de numărul de probe care se prelevează/ încearcă, în cazul A fiind necesare cel puțin 15 carote, iar în cazul B sunt necesare pentru evaluare între 3 și 14 carote. În prezentul articol se detaliază numai cazurile pentru care se vor efectua aplicațiile numerice prezentate la punctul 3.

CAZUL B

Rezistența caracteristică la compresiune a betonului determinată in-situ este cea mai redusă valoare dintre:

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k \text{ sau } f_{ck, is} = f_{is, cea mai redusă} + 4$$

unde:

$f_{m(n), is}$ reprezintă valoarea medie a rezultatelor obținute;

$f_{is, cea mai redusă}$ reprezintă cea mai redusă valoare a rezultatelor obținute;

k = coeficient care depinde de numărul de rezultate, în conformitate cu tabelul 2.

Valorile coeficientului k

Număr de rezultate n	Coeficient k
10...14	5
7...9	6
3...6	7

2.1.2. Evaluarea rezistenței caracteristice la compresiune a betonului prin aplicarea unor metode indirecte

Cazul 1. Corelare directă cu carotele

În acest caz sunt necesare cel puțin 18 rezultate obținute pe carote pentru a se stabili o relație între rezistența la compresiune determinată in-situ și rezultatele obținute prin aplicarea metodelor indirecte.

Cazul 2. Utilizarea unor relații determinate având la dispoziție un număr redus de carote și curbe de calibrare

Această metodă poate fi aplicată pentru evaluarea unei populații aparținând unor betoane normale produse cu aceleași materiale, mijloace și echipamente de preparare. Se selectează zonele în care se efectuează cel puțin 9 încercări.

2.2. Evaluarea rezistenței la compresiune în cazurile în care există dubii privind calitatea sau nu s-a realizat clasa betonului determinată pe probe în condiții standardizate

Pentru o zonă care corespunde mai multor sarje de beton și pentru care se dispune de mai mult de 15 rezultate obținute pe carote, în cazul în care:

$$f_{m(n), is} \geq 0,85 (f_{ck} + 1,48 s) \text{ și } f_{is, \text{ cea mai redusă}} \geq 0,85 (f_{ck} - 4)$$

atunci zona respectivă poate fi considerată ca având un beton conform cu SR EN 206-1.

În cazul în care un rezultat individual este inferior relației prezentate, aceasta situație indică mai mult o problemă locală decât una generală.

Alternativ, în cazul în care există acordul părților și când se au la dispoziție mai mult de 15 rezultate ale testelor indirecte și când cel puțin 2 carote au fost extrase din zona care indică cele mai reduse rezultate, se consideră betonul conform dacă:

$$f_{is, \text{ cea mai redusă}} \geq 0,85 (f_{ck} - 4)$$

De asemenea, dacă analiza se face pe o zonă redusă care conține numai una sau câteva sarje de beton și, pe baza experienței, se pot selecta 2 locații pentru extragerea de carote, zona poate fi considerată ca având beton conform dacă:

$$f_{is, \text{ cea mai redusă}} \geq 0,85 (f_{ck} - 4).$$

3. Aplicarea metodelor pentru evaluarea rezistenței betonului prin încercări pe carote și/sau încercări nedistructive efectuate pentru investigarea unei construcții din beton armat.

Evaluarea rezistenței betonului este efectuată pe baza rezultatelor obținute prin încercarea la compresiune a carotelor și a măsurărilor nedistructive indirecte, prin metodă ultrasonică, având la dispoziție 10 perechi de rezultate, prezentate în tabelul 3 [10]:

Tabelul 3

Rezultate individuale obținute prin aplicarea metodelor nedistructive și distructive										
Punctul de măsurare	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$f_{is}(N/mm^2)$	21,4	19,0	17,8	19,5	18,4	19,0	26,0	18,6	19,6	18,0
v_i (km/s)	4,099	4,076	4,002	4,120	4,087	4,149	4,423	4,051	4,117	4,012

Evaluarea rezistenței caracteristice a betonului pe baza rezultatelor obținute la încercarea la compresiune a carotelor se face conform abordării B, deoarece numărul de carote este cuprins între 3 și 14.

Valoarea medie a rezultatelor, $f_{m(10),is} = 19,7 N/mm^2$

Valoarea cea mai mică, $f_{is,min} = 17,8 N/mm^2$

Valoarea coeficientului k , pentru 10 încercări, $k = 5$.

Se consideră cea mai mică valoare dintre:

$$f_{m(10),is} - k = 19,7 - 5 = 14,7 N/mm^2$$

$$f_{is,min} + 4 = 17,8 + 4 = 21,8 N/mm^2$$

Rezistența caracteristică a betonului din lucrare este $f_{ck,is} = 14,7 N/mm^2$.

Deoarece carotele încercate se înscriu în condiția de echivalare a rezistenței cu cea obținută pe cuburi cu latura de 150 mm, rezultă că rezistența caracteristică a betonului din lucrare corespunde clasei de rezistență C12/15 pentru care $f_{ck,is,cub} = 13 N/mm^2$, conform tabelului 1.

Trasarea curbei care exprimă relația între datele măsurate prin metodă ultrasonică, indirectă, și rezistențe, se face conform alternativei 2, deoarece numărul de puncte în care s-au efectuat perechi de determinări este cuprinsă între 9 și 18, astfel:

► se calculează valorile f_v pentru curba de bază, pentru vitezele măsurate, cu relația: $f_v = 62,5 v^2 - 497,5 v + 990$;

► se calculează diferențele $\delta f_v = f_{is} - f_v$ pentru fiecare punct de măsurare;

► se calculează abaterea medie pătratică, s_v , pentru vitezele măsurate;

► se calculează valoarea medie, δf_{vm} a diferențelor δf_v ;

► se calculează valoarea Δf_v , cu care se deplasează curba de bază, cu relația $\Delta f_v = \delta f_{vm} - k_1 \times s$; în care coeficientul k_1 este dependent de numărul de rezultate

► se trasează curba care reprezintă relația între vitezele măsurate și rezistențele betonului, prin deplasarea curbei de bază cu Δf_v .

Rezultatele calculelor sunt prezentate în tabelul 4 și reprezentate grafic în figura 2.

Tabelul 4

Determinarea valorii δf_v

Nr. punct	v_i (km/s)	f_{is} (N/mm ²)	f_v (N/mm ²)	δf_v (N/mm ²)
1	4,099	21,4	0,8	20,6
2	4,076	19,0	0,6	18,4
3	4,002	17,8	0,0	17,8
4	4,120	19,5	1,2	18,3
5	4,087	18,4	0,7	17,7
6	4,149	19,0	1,8	17,2
7	4,423	26,0	12,3	13,7
8	4,051	18,6	0,3	18,3
9	4,117	19,6	1,2	18,4
10	4,012	18,0	0,0	18,0

$K_1 = 1,62$ (pentru 10 rezultate); $s_v = 0,118$; $\delta f_{v,m} = 17,8 \text{ N/mm}^2$;

$\Delta f_v = 17,8 - 1,62 \times 0,118 = 17,6 \text{ N/mm}^2$

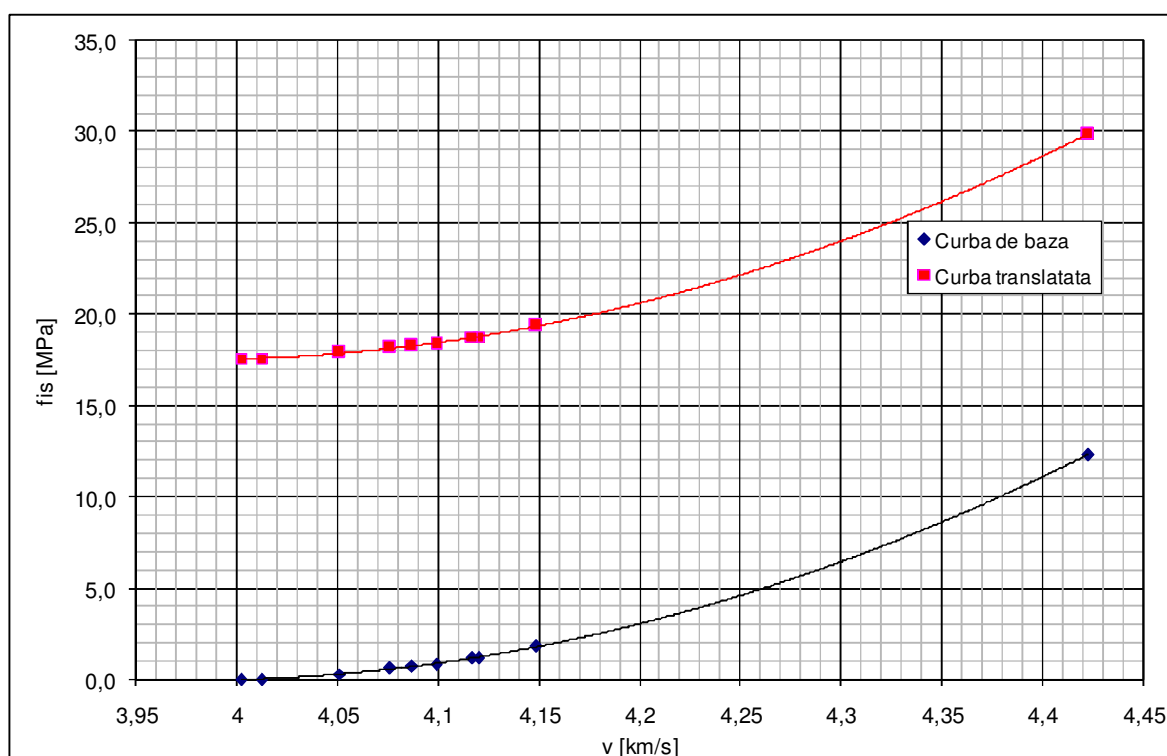


Figura 2. Curba care indică relația între vitezele măsurate și rezistențele betonului, obținută prin deplasarea curbei de bază cu Δf_v

Cu ajutorul curbei care indică relația între vitezele măsurate și rezistențele betonului se poate evalua rezistența betonului din lucrare în funcție de valorile măsurate ale vitezelor ultrasunetelor. Condiția de aplicare este ca vitezele măsurate să nu se situeze în afara intervalului în care s-au încadrat valorile vitezelor utilizate pentru trasarea curbei $\pm 0,05$ km/s. Evaluarea rezistenței caracteristice nu se poate efectua decât dacă se are la dispoziție mai mult de 15 rezultate.

4. Concluzii

4.1. Deși bazate pe principii utilizate de mai multă vreme, prevederile actuale din standardele europene privind caracterizarea betonului și evaluarea rezistenței sale prin încercări in situ au elemente de noutate față de prevederile românești anterioare, între care și cele din normativul pentru încercarea betonului prin metode nedistructive indicativ C26-85. Aceste elemente de noutate, privind determinarea in situ a rezistenței la compresiune a betonului, prevăzute în standardul SR EN 13791:2007, constau, în principal, în creșterea gradului de încredere prin utilizarea, ca date de referință a rezultatelor obținute pe un număr relativ mare de carote extrase din lucrare. Pe această bază, se prevede modul de evaluare a rezistenței caracteristice la compresiune a betonului din lucrare, care este pusă în raport cu clasele de rezistență prevăzute în SR EN 206-1, care sunt luate în considerare la proiectare.

4.2. Diferența de abordare aduce după sine o independență mai mare față de cunoașterea mai detaliată a caracteristicilor de compoziție și tratare a betoanelor din lucrare, având în vedere faptul că:

a) în conformitate cu normativului C26-85, datele de bază sunt stabilite pentru un beton de referință, urmând ca raportarea între datele măsurate pe betoanele din lucrare și acest beton de referință să se efectueze prin aplicarea unor coeficienți de influență care depind de o serie de caracteristici ale betoanelor din lucrare (tipul de ciment și dozajul acestuia; natura agregatelor, dimensiunea maximă și procentul de fracțiune fină din acestea; maturitatea betonului și prezența aditivilor);

b) în conformitate cu standardul SR EN 13791:2007, datele de bază (fiind constituite din rezultatele obținute prin încercarea unui număr relativ mare de carote) includ toate caracteristicile menționate anterior, astfel că, raportarea între măsurările prin metode indirecte și rezistențele obținute pe carote se realizează direct, pe baza unor curbe de referință stabilite pentru betonul din acea lucrare.

Bibliografie

- [1] P100-3 - Cod de evaluare seismică a clădirilor existente
- [2] CP 012-1/2007 - Cod de practică pentru producerea betonului
- [3] NE 012-2/2010 - Producerea betonului și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat. Partea 2: Executarea lucrărilor
- [4] C26-85 - Normativ pentru încercarea betonului prin metode nedistructive
- [5] C54-81 - Instrucțiuni tehnice pentru încercarea betonului cu ajutorul carotelor

- [6] SR EN 13791 - Evaluarea in-situ a rezistenței la compresiune a betonului din structuri și din elementele componente structurilor prefabricate
- [7] SR EN 12504-2 – Încercări pe beton din structuri. Partea 2: Încercări nedistructive. Determinarea indicelui de recul
- [8] SR EN 12504-4 – Încercări pe beton din structuri. Partea 4: Încercări nedistructive. Determinarea vitezei de propagare a ultrasunetelor
- [9] SR EN 12504-1 – Încercări pe beton din structuri. Partea 1: Încercări pe carote – prelevare, examinare și încercarea la compresiune
- [10] Metode experimentale convenționale și neconvenționale de determinare a nivelurilor de performanță a materialelor, elementelor și structurilor de construcții - METEX, Contract nr. 31034/2007, beneficiar A.N.C.S.

A study of CO₂ influence on student activity in classroom

Studiul influenței conținutului de CO₂ asupra activității studenților în școli

Cristian Pacurar¹, Cosmin Cernazanu²

¹Faculty of Civil Engineering, “Politehnica” University of Timisoara, Romania.

Piața Victoriei 2, 300006 Timișoara, Romania

E-mail: cristian.pacurar@ct.upt.ro

²Faculty of Automation and Computers, “Politehnica” University of Timisoara, Romania

Piața Victoriei 2, 300006 Timișoara, Romania

E-mail: cosmin.cernazanu@cs.upt.ro

Rezumat. În aceasta lucrare se prezintă un studiu realizat asupra parametrilor principali care determină confortul ambiantal într-o sală de seminar. Confortul termic interior a fost determinat pe baza indicilor PMV și PPD. Parametrii măsurați în acest studiu sunt următorii: temperatura aerului, temperatura medie radiantă, viteza aerului, umiditatea relativă și conținutul de CO₂. Dintre aceștia, concentrația de CO₂ a fost aleasă pentru a se determina modul în care influențează activitatea studenților. Eficiența acestei activități s-a calculat cu ajutorul notelor obținute la orele de seminar. În final se propune un model de estimare al influenței conținutului de CO₂ asupra randamentului activității studenților.

Cuvinte cheie: confort ambiantal, indice PMV, indice PPD, corelație

Abstract. This paper presents a study of the main parameters which determine the environmental comfort in a seminar room. Indoor thermal comfort was determined based on the PMV and PPD indices. The parameters measured in this study are: air temperature, mean radiant temperature, air velocity, relative humidity and CO₂ content. Of these, CO₂ concentration was chosen to determine how they influence students. Their efficiency was calculated using the grades obtained in seminar classes. Finally, we propose a model to estimate the influence of CO₂ content considering students activity.

Key words: environmental comfort, PMV index, PPD index, correlation

1. Introduction

Indoor air quality in schools not only affects the health and comfort of students, but it can also affect their productivity and has an influence on efficiency of learning and attention during classes, with repercussions on performance and social costs. There are many studies on the thermal comfort conditions in offices and the consequences of workers productivity [1], [2], but less on students and their performance during school hours. Students spend most of their time in schools; they don't have the possibility to change the room. This doesn't happen for an employee,

because he could change his job in case he is not satisfied with the indoor climate conditions. Several studies [3] have demonstrated that if someone lives in a comfortable environment, performance and productivity increases.

A very important factor of air quality in schools is the CO₂ concentration level. An increased level of CO₂ in schools affects students' health, decreases their learning performance and their efficiency. The studies realized by Smedje et al. [4] have reported air quality in schools in Sweden as being improper, CO₂ content increased by reducing the intake of fresh air and mental performance of students in secondary school decreased. Most of available data showed that higher CO₂ concentrations in classrooms are associated with an increased frequency of health symptoms, an increase of absenteeism of students and a decrease in students learning performance and staff productivity [5-9].

Bakó-Biro et al [5] analyzed the air quality in schools in the UK using CO₂ as an indicator of ventilation, and showed how it affects mental tasks. This research provides strong evidence that the low rate of ventilation in classrooms significantly reduces students' attention and vigilance, negatively affecting memory and concentration.

Coley and Greeves [6] a reduction of the power of concentration with approximately 5% through an increase of the CO₂ level from an average of 690 ppm to an average of 2909 ppm.

Shendell et al [7] in studies carried out in schools in Washington and Idaho concluded that increased levels of CO₂ concentration is associated with decreased attention and increased absenteeism. Based on measurements of CO₂ content, there was estimated a ventilation rate <7.5 l / s person for at least 50% of the classrooms, the minimum rate specified in many regulations and standards.

In the recent studies performed [10,11], the CO₂ content in some academic classrooms in Timisoara, was found a rather large level compared to the recommended level (CO₂ ≤ 1000ppm over the outdoor air level), resulting a quality class IDA4 of indoor air, compliance with SR EN 13779:2007 [12].

It is noted that to produce optimum efficiency is not necessarily optimal thermal comfort conditions, and this is supported by a number of studies where subjects performed mental activities at air temperatures in the range 20 to 30 °C [13]. The insurance of the thermal comfort conditions must be in correlation with energy consumption.

To measure thermal comfort, literature mentions [14], [15] tags: PMV (Predicted Mean Vote) and PPD (Predicted Percentage Dissatisfied Index). PMV is an index that shows the mean value of the votes for a large group of people in a 7-point thermal sensation scale (figure 1). Standard equation for calculate PMV index is based on six factors (air temperature, mean radiant temperature, air velocity, humidity, activity and clothing).

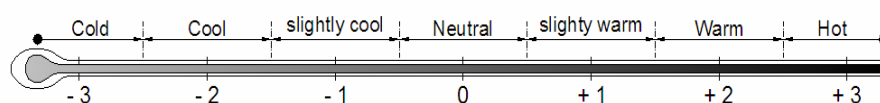


Fig. 1. Seven-point thermal sensation scale

PMV index is expressed by P.O. Fanger, variant (after processing) is simplified, according to:

$$PMV = (0.303 \cdot e^{-0.036 \cdot M} + 0.028) \cdot L \quad (1)$$

where:

M - metabolic rate, or heat produced by the human body. Metabolic rate in sedentary activity (school) for a person is considered to be 1.20 Met;

L - Heat load - defined as the difference between internal heat produced and heat loss through evaporation and transpiration by environment.

PPD is the index that establishes a quantitative prediction of the proportion of people who are dissatisfied with feeling too cold or too hot, relationship calculation is:

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0.3353 \cdot PMV^4 + 0.2179 \cdot PMV^2) \quad (2)$$

2. Working conditions

The study was realized in Timisoara, located in the western part of Romania with a temperate continental climate, with an average annual outdoor temperature of 11.1 °C. The experiment was realized in a period of 2.15 h (8:00 to 10:15) during the summer months from June to July.

The mean values of outside parameters during the measurements can be consulted from Table 1.

Table 1

The mean values of outside parameters during the measurements

	time	t _{ext} [°C]	φ _{ext} [%]	vair _{ext} [m/s]	CO ₂ [ppm]
Summer	07:50	20.2	71.5	0.37	373
	10:30	26.4	53.6	0.31	381
Average values		23.28	62.82	0.34	377

The seminar room where the measurements were made is on the ground floor of the Faculty of Civil Engineering University "Politehnica" of Timisoara, a building with 6 floors, built in 1982. The room has an area of 67.50 mp and a height of 3.70 m, with a single external wall oriented to the east.

To provide a lower temperature inside, during the summer we use a VRV air conditioning system. This air conditioning system consists of a DAIKIN outdoor unit model RSX8K, where are connected three indoor units mounted to the ceiling, including a model FXYSP63K and two models FXYCP25K, each indoor unit model is equipped with a wired remote control BRC1D52 model.

During the experiment there were monitored the following parameters: air temperature, mean radiant temperature, air velocity, relative humidity and carbon dioxide content (CO₂). To determine PPD and PMV comfort index after Fanger model was estimated occupants activity as 1.2 met (69.84 W/m²) and thermal resistance of clothing of 0.5 clo (0.078 m² ° C / W) for girls and 0.6 clo (0.094 m² ° C / W) for

boys. For determining thermal resistance of clothing were used tables contained in ASHRAE 55-2004 and ISO 7730 standards, considering their mean value.

The measurements of indoor climate parameters were made using Testo 350 measuring instruments connected to a sensor for measuring CO₂ concentration, sensor for measuring velocity (hot wire), humidity and temperature, and black globe to determine the radiant temperature.

Installation of sensors for measuring temperature, speed and humidity was made only on one level to a height of 1.10 m to the floor and the sensor for measuring CO₂ concentration at a height of 0.10 m to the floor - Figure 2.

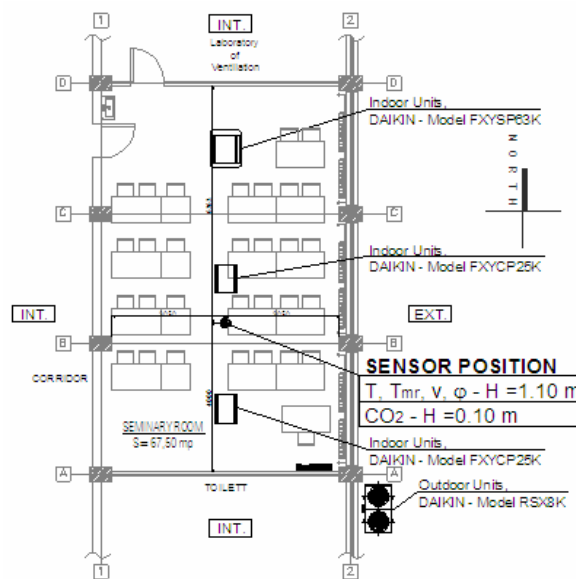


Fig. 2. Plan of seminary room and sensor position

During experiments we chose a total of 18 subjects comprising 11 boys and 7 girls, those were students in second and in third year in the Department of Civil Engineering and Building Services, "Politehnica" University of Timisoara. All students subjected to the tests were in a good health.

The experiment

At the beginning and at the end of measurement interval each subject received a questionnaire in which he expressed his opinion on climatic conditions in the room.

There have been several series of experiments, each complying with the following three cases:

1. Room without air conditioning worked and without pause - "NC" - Non cooling;
2. Room air conditioning worked without a break and with an interval of 50 minutes after the start of measurements - "NC + break";
3. Hall worked with air conditioning (break is irrelevant because conditioning installation keeps constant temperature in the range of ± 1 °C) - "C" – Cooling

3. Climatic parameters measurements

The measurements purposes in the classroom without air conditioning, in case of break or no break was to see what is the influence of temperature variations, respectively the content of CO₂.

In figure 3 it can be seen that the temperature showed a constant increase enough sharply from 22.4 °C to 28.9 °C when the air conditioning did not work and kept a constant value in that case when the air conditioning was turned on. The temperature decreased during the break with approximately 1.5 °C, in all this time the room was empty.

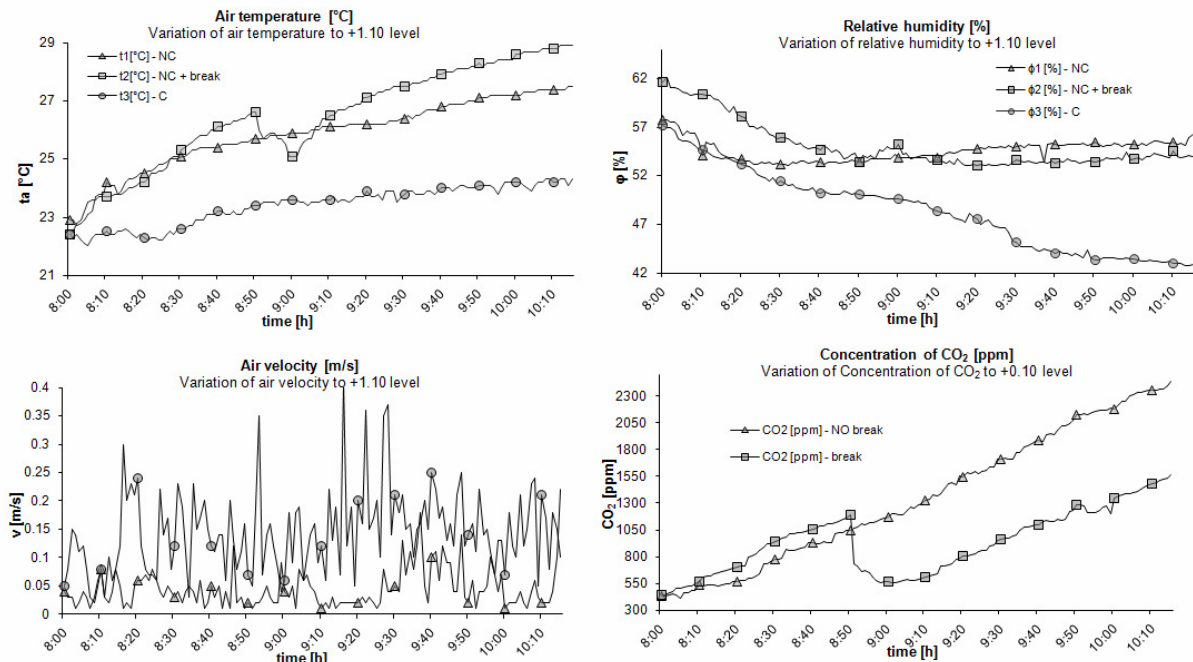


Fig.3. Variation of climatic parameters

The variation of indoor air relative humidity was in the limits (30% -70%) of comfort according ASHRAE standard 55. In the first case when the air conditioning didn't work the relative humidity showed a sharp decline in the first 35min. to around 54 % and then kept a constant value. During the break when the windows were opened for ventilation, the relative humidity showed a small increase due to a higher humidity level outside. In case of the air conditioning operation, relative humidity showed a steady decline from 57.2% to 42.9% in a period of 2.15h. Large variation of the interior humidity at the beginning of the measurements was due the fact that it had rained during the previous nights.

Air speed in the room was quite low, almost insignificant in the case of the air conditioning malfunction with an average value of 0.045 m/s and of 0.145 m/s due to air conditioner operation.

Considering that the room is not equipped with mechanical ventilation we can see, in figure3, how much the CO₂ concentration increased above the permissible, reaching to a value of about 2400 ppm> 1000 ppm within 2 hours, compared to the

situation when everyone left the room during the break, ensuring fresh air by opening windows. In the case when the room was ventilated during the break, CO₂ concentration decreased significantly, reaching at the end of 2 hours a value of approx. 1500 ppm. Please notice the role of classrooms ventilation during breaks.

At the beginning of each measurement at an interval of 10 minutes, after the students came into the room and were accommodated with indoor climate, each student completed a questionnaire to express the sensation of thermal comfort perceived by each part perceived sensation on indoor air quality. PMV index was calculated for the same conditions with two different methods. A subjective method based on the method of ASHRAE responses based on the 7-point scale of sensation, and a second mathematical calculation method according to the calculation procedure of ISO7730.

A summary of the results by gender and response time is presented in Table 2.

Table 2

Summary of mean values for the PMV objective, respective PMV subjective

		Start		Finish	
		PMV - objective	PMV - subjective	PMV - objective	PMV - subjective
F	NC	-0.07	Slightly warm – item „1”	0.89	Warm – item „2”
	NC+break	-0.32	Slightly warm – item „1”	0.29	Warm – item „2”
	C	-0.65	Slightly cool– item „-1”	-0.29	Slightly cool– item „-1”
B	NC	0.13	Neutral – item „0”	1.02	Warm – item „2”
	NC+break	-0.1	Neutral – item „0”	1.39	Slightly warm – item „1”
	C	-0.42	Slightly cool– item „-1”	-0.08	Slightly cool– item „-1”

From Table 2 it can be seen that girls are more sensitive than boys to variation of climatic parameters.

4. Model for estimating CO₂ influence on student activity

In this case was chosen a linear regression model. Equation that forms the basis linear model has the following form:

$$p(x) = a * x + b \quad (3)$$

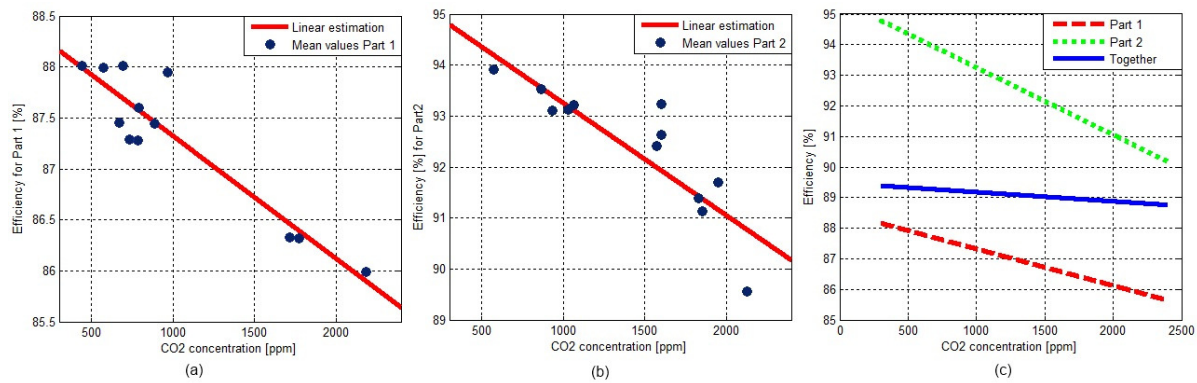
For CO₂ concentration we chose this model because the concentration of relationship between x and p(x) is linear in this case. The data that led to these results can be seen in Table 3.

Based on data in Table 3 were determined three regression models for students' performance depending on CO₂ concentration in the room. The first model taken into consideration the data were obtained in part 1 experiment, while the second model was considered the data obtained in part 2 experiment. (Figure 4)

Table 3

Average student results at each part and CO₂ concentrations during the seminary period

	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Class 6	Class 7	Class 8	Class 9	Class 10
Part 1	8.76	8.79	8.72	8.72	8.63	8.74	8.80	8.79	8.59	8.80
CO ₂ - part 1[ppm]	792	573	732	785	1717	889	439	968	2184	693
Part 2	9.31	9.35	9.17	9.39	9.11	9.26	9.24	9.13	8.95	9.32
CO ₂ - part 2[ppm]	1030	866	1949	572	1853	1601	1575	1830	2129	1064

Fig 4 Estimation of efficiency for: a) part 1, b) part 2; c) together based on CO₂ concentration

Finally it was proposed a model that includes both results (part 1 and part 2) and that approximate student's efficiency in CO₂ concentration. This model has the following form:

$$Efficiency_{CO_2} = -0.0003 * x + 89.48 \quad (4)$$

Validation of this model was made in other two seminars. Thus, the proposed model provides an error of 2.2% as it concern the determination of students' efficiency during the seminar depending on the CO₂ concentration.

5. Conclusions

This article is based on a study that follows how indoor climate parameters influence students' performance of activity in the classroom.

The study was taken in a seminar room on the ground floor of the Faculty of Civil Engineering from the Polytechnic University of Timisoara, during the summer. To determine the efficiency of students during each seminar, students were tested theoretical (by mathematical calculation) and on graphic representation of results.

The first part of the article shows the variation of indoor climate parameters. For each seminary the following parameters measured indoor climate: temperature, relative humidity, velocity of air and CO₂ concentration.

In the second part of the article there were proposed models to estimate the efficiency of the work undertaken by students based on the results of these two tests.

Calculation of model is based on a method that uses the approximation method by a simple linear regression.

Relationship between mean thermal sensation and percentage of thermally dissatisfied subjects was in fairly good agreement with prediction by PMV/PPD model.

References

- [1] Wyon, D.P. and P. Wargocki. 2006a. "Room temperature effects on office work" In: Clements-Croome, D. (ed.) *Creating the Productive Workplace*, 2nd ed., 181-192. London: Taylor & Francis.
- [2] Wyon, D.P. and P. Wargocki. 2006b. "Indoor air quality effects on office work" In: Clements-Croome, D. (ed.) *Creating the Productive Workplace*, 2nd ed., 193-205. London: Taylor & Francis.
- [3] Anderson J., Boerstra A., Clements-Croome D., Fitzner K., Hanssen S.O. 2006. Indoor climate and productivity in offices (Wargocki P. and Seppänen O. eds). REHVA Guidebook no.6 Brussels: REHVA
- [4] G. Smedje, D. Norback, C. Edling, Mental performance by secondary school pupils in relation to the quality of indoor air, in: *Indoor Air'96, Proceedings of the 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, 1996; 1:413-9.
- [5] Zs. Bakó-Biró, D.J. Clements-Croome, N. Kochhar, H.B. Awbi, M.J. Williams, Ventilation rates in schools and pupils' performance *Building and Environment* 48 (2011) 1-9
- [6] Boerstra A, van Dijken Froukje. Indoor environment and energy efficiency of schools. *REHVA Journal* 2010;47(5):34-8.
- [7] D.G. Shendell, R. Prill, W.J. Fisk, M.G. Apte, D. Blake, D. Faulkner, Associations between classroom CO₂ concentrations and student attendance in Washington and Idaho, *Indoor Air* 4 (5) (2004) 333–341.
- [8] M.J. Mendell, G.A. Heath, Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature, *Indoor Air* 5 (1) (2005) 27–52.
- [9] M. Griffiths, M. Eftekhari, Control of CO₂ in a naturally ventilated classroom, *Energy and Buildings* 0 (4) (2008) 556–560.
- [10] Păcurar C., Retezan A.– Study of environmental comfort in education building based on the determination of subject and object , ICEE – Ed. XXI – IASI 7-8.07.2011, pg. 79-88
- [11] Păcurar C. , Retezan A.– Comparison of the perceptions of ambiental comfort sensation in an amphitheater during the summer and winter time; 7th International Symposium KOD 2012 Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering Balatonfüred, Hungary 24th May – 6th May 2012
- [12] *** EN 13779 - Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems
- [13] R.D. Pepler, R.E. Werner, Temperature and learning: an experimental study, *ASHREA Transactions* 42 (1968) 211–219.
- [14] *** ASHRAE 55 Standard, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, Third Public Review, 2003, Atlanta, American Society of Heating, Refrigerating, and Airconditioning Engineers, Inc., USA.
- [15] *** ISO EN 7730 2005. Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort". International Standards Organisation. Geneva

Siguranța structurilor ușoare la acțiunea vânturilor severe și a exploziilor în aer

The safety of light structures subjected to severe winds and explosions in air

Ludovic Kopenetz¹, Alexandru Cătărig²

¹Universitatea Tehnică

Str. C. Daicoviciu, nr.15, Cluj-Napoca, România

E-mail: ludovic.kopenetz@mecon.utcluj.ro

²Universitatea Tehnică

Str. C. Daicoviciu, nr.15, Cluj-Napoca, România

E-mail: alex.catarig@mecon.utcluj.ro

Rezumat. Datorită flexibilității lor, modul de comportare a structurilor ușoare la acțiunea vânturilor severe și a exploziilor în aer, diferă substanțial de comportamentul structurilor masive. De aceea, lucrarea urmărește prezentarea cunoștințelor de bază privind metodologia de analiză structurală necesară alcătuirii și realizării unor structuri ușoare cu comportament robust și siguranță adecvată la acțiuni extreme, neașteptate. Prin prisma acestor aspecte, studiul siguranței structurilor ușoare, corelat cu concepte de alcătuire specială pentru asigurarea integrității lor, are o importanță deosebită.

Cuvinte cheie: structure ușoare, vânturi severe, explozii în aer

Abstract. Based on their flexibility, the light structures subjected to severe breaking winds and explosions in air, behave substantially different to masive structures. From this reason, the goal of this paper is to present a state of art regarding the methodology of structural analysis necessary to create light structures with robust behaviour and adequate strength to extreme, unexpected actions. From this point of view, the study of the light structures safety, corelated with principles of special design to ensure their integrity, proved to be of very special importance.

Key words: light structures, breaking winds, explosions in air

1. Introducere

Noțiunea de structură ușoară înseamnă un sistem constructiv obinut prin asamblarea înghegată a unor segmente, părți, obiecte într-un tot unitar logic întreg, utilizând o cantitate redusă de material pentru transferul unității de lucru mecanic. Structurile ușoare fac parte din categoria structurilor flexibile având ca și caracteristică comună forme de apariție apropiate de optimul structural.

În ultimii ani aceste tipuri de construcții s-au extins pe plan mondial datorită avantajelor constructive și a economicității lor. Ele se remarcă prin greutate proprie mică și consumuri reduse de materiale.

Exemple în acest sens sunt numeroase, de la cu structurile portante cu cabluri și membrane tensionate mecanic sau pneumatic până la structurile realizate din bare cu pereți subțiri din oțel sau beton armat precomprimat din clasa structurilor Pantadome.

Materialele folosite pentru realizarea acestor structuri sunt: lemnul, oțelul, cablurile din oțel, betonul armat precomprimat și membranele din materiale plastice sub formă de folii.

Foliile membranelor pot fi realizate din materiale izotrope (oțel, aluminiu, poliesteri, polietilenă etc.) și din materiale anizotrope (table metalice ondulate sau cutate sau materiale izotrope armate cu fibre organice, minerale, sintetice etc.).

Dintre acțiunile accidentale cu caracter dinamic care afectează aceste structuri se pot menționa: efectul dinamic al vântului, efectul undei de șoc a exploziilor în aer și efectul dinamic al șocului seismic.

Șocul seismic se manifestă ca o acțiune dinamică considerabilă numai când structura este încărcată cu zapadă. În aceste circumstanțe, luând în considerare diverse coduri de proiectare naționale și internaționale, răspunsul dinamic principal apare din acțiunea vântului și din acțiunea undei de șoc a exploziilor în aer.

Răspunsul structurilor ușoare la acțiunea vânturilor severe și a exploziilor în aer apare cu particularități deosebite din următoarele cauze:

- caracterul acțiunilor dinamice, în general, și a vântului, în special, nu este complet cunoscut, în sensul că ele nu sunt încărcări dinamice prescrise, adică pot fi definite corect numai din punct de vedere statistic, ca și acțiuni dinamice aleatoare,
- lacunele cunoștințelor actuale sunt acoperite cu coeficienți de siguranță mai mari sau mai mici, discutabili economic și tehnic.

O structură ușoară trebuie să satisfacă următoarele criterii generale: să fie sigură constructiv, să fie durabilă, să răspundă la funcțiunea proiectată.

Peste aceste condiții clasice de bază se suprapun mai nou cerințele de robustețe structurală, caracterizate prin evitarea colapsului în lanț sau progresiv și păstrarea integrității structurale.

Colapsul în lanț sau progresiv poate să apară din anumite cedări structurale locale sau globale, din acțiunea vânturilor severe sau din acțiunea efectului undei de șoc a exploziilor, din accidente sau din atacuri teroriste.

2. Acțiunea vântului

În majoritatea codurilor, acțiunea vântului se consideră numai pentru construcții uzuale, precizând că pentru cele ne uzuale este necesar să se facă studii speciale de ingineria vântului.

Se știe că la stațiile meteo viteza vântului se măsoară cu girueta prevăzută cu placă, citind două valori: viteza mediată pe două minute și viteza maximă instantanee (viteza rafalei).

În condițiile Câmpiei Române viteza mediată se acceptă ca fiind cuprinsă între 25 și 35 m/s.

Considerând o distribuție normală tip Gauss, vitezei de 35 m/s îi corespunde o asigurare de cca. 2%, iar la cea de 25 m/s apare o asigurare de 30 %. Pentru viteza

maximă necesară, în calcule se poate lua valoarea vitezei mediate cu o amplificare de 1,5-1,8 (considerand o relatie liniara între viteze), [1], [2], [3].

În ceea ce privește rafalele, statistic s-a observat că pentru viteze mediate de peste 15 m/s perioada rafalelor este între 1,0 și 2,0 secunde.

Pentru vânturi severe se va considera caracterul real al vântului, adică o curgere turbulentă, în locul curgerii laminare. În acest fel, la acțiunea rafalelor apare fenomenul de zguduire (zdruncinătură) sau “buffeting”, după cercetarile Profesorului R.H. Scanlan (USA).

Acțiunea vântului asupra structurilor ușoare trebuie considerată atât sub aspectul ei static cât și sub cel dinamic.

3. Comportarea structurilor ușoare existente la vânturi severe și explozii în aer

Starea unei structuri portante ușoare realizate depinde atât de gradul de vulnerabilitate cât și de gradul de degradare a structurii existente in situ. Gradul de vulnerabilitate la acțiunea vântului depinde de modul de alcătuire utilizat pentru structură și de concepția implementată pentru disiparea energiei indusă în structură, de vânt și explozii în aer. Gradul de degradare depinde de natura și frecvența de localizare a avariilor fizice în ansamblul construcției, [4], [5].

În domeniul structurilor ușoare cele mai multe accidente apar, în general, după furtuni puternice. Recordul de avarii s-a constatat în Germania, după o furtună cu vânt sever produsă în 13 noiembrie 1972, când au fost avariate grav cca.150 de construcții ușoare. În România, un accident de acest gen s-a produs la clădirea de adăpostire a vestigiilor traco-dacice de pe vârful dealului Cătălina de lângă Cotnari, județul Iași.

O categorie de avarii la structuri ușoare, din acțiunea vânturilor severe și a exploziilor în aer, o reprezintă și deteriorările provocate de corpurile străine luate de curent și izbite de structură. Astfel de efecte se cunosc la tornade, care se manifestă printr-o mișcare de rotație extrem de puternică.

Mecanismele de cedare, rupere, a legăturilor pot fi fragile, adică să se producă brusc, fără deformații plastice, și ductile. Geometria cedărilor reprezentată prin fisuri, crăpături, este direct proporțională cu starea de eforturi existentă în zona avariata.

4. Simularea comportării structurilor ușoare la vânturi severe și explozii în aer

Răspunsul static și dinamic al structurilor ușoare, din acțiunea vântului, prezintă o multitudine de aspecte particulare, pe de o parte, datorită caracterului aleator al acțiunii vântului și, pe de altă parte, datorită proprietăților aerodinamice ale structurii, precum și a interacțiunii care apare între vânt și structură, [6], [7].

Această interacțiune este specifică fiecărui tip de construcție ușoară în parte. La ora actuală simularea comportării la vânt a acestor structui, adică evaluarea răspunsului dinamic, se face după următoarele metode:

a. Metode care operează cu forțe dinamice evaluate experimental folosind coeficienții aerodinamici ai structurii.

- b. Metode care se bazează pe teoria dinamicii fluidelor.
- c. Metode probabilistice, adică nedeterministe.

4.1. Simularea comportării structurilor ușoare la vânt folosind coeficienții aerodinamici

Metoda are la bază echivalarea acțiunii vântului cu forțe dinamice oarecare.

Determinarea coeficienților aerodinamici, în cazul structurilor ușoare, pentru care nu există similitudini în literatura de specialitate, se face în tunele aerodinamice. Modelul pentru studiu în tunel aerodinamic se recomandă a fi de tip flexibil, utilizând criteriile de similitudine elastică și aerodinamică.

În cadrul similitudinii elastice, utilizarea modelului elastic impune folosirea criteriului de similitudine Hooke.

În privința similitudinii aerodinamice, experimental s-au găsit variații mici ale coeficienților aerodinamici în funcție de numărul lui Reynolds, astfel încât la probleme practice se poate trece peste cerința respectării aceluiași număr Reynolds, fără a compromite rezultatele.

Vânturile severe se vor simula în tunele aerodinamice utilizând curenți de aer în regim pulsatoriu. Având coeficienții aerodinamici (care exprimă raportul dintre presiunea măsurată în fiecare punct și presiunea dinamică a curentului) și presiunea dinamică a curentului, înregistrată în funcție de timp, se pot calcula pentru fiecare interval de timp mărimile forțelor dinamice corespunzătoare.

Pentru simularea conceptuală se poate considera vântul ca și o încărcare de tip impuls .

Esențială este în aceste cazuri stabilirea corectă a duratei impulsului. Durata impulsului fiind în general foarte mică, răspunsul maxim al structurii apare la un interval de timp comparabil cu această durată și, în consecință, se poate neglija influența amortizării asupra răspunsului maxim al structurii.

Mărimea răspunsului dinamic care rezultă în urma acțiunii încărcării de tip impuls depinde de raportul dintre durata încărcării și perioada proprie de vibrație a structurii. La structuri ușoare, din analiza rezultatelor simulării pentru mai multe cazuri, se constată că răspunsul maxim apare în faza de pe durata încărcării și foarte rar în faza următoare, adică în faza vibrației libere.

Pentru inginerul de structură este de mare interes cunoașterea răspunsului maxim și nu are importanță cunoașterea istoriei complete a răspunsului. În acest sens se pot utiliza spectre de răspuns, adică reprezentarea factorului de amplificare dinamică (DAF) în funcție de raportul dintre durata impulsului și perioada proprie de vibrație a structurii.

Având spectrul de răspuns se poate anticipa efectul maxim de așteptat, produs de un vânt sever simulat sub forma unui impuls dreptunghiular, triunghiular sau semisinus.

În vederea aplicării acestui concept la structurile ușoare complexe, este necesară echivalarea structurii reale cu o structură simplă (SGLD), iar forța dinamică

din vânt, simulat cu diverse tipuri de impuls, se va considera ca o acțiune constantă pe intervalele de timp luate pentru discretizare.

Durata de timp a rafalelor se va lua egală cu durata medie a rafalelor din zonă, iar mărimile lor se obțin ca produse între coeficientul aerodinamic maxim sau minim a structurii cu un grad de libertate dinamic și presiunea dinamică considerată pentru vântul sever.

Pentru simularea digitală a comportării structurilor ușoare la vânturi severe și explozii în aer se poate utiliza programul de calcul SUM_01. Acest program permite pe lângă abordarea structurilor ușoare alcătuite din bare și pe cea a structurilor în alcătuirea cărora intervin membrane flexibile cuplate cu caburi, [8].

4.2. Evaluarea comportării structurii ușoare din efectele de interacțiune cu vânt și explozii în aer, pe baza dinamicii fluidelor

Formularea interacțiunii structură ușoar-vânt, în esență constă în cuplarea ecuațiilor diferențiale ale mișcării fluidelor vâscoase cu ecuațiile dinamicii neliniare. Se consideră curgerea fluidului incompresibil, datorită faptului că modificarea relativă a densității aerului este foarte mică. Dacă prin utilizarea metodei elementelor finite, în privința discretizării și a alegerii tipului de element finit, nu sunt deosebiri esențiale față de varianta clasică a formulării neliniare (Newton-Raphson), diferențele apar în zona formulării ecuațiilor de mișcare.

Pentru fluidul (aerul) în mișcare se acceptă o reprezentare Euleriană (caz în care elemental finit ales va fi considerat fixat în spațiu), iar pentru structura ușoară se acceptă ecuațiile de mișcare în varianta Lagrangeană (situație în care elementul finit se află în mișcare și deformare). Pentru vecinătatea imediată a structurii, unde mișcarea aproape irotațională se transformă în mișcare puternic rotațională, se adoptă o formulare mixtă Euleriană și Lagrangeană.

Prin aproximarea separată a necunoscutelor (viteze și presiuni), forma globală a ecuației lui Navier-Stokes și a condiției de continuitate pentru cazul fluidelor vâscoase incompresibile se obține în funcție de vectorul accelerațiilor nodale locale, matricea de convecție, presiuni, vâscozitate, iar pentru structura ușoară ecuația mișcării se scrie sub forma clasică Newton-Raphson.

4.3. Modelarea stochastică a vântului sever și a exploziilor în aer

Este cunoscut faptul că acțiunea vântului și a exploziilor în aer asupra unei structuri ușoare, pe un amplasament oarecare, având un caracter aleator, o modelare stochastică pare a fi cea mai potrivită.

Numărul datelor asupra mișcării vântului și a exploziilor în aer are un caracter limitat, ca atare nu se poate utiliza direct analiza statistică.

Având în vedere aceste incertitudini, vânturile severe și exploziile în aer pot fi considerate ca fiind suprapunerea unor impulsuri aleatoare de scurtă durată, care sosesc întâmplător în timp.

În acest context pe durata celor mai frecvente vânturi severe se poate lua în considerare modelarea acestei faze cu un proces de zgomot alb de durată limitată. În scopuri analitice se pot genera funcții eșantion, care să aproximeze zgomotul alb.

Pentru faza de concepție-proiectare a structurilor portante ușoare, luând în considerare neliniaritatea sistemului, răspunsul stochastic se realizează fără utilizarea principiului superpoziției sau a suprapunerii. În acest caz se recomandă generarea unor acțiuni din vânturi severe, utilizând metode de tip Monte Carlo.

Analiza răspunsului dinamic din acțiuni aleatoare se face de regulă în domeniul frecvenței folosind metoda denumită în literatura de specialitate analiza armonică sau analiza Fourier. Metoda se bazează pe folosirea transformatei Fourier discrete, adică pe discretizarea domeniului frecvenței într-un număr de porțiuni (N puncte).

Pentru fiecare interval se face precizarea valorii funcției de timp $f(n)$, respectiv valorile spectrale ale transformatei Fourier $F(k)$ pentru frecvență $k \cdot \Delta f$. Dintre algoritmii de calcul se recomandă utilizarea transformatei Fourier rapide FFT (Fast Fourier Transformation), pe baza criteriilor de precizie și a vitezei de procesare.

5. Siguranța comportării structurilor ușoare din acțiunea vânturilor severe și a exploziilor în aer prin prisma conceptelor și a codurilor de proiectare

În vederea controlului comportării structurilor ușoare din acțiunea vânturilor severe și explozii în aer se face o analiză a răspunsului dinamic corelată cu considerarea unor măsuri de alcatuire complexe privind alegerea geometriei (forme), fracționarea energetică a structurii și creșterea amortizării vibrațiilor [9], [10].

5.1. Alegerea geometriei structurii ușoare

Se știe că în cazul structurilor ușoare forma sau geometria inițială reprezintă cheia pentru a obține o construcție stabilă și sigură pe întreaga durată de exploatare. În cazul acestor structuri apare o situație inedită față de structurile clasice, în sensul că aici *forma este structura și structura este forma*. Relația formă-structură apare într-o condiționare reciprocă acum, adică structura portantă nu se poate considera separat ci în contextul forme.

Dată fiind flexibilitatea mare a acestor structuri se recomandă ca geometria inițială să respecte principiul natural al minimului. În acest context se va căuta ca forma structurilor ușoare să se apropie de forma suprafețelor cu arie minimă, a căror rezolvare analitică este posibilă numai pentru anumite forme de contur. Suprafețele de arie minimă sunt acele suprafețe care, dintre toate suprafețele care trec printr-o curbă strambă, au cea mai mică arie.

În cazul unor forme incorecte sunt posibile deplasări mari greu controlabile chiar și în situația introducerii unor tensionări suplimentare (adică suntem în prezența unui mecanism), sau pot să apară deplasări finite importante datorită deformabilității structurii.

5.2. Fraționarea energetică a structurii ușoare

Pentru îmbunătățirea caracteristicilor dinamice se recomandă realizarea structurilor ușoare sub forma autoamortizoare, adică fraționarea energetică a structurii cu posibilitatea de transfer de energie de la un element structural (strat-corp) la altul.

Adoptarea acestei soluții are ca urmare diferențierea frecvențelor de vibrație. Astfel, structurile ușoare alcătuite multistrat sau multicorp au comportare dinamică mult îmbunătățită față de structurile monostrat sau monocorp.

O măsură simplă și ușor de aplicat o reprezintă realizarea dezacordului frecvențelor prin modificarea forței de pretensionare.

5.3. Amortizarea vibrațiilor

La structurile ușoare amortizarea dată de materialul structural aproape nu există pentru că tensiunile rămân practic neschimbate în timpul oscilației.

Mărirea amortizării se poate realiza cu o anumită eficiență utilizând amortizori punctiformi.

În ceea ce privește cuantificarea amortizării se poate remarca faptul că acest aspect este, în general, greu de mânuit chiar și pentru structurile simple.

Se cunoaște faptul că prin amortizare disipându-se energie, amplitudinile oscilațiilor libere se micșorează. Sunt foarte multe cazuri în care apare așa numita amortizare negativă, când în urma oscilației se produce o creștere a energiei (fluturare).

Amplitudinile mari ale oscilațiilor la structuri ușoare se pot explica fizic numai prin excitația parametrică, adică prin apariția unei perturbații asupra unui parametru care influențează frecvența proprie.

Amortizarea structurală și amortizarea aerodinamică fiind neglijabile în cazul acestor structuri, apare necesitatea prevederii unor amortizoare.

Amortizoarele utilizate în prezent sunt antivibratoare sau absorbitoare de vibrații hidraulice. Amortizoarele de tip antivibrator apar sub forma unor mase legate elastic de structură, având vibrații în contrafaz cu vibrațiile structurii, micșorând astfel amplitudinile vibrațiilor structurii. Se recomandă folosirea antivibratoarelor cu amortizare hidraulică sau prin frecare, fiindcă antivibratoarele fără amortizare schimbă frecvența proprie, dar amortizarea nu. Amortizoarele hidraulice necesită un punct fix de care sunt legate, în afara legăturii cu structura. Valorile coeficienților de amortizare se aleg prin încercări experimentale sau prin încercări numerice.

Un exemplu remarcabil pentru astfel de amortizoare apare la Hala olimpică de natație și judo din Tokio. În acest caz pentru acoperișul ușor având dimensiunile în plan de 120×214 mp, în vederea amortizării vibrațiilor produse de vânturi severe s-au montat, în zona acoperișului, 12 amortizoare cu ulei, având o construcție specială prin care se realizează un coeficient de amortizare de 28 kN/cm/s .

În afară de aceste amortizoare se utilizează și sisteme automate de creare a unor sucțiuni interioare prin pornirea unor ventilatoare puternice, atunci când amplitudinile depășesc anumite valori prestabilite.

Astfel de amortizoare automate au fost aplicate și la noi în țară, la Bacău, pentru stabilizarea acoperișului suspendat al bazinului olimpic de înot. Instalația automată denumită *REF* are, în acest caz, 6 ventilatoare silențioase, comandate automat.

6. Probleme de monitorizare a comportării în situ a structurilor ușoare existente, acționate de vânturi severe și explozii în aer

Monitorizarea comportării în situ a structurilor ușoare existente, proiectate după coduri care nu specificau măsuri privind preluarea unor încărcări din vânturi severe și unde costurile pentru reabilitarea structurală ar fi deosebit de mari, apare ca o necesitate importantă, [11], [12], [13].

Prin monitorizare se propune compensarea deficiențelor teoretice și metodologice privind robustețea implementată la structurile ușoare complexe atât în privința unor degradări locale cât și în ceea ce privește propagarea acestora la nivel global.

Monitorizarea comportării în situ se recomandă și pentru structurile ușoare noi cu dimensiuni mari în plan și elevație cu scopul de a compara valorile de răspuns structural, din acțiuni curente și severe înregistrate, cu valorile de răspuns efectiv considerate la faza de proiectare.

Conceptul de monitorizare diferă fundamental față de conceptele de urmărire curentă și specială prevazute în codul național P133-99 și în coduri asemănătoare existente internațional.

Monitorizarea comportării în situ trebuie să fie capabilă să surprindă, cu costuri acceptabile, următoarele aspecte:

- nivelul încărcărilor din vânt și din explozii în aer,
- existența și apariția unor discontinuități structurale (goluri, crăpături, fisuri, rosturi deschise sau partial deschise, ruperi și chiar avarii la rosturile constructive, care în anumite condiții de propagare catastrofică a discontinuității pot conduce la cedare sau colaps structural).

Aici se face observația că viteza de propagare a fisurilor este în funcție de tipul de material structural, de defectele interne existente (microfisuri, neomogenități, incluziuni de diverse materiale etc.) și de existența microdefectelor (fracturi, goluri, rosturi etc.).

Parametrii comportării dinamice, care se monitorizează, sunt deplasări, viteze, accelerații și variația în timp a deformațiilor specifice. În timpul monitorizării, pe lângă urmărirea modificării amplitudinilor acestor mărimi, se urmărește și frecvența precum și defazajul acestora.

Alegerea modelului, a mărimilor ce se monitorizează, precum și interpretarea rezultatelor constituie fazele cele mai grele ale unei monitorizări structurale.

Metodele de monitorizare a comportării în situ recomandate pentru structuri ușoare sunt:

- Pentru deformații specifice se poate utiliza metoda lacurilor casante, metoda acoperirilor fotoelastice și tensometria (electrică, mecanică, cu coarda vibrantă).

- Pentru monitorizarea geometriei în general și a coordonatelor primare cea mai indicată este utilizarea fotogrametriei (fotосcanere, camere CCD).

7. Concluzii

- Aspectele semnalate în lucrare permit controlul răspunsului structural și asigurarea stabilității structurilor ușoare acționate de vânturi severe și explozii în aer. Sunt prezentate concepte de alcătuire și de alegere a geometriei structurii, în vederea obținerii unei fracționări energetice corespunzătoare.

- În cazul structurilor existente nivelul robusteții structurale se poate stabili numai pe baza analizei unor scenarii de avarii și luând în considerare vulnerabilitatea și gradul de degradare ale acestora.

- Dacă se constată deficiențe majore pentru structurile ușoare mari existente, a căror eliminare presupune costuri exagerate și suspendarea funcționării construcției, se recomandă introducerea monitorizării permanente sau periodice.

- Problemele tratate ajută la fundamentarea codurilor de proiectare, în curs de elaborare, privind asigurarea comportării sigure în situ a structurilor ușoare supuse unor acțiuni extreme, neașteptate.

Referințe

- [1] D. Ghiocel, D. Lungu, „Wind, Snow and Temperature Effects on Structures, Based on Probability”, Abacus Press, Tunbridge Wells, Kent, U.K., 1985.
- [2] E. Simiu, R.H. Scanlan, „Wind Effects on Structures”, John Wiley & Sons, 1986.
- [3] E. Allen, J. Iano, „Fundamentals of Building Constructions – materials and methods”, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2006.
- [4] M. Bechthold, „Innovative Surface Structures: Technologies and Applications”, Taylor & Francis, Abington, Oxon, New York, 2008.
- [5] A. Deplazes, „Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures”, Birkhauser, Basel, 2005.
- [6] A. Zannos, „Form and Structure in Architecture: The Role of Statical Function”, Van Nostrand Reinhold Book, New York, 1987.
- [7] E. Torroja, „Philosophy of Structures”, University of California Press, Los Angeles, 1967.
- [8] L. Kopenetz, Al. Cătărig, „Teoria structurilor ușoare cu cabluri și membrane”, Editura UT PRES, Cluj-Napoca, 2006.
- [9] Al. Cătărig, L. Kopenetz, „Time surveyance and in situ testing by Dynamic Methods of Steel Structures”, A VI-a Conferință de Construcții metalice, Vol.3, Timișoara, pg.259-266, 1991.
- [10] L.T. Lee, J.D. Collins, „Engineering Risk Management for Structures”. Journal of the Structural Division, ASCE 103, No.ST9, pg.1739-1756, 1977.
- [11] D.O. Dusenberry, „Practical Means for Collapse Prevention”, NISTIR7396 Best Practices for Reducing the Potential for Progressive Collapse in Buildings, U.S. Department of Commerce, Washington D.C., 2006.
- [12] J. Feld, K. Carper, „Construction Failure”, 2nd Ed., John Wiley & Sons, New York, NY, 1997.
- [13] D. Kaminetzky, „Design and Construction Failures”, McGraw-Hill Inc., New York, NY, 1991.

Influence of the building envelope permeability upon the annual heating load

Influența permeabilității la aer a anvelopei clădirii asupra sarcinii anuale de încălzire

Vlad Iordache¹⁾, Andrei Damian¹⁾

¹⁾ Research Center CAMBI, Technical University of Civil Engineering of Bucharest
Bd. Pache Protopopescu nr.66, sector 2, București, Romania
Email: vlad.iordache@cambi.ro, adamian7@yahoo.com

Rezumat. *Prezentul articol urmărește evidențierea permeabilității anvelopei unei clădiri individuale asupra necesarului de energie pentru încălzire, utilizând metodologia de calcul Mc-001/1,2,3-2006. Clădirea este de tip "casă individuală" din mediul rural, neadăpostită de vânt, și având o permeabilitate medie a anvelopei exterioare. Acest grad de etanșeitate la aer a fost verificat prin efectuarea unor teste de permeabilitate cu un echipament dedicat acestui scop. Rezultatul obținut experimental, în termen de număr de schimburi de aer prin infiltrații, n_a , a confirmat cu succes ipoteza de permeabilitate medie, iar eroarea ce apare între necesarul anual de energie pentru încălzire între n_a calculat și n_a măsurat a fost de 3,2%.*

Cuvinte cheie: rata de infiltrații, măsurări experimentale, consumuri de energie

Abstract. *In this paper is outlined the influence of the building envelope permeability on the energy heating load, by using the Romanian Methodology for Building Performance, Mc001/1,2,3-2006. The analyzed building is an individual house, located in a rural area, classed within the "no sheltered to wind" category and supposed to have a medium permeability to outside air infiltrations. This air-tightness class was confirmed by performing a building permeability test under different air pressure differences. It resulted from these experiments a global airchange rate of $0,72 \text{ h}^{-1}$, very close to the estimated value of $0,8 \text{ h}^{-1}$. The calculated annual heating load was found to be also very close for the cases: " n_a measured" and " n_a estimated for medium air permeability", the relative error being as small as 3,2%.*

Key words: infiltration rate, experimental measurements, energy consumption calculation

1. Introduction

The energy efficiency is one of the most significant research field due to its implications upon CO₂ emissions and to the augmenting energy price. Residential and office buildings represent one of the most high energy consumer sectors [1] and therefore the research is carried out in the building energy consumption field. Different calculation national [2], [3] and international [4] norms were elaborated for the energy consumption calculation for the building heating and warm water preparation. The heating energy consumption is calculated as an integrated heating loss over the entire

heating season; the heat loss is composed of transmission and infiltration losses. For an existing building the heat consumption calculation is based on the estimation the thermal characteristics of the building. This estimation is not always an accurate one, and therefore it may lead to significant errors in heating consumption estimation.

The influence of the air change rate upon the building energy consumption may overpass 50% [5]. The national and european norm do not present a methodology in order to estimate the air change rate, and leave the energy auditor to visually estimate its value based on his own experience. Thus, considering the high influence of the air change rate, the lack of accuracy of this air change rate estimation will propagate and result into wrong estimation of the energy consumption and to misleading building clasification.

In the literature we find that the air infiltration rate can be estimates much faster, with inexpensive devices and with exceptional accuracy [6] compared with classic experimental measurement protocol [7]. The experimental measurement protocol for air infiltration rate was also refined for large apartment buildings [8], overcoming a difficulty that limited for many years this type of measurement.

Thus, due to todays research advancement, the experimental estimation of the building facade permeability may become a competitive alternative for the precarious method proposed by the curent national and european methodologies for building energy consumprion estimation. In this research we want to evaluate the impact of the accurate experimental estimation of air change rate upon the building energy consumption.

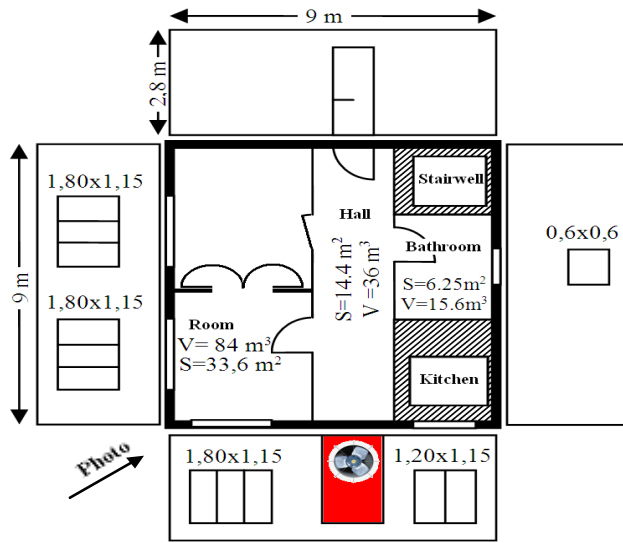
The methodology for energy certification proposes the energy commissioner a table to chose the air infiltration rate accordint to different characteristics of the building, among which the building permeability which is estimated visually from three types (high permeability, medium permeability and low permeability). In this study we will compare the energy consumption for a real building for the three different values of the infiltration rate proposed by the calculation methodology. Further, we will compare all these results with the energy consumption calculated based on experimental estimation of building air permeability for the same building.

The paper presents the analised building and the experimental measurements of the air infiltration rate, the energy calculation model and the results and comparaision between the different simulations.

2. Experimental measurements of the infiltration rate

We chose for this experiment an individual dwelling (Figure 1) that presents the benefit of a large applicability and also is adapted for a permeability measurement system due to its small size. This house (basement, ground level, first level and attic) has a ground surface of approximately 80m², common dimensions for a Romanian individual dwelling. The ground level is made of masonry while the first level is made of wood. Our study was limited just on the ground floor because of the similarities of a common appartment energy certification. We carried out experimental measurements of the airtightness for the ground floor apartment and also all each individual room from the ground floor.

Influence of the building envelope permeability upon the annual heating load



a. Plan of the house

b. Picture of the house

Figure 1: Plans of the studied house, ground floor and façades [7]

The air tightness experimental device [9] which is a “Blower Door” consists in the following equipment and measurement devices: false door, radial fan with variable speed, variable voltage device, dual differential micro manometer, computer and „Tectite” software (Figure 2). The pressurization method was used in order to determine the two parameters C and n of the permeability law [10].



Figure 2: Picture illustrating the measurement device during the tests [7]

The permeability laws for each indoor space (Figure 3) were learned under the form of power law regression models for two cases (the unsealed facade– USF and sealed facade–SF). Further on, the permeability law of the façades (total airflow, Q_{Facade} , in m^3/h) were obtained by subtracting the permeability law for the analyzed space with the sealed façade Q_{SF} from the permeability law corresponding to the same

space with unsealed façade Q_{USF} , for all of the three spaces : room (R), bathroom (B) and hall (H):

$$Q_{Facade} = Q_{USF} - Q_{SF} \quad (m^3/h) \quad (1)$$

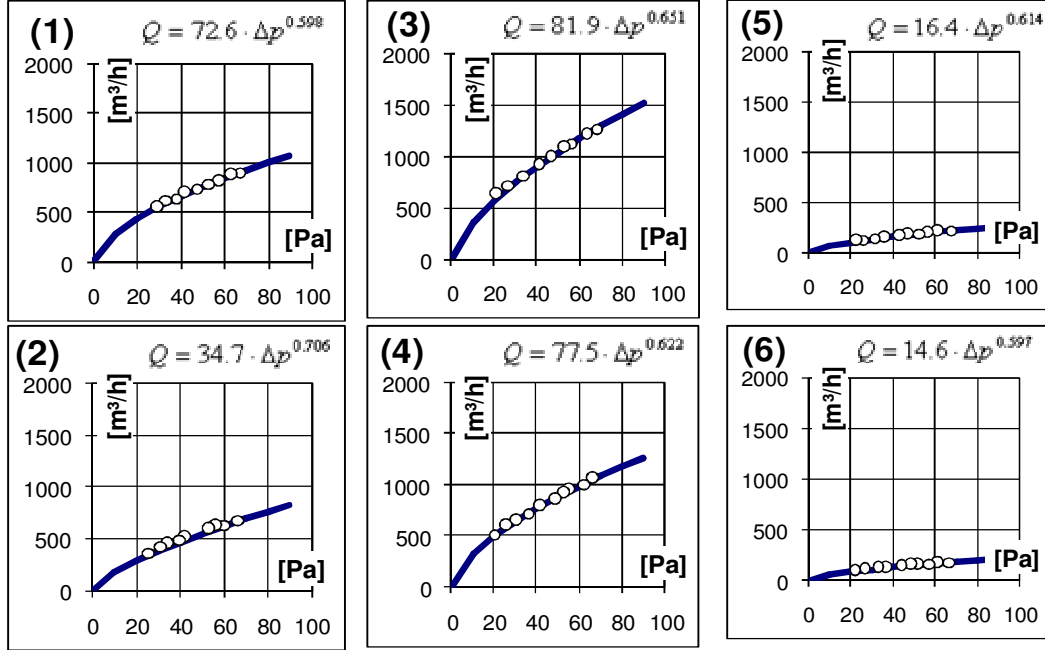


Figure 3. Permeability laws experimentally evaluated - (1) Room USF (2) Room SF (3) Hall USF (4) Hall SF (5) Bathroom USF (6) Bathroom SF [7]

The infiltration air change rate, n_a , was estimated as the ratio between the total infiltration air flow and the volume V (equation 1). The „ n_a ” was further determined by replacing each infiltration air flow $Q_{USF,SF}$ of the room, bathroom and hall with the corresponding formulas (Figure 3) for a pressure difference of 4 Pa. The final value of the infiltration air rate measured was $0,72 (h^{-1})$.

$$n_a = \frac{Q^R + Q^B + Q^H}{V} \quad (m^3/h) \quad (2)$$

and, taking into account the previous assumptions, it could be written as:

$$n_a = \frac{(Q_{USF}^R - Q_{SF}^R) + (Q_{USF}^B - Q_{SF}^B) + (Q_{USF}^H - Q_{SF}^H)}{V} \quad (m^3/h) \quad (3)$$

The error of this estimation of parameter „ n_a ” is about 5%, corresponding mainly to the error of the measurement device [11], [7], thus one can conclude that this Blower Door experimental stand is a high accuracy measurement device for such permeability measurements.

In this study we wish to determine the impact of visual estimation of this parameter „ n_a ” upon the heating energy consumption. Thus we will further analyse how this parameter estimation will influence the heating energy consumption by comparing the three possible values proposed by the Romanian Methodology of Energy Certification and Audit [3] with the measured value, presented above.

3. Prediction model for heat consumption

In order to evaluate the energy performance of buildings and their installations, Romania has developed since 2007 a methodology based on the National law 372/2005. This document is called "The methodology for the calculation of buildings performance" [3] and contains at present five parts:

- Part One, called "The building envelope",
- Part Two, called "Energy performance of building installations",
- Part Three, called "Energy Audit and Energy Performance Certificate of the building"
- Part Four, called "Calculation breviary of the energy performance for buildings and apartments", and,
- Part Five, called "Model of Energy Performance Certification for an apartment"

This methodology is designed to achieve three possible targets:

- Energy certification for new buildings, in order to obtain their Commissioning Agreement from the Local Authority,
- Energy certification for existing (built) apartments when they are part of a commercial transaction (buying-selling contract), and,
- Energy Performance Certification and then Energy Audit for an existing (built) building, in order to implement energy saving measures for this building, as could be thermal rehabilitation.

The energy performance certification of a building or apartment follows to assign it to an "energy class", which could be from A (best energy class), to G (worst energy class), passing through the intermediary classes: B, C, D and E. This assignment is a result of the total annual specific energy consumption of the building/apartment, q_{tot} , for five possible building services: heating (index "heat"), domestic hot water production (index "DHW"), lighting (index "light"), mechanical ventilation (index "MV") and air-conditioning (index "AC"). The term "specific" means that the total annual energy consumption, Q_{tot} (in kWh) is divided by the total heated surface of the building or apartment, S_{heated} (m^2):

$$q_{tot} = \frac{Q_{tot}}{S_{heated}} \text{ (kWh/m}^2\text{*year)} \quad (4)$$

where Q_{tot} is equal to the sum of the five possible total annual energy consumptions mentioned above:

$$Q_{tot} = Q_{heat} + Q_{DHW} + Q_{light} + Q_{MV} + Q_{AC} \text{ (kWh)} \quad (5)$$

It should be pointed out that an important number of buildings are not provided simultaneously with all five building services appearing as energy consumers within (5). In this case, the missing consumptions will vanish from this relationship.

Following that idea, we approach the case of one-family or multi-family individual houses, which are the subject of this paper. For these buildings, the building services always available are: the heating, the DHW production and the lighting, while

the mechanical ventilation and the air-conditioning are rarely implemented. Sometimes, the unique mechanical ventilation is made by extraction of the stale air from bathrooms and kitchens, by means of small extractions fans.

Even that some houses owners install individual AC devices, such as mono-SPLIT or multi-SPLIT systems, these equipments could not be considered as a proper AC system, with a known period of commissioning. Therefore, the term Q_{AC} from the relation (5) could not be evaluated and it will be suppressed from this calculation.

According to these observations, the relation (5) could be simplified when applying it to individual houses case, obtaining:

$$Q_{tot} = Q_{heat} + Q_{DHW} + Q_{light} \quad (\text{kWh}) \quad (6)$$

The annual primary energy consumption for heating, Q_{heat} (kWh), depends on the building annual heating load, Q_L (kWh) and also on the global energy efficiency of the heating system, $\eta_{global-heat}$ (-), which includes: energy losses at the final consumers level, energy losses along the thermal distribution network and energy losses at the thermal production source:

$$Q_{heat} = \frac{Q_L}{\eta_{global-heat}} \quad (\text{kWh}) \quad (7)$$

According to its physical meaning, the term $\eta_{global-heat}$ will be expressed by:

$$\eta_{global-heat} = \eta_{emiss-heat} * \eta_{distrib-heat} * \eta_{source-heat} \quad (-) \quad (8)$$

where:

- $\eta_{emiss-heat}$ energy efficiency of heat emission at the final consumers level (-),
- $\eta_{distrib-heat}$ energy efficiency of thermal distribution, from the heat production source to the final consumers (-), și
- $\eta_{source-heat}$ energy efficiency of the heat generation source (-)

The three efficiencies mentioned above depend uniquely on the heating system design, on its commissioning and on the heat generation source, while the term Q_L depends only on the building thermal insulation degree and on the building envelope permeability to outside air infiltrations, also known as "building airtightness".

According to the monthly method of the Romanian methodology of buildings performance, the annual building heating load, Q_L , could be determined as follows:

$$Q_L = H * \left(\sum_{k=1}^n (\theta_i - \theta_{e,k}) \right) * T \quad (\text{kWh}) \quad (9)$$

where:

- θ_i building indoor air temperature, as mean value for the heating period (°C);
- $\theta_{e,k}$ outside air temperature, equal to the mean value for the month "k" (°C);
- H building global heat loss coefficient (W/K), and
- T duration of the heating period (hours).

This relationship should be applied for building with continuous heating regime, as residential buildings, hospitals, kindergartens or hotels during winter season. The values for the monthly outside temperatures, $\theta_{e,k}$, could be picked up from the Romanian standard SR 4839/2007 [12].

The building global heat loss coefficient, H, is expressed by:

$$H = H_T + H_V \quad (\text{W/K}) \quad (10)$$

where :

H_T is the heat loss coefficient for transmission across the building envelope, which can be calculated according to the Part One of the methodology [3], and,

H_V is the heat loss coefficient for ventilation losses, which could be written as follows:

$$H_V = \rho_a * c_a * n_a * V \quad (\text{W/K}) \quad (11)$$

where:

ρ_a air density of the outside air entering the building by natural ventilation, in kg/m^3 ,

c_a thermal mass capacity of the ventilation air, in $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$,

V inside air volume of the whole building, in m^3 , and

n_a ventilation rate of the building with outside air, in h^{-1} .

The term n_a is calculated as the ratio between the ventilation airflow passing through the building, D_{vent} (m^3/h) and the inside building volume, V : $n_a = D_{\text{vent}}/V$.

Therefore, this ventilation rate depends directly on the ventilation airflow supplied to the building by a natural or a mechanical ventilation system. This airflow should be determined either by setting up an hygienic value according to the national regulation [13], or by calculating the infiltration airflow through the building envelope, as a result of building airtightness-for natural ventilation systems.

According to the Part One of the methodology for buildings performance [3], for residential buildings provided with only natural ventilation, such as individual houses, the ventilation airflow is dependent on the building sheltering class related to wind and on the building envelope airtightness, as presented in table 1.

Table 1

Definition of sheltering classes and air permeability rates for individual houses

Building category	Sheltering class	Building airtightness		
		Low	Medium	High
		Airflow rate by infiltration through building envelope (in h^{-1})		
Individual houses (multi-family buildings)	No sheltered (very tall buildings, buildings situated in open spaces with no neighbourhoods)	1,5	0,8	0,5
	Moderately sheltered (buildings situated inside the towns, buildings protected by trees)	1,1	0,6	0,5
	Sheltered (buildings situated within the towns center, buildings within the woods)	0,7	0,5	0,5

The building permeability to air infiltrations is merely due to the quality of the sealing for windows joinery, which represents the more exposed airway path from the building envelope. Therefore, in the same methodology-Part One, are defined three permeabilities classes according to the windows sealing system, more precisely:

- High air permeability (i.e. low airtightness), for buildings having old joinery without sealing gaskets;
- Medium air permeability (i.e. medium airtightness), for buildings with new joinery with usual sealing gaskets, and

- Low air permeability (i.e. high airtightness), for buildings with new joinery and tight sealing gaskets

The terms Q_{DHW} and Q_{light} the equation (6), meaning the primary annual energy consumption for DHW production, and the primary annual energy consumption for lighting purposes, could be calculated by the formulas presented within the Part Two of the Romanian calculation methodology for buildings energy performance [3]. These formulas will not be presented here because they are beyond the scope of this paper.

4. Comparison between experimental and estimated infiltration rates

As a result of our permeability tests performed on the house studied, described within the Chapter 2 of this paper, it appeared that the airflow rate obtained for the whole house was equal to $0,72 \text{ h}^{-1}$. According to the house location, we decided to assign it in the "No sheltered" class, as described within table 1.

The major problem for the building energy analysis is to evaluate the building airtightness. In our case, it was determined from experimental measures with the Blower Door, but, in most of practical cases, the energy auditor doesn't dispose of this equipment. Therefore, he would arbitrary choose a value of the airflow rate by infiltrations, n_a , deciding in what category should be classified the analysed building, according to table 1. The figure 4 illustrates the comparison between the annual specific heating loads, $Q_{L,spec}$ (in $\text{kWh/m}^2\text{year}$), calculated for the following case study: "No sheltered building", three possible airflow rates by infiltration according to the possible airtightness classes (High, Medium and Low), and a supplementary airflow rate, corresponding to the measured value: $n_{a,measured}=0,72 \text{ h}^{-1}$. The similar results could be seen also in table 2.

Table 2

Annual specific heating load, $Q_{L,spec}$ calculated for estimated and measured air infiltration rates

	Possible airtightness classes (n_a estimated)			Real case (n_a measured at 4 Pa pressure difference outside-inside)
	Low	Medium	High	
	Airflow rates by infiltration through building envelope (in h^{-1})			
	1,5	0,8	0,5	0,72
$Q_{L,spec}$ ($\text{kWh/m}^2 \text{ year}$)	317	248	219	240
Relative difference related to the "Medium" case (%)	27,8	0	-11,7	-3,2

Influence of the building envelope permeability upon the annual heating load

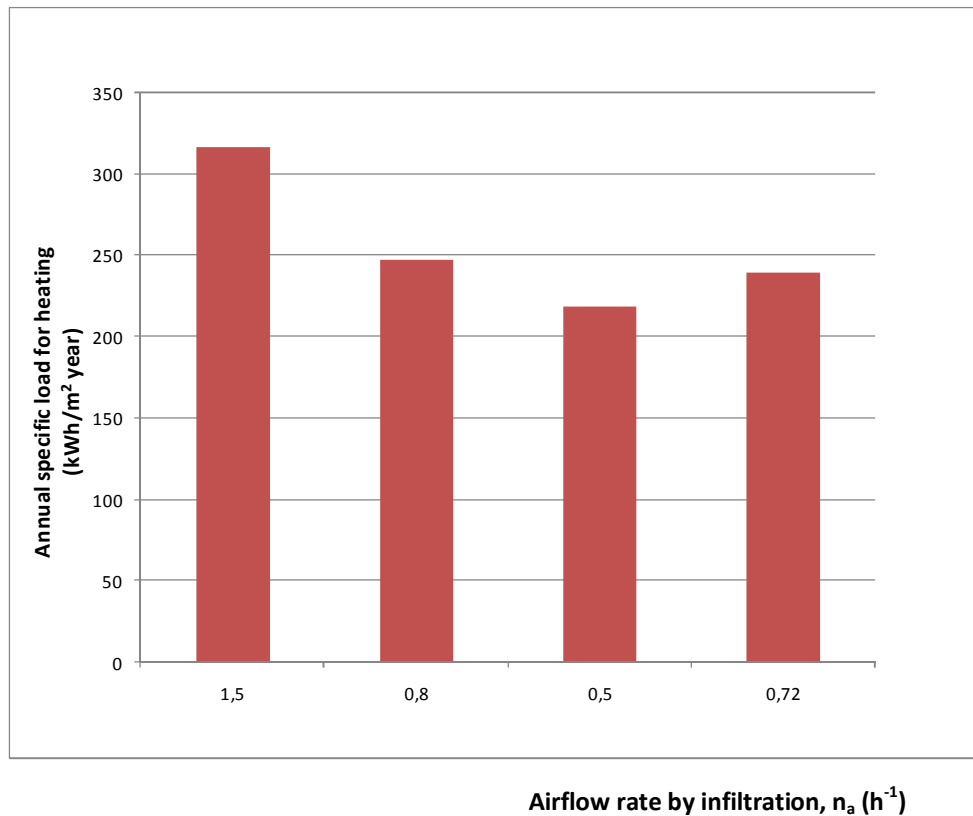


Figure 4: Comparison between annual specific loads for heating ($Q_{L,spec}$) for three possible airflow rates and the real airflow rate, determined by permeability tests

It can be noticed that, the measured " n_a " is very close to the "Medium airtightness" case, which suggests that the analysed building belongs to this airtightness class. This classification would be a difficult task for another building when lacking the possibility to perform permeability tests. According to this observation, the resulting annual specific load for heating, $Q_{L,spec}$, is very similar for the cases: " n_a measured" and " n_a estimated for medium air permeability" (e.g. 240 $kWh/m^2 \cdot year$ vs. 248 $kWh/m^2 \cdot year$).

5. Conclusions

The main conclusions resulting from this study are the following:

- 1) The experimental tests for building permeability are always the best way to determine the global airchange rate " n_a ";
- 2) The estimation of the " n_a " for people not trained in building systems would be a very difficult task;
- 3) The relative error between the annual specific energy needs for heating, calculated for the cases: " n_a measured" and " n_a estimated for medium air permeability" appeared to be smaller than 4%;

More work is required to evaluate the influence of the airchange rate, " n_a ", upon the annual building cooling load, as well as upon the global annual energy consumptions for heating and cooling purposes.

Acknowledgements

This work was supported by a grant of the Romanian National Authority for Scientific Research, CNCS – UEFISCDI, project number PN-II-RU-TE-2011-3-0209

References

- [1] http://www.need.org/needpdf/infobook_activities/IntInfo/ConsI.pdf
- [2] NP048:2000. "Normativ pentru expertizarea termică și energetică a clădirilor existente și a instalațiilor de încălzire și preparare a apei calde de consum aferente acestora"
- [3] MC001/1,2,3:2006- "Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor", Editura FastPrint București, 2007.
- [4] SR EN 13790:2009, "Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling", Romanian Organization for Standardization, www.asro.ro.
- [5] Iordache V, Iordache F. "Performanța energetică a clădirilor. Analiza factorilor determinanți. Energy performance of the building. Factors analysis". *Buletinul Stiintific*, an XLIX, nr 2, 2006, pp 66-75
- [6] Iordache V, Catalina T. "Acoustical approach for building air permeability estimation", *Building and Environment*, Volume 57, November 2012, Pages 18-27
- [7] Iordache V, Nastase I, Damian A, Colda I. "Average permeability measurements for an individual dwelling in Romania", *Building and Environment*, Volume 46, Issue 5, May 2011, Pages 1115-1124
- [8] Sherman MH, Chan R. "Building air tightness: research and practice". Berkeley CA 94720: Lawrence Berkeley National Laboratory; 2003.
- [9] Sfakianaki A, Pavlou M, Santamouris M, Livada I, Assimakopoulos M-N, Mantas P, et al. "Air tightness measurements of residential houses in Athens, Greece". *Building and Environment* 2008;43(4):398e405.
- [10] Jokisalo J, Kurnitski J, Korpi M, Kalamees T, Vinha J. "Building leakage, infiltration, and energy performance analyses for Finnish detached houses". *Building and Environment* 2009;44(2):377e87.
- [11] Sherman MH, Palmiter L. "Uncertainty in fan pressurization measurements. In: Airflow performance of envelopes, components and systems". Philadelphia: American Society for Testing and Materials; 1994. LBL-32115.
- [12] SR 4839-2007. "The method degree-days for the determination of annual heating consumptions". Romanian Organization for Standardization, www.asro.ro.
- [13] "Normative for the design, execution and operation of ventilation and air-conditioning installations - index I5-2010", Ed.Fast Print Bucharest, 2011.

Analiza modală operațională a unui pod oblic

Operational modal analysis of a skew bridge

Iulia Raluca Boldor¹, Gavril Kollo², Marius Nedelcu²

¹ Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Facultatea de Construcții
Str. Constantin Daicoviciu nr. 15, Cod 400020, Cluj-Napoca, România
E-mail: luca_boldor@yahoo.com

² Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Facultatea de Construcții
Str. Constantin Daicoviciu nr. 15, Cod 400020, Cluj-Napoca, România
E-mail: Gavril.Kollo@cfdp.utcluj.ro

Rezumat. *Un pod compozit oțel-beton, cu o singură deschidere de 24 m în localitatea Târlișua, județul Bistrița-Năsăud a fost dinamic testat pentru a-i determina proprietățile modale. Excitațiile au fost rezultate în urma trecerii unui număr de vehicule (analiza modală operațională). În cazul analizei modale operaționale, un accelerometru a fost așezat pe suprafața podului în două puncte de-a lungul grinzilor, accelerometrul a fost fixat cu ceară. Accelerațiile au fost măsurate în două locații din trecerea vehiculelor. Un model cu element finit al podului a fost realizat într-un program, luând în considerare oblicitatea podului, și toate elementele geometrice ale podului, fiind folosit pentru compararea rezultatelor experimentale.*

Cuvinte cheie: testare dinamică; excitație; accelerație

Abstract. *A steel - concrete composite bridge with a single span of 24 m in the town of Târlișua, Bistrița - Năsăud was dynamically tested to determine modal properties. For this the instruments are positioned on the structure in discrete locations to capture its structural response caused by an excitation source. The results are then analyzed using time domain signal or frequency domain signal processing. From the results are determined the modal parameters such as natural frequencies, form, manner and damping values*

Keywords: dynamic testing, excitation

1. Introducere

Testarea dinamică este folosită în multe ramuri ale ingineriei, inclusiv industria spațială, mecanică și ingineria civilă. [1]

În această scop, instrumentele sunt poziționate pe structură în diferite locații pentru a surprinde răspunsul structural al acesteia provocat de o sursă de excitație. Rezultatele sunt apoi analizate folosind semnal de domeniu de timp (time domain signal) sau transformarea semnalului în domeniu de frecvență.

Testarea dinamică a podurilor implică două componente principale: excitarea și achiziția de date. Sursele de excitație sunt clasificate ca vibrații libere sau forțate. [2]

2.Descrierea podului analizat

Podul folosit în studiul de caz este localizat în localitatea Târlișua, județul Bistrița-Năsăud pe drumul județean E171.

Podul are o singură deschidere de 24 m și este realizat compozit cu grinzi de oțel și dală de beton. Podul are o oblicitate de 45 grade în sens antiorar privit de sus, așa cum se vede în Figura 1,

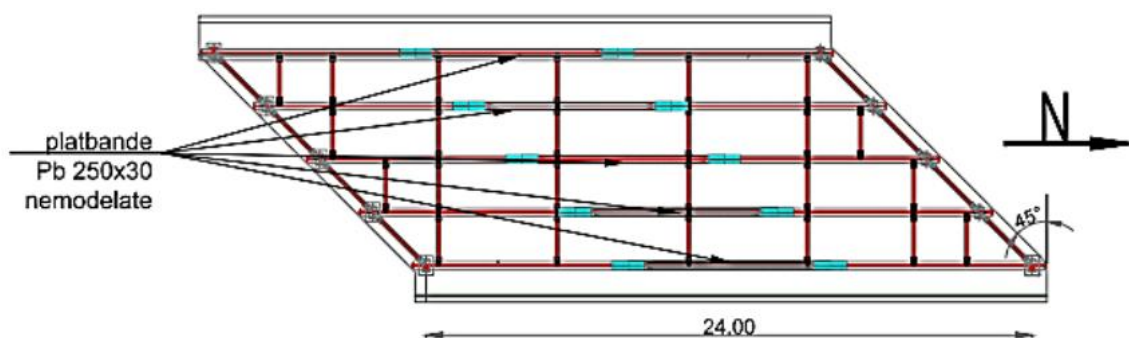


Figura 1. Vedere plană pod Târlișua
(Sursa: planșe furnizate de S.C. DRUMEX. S.R.L.)

Suprastructura podului este realizată din 5 grinzi metalice oțel S355 din gama de profile laminate HB1000B, care susțin o dală de beton, de clasă C30/37, cu o grosime de 18 – 36 cm, datorita pantei transversale a secțiunii drumului, care este de 2%.

Lățimea părții carosabile este de 7.80 m, cu două benzi de circulație de 3.50 m, spațiu de siguranță de 0.40 m și 2 trotuare de câte 1.50 m lățime separate de partea carosabilă prin borduri, având o lățime totală de 10,80 m, după cum se observă și din Figura 2.

Grinzile principale sunt distanțate la 2.1 m interax, iar în zona centrală pe o distanța de 6.50 m acestea au platbande Pb 250x30.

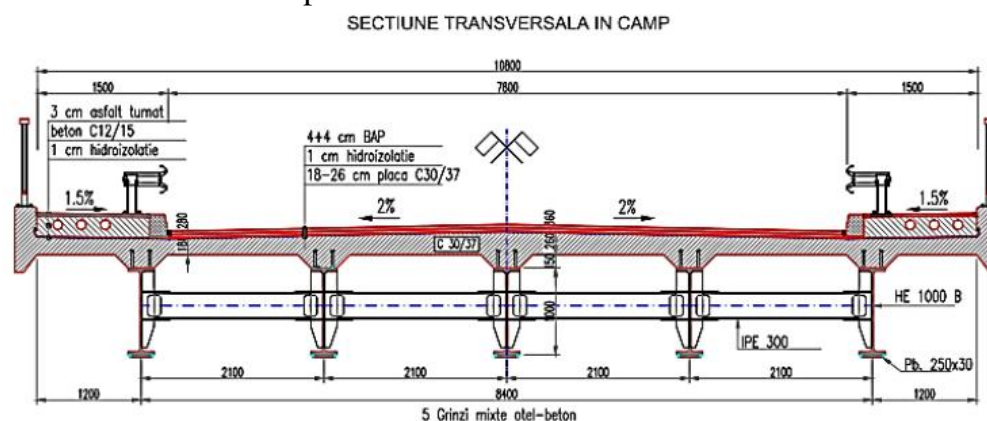


Figura 2. Secțiune transversală în câmp
(Sursa: planșe furnizate de S.C. DRUMEX. S.R.L.)

Antretoazele sunt din gama de profile laminate IPE 300 și sunt așezate perpendicular pe axa centrală fiind dispuse uniform, cele marginale sunt așezate la 0.50 m

față de antretoazele de la capătul podului, următorul rând de antretoaze fiind la 2.10 față de cele marginale și următoarele la 4.20 m, așezarea lor se poate vedea în Figura 3.

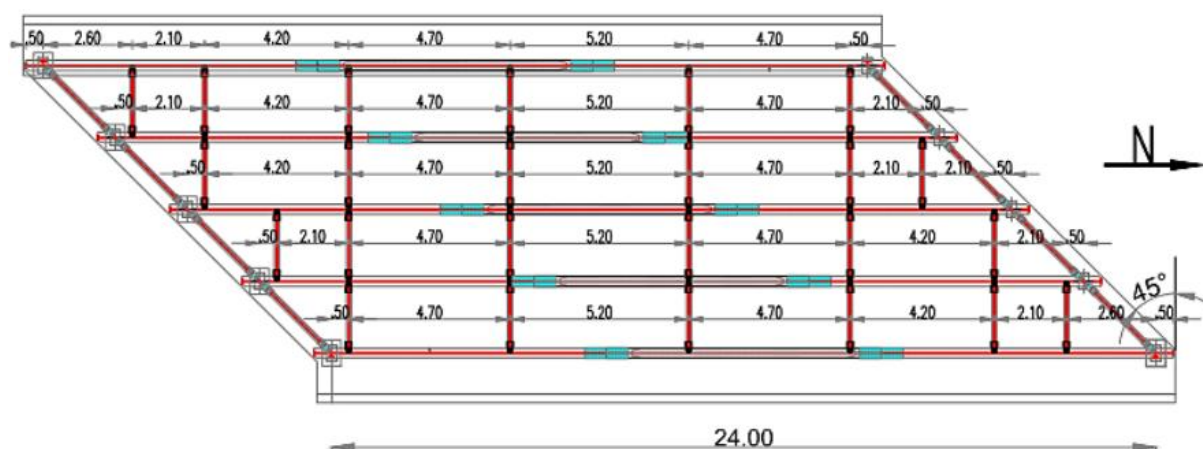


Figura 3. Vedere plană cu poziționarea antretoazelor
(Sursa: planșe furnizate de S.C. DRUMEX. S.R.L.)

3. Descrierea modelului realizat cu element finit

Un model detaliat cu element finit a fost realizat folosind un program specializat în analiza cu element finit a pentru calcule

În program, podul modelat este definit parametric. Procesul de modelare începe prin specificarea structurii de bază a podului (lungime, aliniere, număr de deschideri, număr de benzi, lățimea benzi și panta).

Programul are template-uri editabile, implicate bazate pe coduri corespunzătoare proiectării podurilor, pentru a accelera construirea modelului și analiza acestuia. Un model detaliat de obiecte geometrice fundamentale este generat automat bazat pe “obiectul pod”.

Elementele “shell”(Figura 4) sunt plasate în centrul de greutate al dalei, iar elementele de grinda au fost poziționate în centrele de greutate ale grinzilor

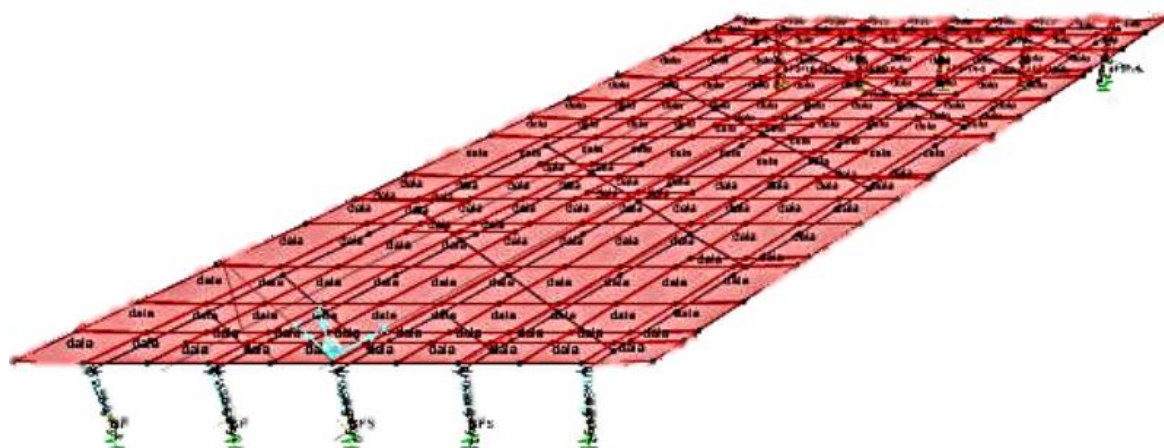


Figura 4. Vedere 3D a podului modelat cu etichete pe secțiuni

Sunt definite componentele podului: secțiunea transversală (Figura 5), culeele, antretoazele, modul de rezemare și așa mai departe.

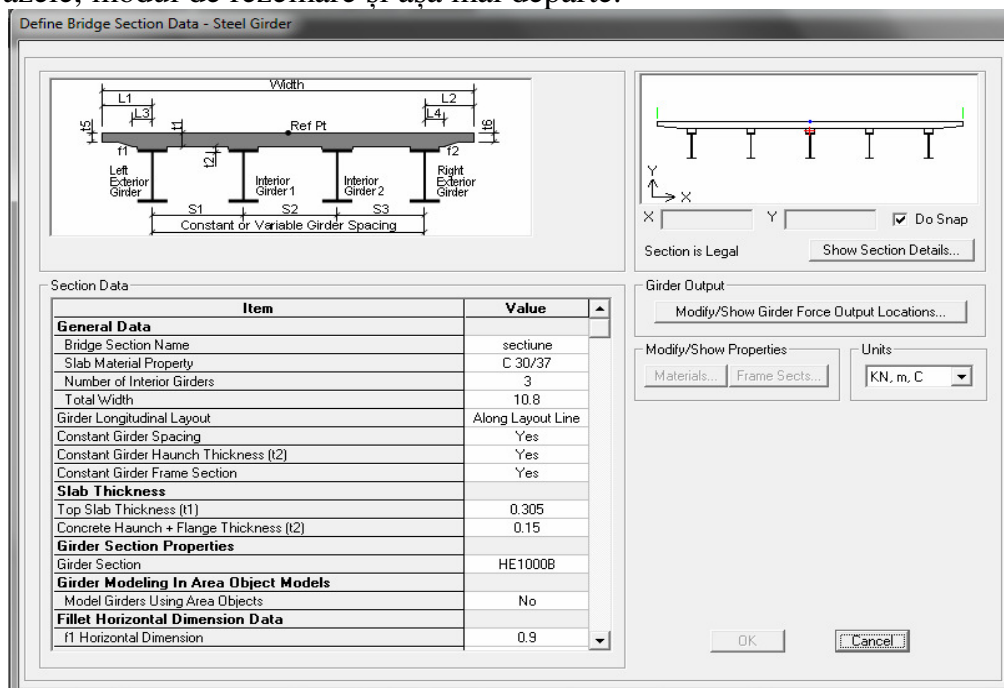


Figura 5. Secțiunea transversală a podului modelat

Grinzile principale au fost alese ca și cele din construcție, profile laminate HE1000B, însă spre deosebire de construcție platbanda de rigidizare de pe talpa inferioară a grinzilor nu a mai fost modelată.

Parapeții direcționali și pietonali precum și platbanda de rigidizare de pe talpa inferioară a grinzilor principale nu au fost explicit modelate. Greutatea platbandelor a fost adăugată ca și greutate pe suprafața podului pe linia de axa a fiecărei grinzi, la fel ca și parapeții direcționali și pietonali care au fost reprezentați ca și forțe gravitaționale. (Figura 6)

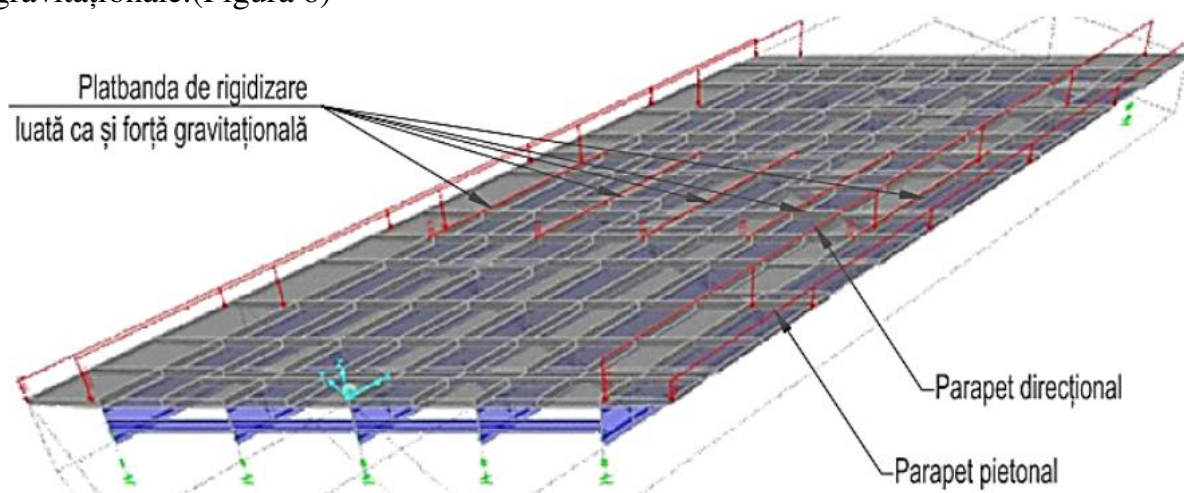


Figura 6. Poziționarea parapetelor și a platbandelor ca și forțe gravitaționale pe suprafața podului

4. Analiza modală experimentală

Podul studiat este amplasat într-o zonă cu trafic redus, astfel că instrumentele au fost plasate pe suprafața podului.

Testarea podului a avut loc vineri în data de 7 septembrie 2012 și a început aproximativ la ora 11.00 și a continuat până la aproximativ ora 14.00 în după-amiaza acelei zile.

Instrumentele, cablurile și sursele de excitație alese pentru acest studiu au fost cele disponibile, prin facultatea de Construcții din Cluj-Napoca, Departamentul de Mecanică.

Deoarece comportamentul global al podului a fost de interes, instrumentele au fost plasate de-a lungul grinzilor, acest lucru a minimizat efectele locale ale încovoierii dalei între grinzi.

Accelerometru(Figura 7) au fost plasat direct pe suprafața podului. Pe accelerometru a fost pusă ceara(chit) pentru ca senzorul să adere mai bine la suprafața podului (care a fost curățată în prealabil în acel loc). Ceara acționează ca o interfață între accelerometru și suprafața podului, reducând zgomotul datorită mișcării senzorului.



Figura 7 Accelerometru pe suprafața podului

Monitorizarea vibrațiilor a fost utilizată pentru evaluare structurală. Mai multe tehnici de excitație pot fi explorate și utilizate în evaluarea podurilor pe bază de vibrații, cum ar fi vibrații ambientale, vibrații forțate, vibrații induse de trafic și vibrații induse seismice.

Într-o evaluare pe bază de vibrații, caracteristici cum ar fi nivelul de vibrații și parametri modali sunt folosiți ca și indicatori, deoarece oferă informații cu privire la condițiile comportării reale ale structurii.

Valorile estimative ale indicatorilor sunt date de răspunsurile obținute de la senzorul plasat pe suprafața podului. Acest tip de estimare este cunoscut sub numele de tehnica de estimare directă.

O vedere cu reprezentarea poziționării accelerometrului și a stației de achiziționare de date sunt date în Figura 8.

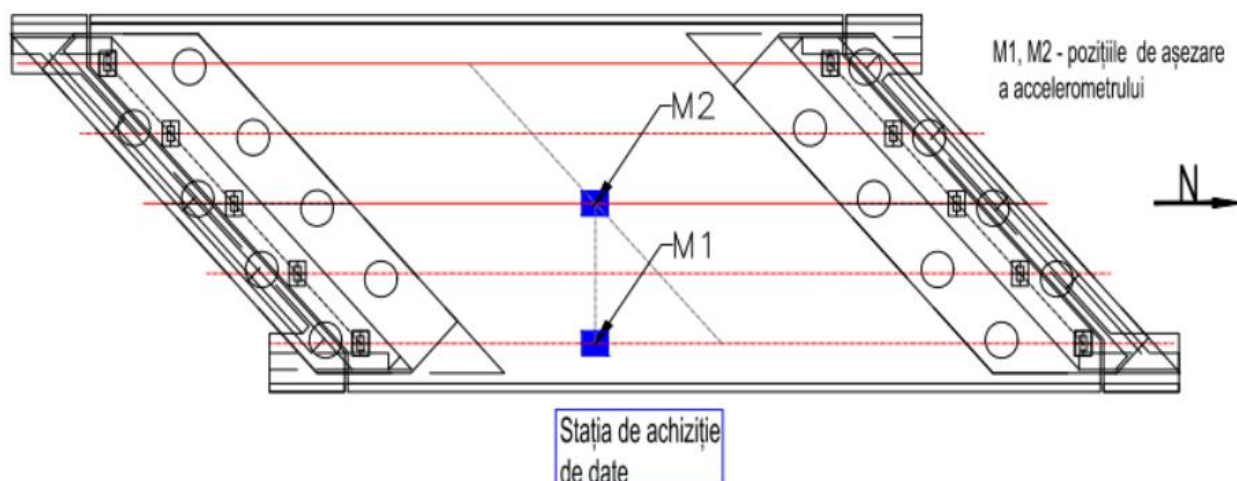


Figura 8. Vedere plană cu cele două poziții ale accelerometrului

Viteza de circulație, frecvențele naturale ale vehiculelor și ale podului sunt principali factori care determină vibrația unui vehicul când trece pe pod.

Testul a avut loc în data de 06.09.2012, iar vehiculele care au trecut pe pod când accelerometrul a fost amplasat în poziția M1 au fost un buldo-excavator New Holland B95 și un camion Roman de 16 tone încărcat, iar în situația când accelerometrul a fost poziționat în punctul M2 pe pod a trecut un autocamion Man TGL 26.403(26 tone) și un camion Roman de 16 tone gol.

Măsurătorile au fost făcute în condiții ambientale, excitații din vibrații ale mediului, și sub trafic nerestricționat, incluzând trecerea de vehicule grele, datorită unor lucrări locale.

Echipamente utilizate: (Brüel & Kjær): sistem achiziție date Pulse 3560-C, 5 accelerometre piezoelectrice tip 4507B002 (Figura 9). Analiza s-a realizat prin măsurarea continuă a accelerațiilor de răspuns ale podului pe o rețea de puncte longitudinală, în timpul trecerii unor vehicule. Accelerometrele din dotare sunt capabile să măsoare valori de până la 100 m/s².



Figura 9. DAQ Pulse 3560-C și accelerometru piezoelectric

M1 (Figura 8) a fost primul loc în care a fost poziționat accelerometrul, la jumătate de pod plasat de-a lungul grinzilor și apoi a început testul în jurul orei 11.00.

La ora 11.38 a trecut primul vehicul, un buldo-excavator New Holland 95B și la ora 12.01 a trecut un camion Roman de 16 tone încărcat, ambele au trecut în aceeași direcție.(Figura 10. a), b))

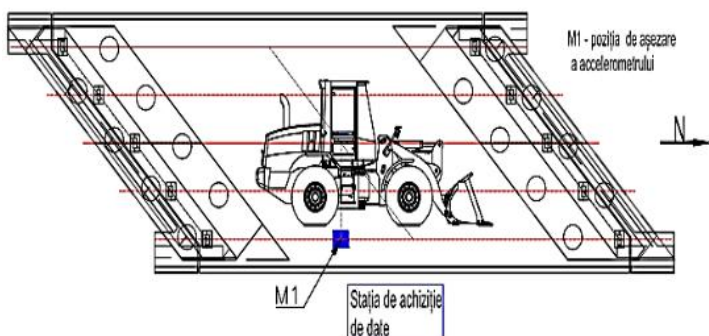
Accelerometrul a fost mutat în poziția M2, poziție aflată în dreptul poziției M1 și la jumătatea podului pe axa de delimitare a sensurilor de mers.

La ora 12.07 un autocamion Man TGL 26.403 a trecut pe pod, pe banda a doua în direcție inversă sensului de mers , iar apoi la 12.09 a trecut un camion Roman de 16 tone gol, în direcția sensului de mers.(Figura 10. c), d))

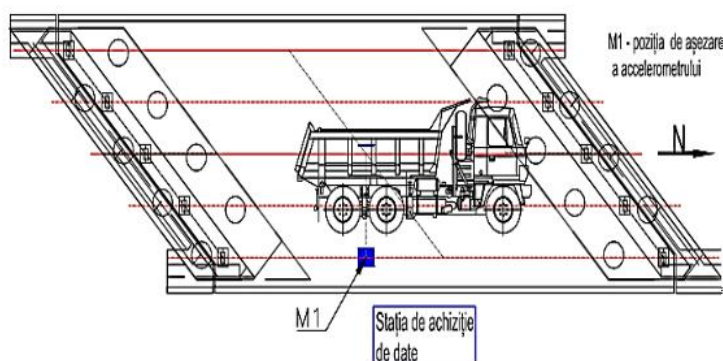
În Figura 10, sunt prezentate vehiculele care au trecut pe pod menționate mai sus precum și schema de trecere față de cele două poziții ale accelerometrului.



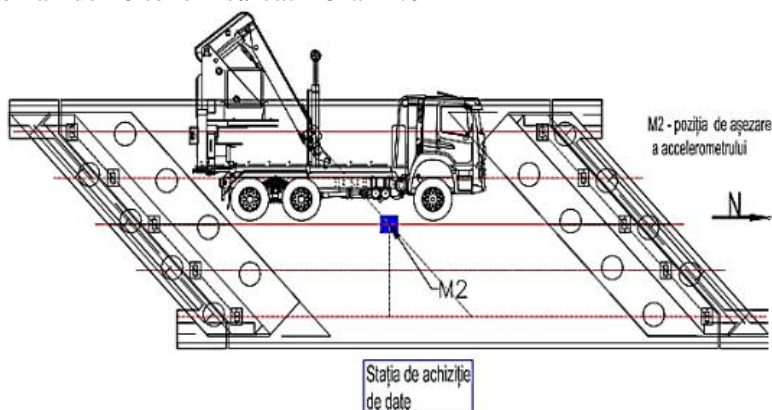
a) Buldo –excavator New Holland 95B - Ora 11.38

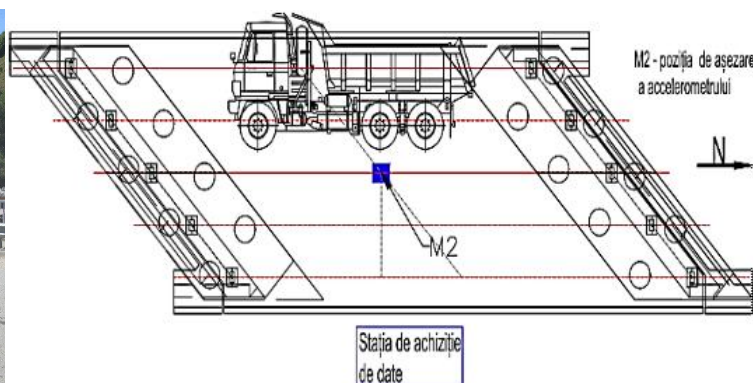


b) Autocamion Roman de 16 tone încărcat - Ora 12.01



c) Camion Roman TGL 26.403 - Ora 12.07





d) Camion Roman de 16 tone gol -Ora 12.09
Figura 10 Vehiculele și schema de trecere pe pod

5. Analiza pe modelul cu elemente finite

Un model cu element finit al podului a fost folosit în acest studiu (creat în programul CSI Bridge).

Modelul oferă o perspectivă asupra comportamentului dinamic al podului pentru a ajuta la localizarea zonelor de poziționare a senzorilor pentru un răspuns maxim. Modelul a furnizat, de asemenea o baza de comparație pentru rezultatele experimentale.

Programul se bazează pe cazuri de încărcare și combinații de încărcare și modele de proiectare.

Sunt necesare două combinații pentru fiecare încărcare permanentă, din cauza factorilor de încărcare minimi și maximi. Factorii de încărcare, pentru acțiuni temporare sunt aplicabili numai suprastructurilor cu dală care include grinzi I compozite. Încărcările mobile sunt aplicate cu factorul de încărcare 1 pentru toate grinzile.

La distribuirea încărcărilor, secțiunea este tratată ca o singură grindă, toate sarcinile (permanente și temporare) sunt distribuite în mod egal rețelei, pentru determinarea tensiunilor și momentelor, și proporțional dalei de beton pentru forfecare. Efectele de torsiune sunt luate în considerare și alocate grinzilor exterioare, în tălpii, în fibra superioară și superioară a acestora.

Tensiunile sunt evaluate în trei puncte în fibra superioară și inferioară, aceste trei puncte sunt stânga, dreapta și mijloc. Acest lucru presupune distribuția liniară și ia în considerare forțele axiale(P) și ambele momente încovoietoare ($M2$ și $M3$).

Clasa vehiculelor este setată să conțină mai multe vehicule și acestea pot fi determinate să acționeze ca și sarcini mobile asupra podului modelat.

Câte un singur vehicul acționează pe o bandă la un moment dat și cu o viteză specificată.(Figura 11)

Vehiculele au fost definite ca și vehicule generale considerând greutatea pe osie, acest lucru se poate vedea în Figura 11 a), b), c), d).

Analiza dinamică a unui pod oblic

General Vehicle Data

Vehicle name: 1.BE-95B Units: KN, m, C



Load Plan

Load Elevation

Length Effects

Axle: None Modify/Show...

Uniform: None Modify/Show...

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		0.	Lane Width		30.	Two Points	1.8
Leading Load	Infinite		0.	Lane Width		30.	Two Points	1.8
Fixed Length	2.175		0.	Lane Width		45.	Two Points	1.93

a) Buldo –excavator New Holland 95B

General Vehicle Data

Vehicle name: 2.CR-P Units: KN, m, C



Load Plan

Load Elevation

Length Effects

Axle: None Modify/Show...

Uniform: None Modify/Show...

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		0.	Lane Width		60.	Two Points	2.04
Leading Load	Infinite		0.	Lane Width		60.	Two Points	2.04
Fixed Length	3.2		0.	Lane Width		115.	Two Points	1.827
Variable Length	1.38	1.38	0.	Lane Width		115.	Two Points	1.827

b) Autocamion Roman de 16 tone încărcat

General Vehicle Data

Vehicle name: 3.AM-26.403 Units: KN, m, C



Load Plan

Load Elevation

Length Effects

Axle: None Modify/Show...

Uniform: None Modify/Show...

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		0.	Lane Width		77.45	Two Points	2.04
Leading Load	Infinite		0.	Lane Width		77.45	Two Points	2.04
Fixed Length	3.9		0.	Lane Width		77.45	Two Points	1.827
Variable Length	1.38	1.38	0.	Lane Width		0.	Two Points	2.04

c) Camion Roman TGL 26.403

General Vehicle Data

Vehicle name: 4.CR-G Units: KN, m, C



Load Plan

Load Elevation

Length Effects

Axle: None Modify/Show...

Uniform: None Modify/Show...

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		0.	Lane Width		50.	Two Points	2.04
Leading Load	Infinite		0.	Lane Width		50.	Two Points	2.04
Fixed Length	3.2		0.	Lane Width		40.	Two Points	1.827
Variable Length	1.38	1.38	0.	Lane Width		40.	Two Points	1.827

d) Camion Roman de 16 tone gol

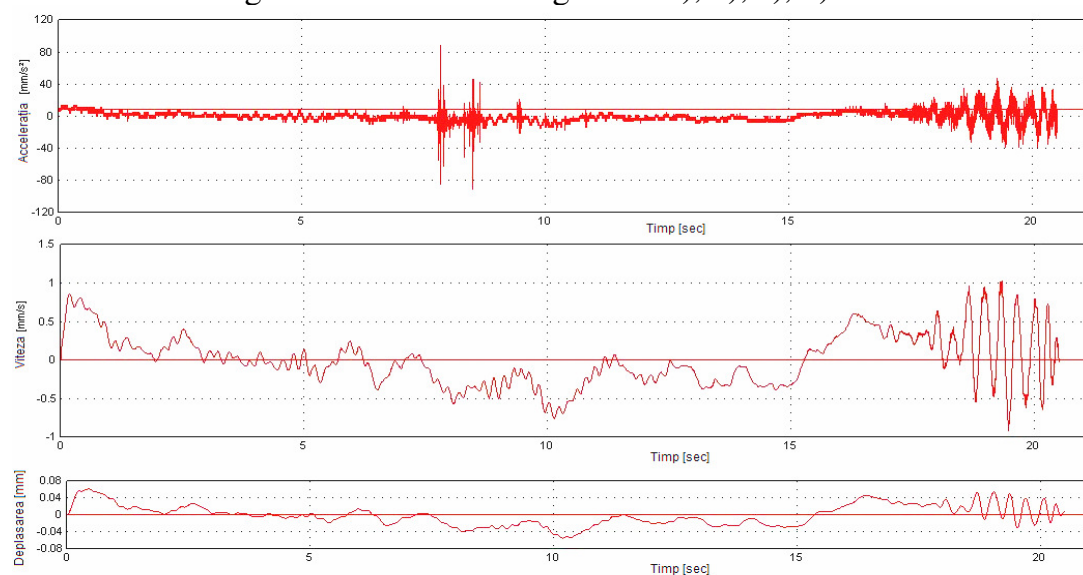
Figura 11.a),b),c),d) Prezentarea vehiculelor și modul de definire în program ca și vehicule generale

6.Rezultate

Podul considerat a fost modelat cu acuratețe pentru analiză dinamică, pentru a ajuta la compararea rezultatelor experimentale.

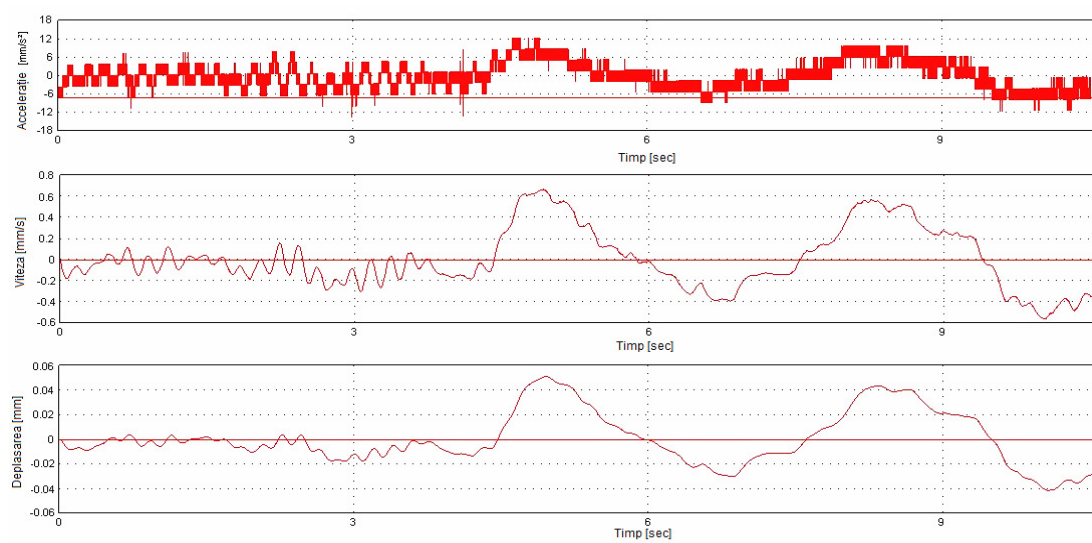
După efectuarea testelor dinamice, datele au fost prelucrate pentru a extrage frecvențele, și formele modale. [3]

În urma analizei modale operaționale, pornind de la accelerațiile înregistrate, s-au determinat vitezele și deplasările punctelor. Accelerațiile, vitezele și deplasările maxime/minime înregistrate sunt date în Figura 12 a), b), c), d).

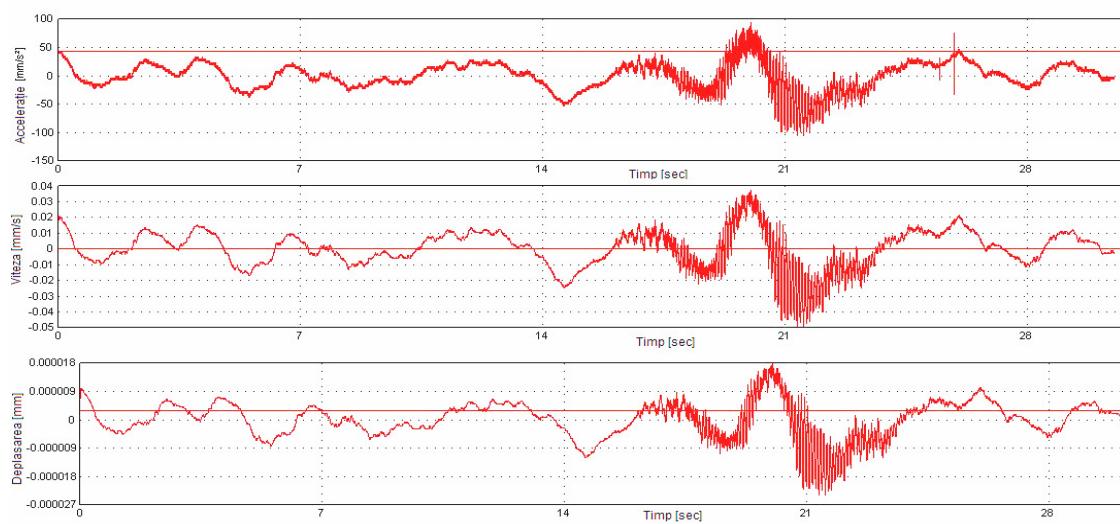


a) Accelerația, viteza, deplasarea - Buldo –excavator New Holland 95B

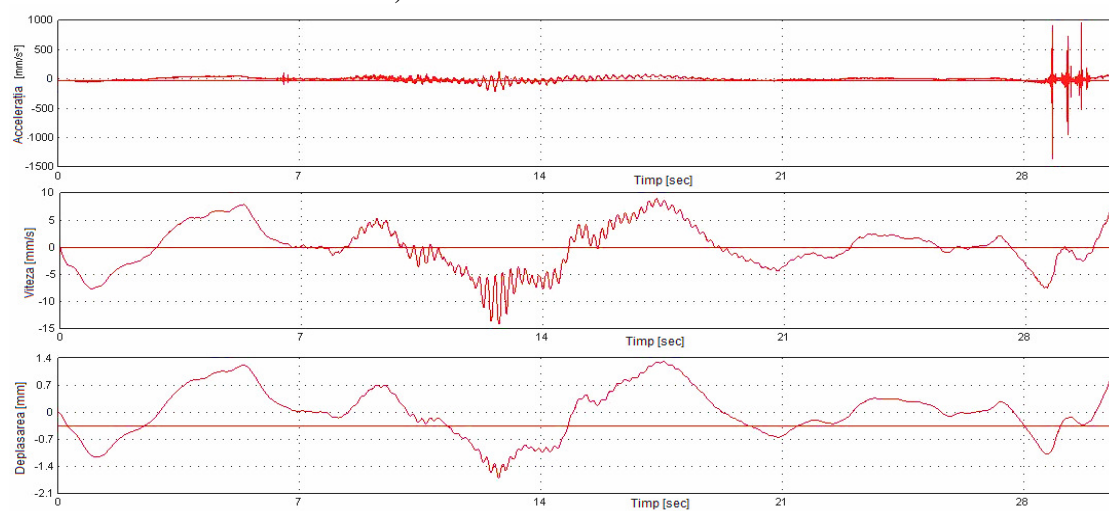
Analiza dinamică a unui pod oblic



b) Accelația, viteza, deplasarea - Autocamion Roman de 16 tone încărcat



c) Camion Roman TGL 26.403



d) Camion Roman de 16 tone gol
Figura 12. Accelația, viteza, deplasarea

În programul utilizat există mai multe opțiuni pentru analiza cu încărcări mobile din vehicule. Cazurile de încărcări mobile calculează liniile de influență pentru un număr diferit de vehicule și rezolvă toate permutațiile vehiculelor pe bandă pentru a obține răspunsul minim și maxim. [4]

Cazul de încărcare dinamică cu mai mulți pași (integrare directă în funcție de timp) a fost folosit pentru a analiza vehiculele care se mișcă pe pod cu o viteză specificată. Aceste cazuri de încărcare sunt definite folosind modele speciale de încărcări mobile care definesc direcția, timpul de început și viteza vehiculului ce traversează podul.

În Figura 13 sunt prezentate fiecare vehicul cum este reprezentat în program, în timp ce trec pe pod, pe forma deformată a acestuia.

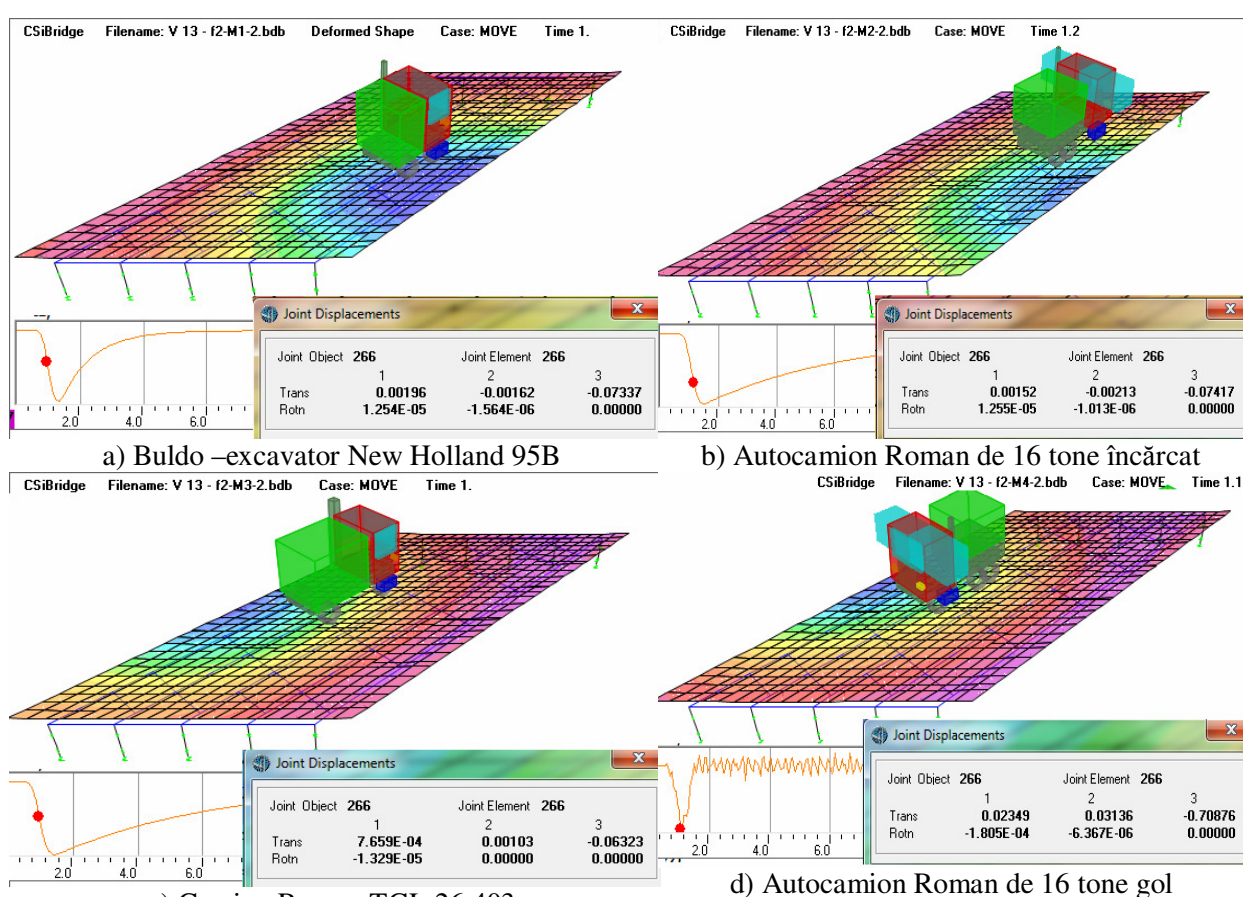


Figura 13 a), b), c), d) Forma deformată a podului în urma treceri vehiculelor

Deplasările maxime și minime determinate experimental (Figura 12) și cele determinate prin analiza modelului realizat în programul de calcul (Figura 13), pentru fiecare trecere a vehiculului, în direcțiile arătate în Figura 10, sunt date în Tabelul 1.

Deplasările minime și maxime determinate experimental și cele determinate în urma analizei modelului

Vehicul	Deplasarea minimă determinată experimental	Deplasarea maximă determinată experimental	Deplasarea determinată prin analiza modelului
Buldo –excavator New Holland 95B	-0,05422 mm	0,06167 mm	0,07347 mm
Autocamion Roman de 16 tone, încărcat	-0,04147 mm	0,05092 mm	0,07417 mm
Camion Roman TGL 26.403	-0,00002395 mm	0,00001797 mm	0,06323 mm
Autocamion Roman de 16 tone, gol	-1,689 mm	1,303 mm	0,70876 mm

Primele două vehicule(Buldo –excavator New Holland 95B și Autocamionul Roman de 16 tone încărcat) au trecut la o diferență de 23 de minute unul față de celălalt în momentul în care accelerometrul era amplasat în punctul M1(Figura 8).

După ce accelerometrul a fost mutat în punctul M2(Figura 8) a trecut cel de al treilea vehicul(Camion Roman TGL 26.403) foarte aproape de accelerometru, de aceea citirile înregistrate au valorile foarte mici.

Cel de al patrulea vehicul(Autocamion Roman de 16 tone gol) a trecut la o diferență de doar 5 minute față de vehiculul precedent astfel valoarea deplasări este mai mare.

7.Concluzii

Modelul realizat cu element finit oferă o bună corespondență pentru rezultatele experimentale.

Tabelul 1 compară rezultatele deplasărilor, determinate în urma treceri vehiculelor pe pod cu cele determinate

Tehnica de analiză modală folosită în această cercetare este simplă și ieftină, în comparație cu alte proceduri. De asemenea testarea dinamică nu necesită piese mari de echipament cum ar fi camioane pentru testare sau alte echipamente.

Efectul temperaturii ar trebui luat în considerare, testând același pod în momente diferite ale anului ar putea da rezultate diferite, în special pentru structuri static nedeterminate.

Senzori pot fi montați pe talpa inferioară a grinzilor, reducând impactul asupra traficului, prin închiderea temporară a traficului pe pod în timpul testării.

Pe termen lung evaluarea prin testare dinamică periodică poate oferi o perspectivă asupra relației dintre modificările parametrilor modali și starea podurilor. Fluctuațiile în parametri modali datorate modificărilor în structura sunt de așteptat să fie mici.

Acest experiment a incorporat un singur pod, însă pentru a evalua pe deplin procedura de testare, mai multe poduri de lungimi diferite, cu una sau mai multe deschideri și cu diferite oblicități ar trebui testate.

Referințe

- [1.]***http://www.academia.edu/1401822/Estimating_Bridge_Fundamental_Frequency_from_Vibration_Response_of_Instrumented_Passing_Vehicle_Analytical_and_Experimental_Study
- [2.]***<http://researchrepository.ucd.ie/bitstream/handle/10197/2552/Theoretical.pdf?sequence=1.pdf>
- [3.]***<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.6.3031&rep=rep1&type=pdf>.
- [4.]***http://www.ce.wsu.edu/TRAC/Publications_Reports/FHWA%20Tacoma_Narrows_FinalAnalysisReport.pdf.
- [5.]***<http://www.brimos.com/Brimos/HTML/downloads/Publications/MS7%20Wenzel%20FULL.pdf>.

NOTA: Aceasta lucrare a beneficiat de suport financiar prin proiectul " Creșterea calității studiilor doctorale în științe inginerești pentru sprijinirea dezvoltării societății bazate pe cunoaștere", contract: POSDRU/107/1.5/S/78534, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013.

Influența robinetelor termostactice asupra confortului utilizatorilor și implicațiile utilizării lor în mediul construit reabilitat

The influence of thermostatic valves utilization and their impact on rehabilitated built environment

Rodica Frunzulică¹, Mirela-Sanda Țoropoc¹, Mircea Dinescu²

¹Universitatea Tehnică de Construcții București-Facultatea de Inginerie a Instalațiilor
B-dul Pache Protopopescu nr.66, sector 2, București, Romania

²Profesor de fizică

rofrunzulica@gmail.com, tmirela@mailbox.ro, mircea.dinescu@gmail.com

Rezumat. *Lucrarea de față prezintă aspecte importante ale utilizării robinetelor termostactice amplasate la nivelul fiecărui radiator asupra parametrilor de confort interior dar și asupra limitelor în care se poate realiza economia de energie prin implementarea lor. În același timp, într-o clădire rezidențială multietajată dotată cu robinete termostactice și repartitoare, alături de fluxurile de căldură degajate de radiatoarele din apartamente intervin și fluxurile degajate de coloanele din apartamente și din părțile comune (casa scării, subsol etc.). Cum și cât de corect sunt cuantificate aceste părți comune, cum intervin acestea în facturile consumatorilor, sunt răspunsuri care frământă atât pe utilizatori dar și pe cei responsabili de aceste probleme. Cât de mult pot influența intervențiile făcute asupra robinetelor termostactice balanța de energie termică pe un întreg bloc și ce istoric are întocmirea facturilor de energie termică la blocurile reabilite sau nu, este o chestiune la care lucrarea de față încearcă să dea un răspuns. De aici rezultă și recomandări interesante privind reducerea consumurilor energetice pe clădirile de tip condominiu.*

Cuvinte cheie: confort termic, repartitoare, robinete termostactice, facturi de energie termică

Abstract. *This paper presents important aspects concerning the influence of thermostatic valves utilization at each radiator on occupants comfort but also the limitations of the energy savings achieved by their implementation. For a multi-storey residential building equipped with thermostatic valves and heat-cost allocators the thermal energy for heating comes from radiators but also from columns inside the apartments and other common parts (radiator and columns on the staircase, basement etc.). How accurate are these common parts quantified, how correct they occur in consumer bills, these are answers that concern both users and those who are responsible for these problems. How much the interventions on thermostatic valves can interfere in the heat balance on an entire block and the history of heat bills in a rehabilitated block that is a question that the article tries to give an answer. From these analyze, some important recommendations are formulated in order to reduce energy consumptions for multi-flats buildings.*

Key words: energy consumptions, heat allocators, thermostatic valves, heating bills

1. Introducere

Apariția robinetelor termostactice ca echipamente ce pot fi introduse în instalațiile de încălzire a însemnat pentru sistemele de alimentare centralizate cu energie termică posibilitatea de a regla furnizarea căldurii în ultima verigă a sistemului, adică reglarea individuală la nivelul fiecărui corp de încălzire. Multă vreme, această treaptă de reglare a fost practic indisponibilă, singurele compartimente unde se puteau aplica măsuri de reglare fiind sursa (Centralele de producere a energiei termice) și Punctele termice. Prezența și necesitatea robinetelor termostactice nu este invariabil legată și de prezența repartitoarelor, rolul primordial al robinetelor fiind legat de fapt de confortul termic interior al utilizatorilor. De altfel, când este vorba de o locuință unifamilială sau care nu se încadrează în tiparul de bloc de locuințe, montarea robinetelor are numai rol de asigurare a confortului termic și eventual de mod de economisire a energiei, și nu este necesară cuplarea acestora cu repartitoare. Este evident însă că, datorită intervenției lor, se pot aduce importante reduceri ale consumului de energie termică. În blocurile de locuințe montarea robinetelor termostactice impune și montarea repartitoarelor, numai în acest fel putându-se realiza o defalcare a cheltuielilor pe apartamente. Repartitoarele sunt instrumente secundare de măsură care permit evaluarea căldurii cedate de un corp de încălzire, într-un interval de timp, cu o aproximație acceptabilă. Ele fac însumarea de cantități elementare de căldură, evaluate în raport cu parametri temporari de funcționare a radiatorului: temperatura suprafeței sale și temperatura mediului ambiant. Deoarece nu conțin părți mecanice, instrumentele funcționează absolut identic, în condiții identice, și de aceea nu este extrem de importantă precizia cu care se face o determinare ci faptul că aceeași precizie este reprodusă în toate unitățile cu care este dotat sistemul. Astfel, se face o repartizare exactă a consumurilor prin aplicarea unei condiții de închidere.

În blocurile de locuințe din România situația este extrem de eterogenă. Deși în principiu, toate clădirile de tip condominiu ar fi trebuit să fie dotate cu robinete termostactice și repartitoare, la ora actuală există un procent de aproximativ 50% de locuințe care au acest sistem. Chiar și apariția Ordonanței de Guvern nr.18/2009 privind creșterea performanței energetice a blocurilor de locuințe, cu normele metodologice aferente, a lăsat o umbră de incertitudine privind obligativitatea montării robinetelor termostactice pentru blocurile de locuințe reabilite. Drept urmare, multe din blocurile reabilite au pierderi de căldură mult diminuate prin măsurile de izolare a anvelopei exterioare, dar nu pot corecta fluxurile cedate de către radiatoare (atunci când este cazul) deoarece nu au robinete termostactice montate pe corpurile de încălzire. Indiferent de situație, modul de facturare a energiei termice consumate într-un bloc dotat cu robinete termostactice și repartitoare a evoluat foarte dramatic, creându-se situații conflictuale, diferențiate de la caz la caz, de la o firmă de facturare la alta. Soluția găsită de ANRSC (AUTORITATEA NAȚIONALĂ DE REGLEMENTARE PENTRU SERVICIILE COMUNITARE DE UTILITĂȚI PUBLICE) pentru o repartizare echitabilă a costurilor, s-a materializat prin Ordinul nr. 343 din 13 iulie 2010, publicat în MONITORUL OFICIAL NR. 501 din 20 iulie 2010 și se bazează în esență pe evaluarea puterii termice a tuturor elementelor ce cedează căldură (comune sau nu) și prin cuantificarea consumului lor prin introducerea unui repartitor comun plasat pe conducta de branșament, după contorul de energie termică.

2. Structura consumului de energie termică pentru încălzire

În cele ce urmează se va considera cazul unui bloc de locuințe dotat cu robinete termostactice și repartitoare, cu distribuție verticală (acesta fiind cazul cel mai uzual pentru blocurile de locuințe) având schema de principiu de calcul prezentată în Fig. 1.

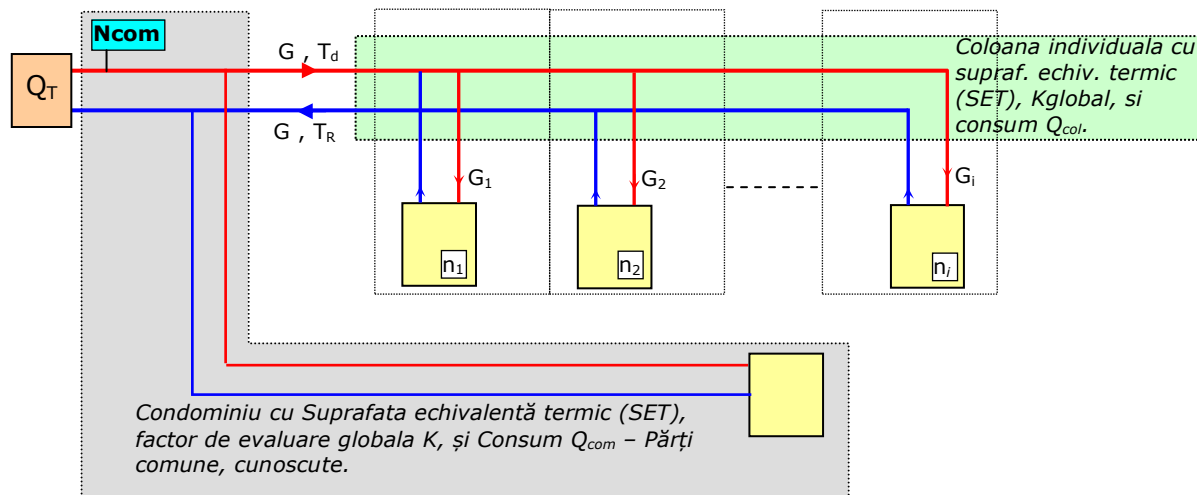


Fig. 1. Schema de principiu pentru calculul consumului de energie termică într-un bloc cu distribuție verticală

Energia termică Q_T consumată de către blocul respectiv se compune din:

- energia termică cedată de către fiecare radiator în parte (Q_i),
- energia termică cedată de coloanele de distribuție (Q_{col}), aferentă consumului individual (depinzând de dimensiunile coloanelor dar și de consumul radiatoarelor),
- energia termică considerată ca parte comună Q_{com} (cedată de coloanele și de radiatoarele de pe casa scării, radiatoare din camere administrative sau uscătorii etc.),
- energia termică cedată de conductele instalației de încălzire din rețeaua de distribuție din subsol a blocului respectiv. Aceasta se consideră ca făcând parte din consumul comun.

Practic, din cele menționate anterior, trei elemente sunt măsurabile și care permit aplicarea normelor tehnice [1] și anume:

- indicația consumului de energie termică pentru blocul respectiv (sau scara de bloc), înregistrat de contorul de energie termică obligatoriu existent, (Q_T)
- indicațiile repartitoarelor montate obligatoriu pe fiecare corp de încălzire din apartamente, (se notează U_{ap} - numărul total de unități de consum pe radiatoare),
- indicațiile repartitorului comun montat pe bransamentul blocului sau pe coloanele din subsolul tehnic în conformitate cu art. 8 din Normele tehnice privind repartizarea consumurilor de energie termică între consumatorii din imobilele de tip condominiu [1], (se notează N_{com}).

Se consideră că sunt cunoscuți factorii de evaluare globali, K , aferenți compartimentelor luate în calcul pentru consumul total, ca produs ($K=K_Q \times K_C \times K_T \times K_A$) în care K_Q – este funcție de puterea termică nominală stabilită în funcție de

referință, K_C – coeficient de cuplaj termic, K_T – coeficient ce ține seama de modificările puterilor termice în condiții diferite de cele de referință și K_A – coeficient ce ține seama de amplasare.

În acest mod se calculează K_{ap} = suma factorilor globali de evaluare a tuturor radiatoarelor; K_{col} = factor global de evaluare cu puterea termică a coloanelor de distribuție prin apartamente; K_{com} = factor global de evaluare cu puterea termică a elementelor de rețea din condominiu.

Maniera de repartizare se bazează pe calcularea unui număr de unități de consum la nivel global, pe cele trei categorii de consumatori: comun, coloane și apartamente, folosind pentru determinarea primelor două categorii variația indexului de repartitor comun iar pentru apartamente, indicațiile repartitoarelor individuale.

$$\begin{aligned} U_{com} &= 0,85 \times K_{com} \times N_{com} \\ U_{col} &= 0,85 \times K_{col} \times N_{com} \end{aligned} \quad (1)$$

$$U_{ap} = \sum_{i=1}^n K_i \cdot n_i, \text{ pentru radiatoarele din cele „n” apartamente din bloc}$$

Se stabilesc apoi procentajele de participare în consumul global, ale fiecărei categorii în parte. Nu se va mai detalia mai mult de atât în prezenta lucrare modul de finalizare a calculului, acesta fiind accesibil și public prin Normele tehnice amintite [1]. Se vor prezenta însă câteva studii de caz din care se pot extrage o serie de concluzii și formula observații.

3. Studii de caz

Pe baza metodei amintite mai sus și aplicate în prezent, se redau rezultatele consumurilor de energie termică pentru încălzire pentru un bloc P+8 etaje, 23 de apartamente, an de construcție 1989, pe întregul sezon de încălzire 2012-2013. S-a evidențiat următoarea structură a consumurilor, prezentate procentual în Tabelul 1.

Tabelul 1.

Consum comun (rețea distribuție subsol, casa scării, uscătorie etc.)	29,3%
Consum pe coloane din apartamente	31,7%
Consum aferent radiatoarelor din apartamente	39,0%

Pentru o privire de ansamblu, un istoric al evoluției acestor consumuri, pe fiecare sezon de încălzire, din 2006 până în prezent, pentru acest bloc, este prezentat grafic în Fig. 2. Se face observația că până la intrarea în vigoare a Normelor tehnice din 2010, părțile comune au fost stabilite fără măsurarea efectivă a suprafețelor de încălzire reale aferente. Părțile comune s-au stabilit la început arbitrar, aproximativ 10-15% din total consum.

În sezonul 2010-2011, după intrarea în vigoare a Normelor s-au considerat pentru lunile de tranziție (oct, nov, martie) un procent de 50%-50% a celor două consumuri și în lunile reci (decembrie, ianuarie, februarie) de 30% aferente părților comune și 70% aferente radiatoarelor. Aceste procente au fost temporare, până la inventarierea tuturor coloanelor din apartamente, și după cum se vede în grafic, nu au fost ponderizate.

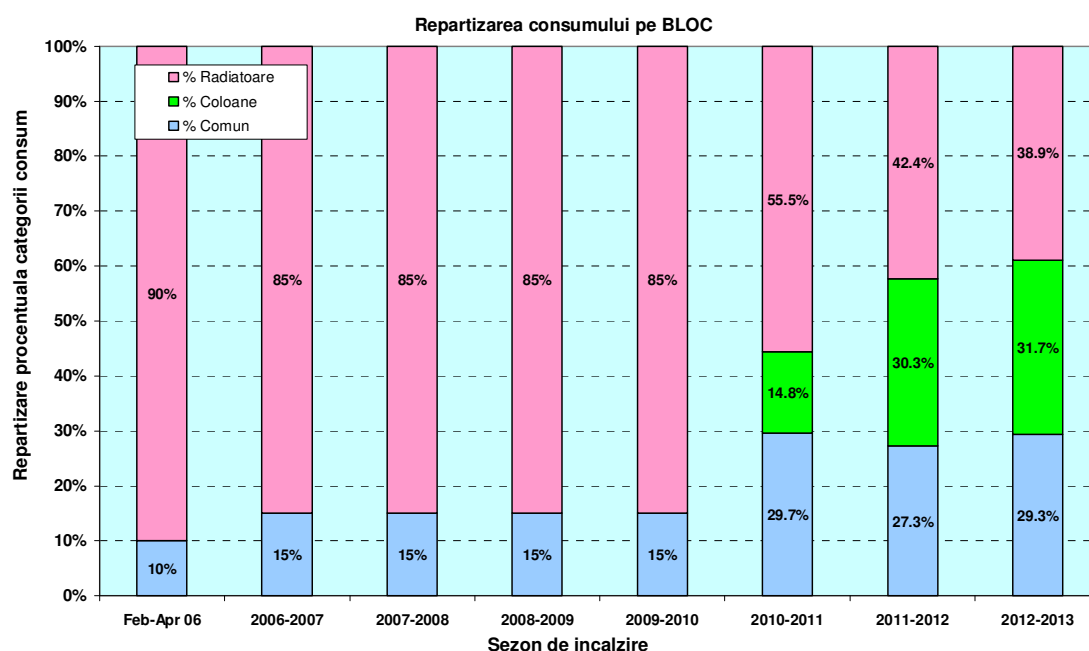


Fig.2. Evoluția ponderii consumurilor pe componente din 2006-2013 pentru un bloc

Momentul a creat discordie între consumatorii branșați și cei debranșați de la sistemele de alimentare centralizată cu energie termică. Corelat cu aceste consumuri, se prezintă și ponderile consumurilor pentru un apartament de 4 camere din blocul analizat (Fig.3). Dacă aceste cifre nu ridică un semn de întrebare, în Tabelul 2 se exemplifică o comparație între 2 apartamente ale aceluiași bloc analizat, pentru luna februarie 2013. Pentru această lună, conform datelor prelevate de la repartitoarele din apartamente și respectiv calculat conform metodologiei au rezultat:

Energia termică la contorul de scară: $Q_T = 28,72$ Gcal

Total unități consum apartamente: 18.378 (39,86%)

Total unități consum coloane : 14.261 (30,93%)

Total unități consum comun: 13.466 (29,21%)

Coeficienții de evaluare globali luați în calcul de firma ce calculează consumurile conform normei sunt de $K_{com} = 56,81$, $K_{col} = 59,16$ (valorile conțin factorul de reducere 0,85 aplicat de metodologie pentru consumurile comune și pe coloane). Suprafața echivalentă termică a radiatoarelor din bloc: 500mp, adică un factor $K_Q = 420$. Variație index repartitor comun: $N_{com} = 237$

Se observă că în cazul apartamentului y, numărul de unități pe radiatoare este de 7,3 ori mai mare decât cel consumat de ap. x, pe când numărul total de Gcal repartizate de doar 2,45 ori mai mare. Procentual, ap. y a consumat 29% din totalul unităților alocate radiatoarelor în bloc, și cu toate acestea are alocate doar de 2,45 ori mai multe gigacalorii decât apartamentul care a consumat doar 4% din unitățile alocate radiatoarelor. Explicația nu poate fi găsită nici în diferența de cota indiviză dintre cele două apartamente și nici în faptul că apartamentul y are coloanele de distribuție izolate. Explicația se găsește în modul deficitar de alocare a consumurilor între comun, coloane și apartamente.

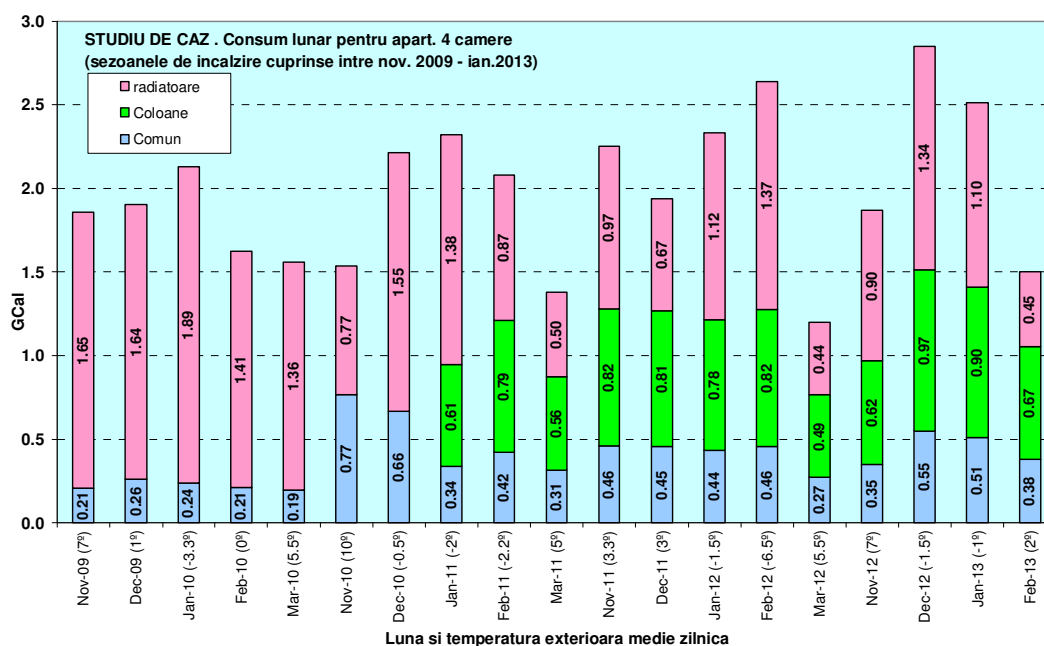


Fig. 3. Consumul de energie termică pentru încălzire pentru un apartament cu 4 camere (102,78mp suprafață utilă) din blocul studiat

Tabelul 2.

Apartament	Suprafața utilă (mp)	Cota indiviză	Unități pe radiatoare U_{ap}	Total GCal repartizate
x	102,78	4,55%	730,5	1,50
y	84,48	3,74%	5.312,74	3,68

Acest mod de repartizare a condus la o supra-apreciere atât a consumului comun, cât mai ales al celui aferent coloanelor de distribuție.

Situația ar fi fost totuși și mai dramatică în ipoteza în care nu ar fi existat robinete termostactice. Acesată situație este relevată în Tabelul 3.

Tabelul 3.

Luna	Fara robinete termostactice		Cu robinete termostactice	
	Suprafata totală: 1783 mp 38 apartamente, 68 persoane		Suprafata totală: 1728 mp 24 apartamente, 54 persoane	
	GGal / luna	GCal / m ²	GGal / luna	GCal / m ²
Noiembrie 2011	45,40	0,025	36,38	0,021
Decembrie 2011	59,00	0,033	33,70	0,019
Ianuarie 2012	56,36	0,031	32,80	0,018
Februarie 2012	57,26	0,032	40,78	0,023
Martie 2012	41,00	0,022	22,82	0,013
Total sezon:	259,02	0,145	166,48	0,096

Consumul în clădirea fără robinete termostactice este cu 51% mai mare decât în cea dotată cu astfel de robinete. Ca o concluzie parțială, cele afirmate mai sus nu doresc a contesta importanța implementării robinetelor termostactice și mai cu seamă nu vor să descurajeze aplicarea măsurii introducerii lor la blocurile ce se reabilitează. Acest

Influența robinetelor termostactice asupra confortului utilizatorilor și implicațiile lor în mediul construit reabilitat

aspect este surprins grafic în următorul studiu de caz prezentat în Fig.4. în care se evidențiază consumurile de energie termică din 2007 pentru o clădire până în prezent și unde impactul reabilitării este evident.

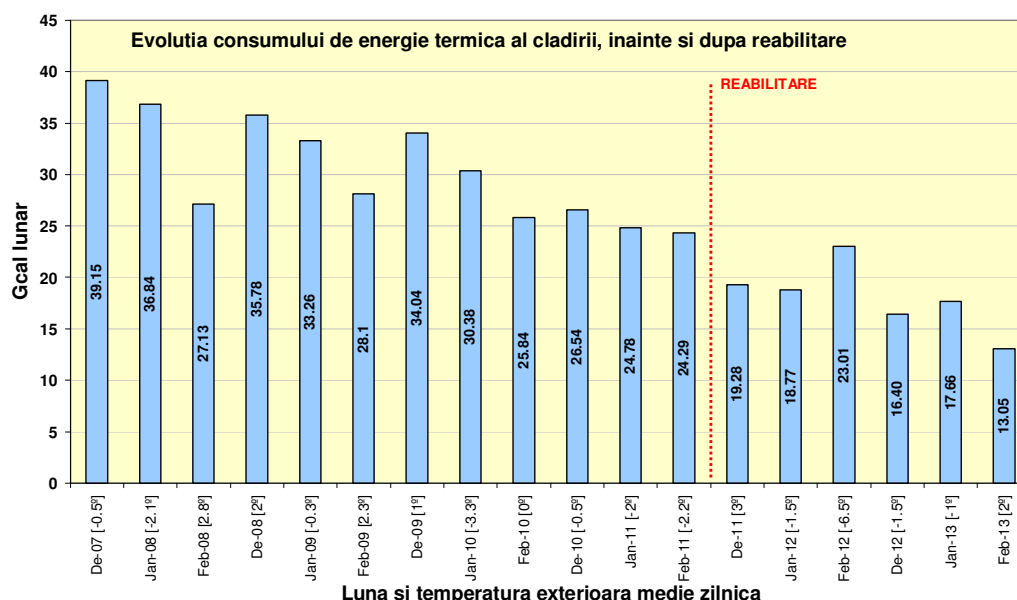


Fig. 4. Evoluția consumului de energie termică înainte și după momentul reabilitării termice pentru un bloc de locuințe P+8 etaje (a se urmări luna feb. 2012 cu record de temp. negativă, față de istoric)

4. Concluzii

a) Repartitorul comun nu poate fi folosit ca un instrument de evaluare a consumurilor efectuate în două sisteme diferite ca și mod de lucru. Însuși conceptul de „repartitor” nu este respectat. Nu a fost niciodată imaginată atașarea lui la două sisteme ce se doresc a fi evaluate separat. Principiul de bază atașează cate un repartitor fiecărui consumator final dintr-un sistem care are „n” componente, în scopul aplicării unei condiții de bilanț cunoscute. Din această serioasă eroare de înțelegere a unui principiu simplu, repartitorul „comun” se constituie în prezent într-un instrument de alterare a proporțiilor consumurilor reale. În sprijinul acestei afirmații se supune atenției situația ca toate radiatoarele de pe o coloană să fie închise (situație foarte frecvent întâlnită în blocurile unde din proiectare au fost făcute supradimensionari ale instalației de încălzire). În acest caz, circulația pe coloană este practic nulă, fluidul staționează pe coloană, deci cedarea de căldură către incintele traversate este neglijabilă. În calculul practicat actualmente, aceste aspecte nu sunt surprinse deloc. În consecință, ar trebui să se țină seama de faptul că debitul prin coloane este variabil, putând fi chiar și nul pentru anumite intervale. Acest lucru ar putea fi luat în considerare printr-un coeficient (notat de exemplu K_j), de utilizare a puterii maxime a coloanelor din imobil. S-a utilizat indicele j , pentru că această evaluare ar trebui făcută pe fiecare coloană în parte.

$$K_j = \frac{U_{rad}}{N_{com} \cdot \sum K_{rad}} \quad (2)$$

Cu acest indice s-ar putea determina U_{col} ținându-se seama de ”gradul de utilizare a radiatoarelor” de pe coloana respectivă:

$$U_{col} = N_{com} \cdot K_{col} \cdot K_j \quad (3)$$

Numărul total de unități aferent radiatoarelor este determinat ca și până acum, iar suma factorilor globali de evaluare radiatoare există în sistem și în prezent. În relația (4) N_{com} și K_{col} au aceleași semnificații ca și cele definite anterior. În aceasta manieră, elementele dinamice din sistem rămân variațiile individuale de index pe fiecare radiator. Recalcularea după metoda propusă a consumurilor aferente celor 2 apartamente comparate conduce la următoarele rezultate din Tabelul 3.

Tabelul 3.

Ap.	Index radiatoare	Cota indiviză	Repartizare actuală				Repartizare recalculată			
			Gcal comun	Gcal coloane	Gcal radiat.	Total Gcal	Gcal comun	Gcal coloane	Gcal radiat.	Total Gcal
Ap.x	730,5	4,55%	0,381	0,672	0,455	1,50	0,28	0,26	0,78	1,32
Ap.y	5.312,74	3,74%	0,313	0,065	3,30	3,68	0,23	0,024	5,57	5,82

Se observă că raportul de 7,2 între indicii de radiatoare, se traduce acum printr-un raport de 4,41 între valorile totale de consum de energie termică, în Gcal, pe apartamente, lucru care este perfect normal ținând cont de consumul comun și cel de pe coloane. Din datele prezentate se poate concluziona ca actualul sistem de repartizare a costurilor nu face altceva decât să tindă spre binecunoscutul sistem „paușal”.

b) Repartitoarele de costuri sunt echipamente ce permit cuantificarea pe baza unor algoritmi de calcul a energiei termice cedate de către fiecare radiator și pot contribui la structurarea corectă a distribuirii costurilor cu energia termică. Ceea ce realizează în fapt repartitoarele este redat în principiu de următoarea relație:

$$Q = K \cdot \int \left(\frac{t_m - t_a}{60} \right)^{1,33} dt \quad (4)$$

unde K- factor de evaluare în raport cu puterea termică; t_m - temperatura medie a suprafeței corpului de încălzire; t_a -temperatura aerului interior din încăperi. Repartitorul însumează astfel, pe intervale de timp delimitate, evoluția coeficientului global de transfer termic între corpul radiant și mediul înconjurător, în funcție de puterea radiatorului și de temperaturile tur-retur și de cea a mediului ambiant. În această situație, în subsolul tehnic unde este montat repartitorul comun, indicațiile acestuia vor fi dependente de temperatura aerului din subsol. Cu cât va fi mai mare diferența între temperatura conductei branșamentului și temperatura aerului din subsol, cu atât se vor înregistra mai multe unități. Cum se armonizează atunci acest efect, cu recomandările din măsurile de reabilitare care prevăd buna izolare a rețelelor de distribuție din subsolurile clădirilor pentru a evita pierderile de căldură prin transmisie, din moment ce indicațiile așa zisului „repartitor comun” vor determina proporții din ce în ce mai mari ale consumurilor din condominiu și respectiv pe coloane, față de consumul total pe radiatoare?

Referințe

- [1] ANRSC, „Norme tehnice privind repartizarea consumurilor de energie termică între consumatorii din imobilele de tip condominiu...”, ORDINUL nr. 343/13 iulie 2010, M.O. nr. 501, 20 iulie 2010
- [2] Legea 372/2005, „Legea privind performanța energetică a clădirilor”, M.O. Partea I nr. 1144/2005
- [3] R Frunzulică, M Toropoc, A Vartires „The implications of thermostatic valves and individual heat meters in DH systems from Romania”- (EEESD'08), Rhodos august 2008, ISSN 1790-5095, ISBN 978-960-6766-97-8
- [4] L Dumitrescu, „Repartitoarele de costuri nu sunt instrumente pentru determinarea consumului de căldură pentru încălzire,, Revista Instalatorul 3-5/2005, Editura ARTECNO, ISSN 1223-7418

Crearea modelului digital al terenului utilizând tehnologia de scanare laser terestră pentru alunecarea de teren – drum de acces între localitatea Orșova și platoul Topleț, culmea Dranic, județul Mehedinți

Creating the digital terrain model by means of terrestrial laser scanning – Case study “The approach road between Orșova municipality and Topleț plateau, Dranic peak, Mehedinți County”

Clara – Beatrice Vîlceanu¹, Alina Corina Bălă²

^{1,2}Universitatea „Politehnica” din Timișoara

Facultatea de Construcții din Timișoara, Str. Traian Lalescu, nr. 2, Timișoara, 300223, România

E-mail: beatrice.vilceanu@ct.upt.ro

Rezumat. Această lucrare își propune să prezinte avantajele utilizării tehnologiei de scanare laser terestră ca metodologie de urmărire în timp a unei alunecări de teren produsă în județul Mehedinți, ce a afectat drumul de acces către 2 centrale eoliene 3MW amplasate pe culmea Dranic.

Tehnologia utilizată reprezintă ultima inovație în domeniul metodelor moderne din topografia inginerească folosită pentru urmărirea atentă a evoluției anumitor fenomene prezentând caracteristica obținerii unui volum mare de date, într-un timp relativ scurt. Necesitatea monitorizării evoluției fenomenului menționat a fost impusă de re tehnologizarea centralelor respective. Tehnologia descrisă precum și rezultatul final, materializat în modelul digital al terenului, subliniază importanța și aplicabilitatea topografiei în găsirea unor soluții pro active problemelor inginerești.

Cuvinte cheie: alunecare de teren, scanare laser terestră, monitorizare, model digital al terenului

Abstract. This paper aims at presenting the advantages of using terrestrial laser scanning for monitoring the behaviour in time of a landslide that has occurred in Mehedinți County and has affected the approach road to 2 wind-driven electrical power stations of 3 MW located on Dranic peak.

The terrestrial laser scanner used in this case study represents state of the art technology in the field of modern methods specific to engineering topography. It is used for monitoring the evolution in time of certain phenomena because of its characteristic of measuring a large amount of data in a relatively short time. The necessity of the study emerged from the requirement of reengineering works. The described technology and the final deliverable, materialized as the digital terrain model of the terrain, emphasises the importance and the applicability of geodesy in giving proactive solutions to engineering problems.

Key words: landslide, terrestrial laser scanning, monitoring, digital terrain model

1. Introducere

Condițiile geologice și fizico-geografice situează România în categoria țărilor cu potențial ridicat de producere a unor fenomene de instabilitate, în special, a alunecărilor de teren (Fig. 1). Ariile cu potențial ridicat în ceea ce privește probabilitatea de declanșare a unor alunecări de teren sunt legate de condițiile de relief, fiind situate în cea mai mare parte în zonele subcarpatice ale țării noastre și de abundența precipitațiilor căzute în ultimii ani, care a favorizat declanșarea și extinderea alunecărilor pe mari suprafețe de teren agricol. [1] Prin procesul de alunecare a terenului, au avut de suferit nu numai suprafețele agricole, ci au fost avariate și distruse construcții (în vetre de sat sau orașe), s-au produs numeroase degradări de căi de comunicație, au fost afectate obiective industriale și construcții hidrotehnice. [2]

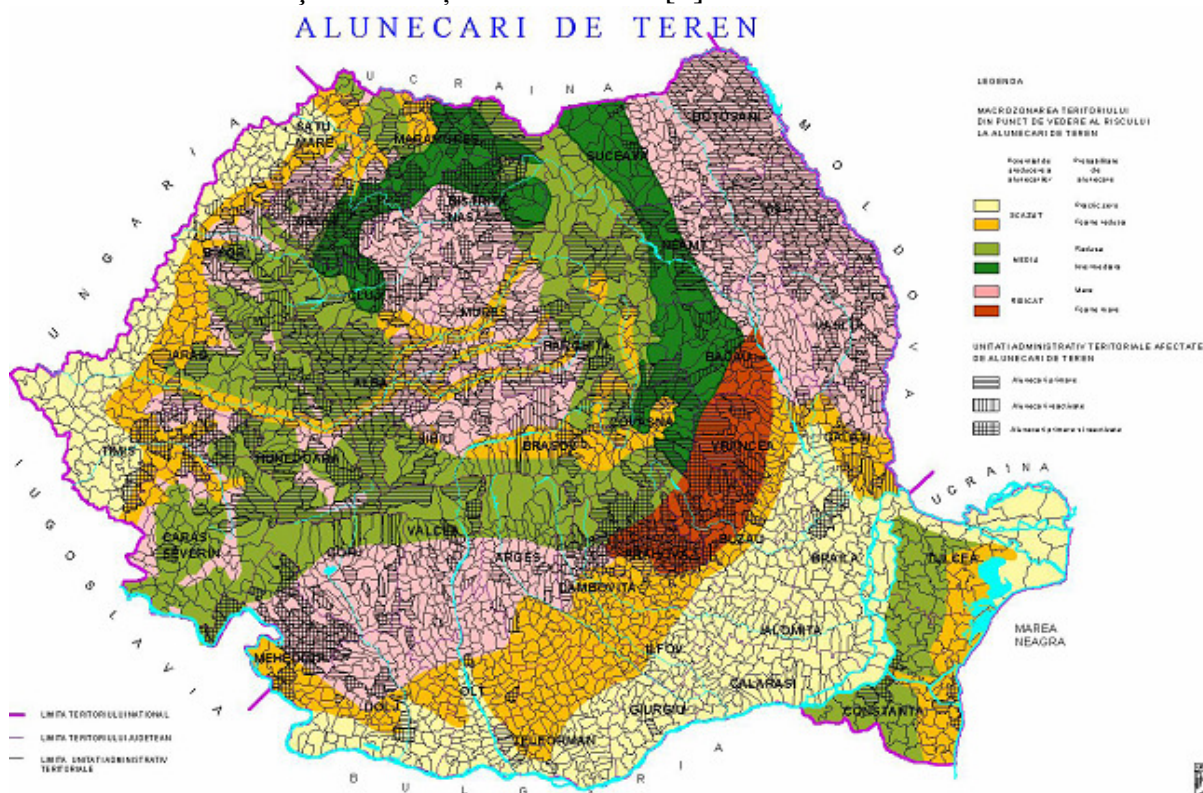


Fig. 1. România – țară cu potențial de producere a alunecărilor de teren [2]

Ca o continuare la studiul derulat de către unul din autori în vederea monitorizării fenomenului de instabilitate ce a afectat drumul de acces către 2 centrale eoliene 3MW amplasate pe culmea Dranic în județul Mehedinți folosind metode topogeodezice moderne, în această lucrare am folosit informații referitoare la fenomenul de instabilitate, la geologia zonei și la măsurătorile topografice anterioare în scopul stabilirii direcțiilor viitoare de acțiune.

Stadiul actual al lucrărilor constă în procesarea primei tranșe de măsurători realizate cu scanerul laser Leica C10 și compararea modelului digital al terenului rezultat cu acela obținut prin măsurători topografice tradiționale realizate cu stația totală Leica TCRA 1205+, urmând să fie efectuate alte sesiuni de măsurători pentru a putea caracteriza comportamentul în timp al versantului.

Crearea modelului digital al terenului utilizând tehnologia de scanare laser terestră pentru alunecarea de teren – drum de acces între localitatea Orșova și platoul Topleț, culmea Dranic, județul Mehedinți

2. Materiale și metode

Amplasamentul studiat este reprezentat de traseul drumului care face legătura între localitatea Orșova și Platoul Topleț (Fig. 2), fiind situat în Podișul Mehedinți.

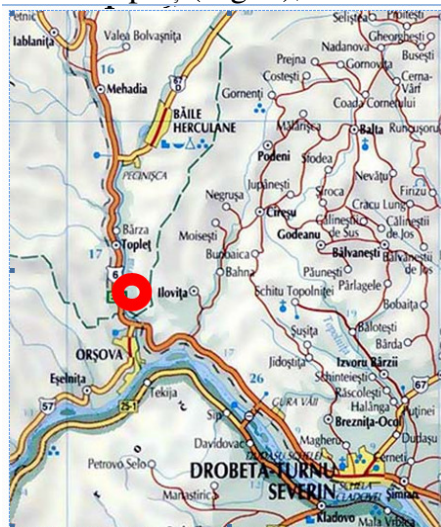


Fig. 2. Localizarea geografică a amplasamentului studiat

Efectuarea măsurătorilor folosind scannerul laser terestru Leica ScanStation C 10 poate fi schematizată în trei etape, și anume: planificarea, scanarea propriu – zisă și georeferențierea, denumită de programele specializate de prelucrare a acestor date „înregistrare”. În această ultimă etapă se are în vedere asigurarea calității măsurătorilor și controlul acestora.

2.1. Etapa de planificare

În faza de planificare a unei sesiuni de măsurători folosind tehnica de scanare laser terestră se au în vedere:

➤ **cerințele proiectului:**

- monitorizarea unei suprafețe de teren în loc de măsurători punctuale,
- livrabile 3D,
- structura unei suprafețe complexe,
- rezultate care să poată fi utilizate de specialiști din domenii diferite în anumite scopuri, scoțând astfel în evidență caracterul interdisciplinar al cercetării,

➤ **scopul lucrării:** pregătirea modelului digital al terenului din zona afectată de alunecarea de teren, pentru a putea determina:

- numărul de stații necesare – 2, pentru a garanta atât o acoperire maximă a zonei cât și o precizie bună concomitent cu minimizarea numărului de puncte de stație și probabilității de a avea zone nescanate datorită fenomenului de umbră,
- locațiile optime ale punctelor de stație,
- numărul țintelor artificiale (3),

- tipul țintelor artificiale folosite (ținte HDS de 3'') (Fig. 3),
- locațiile optime ale țintelor artificiale (să fie vizibile din ambele puncte de stație).



Fig. 3. Ținta de 3'' folosită la scanare

În momentul planificării numărului și locațiilor punctelor de stație (Fig. 4), am luat în considerare câmpul de vedere al instrumentului (270 x 360 grade), distanța de măsurare a instrumentului cuprinsă între 130 – 300 m, impedimentele în linia de vizare înspre ținte sau corpul alunecării de teren datorate vegetației și prognoza timpului.

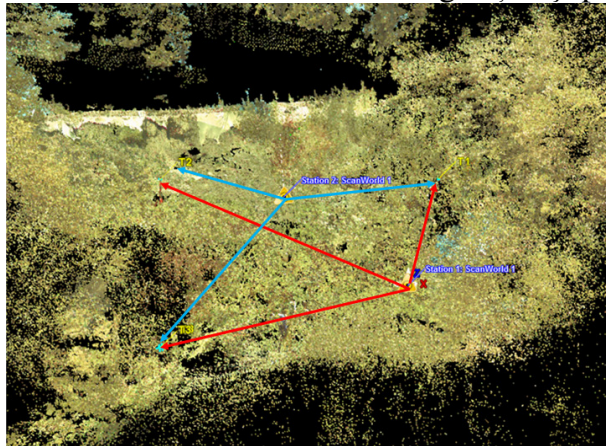


Fig. 4. Schiță cu amplasarea stațiilor de scanare

2.2. Etapa de scanare a obiectivului

Etapa de scanare a cuprins punerea în cele 2 stații a scannerului (Fig. 5). Activitatea de teren s-a desfășurat în data de 12.07.2012, a început la ora 09.00 și a luat sfârșit la ora 18.00, concomitent cu măsurători topografice realizate cu stația totală descrise într-o altă lucrare.



Fig. 5. Prima stație de scanare

Crearea modelului digital al terenului utilizând tehnologia de scanare laser terestră pentru alunecarea de teren – drum de acces între localitatea Orșova și platoul Topleț, culmea Dranic, județul Mehedinți

Principalele operațiuni realizate în această etapă au constat în marcarea punctelor de stație pentru scanner și ținte cu țărnuși de lemn, punerea în stație a scannerului, conectarea scannerului - înainte de a porni scannerul, însuși aparatul de scanat trebuie să fie conectat la un laptop care poate primi și stoca toate punctele care vin de la scanner și să controleze proprietățile scannerului, se scanează aria de interes (Fig. 6) precum și țintele.

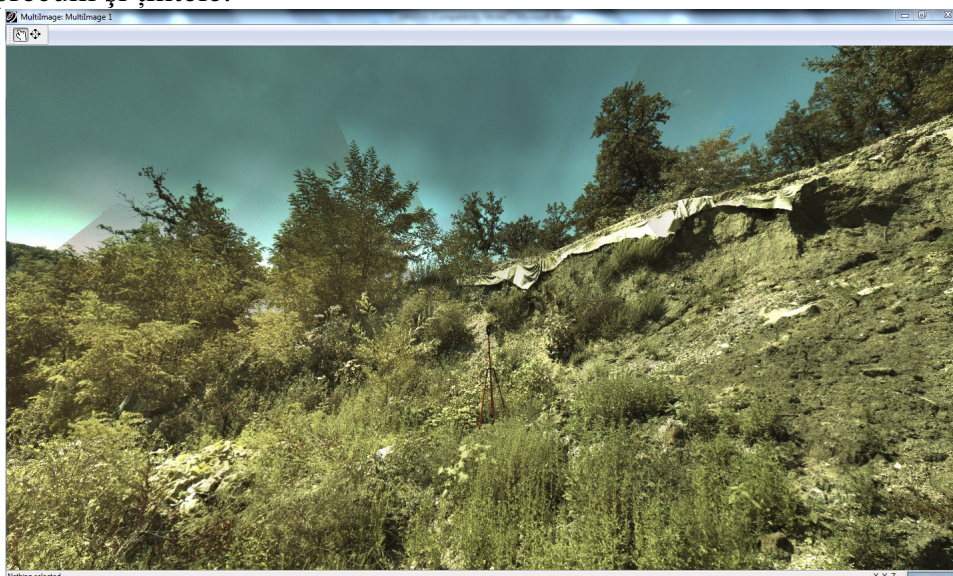


Fig. 6. Fotografie panoramică realizată de scanner

2.3. Etapa „înregistrare”

În majoritatea cazurilor, obiectul care urmează să fie scanat este prea mare pentru a fi scanat dintr-o singură poziție. De aceea, este necesară scanarea din multiple poziții. Poziția fiecărei scanări este definită în sistemele de coordonate ale scannerului. Pentru a putea alinia diferite poziții de scanare (Fig. 7), este necesar să se cunoască poziția și orientarea exactă a acestor sisteme de coordonate ale scannerului conform cu un sistem de coordonate local/global al terenului. [3]

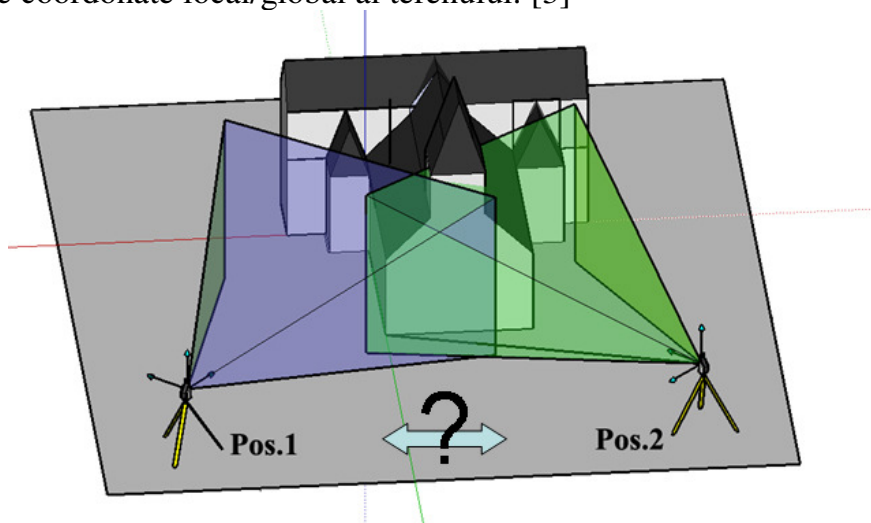


Fig. 7. Scanarea unui obiect din două puncte de stație diferite [3]

Aducerea scanărilor din diferite stații într-o stație comună, etapă ce poartă diferite denumiri în literatura de specialitate, și anume „georeferențiere”, „înregistrare”, „registrație”, se poate face în mai multe moduri (Fig. 8).

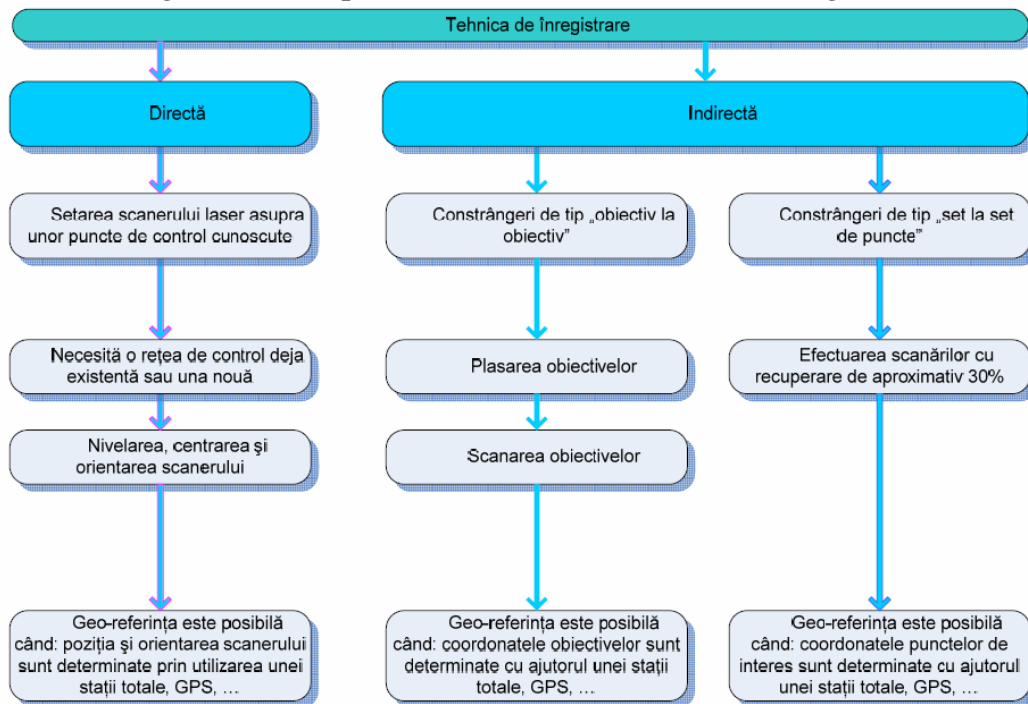


Fig. 8. Tipurile de înregistrări [3]

Prelucrarea măsurătorilor realizate cu tehnica de scanare laser terestră s-a realizat cu ajutorul programului specializat Cyclone.

Înregistrare („registration”) pentru „nori de puncte” care provin din puncte de stație diferite constă în introducerea scanărilor denumite „ScanWorld-uri” corespunzând punctelor de stație într-o singură înregistrare (Fig. 9) și adăugarea unor constrângeri automate. Pentru ca aceste constrângeri să furnizeze o precizie de înregistrare bună trebuie să existe cel puțin trei ținte comune între puncte de stație consecutive și să nu existe greșeli în denumirea țăintelor.

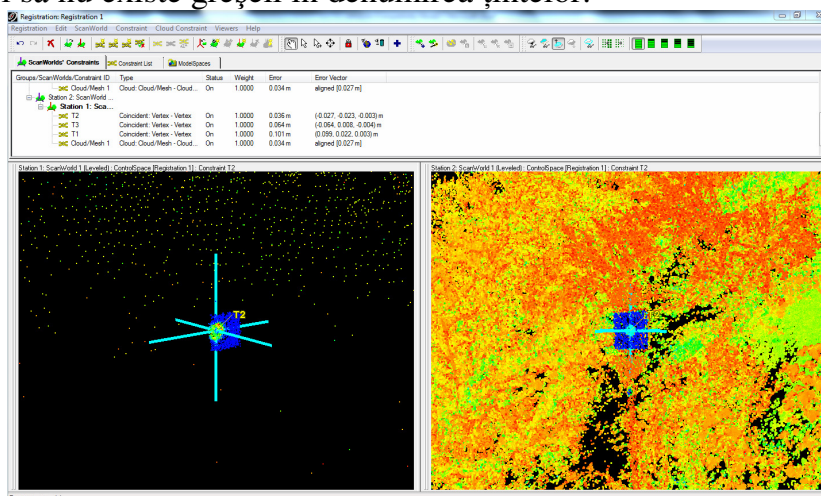


Fig. 9. Vizualizarea țintei T2 din două puncte de stație diferite

Crearea modelului digital al terenului utilizând tehnologia de scanare laser terestră pentru alunecarea de teren – drum de acces între localitatea Orșova și platoul Topleş, culmea Dranic, județul Mehedinți

„Norii de puncte” din stații diferite vor fi incluși în același spațiu de lucru pe baza constrângerilor (Fig. 10, 11).

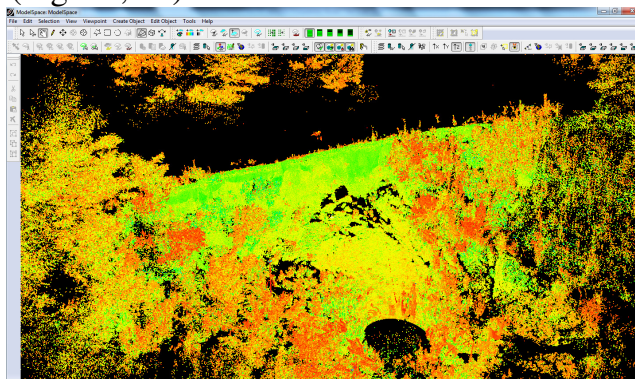


Fig. 10. „Norul de puncte” obținut după înregistrare – culori folosite de scanner

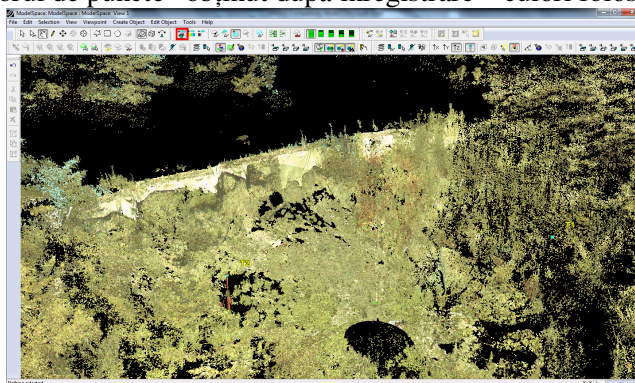


Fig. 11. „Norul de puncte” obținut după înregistrare – reprezentare prin culori realiste determinate pe baza fotografiei panoramice realizate de scanner

La achiziția datelor se creează atâtea nori de puncte de câte ori se apasă butonul „Scan”. Unificarea datelor are rolul de a facilita lucrul cu norii de puncte și de a ușura vizualizarea lor, prin aducerea tuturor norilor de puncte în cadrul unui singur nor, pe care calculatorul îl poate gestiona mai ușor din punct de vedere al memoriei necesare.

După ce datele au fost unificate, se urmărește reducerea norului de puncte pentru eliminarea punctelor nedorite (zgomotul de măsurare). Se pot folosi funcții automatizate, care să segmenteze norul de puncte în funcție de intensitate – însemnând că vor fi selectate și izolate regiunile din zonele în care densitatea punctelor este mică (spre extremitățile zonei scanate) (Fig. 12).

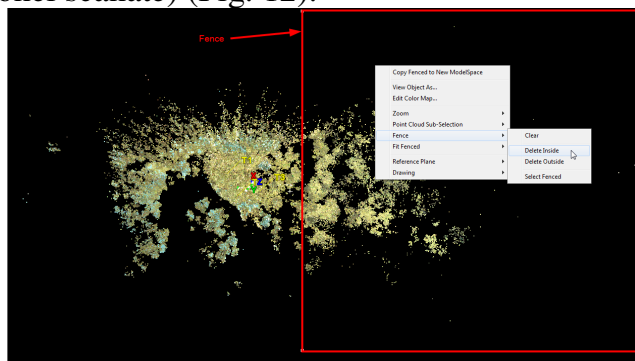


Fig. 12. Eliminarea zgomotului de măsurare în mod manual

Exportarea datelor pentru utilizare în AutoCAD Civil 3D 2012. Datele vor fi exportate într-un format text (*.pts) și apoi încărcate în programul AutoCAD (Fig. 14).

Coloanele din fișierul text corespund la: X, Y, Z, I (intensitate), R (red), G (green), B (blue). Coordonatele sunt în sistem local, cu originea în primul punct de stație (X=0, Y=0) și Z=0 la nivelul punctului din construcția scanner-ului față de care se măsoară înălțimea acestuia (Fig. 13).

```
67.243240 67.286392 44.112656 -1396 84 77 61
67.878433 67.608139 44.199326 -1467 55 54 24
67.523483 67.540817 44.183914 -1463 42 41 36
67.919876 67.900742 44.331772 -1486 52 53 45
67.907150 67.377487 44.979538 -1521 127 161 134
67.949509 67.289810 44.959274 -1416 64 70 42
67.948196 67.671219 44.719650 -1506 94 139 136
67.935898 67.529404 44.583817 -1652 84 107 89
67.817947 67.678391 44.914108 -1359 50 54 39
69.734451 66.201370 45.170700 -1447 45 42 25
68.065201 64.454971 45.835220 -1424 119 127 88
69.640335 65.872238 44.281448 -1614 68 63 34
69.400681 65.667435 44.007614 -1630 91 88 55
69.275284 65.936539 44.554611 -1609 72 75 56
69.377090 65.895737 44.575760 -1434 90 102 66
69.769272 65.605972 44.737015 -1576 125 127 80
69.951279 65.512131 44.772263 -1370 112 117 76
69.772324 66.362656 45.002090 -1550 30 33 22
68.140030 66.362473 44.180161 -1508 77 71 39
68.033707 66.609268 44.412003 -1370 77 71 49
68.818863 66.290817 44.836349 -1627 36 34 21
68.035721 66.732559 44.669449 -1483 89 90 50
68.419357 66.950729 44.906509 -1629 87 83 48
69.606216 66.092453 44.370590 -1539 54 60 32
69.594925 66.965744 44.635788 -1429 67 70 41
68.978043 67.188187 44.209396 -1593 98 92 58
68.006241 67.212509 44.339218 -1496 70 92 45
68.102768 67.427383 44.944260 -1431 76 103 84
68.001511 67.588181 44.865158 -1511 157 207 158
68.473862 67.246933 45.131424 -1442 171 188 178
68.742386 67.744308 45.019547 -1372 114 122 85
68.658920 67.797012 45.014053 -1447 121 153 140
77.141800 64.714737 46.486496 -1586 35 35 25
75.732376 65.412979 43.289169 -1530 47 41 27
74.373398 67.271011 45.284500 -1508 29 30 16
77.392258 64.901321 46.765701 -1475 41 38 23
67.636551 66.544601 49.462418 -1352 74 71 38
64.902512 64.111893 49.149399 -1373 52 54 40
-47.152725 -26.426804 137.254074 -1665 255 255 240
```

Fig. 13. Coordonate din „norul de puncte” măsurat de scanner (fișier generat)

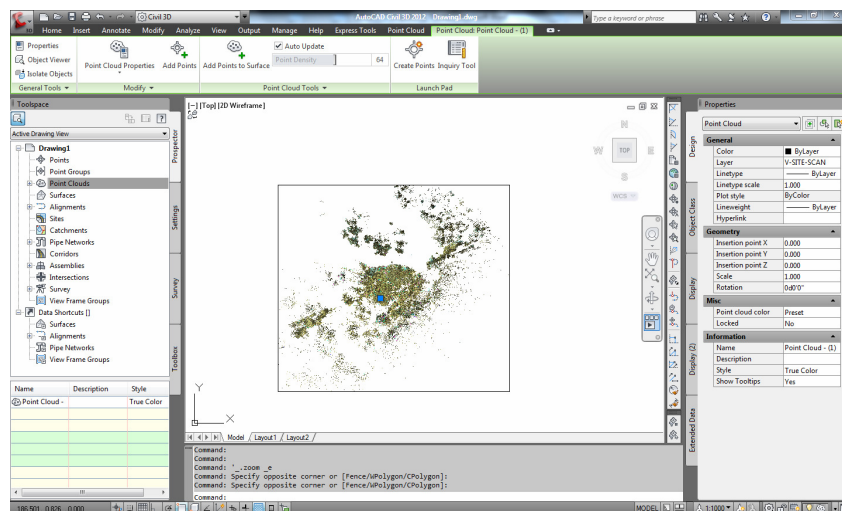


Fig. 14. Norul de puncte încărcat în AutoCAD

3. Rezultate

Modelul digital al terenului scanat (Fig. 15, 16) a fost obținut după utilizarea unui algoritm de filtrare a datelor. Acesta asigură filtrarea norului de puncte de acele puncte care nu sunt relevante pentru crearea suprafeței dorite. Se realizează prin setarea unei rețele rectangulare, la echidistanța specificată de utilizator. În jurul punctelor de intersecție a liniilor rețelei rectangulare (grid-ului) se vor dezvolta (automat, prin funcție a programului) cilindrii în interiorul cărora se va face o căutare a punctelor cu cota cea mai mică. Toate punctele cu cota cea mai mică, găsite în interiorul cilindrilor, vor fi adăugate într-o suprafață (Surface) în Civil 3D care reprezintă de fapt modelul digital al terenului.

Acest algoritm are rolul de a furniza pentru modelul digital al terenului cele mai probabile puncte, care, evident, se găsesc la nivelul cel mai de jos al suprafeței scanate (se evită, de exemplu, luarea în calcul pentru modelul digital al terenului a punctelor aflate pe coroanele copacilor etc.).

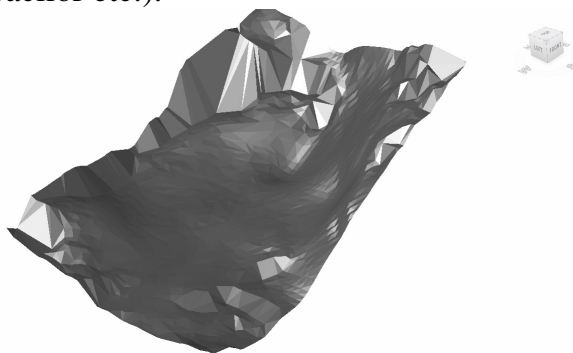


Fig. 15. Modelul digital al terenului pe zona alunecată de la corpul de drum la km 1+642 (pe drumul de acces) între localitatea Orșova și Platoul Topleț, culmea Dranic

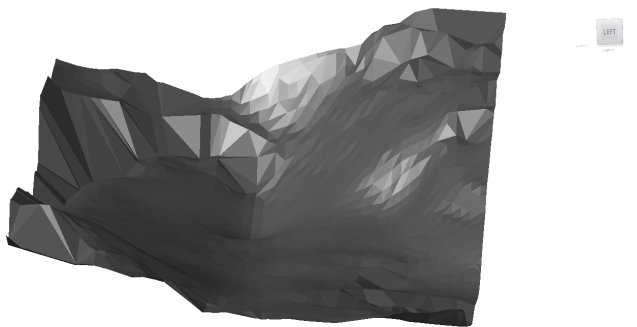


Fig. 16. Vizualizare a modelului digital al terenului creat

Crearea modelului digital al terenului prin măsurători planimetrice și altimetrice precise prezintă o importanță deosebită deoarece poate fi utilizat și la calculul:

- grosimii și volumului corpului alunecării de teren;
- lungimii și lățimii corpului alunecării de teren;
- partiționarea suprafeței zonei cu stabilirea direcțiilor de alunecare;
- determinarea secțiunilor longitudinale și transversale etc. [4]

4. Concluzii

Tehnologia de măsurare și de prelucrare a datelor s-a dezvoltat foarte mult în ultimii ani, ajungând astăzi la monitorizarea în timp real a deformațiilor și deplasărilor terenului, un fapt extraordinar, permițând astfel evitarea apariției unui dezastru. Astăzi scanarea laser terestră reprezintă o primă referință pentru analizarea 3D a modelelor și a datelor spațiale, fiind utilizată pentru studii din diverse domenii, cum ar fi: geofizica, mineritul, hidrologia, protecția mediului, construcții, arheologie, meteorologie etc. [5]

Astfel un număr semnificativ de oameni de știință au demonstrat valoarea acestei tehnologii pentru monitorizarea alunecărilor de teren și a altor hazarduri. Tehnologia de scanare laser terestră poate fi folosită cu succes ca metodă complementară sau care să înlocuiască metodele geodezice tradiționale de măsurare pentru caracterizarea atât a geometriei cât și a geologiei versanților instabili.

Pentru obținerea unor rezultate bune privind monitorizarea alunecărilor de teren folosind tehnologia de scanare laser terestră am realizat o analiză Swot. În categoria aspectelor favorabile intră beneficiile scanării laser terestre:

- minimizarea muncii de teren concomitent cu creșterea timpului de procesare a datelor,
- costuri mai mici decât în cazul tehnologiilor aeropurtate pentru zone de dimensiuni mici și mijlocii,
- minimizarea probabilității de apariție a zonelor nescanate datorată efectelor de umbrire,
- posibilitatea de a scana din unghiuri diferite și de a suprapune rezultatele,
- rezultate complexe de înaltă precizie,
- în loc de a măsura puncte dedicate, predefinite, întreaga structura a unui obiect poate fi capturată, permițând astfel investigații numeroase în faza de post – procesare (exemplu: mișcări ale cablurilor, deformații de piloni etc.).

Direcțiile viitoare de cercetare se vor axa pe calculul deformațiilor și deplasărilor pentru reperii amplasați pe corpul alunecării ce vor rezulta din viitoarele tranșe de măsurători.

6. Acknowledgment

¹“This work was partially supported by the strategic grant POSDRU 107/1.5/S/77265, inside POSDRU Romania 2007-2013 co-financed by the European Social Fund – Investing in People.”

Referințe

- [1] Clara Beatrice Vilceanu, I.S. Herban, M.Marin, „The importance of landslide risk maps for the management of environmental issues”, International B.EN.A. Conference Environmental Engineering and Sustainable Development, Alba – Iulia, România, 26 – 27 Mai, 2011.
- [2] Marilena Mărghițaș, M. Rusu, Tania Mihăiescu, C. Toader, „Reconstrucția ecologică a terenurilor agricole degradate prin alunecare (B)”, Jurnalul ProEnvironment/Promediu, nr. 2, pag. 105 – 106, 2008.
- [3] *** Inspectoratul Situațiilor de Urgență Mehedinți, 2011.

Crearea modelului digital al terenului utilizând tehnologia de scanare laser terestră pentru alunecarea de teren – drum de acces între localitatea Orșova și platoul Topleț, culmea Dranic, județul Mehedinți

- [4] *** Grup multidisciplinar de experți, „Teoria și practica scanării terestre cu ajutorul laserului, Versiunea 2, Proiectul „Tehnicile de învățare pentru supraveghere tridimensională prezentată în cadrul programului de asumare a riscului (3DRiskMapping)”, 2006 – 2008, co-finanțată de Flemish Agency din cadrul programului European Leonardo Da Vinci.
- [5] I. Stoian, V. Olaru, N. Baroiu, „Making Landslides Risk Maps as Monitoring Systems of the Phenomenon Based on Precision Geodesic Measurements”, FIG Working Week – Bridging the Gap between Cultures, Marrakech, Morocco, 18-22 May 2011.
- [6] Alina Corina Bălă, Floarea Maria Brebu, Anca-Maria Moscovici, „Using modern topo-geodetic technologies in the process of monitoring buildings deformations”, Surveying Geology and mining Ecology Management (SGEM), 12-th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, Albena, Bulgaria, 17-23 June 2012.

Consideratii privind aplicarea si corelarea noilor reglementari nationale din domeniul producerii betonului, proiectarii, executiei si evaluarii calitatii lucrarilor din beton

Considerations regarding application and correlation of the new concrete national regulations in the production, design, execution and assesement of the quality of concrete works

Dan Paul Georgescu

Universitatea Tehnică de Construcții București,
B-dul Lacul Tei nr.124, Sector 2, București, România
e-mail: dgeorgescu@utcb.ro

Rezumat: *Lucrarea prezintă o analiză a unor reglementări romanesti pentru structurile din beton considerand urmatoarele activitati: producerea betonului, executia, proiectarea și evaluarea in-situ a calitatii betonului din constructii existente. Se fac propuneri de armonizare și corelare cu standardele europene, de revizuire a sistemului românesc actual al reglementărilor tehnice pentru structurile din beton.*

Cuvinte cheie: reglementari, beton armat, corelare, armonizare

Abstract: *The paper presents an analysis of Romanian regulations for concrete structures regarding the main activities: production of concrete, execution, design and the assesment of the in situ compressive strength of concrete in structures. It proposes further harmonization and correlation with European standards, review of the current Romanian system of the technical regulation for concrete structures.*

Key words: regulations, reinforced concrete, correlation, harmonization

1. INTRODUCERE

În prezent, în Romania există o anumită structură a reglementărilor tehnice pentru construcțiile din beton armat. Acestea privesc activități specifice privind producerea betonului, executarea lucrărilor, proiectarea elementelor și structurilor din beton armat precum și verificarea calității betonului din construcții existente.

Aceste reglementări tehnice se regăsesc în cea mai mare parte în Lista reglementărilor tehnice elaborate de M.D.R.T.

Proiectarea, producerea betonului, execuția și verificarea lucrărilor din beton armat trebuie sa se efectueze pe baza unor reglementari naționale, armonizate cu cele europene.

2. STRUCTURA REGLEMENTARILOR PENTRU CONSTRUCTIILE DIN BETON ARMAT

2.1. SITUAȚIA LA NIVEL NAȚIONAL

La nivel național există, în prezent, o structură a reglementărilor pentru domeniul construcțiilor din beton armat indicată, în principal, la domeniul IV “Reglementările tehnice privind proiectarea și executarea lucrărilor de beton, beton armat și beton precomprimat” al listei reglementărilor tehnice în construcții.

Această listă cuprinde o serie de reglementări din domeniul producerii, execuției și proiectării lucrărilor din beton armat. În afară de domeniul IV, mai există reglementări privind construcțiile de beton la domeniul XXI “Reglementări tehnice pentru verificarea calității și recepția lucrărilor de construcții și instalații” precum și la domeniul XXVI “Reglementări tehnice privind proiectarea și executarea construcțiilor pentru transporturi” pentru lucrări de drumuri. Reglementarea privind producerea betonului hidrotehnic ‘Instrucțiuni privind betoanele hidrotehnice’ indicativ PE 713-2005 nu figurează în domeniul XIX ‘Reglementări tehnice privind proiectarea și executarea construcțiilor hidrotehnice, amenajărilor și regularizărilor de râuri’ prezentat în lista aprobată la nivel național, nefiind o reglementare de nivel național, fiind însă aplicată, la nivel departamental.

De asemenea, în domeniul I “Reglementări tehnice privind calculul construcțiilor și elementelor construcțiilor” există reglementări specifice structurilor din beton armat.

O serie din aceste reglementări sunt elaborate înainte de 1989 fiind în mod imperios necesară revizuirea sau chiar anularea acestora în unele cazuri.

2.2. SITUAȚIA LA NIVEL INTERNAȚIONAL

Pe plan European s-a propus o arhitectură specifică legată de domeniul betonului armat (figura 1.1.) care prezintă, de fapt, legătura între standardele de produs (componentele betonului) de producere a betonului, de proiectare, execuție și verificare a construcțiilor din beton.

Acesta trebuie să fie, de altfel, nucleul pentru reglementările naționale revizuite, care în mod evident trebuie completate cu reglementări specifice unor anumite domenii/ tipuri de elemente/ structuri de construcții .

În ceea ce privește structurarea reglementărilor pentru beton, în publicațiile ACI “Manual of concrete practice” (care se revizuieste anual) se face o clasificare care ar putea fi utilizată și în România pe viitor.

În mod evident, numărul de documente ACI este impresionant și acoperă o arie largă din domeniul construcțiilor din beton. Toate documentele au un caracter aplicativ ridicat și realizează o legătură directă cu standardele americane ASTM. Documentele reprezintă sinteze valoroase ale unor cercetări și ale experienței ingineresti.

Consideratii privind aplicarea si corelarea noilor reglementari nationale din domeniul producerii betonului, proiectarii, executiei si evaluarii calitatii lucrarilor din beton

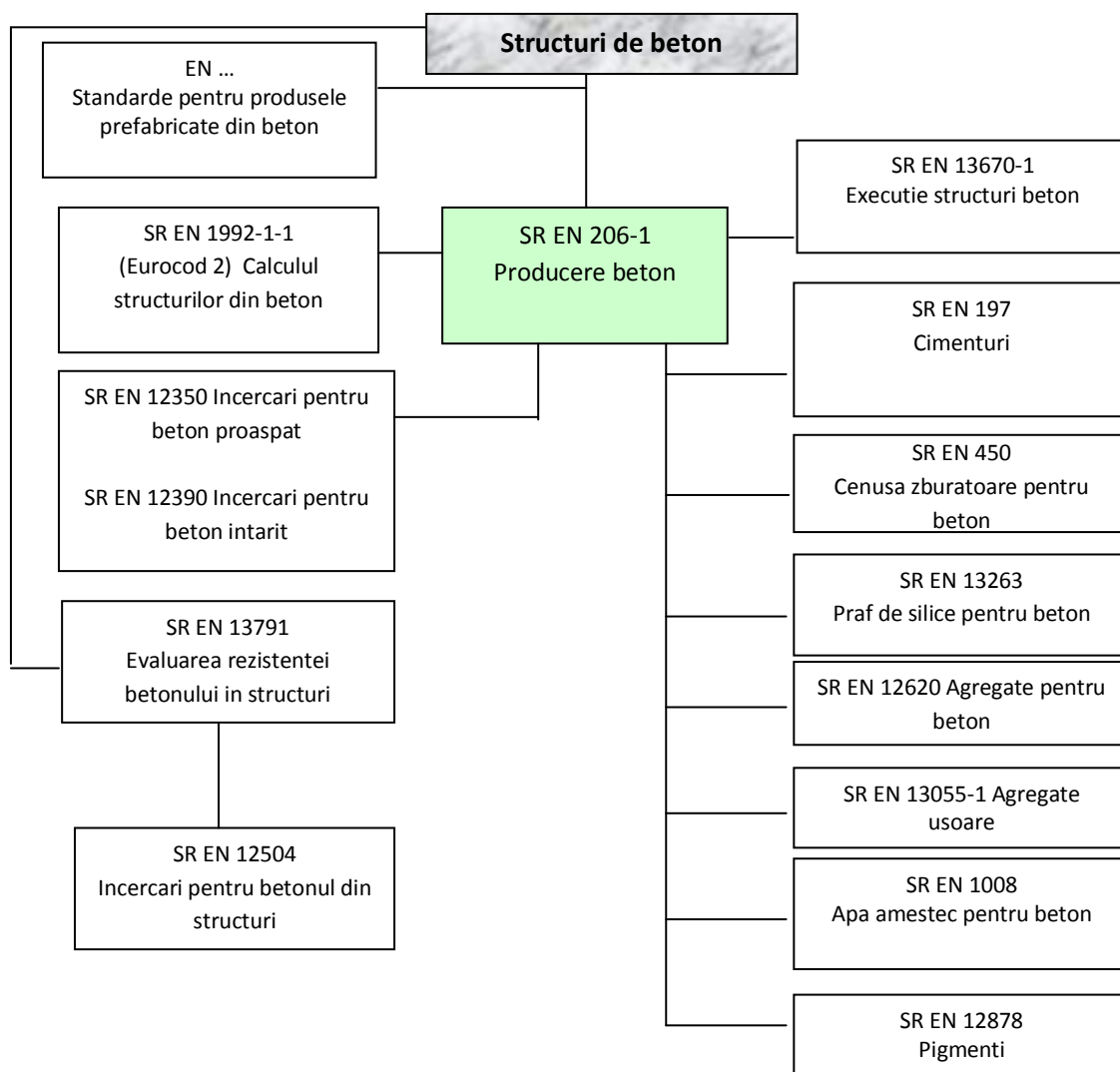


Figura 1.1 - Relații între SR EN 206-1 și standardele pentru concepție și execuție, standardele referitoare la materiale componente și standardele de încercări

2.3 PROPUNERE DE CODIFICARE A REGLEMENTARILOR PENTRU BETON ARMAT

Propunem o alta codificare a reglementărilor în general și a celor de beton, în acest caz, în funcție de domeniu și de activitate (proiectare, producere beton, etc.), figura 1.2.

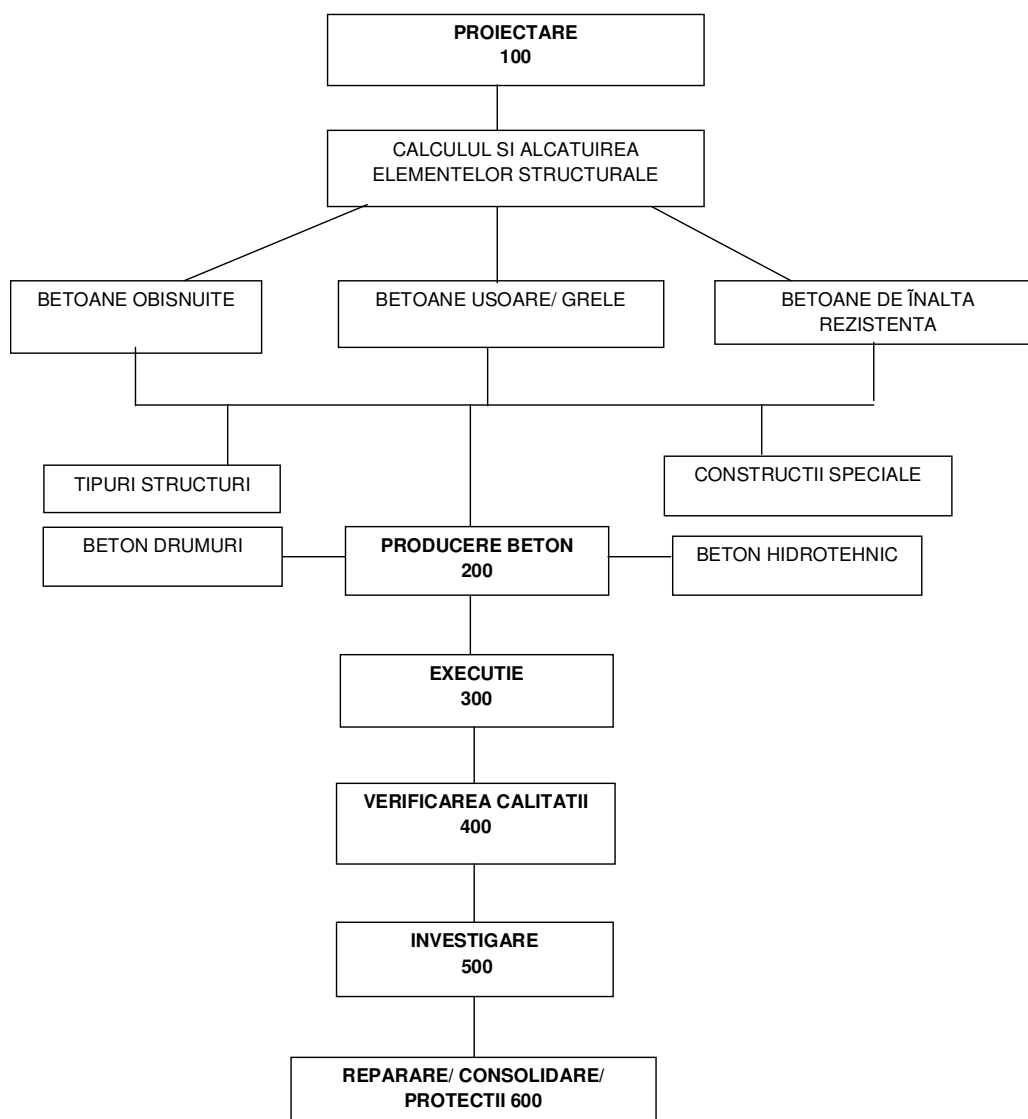


Figura 1.2 - Codificarea reglementarilor pentru lucrarile din beton

Reglementările vor putea astfel ușor identificate. În ceea ce privește ghidurile de aplicare, acestea vor avea o parte din indicativul reglementarii, de exemplu dacă normativul NE 012/1 s-ar codifica 201-07 ghidul de aplicare s-ar codifica 201.1-13 (dacă ar apărea în anul 2013). În acest fel s-ar putea identifica ușor domeniile și, de asemenea, s-ar putea realiza structura necesară a reglementărilor în funcție de domeniu.

În actuala alcătuire reglementările sunt codificate oarecum la întâmplare.

2.4. PROPUNERI DE REVIZUIRE ALE ACTUALULUI PACHET DE REGLEMENTĂRI NAȚIONALE

În ceea ce privește actualul pachet de reglementări naționale, așa cum s-a precizat anterior trebuie să se pornească de la structura existentă pe plan european, să

Consideratii privind aplicarea si corelarea noilor reglementari nationale din domeniul producerii betonului, proiectarii, executiei si evaluarii calitatii lucrarilor din beton

se stabilească stadiul actual al armonizării, necesitatea revizuirii, comasării, anulării, elaborarii unor reglementări noi (inclusiv ghiduri de aplicare a actualelor reglementări).

Pe baza schemei din figura 1.3 se prezintă situația actuală din România în ceea ce privește principalele reglementări specifice pentru beton.

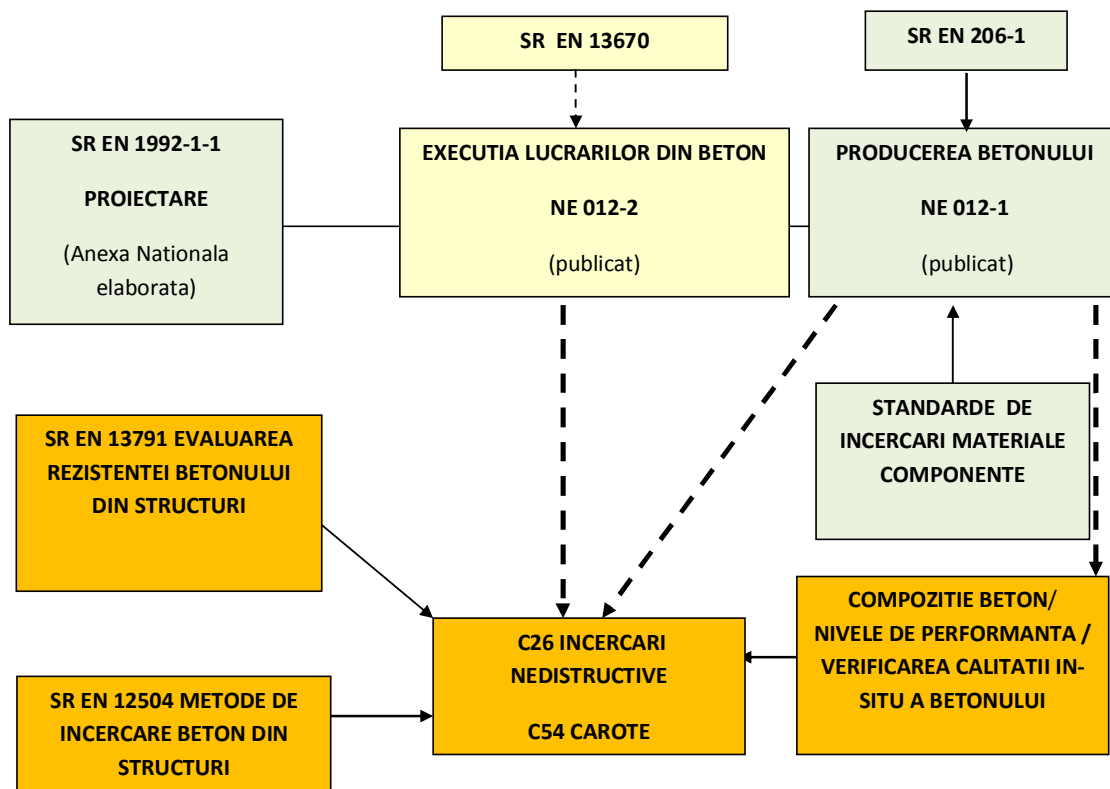


Figura 1.3 - Stadiul armonizării și corelării reglementărilor românești cu cele europene

Din această schemă rezultă faptul că reglementările naționale pentru producerea betonului sunt armonizate la standardele europene. Și în acest caz, având în vedere evoluția permanentă a cunoștințelor în domeniu este necesară revizuirea reglementării NE 012-1 având în vedere în special necesitatea extinderii unor domenii de utilizare a cimenturilor (fapt rezultat din cercetările experimentale naționale) dar și apropiata apariție a unei noi variante a standardului EN 206.

De asemenea, apare necesitatea prevederii/aplicării unor criterii specifice de tip abordare de performanță pentru a se putea determina posibilitatea utilizării betoanelor în medii specifice (de ex. îngheț-dezghet, atac chimic). În acest caz este necesară, de asemenea, elaborarea unui ghid de aplicare. În ceea ce privește partea a doua a normativului NE 012 apărută de curând și aceasta va necesita o revizuire având în vedere că nu este (total) armonizată cu prevederile noului standard SR EN 13670.

Standardul de proiectare SR EN 1992-1-1 completat de Anexa Națională, necesită elaborarea unui ghid de aplicare.

Un caz special îl constituie reglementările pentru determinarea calității betonului din construcțiile existente (C 26-85 și C 54-81) care sunt în vigoare ca și

standardele românești armonizate SR EN 13791 și SR EN 12504. Reglementările C 26-85 și C 54-81 se afla în curs de revizuire și vor fi corelate cu standardele europene.

Revizuirea pachetului de reglementări pentru construcțiile din beton trebuie să țină seama și de prevederile specifice unor altfel de utilizări decât cele pentru clădiri, cum ar fi drumurile și construcțiile hidrotehnice.

Normativul pentru executarea îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment în cofraje fixe sau glisante, NE 014-2002 trebuie revizuit ca și Instrucțiunile privind betoanele hidrotehnice, indicativ PE 713-2005.

Se poate observa ca actuala structura a reglementarilor nationale pentru constructii din beton necesita actiuni imediate pentru corelarea acestora si armonizarea cu standardele europene.

BIBLIOGRAFIE

1. STAS 10107/0-90: Calculul și alcatuirea elementelor din beton, beton armat și beton precomprimat;
2. SR EN 1992-1-1: Proiectarea structurilor din beton. Reguli generale și reguli pentru clădiri;
3. NE 012/1-2007: Normativ pentru producerea betonului și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat. Partea 1: Producerea betonului;
4. NE 012/2-2010: Normativ pentru producerea betonului și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat. Partea 2: Executarea lucrărilor din beton;
5. C 26-65: Normativ pentru încercarea betonului prin metode nedistructive;
6. C 54-81: Instrucțiuni tehnice pentru încercarea betonului cu ajutorul carotelor;
7. SR EN 13791-2007: Evaluarea rezistenței betonului din structuri;
8. SR EN 12504: Încercări pe betonul din structuri;
9. NE 013/2002: Cod de practică pentru execuția elementelor prefabricate din beton, beton armat și beton precomprimat;
10. NE 014/2002: Normativ pentru executarea îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment în sistemele cofraje fixe și glisante;
11. PE 713/2004: Instrucțiuni privind betoanele hidrotehnice;
12. SR EN 13670- 2010: Execuția structurilor de beton.

Comparative Analysis of Experimental vs. Theoretical Thermal Performances of a Single Phase Flow Minichannel Heat Exchange

Analiza comparativă, experimental vs. teoretic a performanțelor termice ale unui schimbător cu minicanale, la curgerea monofazică

Rodica Dumitrescu¹, Anica Ilie²

¹Technical University of Civil Engineering

66, Pache Protopopescu Bd. Bucharest 2, Zip code: 021414, Romania

E-mail: ¹rdumitrescu1709@yahoo.com; ²anica_59@yahoo.com

Abstract: *This paper presents experimental results concerning thermal performances of a mini-channel heat exchanger (hydraulic diameter of 1.54mm) of domestic make, in single phase water flow. Such heat exchangers may be used in air handling units in air-conditioning systems, as an alternative to classical heat exchangers represented by fan coils. The heat exchanger was tested in an experimental set-up, of loop type and worked as an air heater. By design, the experimental stand allowed testing under steady state conditions for both air and water inlet parameters. Heating capacity of the minichannel heat exchanger on both air and water side has been measured. The experimental results have been validated by heating capacity calculations on both working fluids side showing relative errors of approximately 8% on average. The final part of the paper presents a comparative analysis of experimental and theoretical values of the convective heat transfer coefficient on water side, based on different recommended correlations for single phase flow minichannels. The study concluded that Peng et al. and Adams et al., (1994) correlations covered best the experimental results.*

Key words: minichannels, heat transfer, single phase flow and equipment

Rezumat: *Lucrarea prezintă rezultate experimentale referitoare la performanțele termice ale unui schimbător de căldură cu minicanale (cu diametrul hidraulic de 1.54mm), de construcție autohtonă, la circulația monofazică a agentului de lucru. Acest tip de schimbător poate echipa centrale de tratare a aerului utilizate în cadrul unor sisteme de climatizare și reprezintă o alternativă la schimbătoarele de căldură de tip clasic, reprezentate de ventiloconvectoare. Schimbătorul de căldură a fost testat într-un stand experimental de tip circuit închis, cu rol de baterie de încălzire a aerului. Prin construcția sa, standul experimental permite atingerea și păstrarea unui regim cvasistaționar de transfer de căldură pe partea apei și aerului. S-a determinat experimental puterea termică a schimbătorului atât pe partea aerului cât și pe partea apei. Rezultatele experimentale au fost validate prin calculul puterii termice pentru ambii agenți de lucru, iar erorile relative au fost de aproximativ 8%. În ultima sa parte lucrarea prezintă o analiză comparativă între valorile teoretice și cele experimentale ale coeficientului convectiv de transfer de căldură pe partea apei. Pentru calculul teoretic al*

acestui coeficient s-au folosit câteva ecuații criteriale recomandate pentru curgerea monofazică în minicanale. Studiul a condus la concluzia că cea mai bună concordanță între rezultatele teoretice și cele experimentale au fost obținute la utilizarea corelațiilor ecuațiile criteriale Peng et al. și Adams et al.

Cuvinte cheie: minicanale, transfer de căldură, curgere monofazică, echipament.

1. Introduction

Compact minichannel heat exchangers represent an alternative of great interest to the classical heat exchangers. The reason lies in their indisputable advantages regarding high thermal performances, associated to a high compactness and low material consumption. The heat exchanger subjected to testing, is made of aluminum of finned type. It has been tested as air heater using warm water as primary fluid. The experimental results, consisting of thermal performance lead to convective heat transfer coefficient on the water side, flowing inside the minichannel. This paper presents a comparative analysis of experimental and theoretical values of this coefficient.

2. Experimental stand

The schematic layout of the experimental stand is presented in Figure 1. The configuration of the tubes, in cross section is presented in Figure 2. Its geometrical configuration is described by the following parameters: number of tubes: 35; number of minichannels / tube: 6; minichannel hydraulic diameter: 1,54 mm; number of passages 2; number of tubes / passage: 18 and 17 respectively. Aluminum plate fins of 0.2 mm thickness are welded in between the tubes. The overall dimensions of the heat exchanger are: length: 0,645m; height: 0,342m; width: 0,018m.

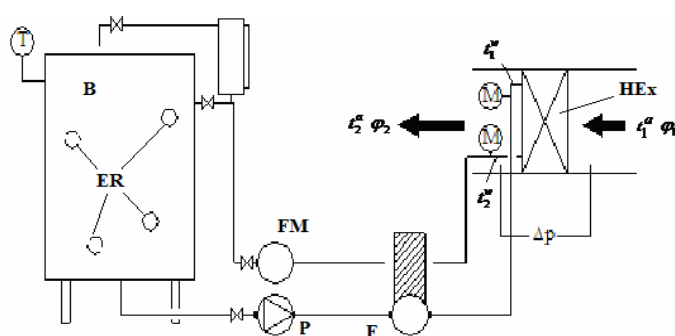


Fig. 1 Schematic layout of the experimental stand

Legend: B – boiler; ER – electrical resistances; P – water pump; F – filter; FM – water flow meter; T – thermostat; HEX - minichannel heat exchanger; M – pressure gauges on water inlet and outlet; t_1^a , t_2^a - air temperature; ϕ_1 , ϕ_2 - inlet / outlet air relative humidity; t_1^w , t_2^w - water inlet / outlet temperature.

Comparative Analysis of Experimental vs. Theoretical Thermal Performances of a Single Phase Flow Minichannel Heat Exchange

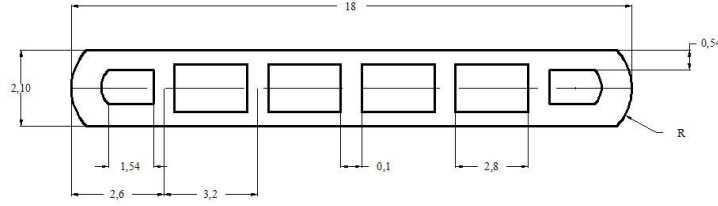


Fig. 2 Tube configuration

The tested minichannel heat exchanger is placed inside the lower horizontal branch of an air loop - made of insulating panels of 20mm thickness of sandwich type, exteriorly covered with thin aluminum sheet. The cross section of the loop is 0,5 x 0,5 m. Inside the same lower horizontal branch there is the air handling unit whose role is to maintain at approximately constant values the air parameters at the air heater inlet. In order to do this, the air handling unit consists of an air cooler and a fan of 3000m³/h. The air cooler is fed with cooled water from the existing water management system of the laboratory.

3. Methodology

In order to experimentally establish the heating capacity on the water side the following parameters have been measured: water inlet and outlet temperature, water flow rate and microchannel wall temperature. The heating capacity on the water side, $\dot{Q}_w$, was computed based on experimental values, according to the following equation:

$$\dot{Q}_w = \dot{m}_w \cdot c_{p,w} \cdot \Delta t_w, [\text{W}] \quad (1)$$

Every heating capacity measurement on water side presented a deviation of maximum 4% thus complying with currently valid standard provisions. This is why the heating capacity on water side has been further considered to calculate the convection heat transfer coefficient. It was then validated by the measured heating capacity on the air side. In order to experimentally determine the latter, the following parameters have been measured: dry bulb and wet bulb temperature of moist air and relative humidity both at the inlet and outlet of the heat exchanger. Based on these values the inlet – outlet enthalpy change of the humid air was computed. The heating capacity on the air side, $\dot{Q}_a$, was computed based on experimental values, according to the following equation:

$$\dot{Q}_a = \dot{m}_a \cdot (h_2 - h_1), [\text{W}] \quad (2)$$

The water to air deviation in the energy balance of 8% was considered by the authors to be an acceptable one, as it provided the validation for the heating capacities on water side. The convection heat transfer coefficient on the water side was computed based on experimental values, according to the following equation:

$$\alpha_{\text{exp}} = \frac{\dot{Q}_w}{S_i \cdot (T_{m,w} - T_{\text{wall}})}, [\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})], \quad (3)$$

where: $T_{m,w}$ - mean water temperature; T_{wall} - mean tube wall temperature.

The theoretical convection heat transfer coefficient on the water side was computed based on the following correlations recommended for turbulent flow:

✚ Peng et al. (1994):

$$Nu = 0,072 \left(\frac{D_h}{W_0} \right)^{1,15} \cdot [1 - 2,421 \cdot (Z - 0,5)] \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

where: D_h - hydraulic diameter of the microchannel; W - width; H - height; W_c – microchannel spacing; Z - dimensionless variable accounting for the side ratio of the microchannel. The optimum Z value leading to a maximum heat transfer is 0,5.

✚ Wu & Little (1998): $Nu = 0,00222 \cdot Re^{1,09} \cdot Pr^{0,4}$ (5)

✚ Adams et al. (1998): $Nu = (Nu)_{gn} \cdot [1 + F]$ (6)

where: - F – coefficient ranging within 0,6-1,75, for Reynolds numbers of approximately 3000-20000 and diameters of 0,76 mm and 1,09 mm;

- $(Nu)_{gn}$ – Nusselt number given by Gnielinski correlation (1976):

$$(Nu)_{gn} = \frac{f}{8} [Re - 1000] \cdot \frac{Pr}{\left[1 + 12,7 \cdot \left(\frac{f}{8} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot (Pr - 1)^{\frac{2}{3}} \right]} \quad (7)$$

where: f – friction factor, computed with the Filonenco relation [1954]:

$$f = [1,82 \log(Re) - 1,64]^{-2} \quad (8)$$

Relation (6) is valid for $Re = 2600 \dots 23000$ and $Pr = 1,53 \dots 6,43$.

✚ Dittus & Boelter (1930), which is currently used for single phase inside conventional size tubes:

$$\alpha = \frac{\lambda}{D_h} \cdot 0,023 \cdot (Re)^{0,8} \cdot (Pr)^{0,4}, [\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})] \quad (9)$$

As Figure 1 shows, the warm water flow rate has been measured by an electronic flow meter (Danfoss); the air flow rate was measured based on the air velocity measurements (flow rate velocity method), complying with currently valid standards. Air velocity was measured in 25 places within the cross section of the loop as shown in Figure 3.

Comparative Analysis of Experimental vs. Theoretical Thermal Performances of a Single Phase Flow Minichannel Heat Exchange

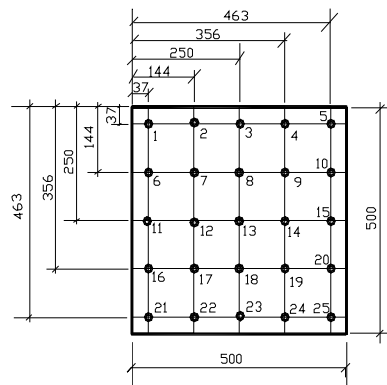


Fig. 3 Positions of the air velocity measurements

The air flow rate has been measured with an Ahlborn hot wire anemometer, of 3% accuracy. The warm water temperature has been measured at the air heater inlet and outlet. Two cross sectional grids have been used in order to measure the air temperature at the air heater inlet and outlet, each of them with 5 measuring points. The temperature has been thus calculated as an averaged value.

The tube wall temperature was measured in 5 locations on the collector height, 5 locations on the distributor height and 3 locations on the heat exchanger height, equally distanced from the collector and distributor. All the temperature measurements (water, air and wall) have used type K thermocouples, $\pm 0.25^{\circ}\text{C}$ accuracy.

The experiments have been carried out under quasi steady state conditions that is for constant inlet water temperature, controlled by the boiler thermostat. It was considered as such the regime characterized by maximum $\pm 5\%$ variation of the measured parameters, along 10 consecutive readings, at 10 minutes apart. Reliable measured data provided under these conditions have been further used in theoretical calculations based on averaged values of the measured parameters.

4. Results

4.1. Experimental results

The measured parameters on water side are shown in Table 1.

Table 1.

Measured parameters on the water side					
#	Water temperature, [$^{\circ}\text{C}$]			Mean wall temperature, [$^{\circ}\text{C}$]	Water flow rate, [kg/s]
	inlet	outlet	mean		
1	53.00	43.30	48.2	47.1	0.295
2	54.50	45.30	49.9	48.8	0.290
3	52.20	40.90	46.6	45.4	0.294
4	52.50	41.60	47.1	46.00	0.292
5	52.00	42.90	47.5	46.4	0.293
6	55.20	44.00	49.6	48.5	0.292
7	53.50	43.10	48.3	47.2	0.294
8	55.00	44.90	50.0	48.9	0.295
9	54.20	43.80	49.0	47.9	0.293

Based on the measured parameters on both water and air side heating capacities and deviations have been computed. They are all shown in Table 2 and Figures 4 and 5.

Table 2.

Heating capacity based on the experimental measurements

#	Heating capacity on air side, [W]	Heating capacity on water side, [W]	Heating capacity deviation, [%]
1	13035	11967	0.08
2	12929	11158	0.14
3	14307	13870	0.03
4	14095	13310	0.06
5	12113	11150	0.08
6	14852	13677	0.08
7	14536	12787	0.12
8	14009	12460	0.11
9	13377	12743	0.05

The above data show that generally, that is in most cases, the heating capacity measured on the water side is close to the heating capacity measured on the air side. The largest difference is of 14%. Nonetheless, the experimental heating capacity on the water side may be regarded as a reliable one as measuring of air parameters implies difficult experimental conditions to be met in order to obtain highly accurate results.

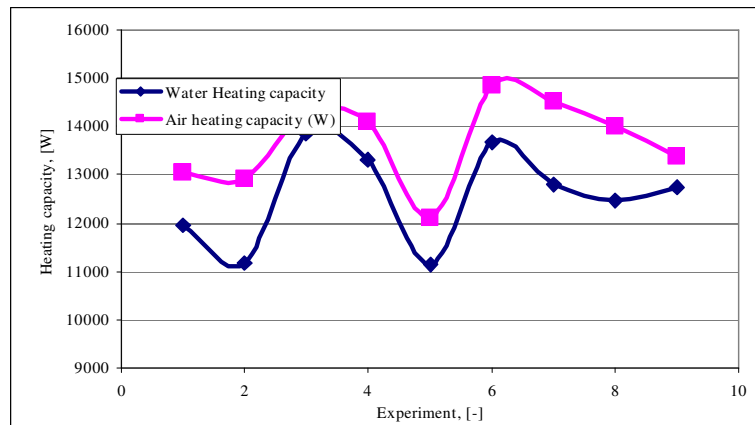


Fig. 4 Heating capacity on air and water side

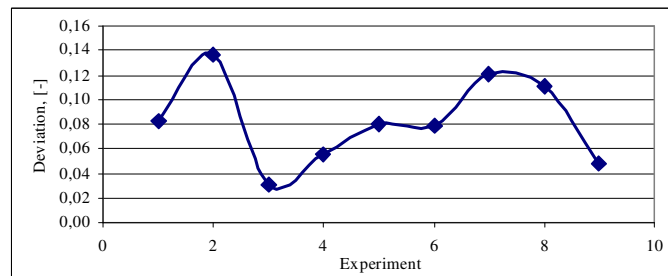


Fig. 5 Deviation of the heating capacity on air and water side

Based on the experimental water side heating capacity data the mean convective heat transfer coefficient has been assessed according to equation (3). The experimental values of the mean convective heat transfer coefficient are exhibited in Table 3.

Table 3.

Mean convective heat transfer coefficient							
#	Heating capacity on the water side, [W]	Water temperature, [°C]			Average wall temp *. [°C]	Temp*. difference between water and wall surface [°C]	Experimental convective heat transfer coefficient, [W/(m ² K)]
		inlet	outlet	Average			
1	11967	53.0	43.3	48.2	47.1	1.1	11774
2	11158	54.5	45.3	49.9	48.8	1.1	10479
3	13870	52.2	40.9	46.6	45.4	1.2	12459
4	13310	52.5	41.6	47.1	46.0	1.1	13096
5	11150	52.0	42.9	47.5	46.4	1.1	10971
6	13677	55.2	44.0	49.6	48.5	1.1	12844
7	12787	53.5	43.1	48.3	47.2	1.1	12009
8	12460	55.0	44.9	50.0	48.9	1.1	12259
9	12743	54.2	43.8	49.0	47.9	1.1	11968

temp*. - temperature

4.2. Comparative analysis of experimental and theoretical values of the convective heat transfer coefficient on the water side

Experimental values of the convective heat transfer coefficient, α , on the water side, shown in Table 3, have been compared to theoretical values, calculated with the correlations: (4) - Peng et al. (1994), (5) – Wu & Little (1998), (6) - Adams et al. (1998), and (9) - Dittus & Boelter (1930). The theoretical α , values have taken into account the water passages inside the heat exchanger (2 in all), and at the same time the number of tubes on each passage (18/17). Table 4 shows theoretical values of the convective heat transfer coefficient, α .

Table 4.

Theoretical α values				
#	Convective heat transfer coefficient, α , [W/(m ² K)]			
	Peng et al. (1994)	Wu & Little (1998)	Adams et al. (1998)	Dittus & Boelter (1930)
1	12827	8635	12190	8958
2	12109	8007	11634	8438
3	12251	8112	10658	8579
4	12225	8094	10792	8555
5	12326	8185	11113	8619
6	13886	9601	14440	9677
7	12331	8210	13624	8537
8	13007	8819	13908	9036
9	12665	8508	12732	8819

Figure 6 shows the experimental and theoretical α values and Figure 7 shows the deviation between the experimental and theoretical values.

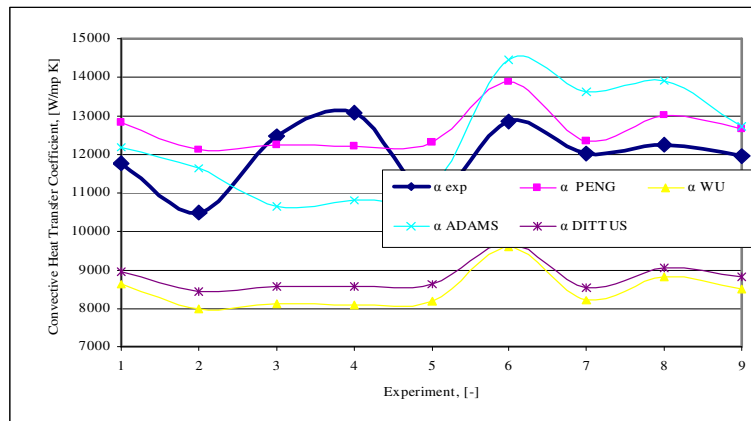
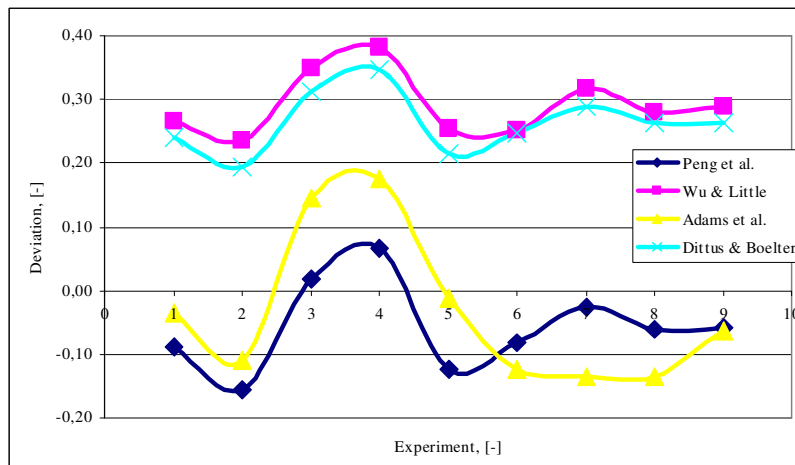
Fig. 6 Experimental and theoretical α values

Fig. 7 Deviation of experimental from theoretical values

Figures 6 and 7 show that experimental values are best covered by the theoretical values from Peng et al. and Adams et al. correlations. The experimental to theoretical deviations range from 2% to 16% for Peng et al. correlation, under the assumption of maximum heat transfer in turbulent flow, implying $Z = 0,5$. Deviations range from 1% to 18% for Adams et al. correlation, under the assumption of intensified heat transfer in turbulent flow, implying $F = 1,6$.

At the same time, Figures 6 and 7 show that experimental values are very different from the theoretical ones, so that the deviation ranges from 24% to 38% for Wu & Little correlation and from 19% to 35% for Dittus & Boelter correlation.

5. Conclusions

The experimental research conducted on the minichannel heat exchanger in order to determine which correlations covered best the experimental results lead to the following conclusions:

- data listed in Table 4 and graphically presented in Figures 6 and 7 show that theoretical to experimental deviation of the convective heat transfer coefficient cover a rather large scattering area;

- two of the correlations used, that is Wu & Little and Dittus & Boelter, lead to theoretical values that are close to each other, but present large deviations from the experimental results: 29% on average for Wu & Little and 26% on average for Dittus & Boelter;

- the other two correlation used, that is Peng et al. and Adams et al. also lead to theoretical values that are close to each other; the mean deviation of experimental values from Peng et al. is -5,3% and from Adams et al. is 3%.

In the authors' view, the explanation for which correlations of Peng et al. and Adams et al. cover best the experimental results lies in adopting the following computation assumptions:

- maximum heat transfer inside the minichannels that implied $F = 1,6$;
- selection of F value, within the range of 0,6...1,75, as indicated by Adams et al. for Reynolds numbers of approximately 3000 to 20000.

References

- [1] M. Adams, M.F. Dowling, S.I. Abdel – Khalik, S.M. Jeter – George Woodruff *Applicability of traditional turbulent single-phase forced convection correlations to non-circular microchannels* 2. T. School of Mechanical Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta USA
- [2] ASHRAE *Fundamentals Handbook*, 1997. Capitolul 4, 14, 33;
- [3] Polley, G.T. *Optimisation of compact heat exchangers*. Heat Exchange Engineering, vol. 2, 1991.
- [4] Kays, W.M., and A.L., *Compact heat exchangers*, 3d ed. New York: McGraw-Hill, London. 1984.

Criterii de optimizare aplicate în dimensionarea instalațiilor de alimentare cu apă

Optimization criteria applied in sizing the system of water supply

David Soare¹, George-Lucian Ionescu²

¹Universitatea din Oradea, Romania

Str. Universității nr. 1 – Oradea

E-mail: soare@t11.ro

²Universitatea din Oradea

Str. Universității nr. 1 – Oradea, Romania

E-mail: lucian.ionescu1985@yahoo.com

Rezumat: În practica uzuală de până acum, criteriile de optimizare utilizate în dimensionarea instalațiilor de alimentare cu apă, au fost următoarele: criteriul cheltuielilor anuale minime, criteriul cheltuielilor actualizate minime și criteriul consumului energetic minim.

Pentru o dimensionare optimală, în perspectiva noii strategii referitoare la habitat, s-a propus de către specialiștii în domeniu, o completare a criteriilor menționate, cu altele, la fel de esențiale. Determinant din punct de vedere cantitativ este criteriul acustic, conform căruia, fiecărei conducte (material, diametru, lungime) i se asociază o mărime proprie din punct de vedere al transmiterii vibrațiilor și zgomotelor și, în mod similar, rezistenței locale – criteriu care vine să amelioreze prevederile normative de proiectare, după care vitezele maxime admisibile sunt unice, indiferent de material, configurația rețelei etc.

Cuvinte cheie: instalații de alimentare cu apă, optimizare

Abstract: The usual practice to date, optimization criteria used in sizing the water supply were: minimum annual expenditure criterion, the criterion of minimum energy consumption and the criterion of minimum discounted cost.

For optimum sizing in anticipation of the new strategy on habitat was proposed by experts in the field, an addition to the criteria mentioned by others as essential. Determined from a quantitative criterion is sound, according to which each pipe (material, diameter, length) is associated with a size of its own in terms of vibration and noise transmission and, similarly, local resistance - criterion that comes to improve the regulatory requirements of design, then the maximum permissible speeds are unique, regardless of material, network configuration, etc.

Key words: water supply plants, optimization

1. Considerații generale

Unul din obiectivele proiectării optimale a sistemelor de alimentare cu apă îl constituie dimensionarea optimală a elementelor componente ale instalației, astfel încât să fie luată în considerație ponderea fiecărei exigențe calitative și cantitative impuse acestora, precum și contribuția fiecărei componente la rezultatul final [5],[6].

Până în prezent, s-a bucurat de o atenție deosebită, optimizarea dimensionării instalației de alimentare cu apă, care s-a concretizat în efectuarea calculului de dimensionare a rețelelor de distribuție, respectiv stabilirea diametrelor și presiunilor necesare, pe baza anumitor criterii economice.

În cazul dimensionării optimale a rețelelor de conducte, s-au folosit criterii de cost sau energetice simple sau compuse, care țin seama de investiția necesară realizării rețelei, costul energiei de pompare, cheltuielile de exploatare, energia consumată etc.

În literatura de specialitate, se prezintă criteriile de optimizare utilizate până în prezent și se propune completarea acestora cu un nou criteriu, care să permită eliminarea din calculele de dimensionare, a restricției referitoare la "vitezele maxim admisibile" care nu sunt normate în mod diferențiat funcție de materialul conductelor, diametrul acestora și configurația traseului instalației.

Investiția necesară pentru o rețea, constituită din N_T tronsoane de conducte, se obține prin însumarea investițiilor necesare fiecărei conducte componente, cu relația:

$$C_c = \sum_{i=1}^{N_T} (a_i + b_i \cdot D_i^{\alpha_i}) \cdot L_i \text{ [UM]} \quad (1)$$

în care a , b , α sunt coeficienți de cost, depinzând de materialul conductei, iar D_i , L_i diametrul și respectiv lungimea tronsonului i .

Investiția în stația de pompare are forma:

$$C_p = \frac{9,81}{\eta} \cdot f \cdot \sigma \cdot Q_p \left(\sum h_{ri} + H_g + H_u \right) \text{ [UM]} \quad (2)$$

în care:

σ este un factor supraunitar ce ține seama de rezerva de putere instalată;

η – randamentul global al stației de pompare [%];

f – costul de instalare a unității de putere [UM];

Q_p – debitul pompat [mc/h];

h_{ri} – suma pierderilor de sarcină pe traseul dezavantajat;

H_g – presiunea de utilizare la punctul de consum dezavantajat.

Costul anual al energiei de pompare se determină cu:

Criterii de optimizare aplicate în dimensionarea instalațiilor de alimentare cu apă

$$C_e = W_e \cdot k_w = \frac{9,81}{\eta} \cdot 730 \cdot k_w \cdot \tau \cdot \sum_{k=1}^{12} \Phi_k \cdot Q_p \cdot (\sum h_{ri} + H_g + H_u) [\text{UM}] \quad (3)$$

unde:

W_e – energia consumată pentru pomparea apei [kWh];

k_w – tariful energiei electrice [UM];

τ – $T_p/2760$ coeficientul pompării (durata relativă de pompare);

T_p – numărul efectiv de ore de pompare dintr-un an;

Φ – raportul dintre debitul lunar mediu și debitul pompat [mc/h];

$$(\sum \Phi_k = 10,44 \text{ pentru ansamblul de cladiri});$$

Cheltuielile anuale de exploatare se exprimă sub forma:

$$C_{ex} = p_1 \cdot C_c + p_2 \cdot C_p + C_e \quad (4)$$

în care, p_1 , p_2 sunt cotele de reparații, întreținere și revizii periodice pentru conducte, respectiv pentru stația de pompare [7].

Cheltuielile anuale de investiție și exploatare sunt definite printr-o funcție multicriterială de forma:

$$C_{an} = \beta_0 \cdot (C_c + C_p) + C_{ex}; \quad \beta_0 = \frac{1}{T_r} [\text{UM}] \quad (5)$$

unde, T_r - durata de exploatare.

Cheltuielile totale actualizate se pot determina cu o relație de forma:

$$C_{ac} = C_c + C_p + \frac{(1 + \beta_0)^t - 1}{\beta_0 (1 + \beta_0)^t} \cdot C_{ex} \quad [\text{UM}] \quad (6)$$

și se consideră pe toată durata de exploatare T_r .

Energia înglobată în rețea se exprimă sub formă binomială, în care parametrii a_e , b_e și α_e sunt coeficienți ai costurilor energiei în exploatare:

$$C_i = \sum_{i=1}^{N_r} (a_e + b_e \cdot D_i^{\alpha_e}) \cdot L_i \quad (7)$$

Consumul energetic al rețelei, însumând energia înglobată în rețea și cea cheltuită pentru exploatarea rețelei, se exprimă prin relația:

$$W_t = (\beta_0 + p_1) \cdot W_c + W_e \quad (8)$$

în care:

W_t este energia înglobată în rețea [kwh];

W_e – energia consumată pentru pomparea apei [kwh].

Prin particularizarea parametrilor din funcția obiectiv, se pot obține funcții particulare.

Pentru rețelele de alimentare prin pompare s-au utilizat, de regulă, următoarele criterii: criteriul cheltuielilor anuale minime, criteriul cheltuielilor actualizate minime și criteriul consumului energetic minim [1], [2].

2. Concluzii. Sugestii privind completarea criteriilor

Pentru o dimensionare optimală, în perspectiva noii strategii referitoare la habitat, s-a propus de către specialiștii în domeniu, o completare a criteriilor menționate, cu altele, la fel de esențiale. Determinant din punct de vedere cantitativ este *criteriul acustic*, conform căruia, fiecărei conducte (material, diametru, lungime) i se asociază o mărime proprie din punct de vedere al transmiterii vibrațiilor și zgomotelor și, în mod similar, rezistenței locale — criteriu care vine să amelioreze prevederile normative de proiectare, după care vitezele maxime admisibile sunt unice, indiferent de material, configurația rețelei etc. [5],[6].

Criteriul acustic se materializează prin costul suplimentar de investiție (dependent de material, diametru, lungime), necesar pentru atenuarea transmiterii zgomotelor în instalație:

$$C_z = \sum_{i=1}^{N_r} (a_z + b_z \cdot D_i^{\alpha_z}) \cdot L_i, \quad (9)$$

coeficienții a_z, b_z, α_z depinzând de material.

Dacă se urmăresc și aspectele calitative referitoare la *asigurarea stabilității în exploatare*, prin evitarea coroziunii și depunerilor (acestea depinzând de natura materialului), aceasta poate fi exprimată tot printr-o lege binomială:

$$C_s = \sum_{i=1}^{N_r} (a_s + b_s \cdot D_i^{\alpha_s}) \cdot L_i \quad (10)$$

Dacă se reunesc influențele tuturor criteriilor referitoare la material se poate stabili *coeficientul global* al rețelei:

$$C_g = \sum_{i=1}^{N_r} [(a_i + a_e + a_z + a_s) + (b_i + b_e + b_z + b_s) \cdot D_i^{\alpha_i + \alpha_e + \alpha_z + \alpha_s}] \cdot L_i \quad (11)$$

Pe baza criteriilor enunțate, se poate stabili o funcție obiectiv complexă, multicriterială, de forma:

$$F_c = \eta_1 \sum_{i=1}^{N_r} (a + b \cdot D_i^\alpha) \cdot L_i + \Psi \sum_{j=1}^{N_p} Q_{p_j} (\sum h_i + H_g + H_u) \cdot L_j \quad (12)$$

unde s-au făcut următoarele notații:

$$\Psi = \frac{9,81}{\eta} \left(f \cdot \sigma \cdot \eta_2 + 730 \Gamma_a \cdot e \cdot \tau \sum_1^{12} \Phi_k \right) \quad (13)$$

$$\Gamma_a = \frac{(1 + \beta_o)^t - 1}{\beta_o (1 + \beta_o)^t} \quad (14)$$

$$\eta_1 = \Gamma_a \cdot p_1; \eta_2 = \Gamma_a \cdot p_2 + \frac{t}{T_r} \quad (15)$$

$$a = a_i + a_e + a_z + a_s \quad (16)$$

$$b = b_i + b_e + b_z + b_s \quad (17)$$

$$\alpha = \alpha_i + \alpha_e + \alpha_z + \alpha_s \quad (18)$$

Această funcție are avantajul că permite creșterea preciziei evaluărilor în optimizare – cuprinzând atât aspectele cantitative, cât și pe cele calitative ale proiectării instalațiilor – permițând și o proiectare dinamică.

BIBLIOGRAFIE

1. FELEA, I., IONESCU, GH. C., BARLA, EVA – *Fiabilitatea operațională a stațiilor de pompare cu apă din municipiul Oradea*. Analele Universității din Oradea, Fascicula de Energetică, nr. 8, vol.I, 2002.
2. IANCULESCU, O., IONESCU, GH. C. – *Alimentări cu apă*, Editura Matrix Rom, București, 2002.
3. IONESCU, DANIELA-SMARANDA; IONESCU, GH. C. – Considerații privind fiabilitatea experimentală și operațională a echipamentelor din cadrul sistemelor de alimentare cu apă – A 42-a Conferință Națională de Instalații – 17-20 octombrie 2007 – Sinaia, România.
4. IONESCU, G. L. – The optimization of energy consumption in water supply systems – Conferința Națională (cu participare internațională) „TEHNOLOGII MODERNE PENTRU MILENIUL III” – Analele Universității din Oradea – Fascicula Construcții și instalații hidroedilitare, 2009.
5. IONESCU, GH. C. – *Contribuții la studiul și optimizarea fiabilității instalațiilor hidraulice din cadrul sistemelor de alimentare cu apă a centrelor urbane* – Teză de doctorat, Universitatea din Oradea, martie, 2003.
6. IONESCU, GH. C., IONESCU, G. L. – *Sisteme de Alimentare cu apă*. Editura Matrix Rom, București, 2010.
7. SOARE DAVID (Bursașiu Arghir) – Analiza cauzelor de defectare a sistemelor de alimentare cu apă – Lucrare prezentată la a 42-a Conferință Națională de Instalații – 17-20 octombrie 2007 – Sinaia – România.

Urmărirea deformațiilor orizontale ale barajului Petrimanu folosind metode topografice

Monitoring Petrimanu dam horizontal displacements using topographical methods

Maria – Roberta Gridan¹, Carmen Grecea²

¹Universitatea "Politehnica" din Timișoara, Facultatea de Construcții, Dep. C.C.T.F.C.
Str. Traian Lalescu, nr. 2A, Timisoara, Romania
E-mail: roberta_m_g@yahoo.com

²Universitatea "Politehnica" din Timișoara, Facultatea de Construcții, Dep. C.C.T.F.C.
Str. Traian Lalescu, nr. 2A, Timisoara, Romania
E-mail: carmen.grecea@ct.upt.ro

Rezumat. În lucrare sunt prezentate principalele aspecte legate de măsurătorile efectuate de către autori, la o construcție hidrotehnică specială, barajul Petrimanu, pe o perioada de câțiva ani în condițiile golirii lacului de acumulare aferent, în timpul re tehnologizării unei centrale hidroelectrice.

De asemenea este evidențiată necesitatea monitorizării permanente a construcțiilor speciale în general și ale obiectului studiat în particular, din punct de vedere geodezic. Concluziile prezintă rezultatele cercetării pe perioada ultimilor trei ani.

Cuvinte cheie: baraj, reper de microtriangulație, re tehnologizare, monitorizare, măsurători topografice

Abstract. The main aspects of topographical measurements made by the authors, at a special hydrotechnical construction, Petrimanu dam, during a few years period in the conditions of emptying the storage lake, during the upgrading of a hydro-electrical power plant are presented in the paper.

The necessities of special constructions permanent monitoring in general and in particular for the studied special construction are also highlighted, from geodetically point of view. The conclusions are presenting the research results during the last three years.

Key words: water dam, horizontal ground control, re technologysation, monitoring, topographical measurements

1. Introducere

Construcțiile hidrotehnice sunt menționate în istoria omenirii încă din antichitate. Dacă în vechime numărul barajelor din întreaga lume era relativ mic, pe măsura trecerii timpului acesta a crescut foarte mult.

Necesitatea urmăririi comportării în timp a construcțiilor hidrotehnice, în general și a barajelor, în special, s-a făcut simțită odată cu apariția primelor accidente la construcțiile hidrotehnice sau chiar ruperi de baraje.

Urmărirea comportării construcțiilor hidrotehnice asigură atât reducerea posibilității de rupere, cât și reducerea consecințelor în cazul ruperii. Cunoșcând în permanență starea construcției, dar și tendințele de evoluție ale acesteia, se pot depista comportările atipice sau fenomenele anormale. Dacă acestea au caracter evolutiv spre o stare care afectează siguranța structurală, atunci prin măsuri constructive și restricții de exploatare ruperea poate fi prevenită. În cazul în care starea lucrării are o evoluție rapidă către rupere sau atunci când se creează o stare critică datorită viiturilor sau cutremurelor, activitatea de supraveghere depistează fenomenele premergătoare ruperii și declanșează măsurile de alarmare și evacuare a populației din zona potențial afectată.

Barajul Petrimanu (Fig.1) este amplasat pe râul Latorița, la cca. 25km amonte de confluența acestuia cu râul Lotru, 5km aval de barajul Galbenul și face parte din bazinul hidrografic al râului Lotru (cod cadastral VIII – 1 – 135 – 13), Fig.3.

Accesul în amplasament este asigurat prin drumul forestier Ciunget – Petrimanu – Galbenul. Accesul la baraj se face de la Râmnicu Vâlcea pe drumul E15A până la Brezoi, apoi pe drumul 7A, cca. 30km și în direcția Ciunget la 25km amonte de confluența cu râul Lotru. [6].

Lacul de acumulare asigură colectarea și compensarea debitelor derivate de ramura sud a sistemului de captări și aducțiuni secundare a UHE Lotru – Ciunget. Din lacul de acumulare Petrimanu apa va fi pompată în lacul Vidra, prin aducțiunea Petrimanu – Vidruța. [6]

Bazinul râului în secțiunea amplasamentului are o suprafață de 71km^2 , debitul mediu al diferenței de bazin este de cca. $0,5\text{ mc/s}$, Fig. 3 [5].

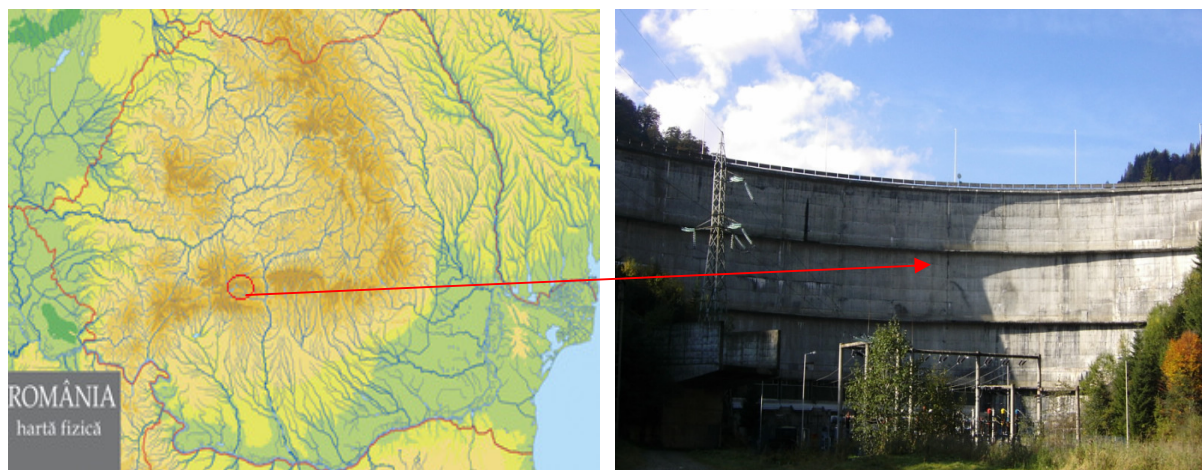


Fig.1. Barajul Petrimanu

Având în vedere re tehnologizarea hidrocentralei Ciunget, este necesară monitorizarea construcțiilor hidrotehnice. Pe parcursul re tehnologizării, barajul Petrimanu a fost golit (anul 2009) și reumplut (anul 2011), forțele ce acționează asupra acestuia fiind neobișnuite.

Urmărirea deformațiilor orizontale ale barajului Petrimanu folosind metode topografice

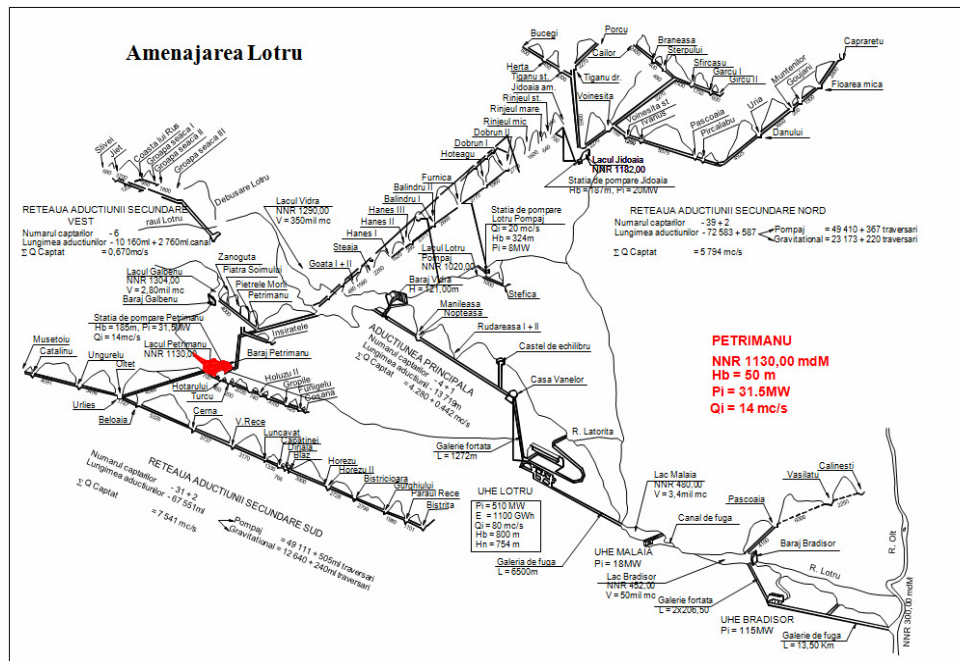
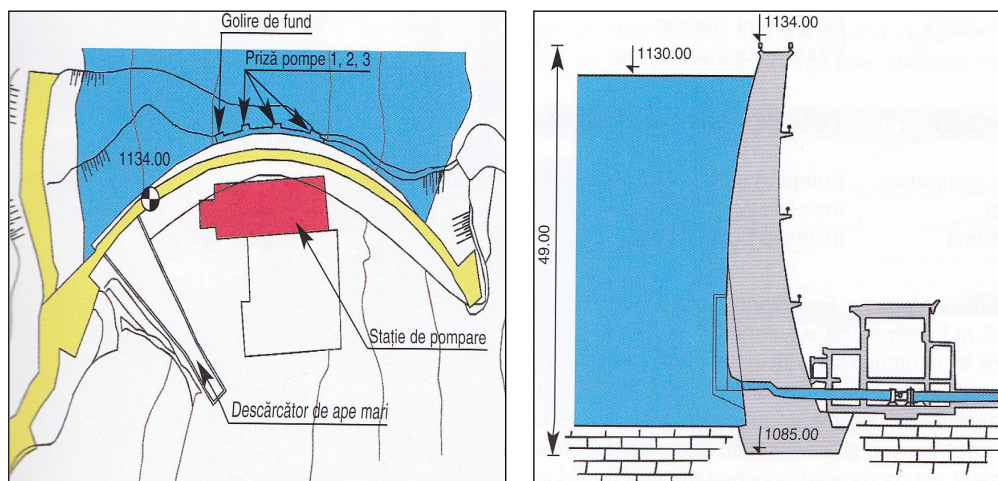


Fig.2. Amenajarea râului Lotru [6]



a) plan de situație

b) secțiune verticală

Fig.3. Barajul Petrimanu [5].

2. Conținutul lucrării

Măsurătorile efectuate la barajul Petrimanu au drept scop determinarea deplasărilor, atât orizontale cât și verticale, ale reperilor de urmărire. Pentru determinarea deplasărilor s-au folosit patru cicluri de măsurare: măsurătoarea "zero" (05.10.1976 - asigurată de beneficiar), ciclul de măsurare 1 (01.09.2009), ciclul de măsurare 2 (01.08.2010) și ciclul de măsurare 3 (04.10.2011). Primul ciclu de măsurare (2009) l-am efectuat în condiții deosebite deoarece în această perioadă lacul a fost golit, în timpul celui de al doilea ciclu de măsurare lacul a fost reumplut, iar în timpul efectuării măsurătorilor din ciclul trei lacul a fost complet plin. Pe perioada

efectuării măsurătorilor condițiile atmosferice au fost bune (nu au fost precipitații, temperatura mediului înconjurător a variat între 12°C și 15°C), asigurând condiții de lucru bune.

Pentru determinarea deplasărilor orizontale ale barajului (direcția amonte – aval și mal stâng – mal drept) s-au efectuat măsurători topografice la reperii de microtriangulație de pe paramentul aval al barajului.

Procesul determinării deplasării punctelor de control pe barajul studiat cuprinde următoarele etape: măsurarea direcțiilor orizontale și compensarea acestora, prelucrarea măsurătorilor, generarea elipsei erorilor și interpretarea rezultatelor.

Deplasările le-am obținut prin diferența dintre coordonatele planimetrice, determinate prin măsurătoarea "zero" și aceleași elemente determinate în ciclul actual de măsurare.

În rețeaua de microtriangulație măsurătorile au fost efectuate cu o stație totală care are o precizie de măsurare de $3''$. Instalarea aparatului pe capul pilastrului s-a făcut prin centrare mecanică (forțată) cu ajutorul unui dispozitiv cu nucă de centrare. Pe ceilalți pilaștri din rețea au fost instalate prisme.

Metoda de măsurare a unghiurilor în rețeaua de urmărire planimetrică a barajului a fost metoda seriilor, efectuându-se două serii complete. [7]. În triunghiurile formate neînchiderile rezultate nu depășesc $20''$, acestea satisfăcând condițiile de precizie impuse de beneficiar.

La barajul Petrimanu rețeaua de microtriangulație (Fig.5) pentru urmărire topografică este formată dintr-un număr de 6 puncte de stație materializate prin pilaștrii de beton în care sunt încastrate bolțurile pentru centrarea forțată a aparatului și un număr de 20 de reperii fixați pe paramentul aval al barajului în trei trepte: la cota 1109m – 5 reperii, la cota 1124m – 6 reperii, la cota 1134m – 9 reperii (Fig. 4) [7].



Fig. 4. Reper de microtriangulație pe paramentul barajului Petrimanu



Fig. 5. Barajul Petrimanu- Reperi ficși din rețeaua de microtriangulație

În continuare sunt prezentate sub formă tabelară rezultatele obținute în urma măsurătorilor de teren.

Tabelul 1.

Rezultatul deplasărilor reperilor din rețeaua de microtriangulație

Diferențe față de etapa de referință (mm)												
Marcă	D1		D2		D3		S1		S2		S3	
Et. de măsur.	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
octombrie 1976	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	-1.90	0.00	0.00	1.80	0.60	1.80	-0.70
sept. 2009	-53.41	4.58	fix	fix	31.24	-8.97	6.75	-19.85	-5.18	-14.94	fix	fix
august 2010	-56.45	12.6	fix	fix	30.26	-10.32	12.3	18.33	-2.31	-17.55	fix	fix
octombrie 2011	-60.75	12.93	fix	fix	30.42	-7.99	10.51	-20.94	-5.84	-16.84	fix	fix

- a) Deplasare reperilor ficși (D1-3, S1-3) din rețeaua de microtriangulație față de măsurătoarea "zero" [5].

Diferențe față de etapa de referință (mm)																		
Marcă	M1		M2		M3		M4		M5		M6		M7		M8		M9	
Et. de măsur.	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
Oct. 1976	inactiv		-0.10	-1.20	0.70	-1.60	1.30	-0.20	-0.10	-0.20	-0.30	-1.20	0.70	-2.20	1.20	-1.70	0.40	-0.90
Sept. 2009	inactiv		35.84	-25.90	41.27	-8.85	38.11	-0.25	36.36	4.29	28.11	11.73	14.90	18.36	10.89	12.88	0.99	10.98
Aug. 2010	inactiv		35.25	-19.13	38.89	-11.32	42.09	-3.23	39.37	1.10	31.44	9.78	18.69	17.03	13.68	12.08	2.27	7.57
Oct. 2011	inactiv		37.79	-23.91	42.58	-10.14	38.56	-0.01	35.50	3.82	27.18	11.58	14.77	18.59	10.01	14.00	1.64	15.57

- b) Deplasarea reperilor de microtriangulație, M2-M3-M4-M5-M6-M7-M8-M9, de pe paramentul barajului, aflați la cota 1134,00m [5].

Diferențe față de etapa de referință (mm)												
Marcă	M10		M11		M12		M13		M14		M15	
Et. de măs.	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
Oct. 1976	0.10	-0.80	0.60	-1.50	1.40	-1.40	0.50	-1.60	0.30	-1.30	0.50	-1.50
Sept. 2009	40.89	-9.04	38.20	-0.72	35.31	4.28	27.79	11.54	18.56	13.02	9.48	11.23
Aug. 2010	46.08	-15.75	42.06	-3.54	40.08	2.17	31.15	10.21	21.36	12.95	12.05	11.39
Oct. 2011	43.04	-10.02	39.03	-0.12	35.14	4.79	27.04	12.11	18.06	14.57	8.61	13.77

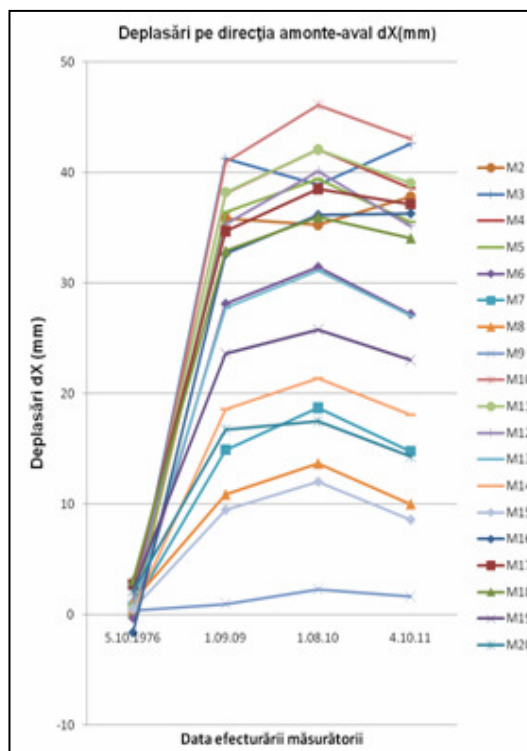
c) Deplasarea reperilor de microtriangulație, M10-M11-M12-M13-M14-M15, de pe paramentul barajului aflați la cota 1124,00m [5].

Diferențe față de etapa de referință (mm)										
Marcă	M16		M17		M18		M19		M20	
Et. de măs.	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
Oct. 1976	-1.60	-0.40	2.70	-1.70	3.10	-0.60	2.30	-1.50	2.10	-0.60
Sept. 2009	32.63	-4.62	34.67	-1.42	32.92	3.44	23.64	8.87	16.74	6.67
Aug. 2010	36.17	-8.15	38.51	-1.98	35.98	3.42	25.76	7.90	17.52	8.07
Oct. 2011	36.29	-9.51	37.13	2.60	34.06	7.94	23.03	12.69	14.31	13.05

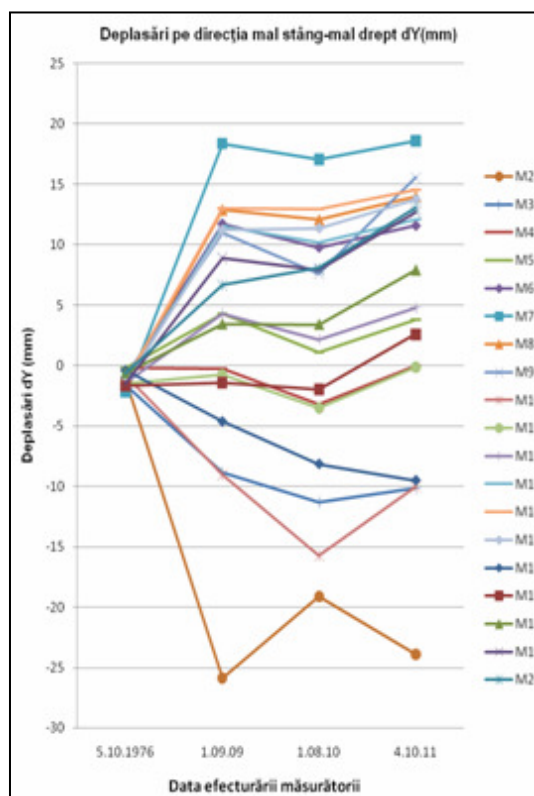
d) Deplasarea reperilor de microtriangulație, M16-M17-M18-M19-M20 , de pe paramentul barajului aflați la cota 1109,00m [5].

Măsurătorile au fost prelucrate pe calculator cu ajutorul programului APORT 2000.

În graficele de mai jos sunt evidențiate deplasările pe direcția amonte - aval a reperilor de pe paramentul barajului.



a) deplasarea reperilor pe axa X - amonte - aval



b) deplasarea reperilor pe axa Y - mal stâng - mal drept
Fig.5. Evoluția deplasărilor reperilor de microtriangulație [5].

6. Concluzii

Urmărirea în timp a unei construcții speciale, precum cea studiată în prezenta lucrare este deosebit de importantă deoarece printr-o urmărire corespunzătoare pot fi prevenite evenimente nedorite care se pot transforma în adevărate dezastre sociale, economice, ecologice, etc. și totodată, se pot înlătura într-o anumită măsură efectele greșelilor de proiectare, execuție și chiar de exploatare.

Analizând evoluția deplasării reperilor de pe paramentul barajului de la cota 1134,00m se observă că deplasarea cea mai mare pe axa X apare la reperul M3 de 42,58mm (în anul 2011 - când barajul a fost plin), iar pe axa Y la reperul M2 de -25,90mm (în anul 2009 - când lacul a fost golit) - deplasările datorându-se poziției celor doi reperi lângă deversorul barajului [5].

În urma evoluției deplasării reperilor de pe paramentul barajului de la cota 1124,00m se observă că deplasarea cea mai mare pe axa X cât și pe axa Y apare la reperul M10 de 46,08mm respectiv -15,75mm (în anul 2010 - când lacul a fost reumplut) - deplasările datorându-se poziției reperului în partea dreaptă sub deversorul barajului [5].

Analizând evoluția deplasării reperilor de pe paramentul barajului de la cota 1109,00m se observă că deplasarea cea mai mare pe axa X apare la reperul M17 de 38,51mm (în anul 2010 - când lacul a fost reumplut), iar pe axa Y la reperul M20 de

13,05mm (în anul 2011 - când barajul a fost plin) - deplasările datorându-se poziției celor doi reperi [5].

Deplasarea maximă determinată în urma măsurărilor a fost pe axa X la reperul M10 de 46,08mm (în anul 2010 - când lacul a fost reumplut) și pe axa Y la reperul M2 de -25,90mm (în anul 2009 - când lacul a fost golit) [5].

Putem concluziona că pe perioada retehnologizării hidrocentralei de la Ciunget, barajul nu a suferit deformații majore, neexistând riscuri de accidente. De asemenea monitorizarea permanentă a obiectivului conduce la o siguranță sporită în exploatarea construcției.

Referințe

- [1] R. Prișcu- “Construcții hidrotehnice”, Vol. II, Ed. Didactică și Pedagogică, București 1974
- [2] Ghe. Nistor, Geodezia Aplicată La Studiul Construcțiilor, Ed. Gheorghe Asachi, Iași, 1993
- [3] C. Coșarcă – Topografie inginerască, Ed. Matrix Rom, București, 2003
- [4] Carmen Grecea et all - Complemente de măsurare terestră. Ed. Politehnica, Timișoara, 2009
- [5] Maria-Roberta Gridan - “Folosirea metodelor moderne din topografie pentru urmărirea comportării construcțiilor speciale”, Teză de doctorat 2012
- [6] www.hidrocentrale.ro
- [7]. S.C. Hidroelectrica S.A.- C.H.E. Lotru

Aspecte privind utilizarea pasivă a energiei solare în clădiri

Aspects of passive use of solar energy in buildings

prof. dr. ing. Florin Iordache¹, drd. ing. Arthur-Sebastian Klepș²

¹Universitatea Tehnică de Construcții București
Bd. Lacul Tei, nr. 122 – 124, sector 2, București, Romania
e-mail: fliord12@gmail.com

²Universitatea Tehnică de Construcții București
Bd. Lacul Tei, nr. 122 – 124, sector 2, București, Romania
e-mail: aklepș@gmail.com

Rezumat. *Reducerea consumurilor energetice pentru încălzirea spațiilor este o preocupare intrată de acum în rutina inginerilor constructori. În acest context se încadrează utilizarea surselor regenerabile de energie și în mod direct a energiei solare. În lucrarea de față se urmărește o analiză energetică comparativă între soluții de reabilitare termică a clădirilor în variante de izolare termică a anvelopei acestora și în variante de placare cu elemente de tip seră. Rezultatele obținute sunt prezentate grafic cu interpretarea acestora. Tratarea teoretică care a stat la baza rezultatelor obținute a avut în vedere atât regimul de transfer termic staționar cât și pe cel nestaționar prin elementele masive opace ale clădirii. Baza de date climatice utilizată a fost cea a unui an real caracterizat de temperaturile exterioare și de valorile intensității radiației solare pe suprafețe cu diverse orientări.*

Cuvinte cheie: izolare termică, seră, solar pasiv, casă solară

Abstract. *Reducing energy consumption for space heating is a concern now entered routine Engineers. In this context that the use of renewable energy and solar energy directly. In this paper seeks the comparative energy analysis solutions for thermal rehabilitation of buildings thermal insulation envelope variants and variants acestora plated items such emissions. The results are shown graphically in interpretation. Treating the underlying theoretical results took into account both thermal regime on the non-stationary and stationary through opaque massive elements of the building. Climate database used was that of a real year characterized by outdoor temperatures and solar radiation values on surfaces with different orientations.*

Key words: thermal insulation, greenhouse, solar passive, solar house

1. Introducere

Reducerea consumurilor energetice pentru încălzirea spațiilor este o preocupare intrată de acum în rutina inginerilor constructori. Reglementările actuale [1], privind gradul de izolare al clădirilor prevăd baremuri în ceea ce privește rezistența termică a

elementelor de închidere a anvelopei clădirii astfel încât să rezulte în final un consum cât mai redus de energie pentru asigurarea utilităților. În lucrarea de față se urmărește identificarea posibilităților de reducere a consumurilor energetice prin utilizarea pasivă a energiei solare. Ne referim la evaluarea reducerilor de consumuri energetice pentru încălzirea spațiilor pe timp de iarnă și de racire a lor pe timp de vară prin placarea cu elemente transparente a suprafețelor opace ale clădirilor.

2. Descrierea situațiilor constructive analizate. Evaluarea consumurilor energetice

Evaluarea consumurilor energetice s-a făcut referitor la elementele de anvelopă ale clădirii și nu la spațiile clădirii, mai concret raportarea s-a făcut la mp de suprafață de anvelopă și nu la mp de suprafață utilă. Pentru evaluarea consumurilor s-a utilizat un an real în ceea ce privește condițiile climatice (temperatura exterioară și intensități globale de radiație solară pe plan vertical și diverse orientări ale suprafețelor exterioare ale clădirii). S-a considerat un tip de perete exterior având următoarea structură: tencuială exterioară de 2 cm, beton armat de 20 cm și un strat de izolație termică având o grosime parametrică de 0,5 sau 10 cm. Pentru fiecare din cele 3 variante de perete s-au considerat 2 cazuri: fără seră și cu seră la exterior. Deosebirea majoră dintre cele două cazuri menționate constă de fapt din două elemente teoretice bine cunoscute și anume valoarea temperaturii sol-aer caracteristică mediului exterior și din valoarea coeficientului de transfer de căldură la fața exterioară a peretelui. Aceste două elemente cu caracter teoretic au fost de fiecare dată estimate pentru fiecare din cele 3 variante și cele 2 cazuri considerate. Evaluarea consumurilor energetice s-a făcut pentru fiecare luna a anului.

Trebuie să menționăm că elementele prezentate au avut în vedere o valoare medie a intensității radiației solare, medierea făcându-se după 8 orientări ale unei suprafețe verticale. În fig. 1 se prezintă situația valorilor intensităților radiației solare în luna ianuarie.

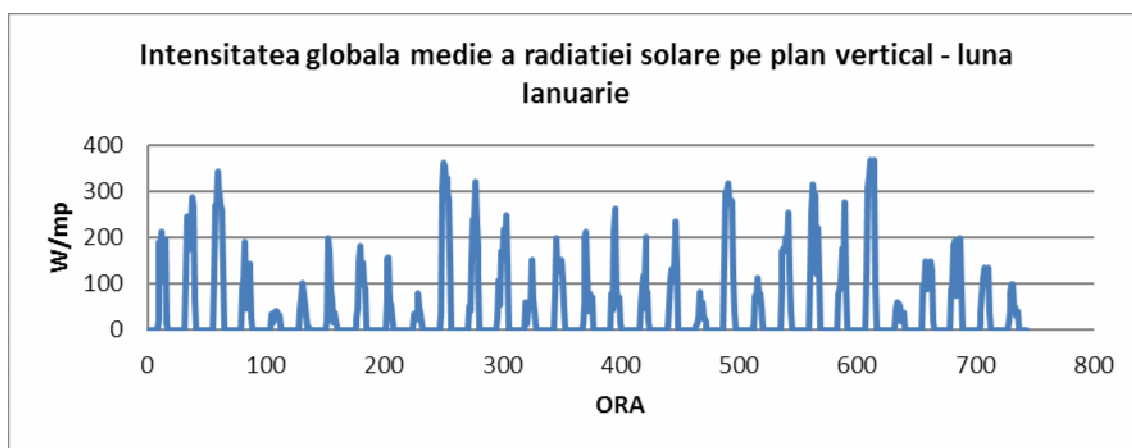


Fig. 1

În ceea ce privește temperaturile exterioare se prezintă în fig. 2 diagrama acestora tot pentru luna ianuarie.

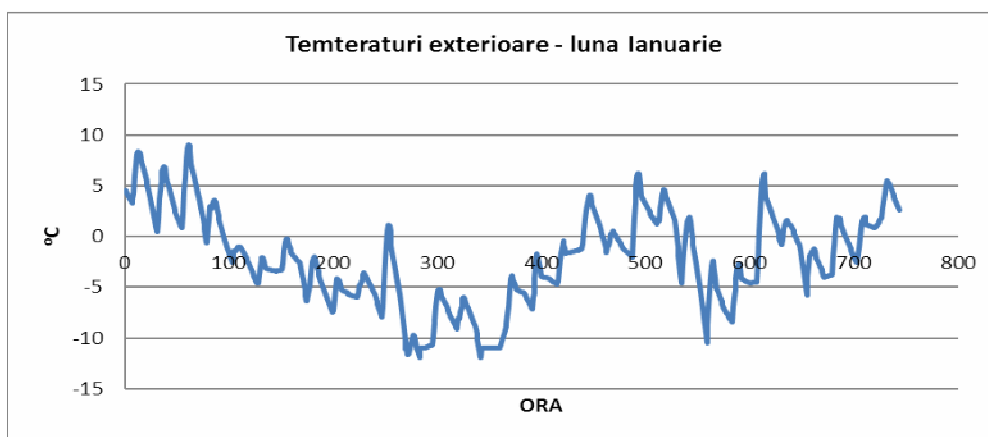


Fig. 2

Interesantă este și o prezentare a valorilor celor doi parametri climatici într-o lună de vară, de exemplu luna Iulie. Astfel în figurile 3 și 4 se prezintă diagrama intensității radiației solare globale medii și respectiv a temperaturii exterioare în luna Iulie.

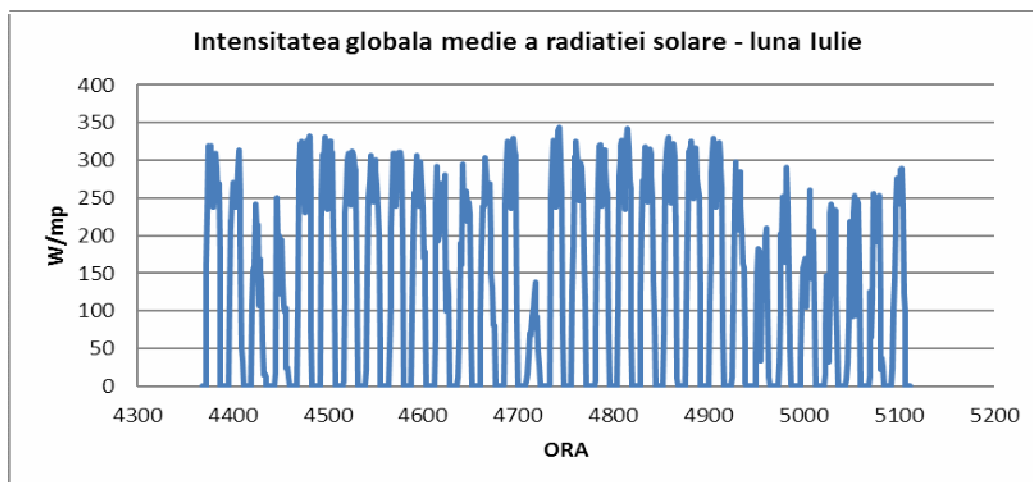


Fig. 3

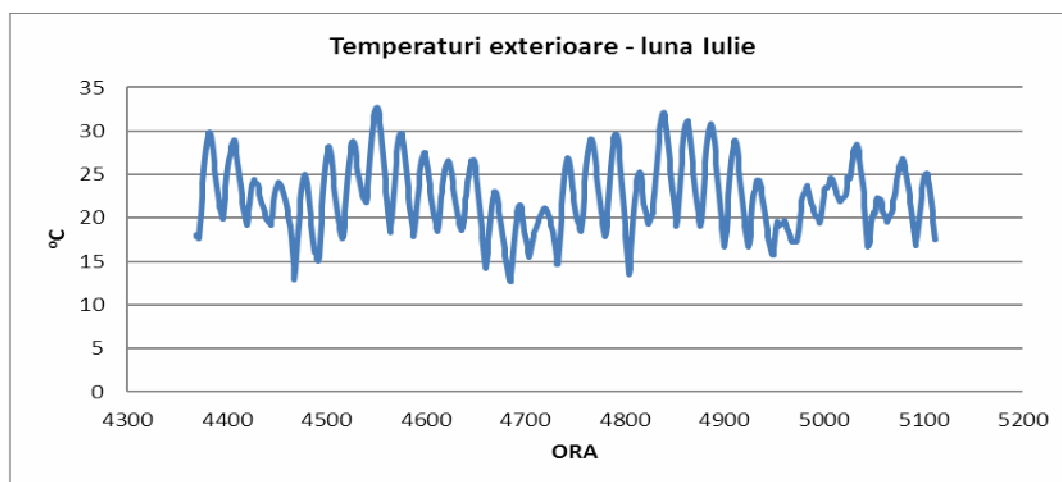


Fig. 4

Se prezintă în continuare cateva rezultate lunare obținute. Astfel în fig. 5 se prezintă distribuția densităților de fluxuri termice prin perete în luna ianuarie. Cu linia roșie se prezintă distribuția densităților de flux termic în situația în care peretele este fără seră (adică nu este montat un element transparent în exteriorul feței exterioare a peretelui, iar cu linie albastră distribuția densității de flux termic în situația în care s-a montat o seră pe exteriorul peretelui. Valorile densităților de flux termic sunt mai scăzute în situația în care peretele este dotat cu seră. Mai mult, apar situații în care valorile densității de flux termic iau valori negative, ceea ce atestă identificarea unor situații de aporturi termice și nu de pierderi. În mod similar s-a procedat și pentru celelalte luni ale anului, inclusiv pentru lunile de vară. Astfel în figura 6 se prezintă situația densităților fluxurilor termice pentru luna iulie a anului.

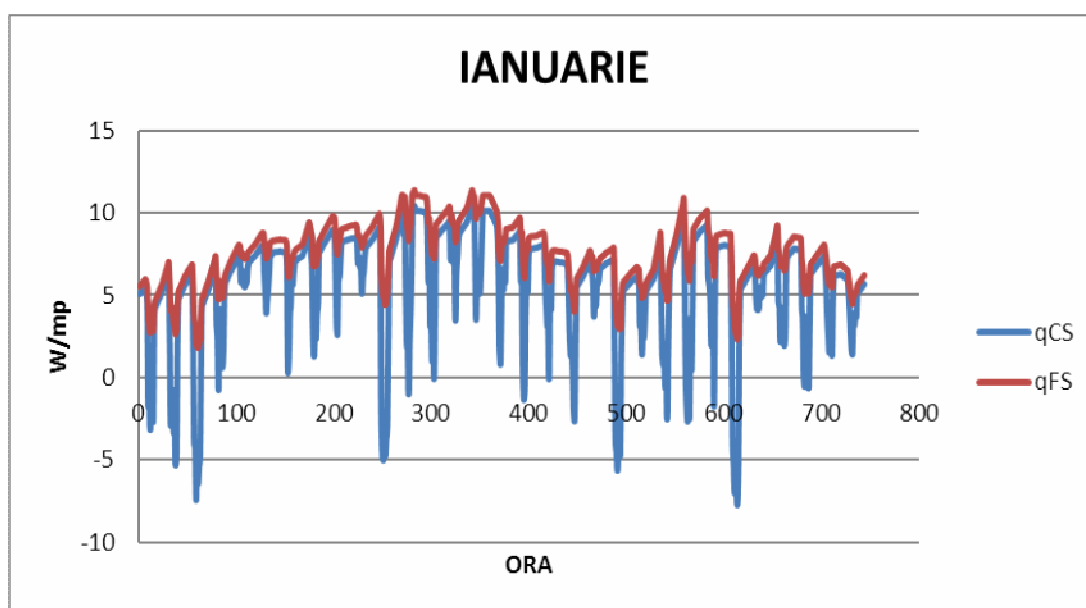


Fig. 5

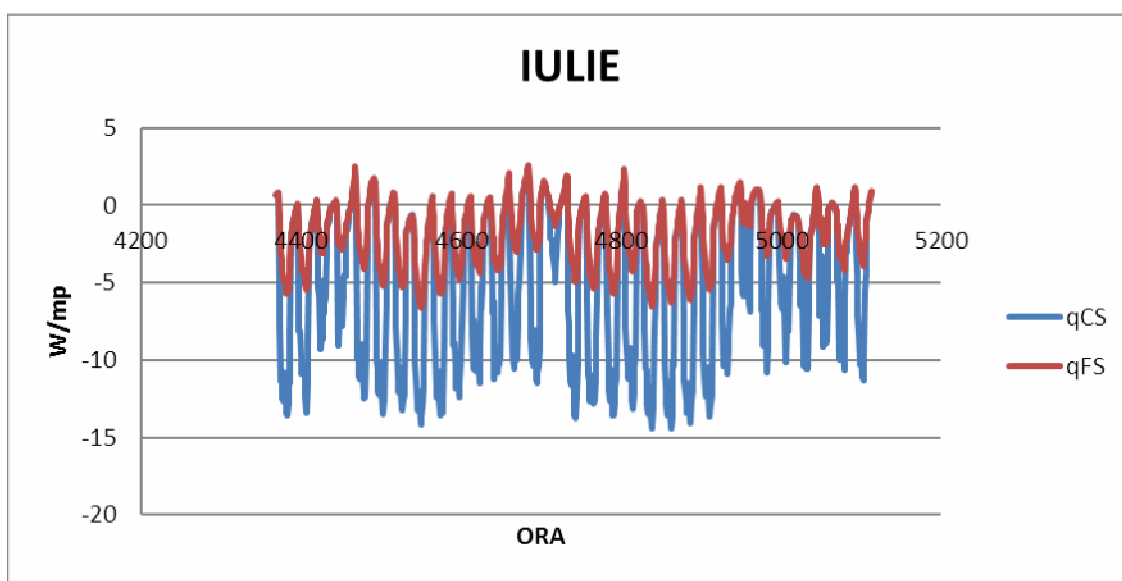


Fig. 6

Din fig. 5 și 6 important este să se rețină faptul că în cazul în care peretele este placat pe exterior cu seră fluxul termic transferat din interior către exterior în timpul iernii este sensibil mai scăzut iar în timpul verii aporturile din exterior devin de asemenea sensibil mai mari. Nu am asociat aceste două figuri cu o anumită structură de perete, însă desigur că ele reprezintă una din cele 3 variante menționate mai sus. Se va face însă în continuare o asociere directă între varianta de structură de perete exterior și figurile care urmează și care se referă la aspecte energetice efective. Astfel utilizând rezultatele numerice obținute pentru densitățile de fluxuri termice s-au integrat pe fiecare lună aceste valori și s-au stabilit densitățile de energie disipată în kWh/mp, și aceste valori vor fi în continuare prezentate tabelar și grafic. O primă variantă pentru care se prezintă aceste rezultate este varianta de bază în care grosimea izolației termice este de 5 cm. Rezistența termică a peretelui ia valori diferite între cele două cazuri: cu seră și fără seră, cazul cu seră conducând, evident, la o valoare mai mare a rezistenței termice a peretelui.

Tabelul 1

Tabel Rezultate		VARIANTA 0		
	kWh/mp.luna			kWh/mp.luna
Luna	qCS	qFS	%	qFS - qCS
IAN	7,223	10,129	28,695	2,907
FEB	5,094	8,100	37,111	3,006
MAR	2,867	6,222	53,917	3,355
APR	-0,772	3,030	492,657	
MAI	-3,517	0,355	110,080	
IUN	-5,397	-1,348	75,016	
IUL	-6,416	-2,434	62,072	
AUG	-5,957	-2,071	65,235	
SEP	-3,222	0,174	105,407	
OCT	0,153	3,254	95,290	3,101
NOV	3,775	6,186	38,975	2,411
DEC	6,658	8,900	25,189	2,242
IARNA	25,770	42,791	39,776	17,021
VARA	-25,281	-2,294	90,926	-22,987

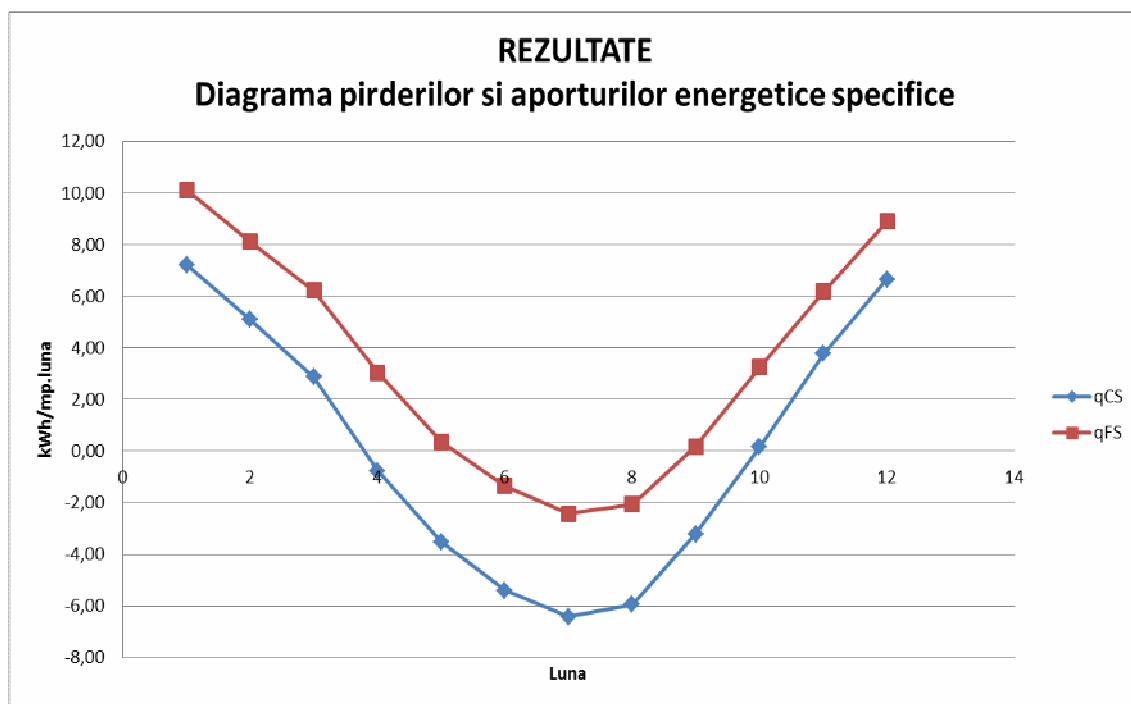


Fig. 7 – varianta 0 (5 cm de polistiren expandat)

În tabelul 1 se prezintă valorile energiilor specifice disipate lunar prin peretele exterior în cele două cazuri, cu și fără seră. Se observă că, în cazul în care se prevede seră pe fața exterioară a peretelui, se poate profita de energia solară incidentă reducându-se pierderile energetice pe perioada de iarnă. Vara însă acest aspect pozitiv se schimbă, el devenind un aspect negativ dat fiind că rezultă o creștere a aporturilor de căldură în cazul utilizării serei. Revenind la situația pierderilor energetice se observă din tabelul 1 că procentual reducerile energetice pe perioada iernii rezultate prin montarea serei se ridică la cca. 40%, însă și creșterea aporturilor pe vară se ridică la cca. 91%. Este deci de urmărit ca pe perioada de vară să se renunțe la seră. Acest lucru ar putea fi posibil dacă sera se transformă pe perioada de vară într-o fațadă ventilată (de exemplu). În diagrama din fig. 7 se prezintă grafic datele din tabelul 1. Se observă cum beneficiile pe timp de iarnă datorate scăderii pierderilor termice se transformă în deficiențe pe perioada de vară prin creșterea aporturilor.

Se prezintă în continuare grafic situația pierderilor și aporturilor lunare de energie în situația celorlalte variante de pereți.

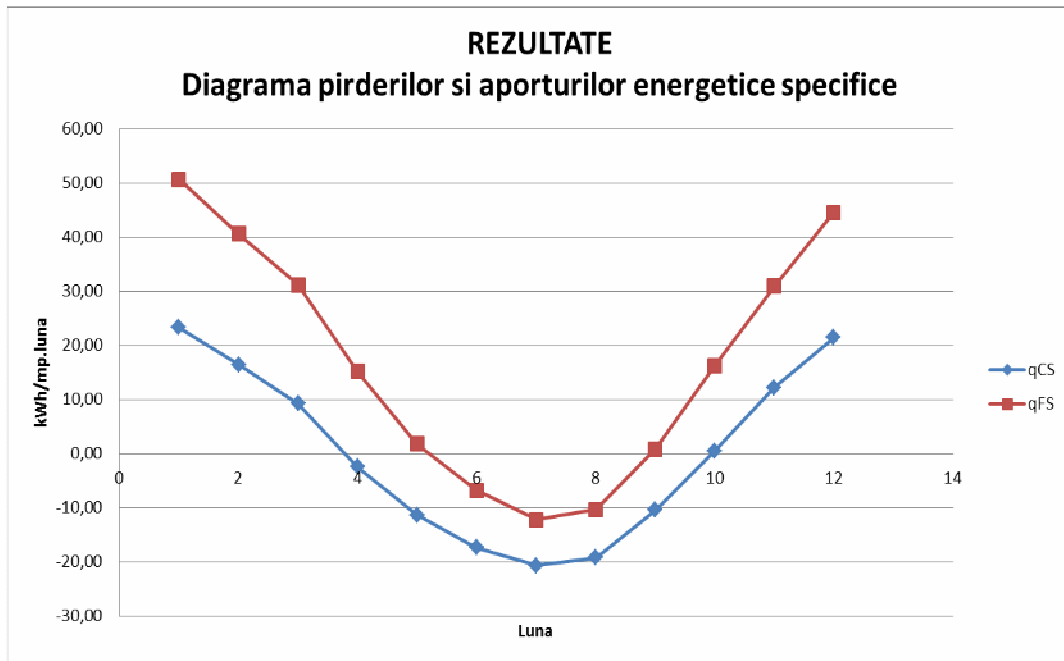


Fig. 8 – varianta 1 (fără izolație termică)

Alura curbelor densităților pierderilor energetice este asemănătoare însă cuantumul este sensibil mai mare decât în varianta 0. Acest fapt se explică datorită faptului că peretele nu mai este izolat. De această dată reducerea pierderilor de căldură pe timpul iernii este de 61% iar creșterea aporturilor pe timpul verii este de 86%. Din analiza comparativă a figurilor 7 și 8 se poate spune că dacă peretele nu este izolat termic, atunci placarea la exterior cu o seră este mai importantă decât în cazul în care acesta ar fi fost deja izolat termic. Această constatare este corectă dacă ne referim la perioada de iarnă dar și parțial la perioada de vară.

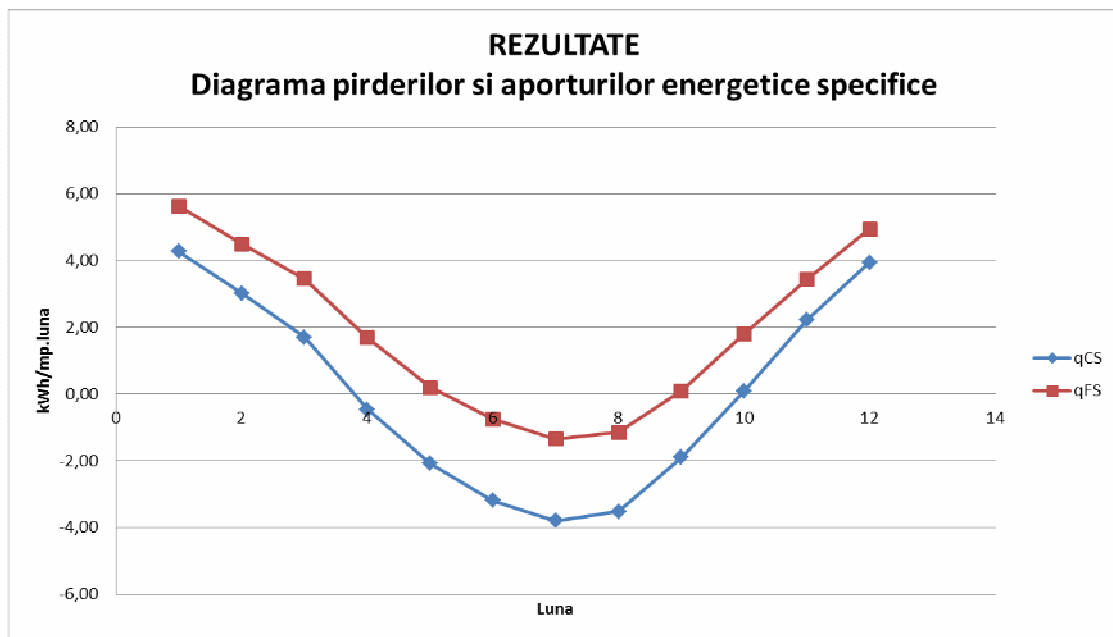


Fig. 9 – varianta 2 (10 cm de polistiren expandat)

După cum se observă din fig. 9, valorile densităților de pierderi energetice și de asemenea aporturile sunt de această dată sensibil mai mici decât în varianta 1 datorită gradului de izolare termică, însă introducerea serei își spune și de această dată cuvântul. În acest sens o imagine sugestivă putem obține dacă se prezintă beneficiile energetice pe timpul iernii dar și deficitul din timpul verii pentru toate cele 3 variante în cazul plăcii cu seră a pereților exteriori.

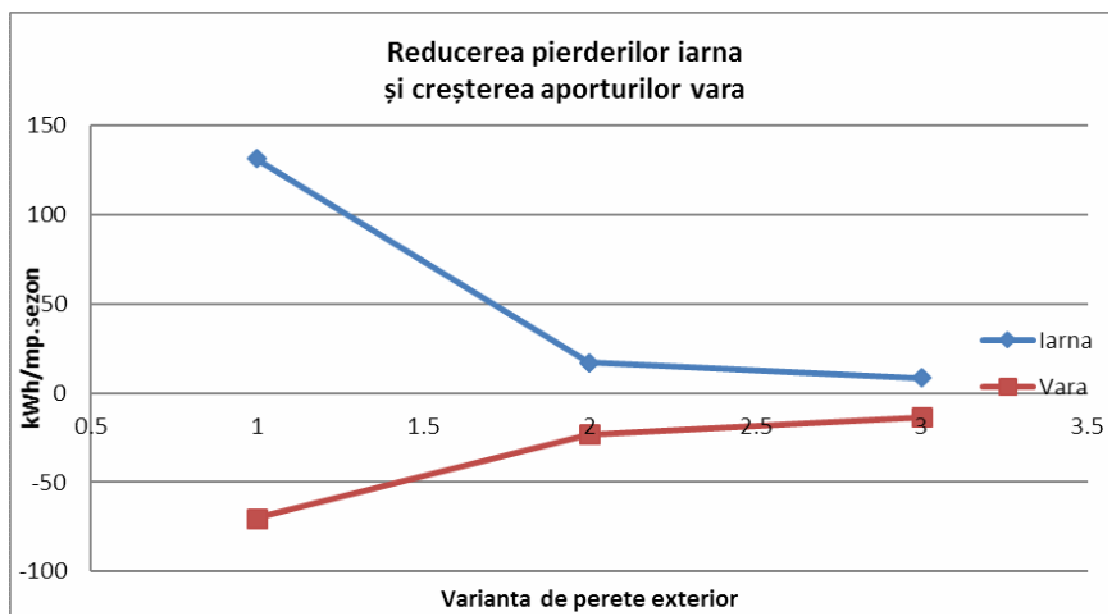


Fig. 10

În fig. 10 se prezintă reducerile energetice pe timpul iernii și respectiv creșterile energetice pe timpul verii, însă valorile efective ale densităților de pierderi respectiv aporturi energetice prezentate în ansamblu pot fi văzute în fig. 11.

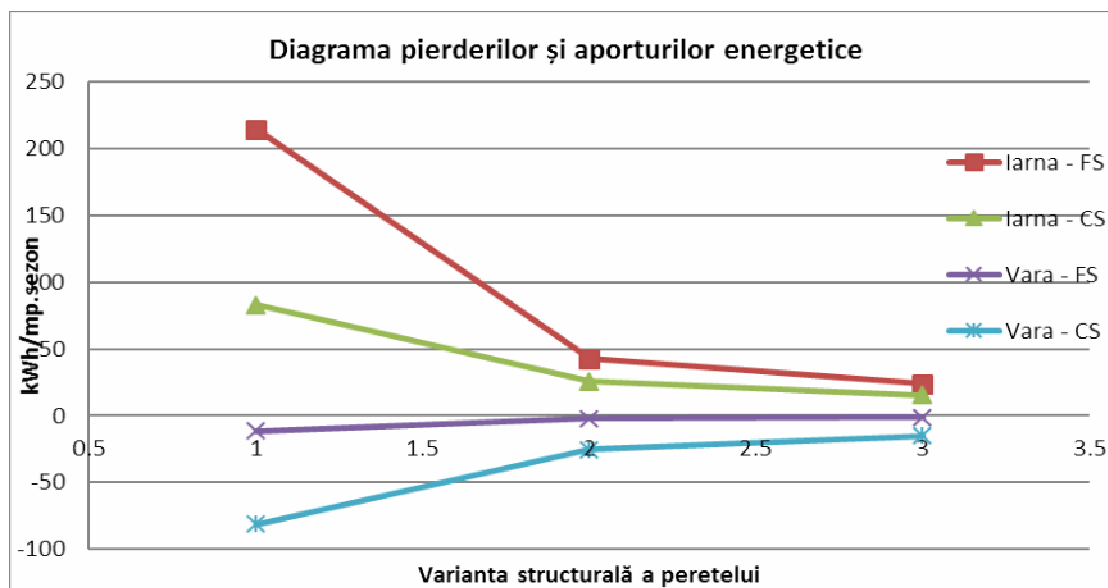


Fig. 11

Concluzia este aceeași, creșterea gradului de izolare termică a peretelui diminuează importanța creerii unui spațiu de tip seră pe fața exterioară a peretelui. Altfel spus, izolarea termică a peretelui și sera nu se justifică a fi realizate împreună.

De asemenea, interesantă poate fi o prezentare a densităților de pierderi și aporturi energetice în ansamblu pentru cele 3 variante fără seră mai întâi - fig. 12 și apoi cu seră - fig. 13.

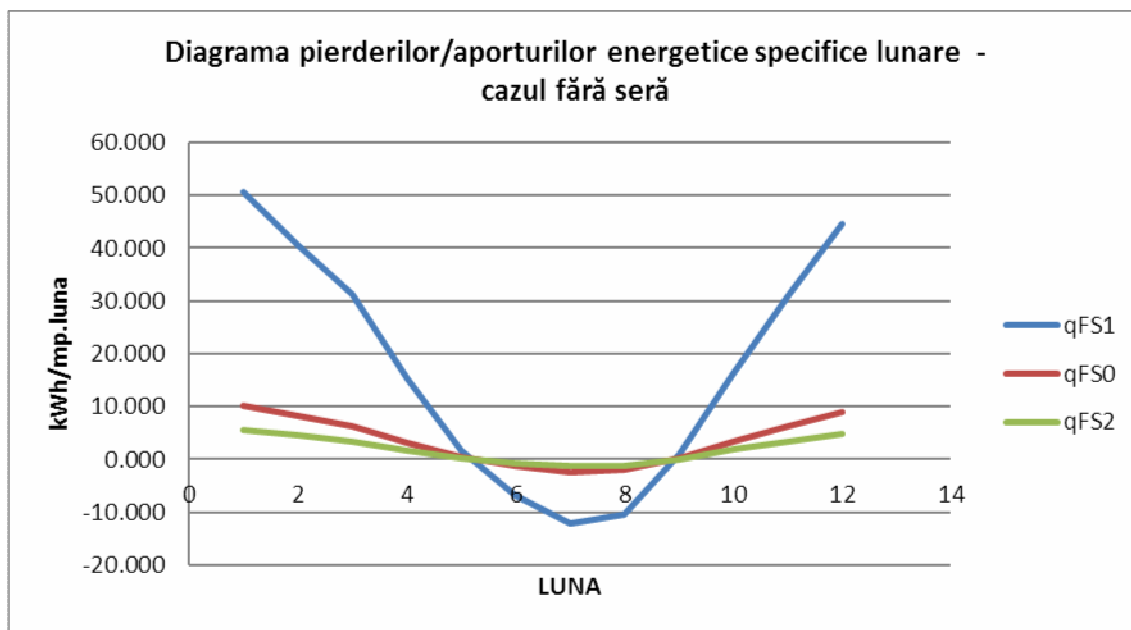


Fig. 12

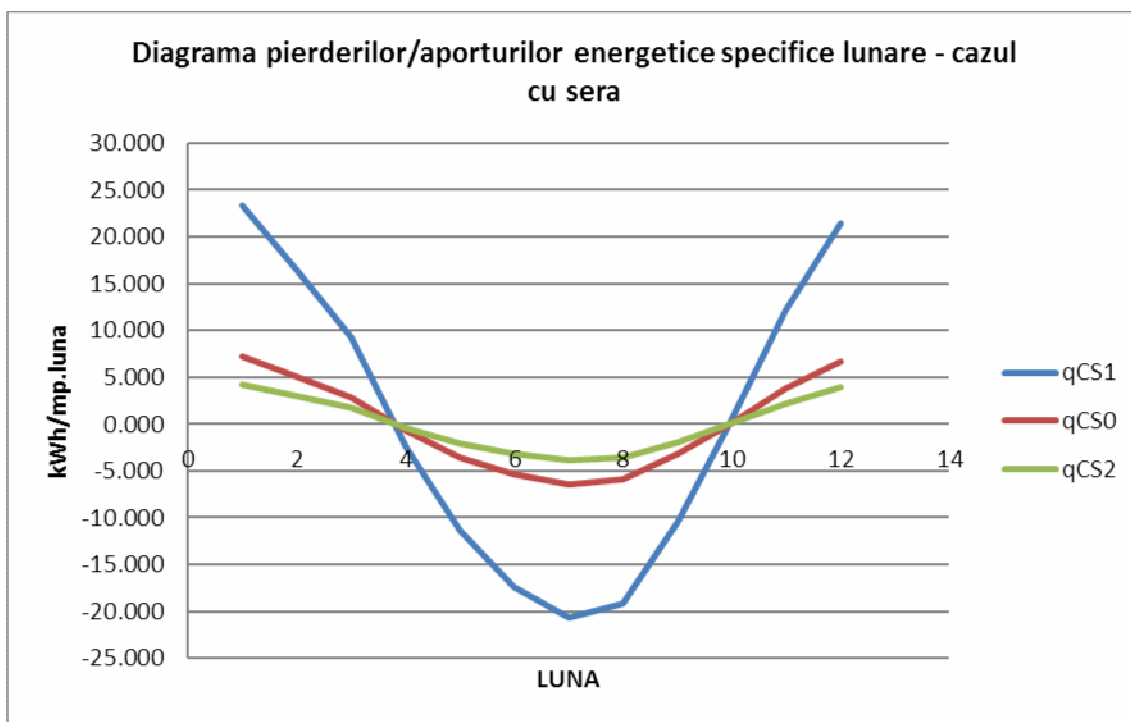


Fig. 13

În fig. 14 se prezintă într-o aceeași diagramă ambele cazuri: cu și fără seră.

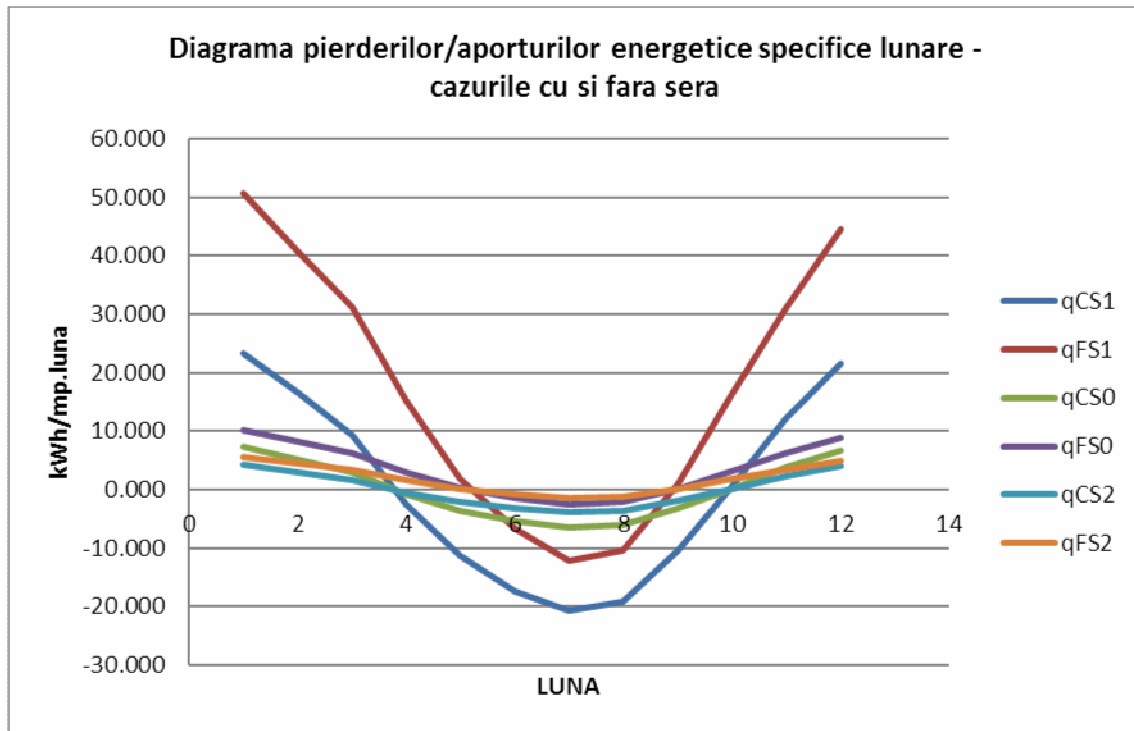


Fig. 14

În diagrama din fig. 15 se prezintă valorile sezoniere ale densităților de pierderi respectiv aporturi energetice pentru toate cele 3 variante de perete în cele 2 cazuri (cu și fără seră)

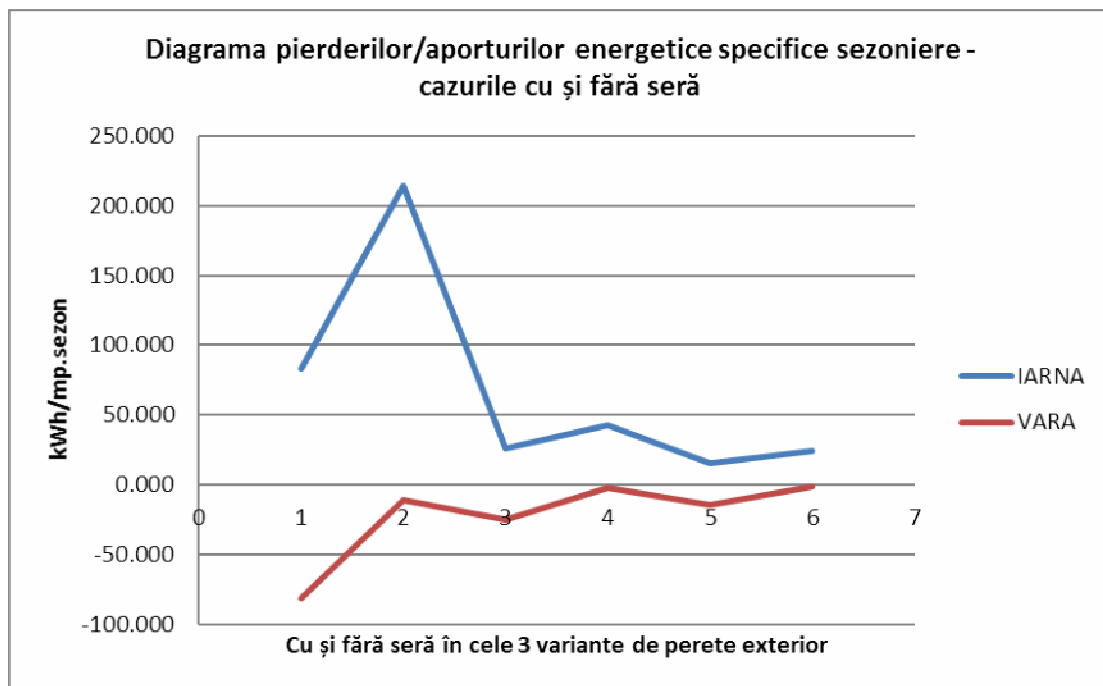


Fig. 15

Cu număr impar sunt numerotate cazurile cu seră, iar cu număr par cazurile fără seră. Cu linie albastră sunt prezentate valorile densităților pierderilor de căldură pe timp de iarnă, iar cu linie roșie densitățile aporturilor de căldură pe timpul verii.

3. Concluzii

Rezultatele energetice obținute în urma izolării și/sau echipării cu seră a pereților exteriori au fost prezentate pe parcurs, în continuare urmând să facem doar o sinteză a observațiilor mai importante care pot fi desprinse. Ne vom referi atât la consecințele energetice ale izolării termice ale elementelor opace ale anvelopei clădirii cât și la consecințele energetice ale placării cu seră a acestor elemente și la simultaneitatea aplicării celor două soluții de reducere a consumurilor energetice. După cum este cunoscut și după cum rezultă și din materialul prezentat, izolarea elementelor exterioare de anvelopă aduce beneficii energetice pe timp de iarnă dar și pe timp de vară, prin reducerea consumurilor de căldură pentru încălzire și a consumurilor de frig pentru răcire. Acest lucru rezultă destul de clar din fig.12. Cu cât stratul de izolație este mai mare cu atât beneficiile sunt mai importante în ambele sensuri. Placarea cu seră a elementelor opace însă nu mai lucrează în același fel ca izolația pe ambele sezoane, iarna/vara. Iarna aduce beneficii energetice însă vara dimpotrivă, face deservicii spațiului interior, conducând la creșterea consumului de frig. În cadrul acestei lucrări nu s-au analizat mai multe variante de seră, dacă însă s-ar fi făcut așa ceva ar fi rezultat destul de clar acest lucru. De exemplu dacă avem în imagine diagrama densităților lunare de energie termică transferată prin perete, atunci curbele corespunzătoare unor sere din ce în ce mai performante coboară curba densităților de energie transferată, în loc să o îndrepte către o linie orizontală în jurul unei valori medii, ca în cazul montării izolației termice. Coborârea curbei densităților lunare de energie transferată înseamnă scăderea consumurilor necesare pentru încălzire însă totodata creșterea consumurilor necesare pentru răcire. Sunt posibile soluții de transformare a serei în fațade ventilate pe timpul verii care conduc de asemenea la reducerea aporturilor de căldură. Utilizarea ambelor soluții, adică și izolarea termică a suprafețelor opace și placarea cu seră a acestora nu se justifică. Izolarea suprafețelor opace exterioare anulează în mare parte contribuția energetică a serei.

Notății:

q_{FS} – densități de fluxuri termice (W/m^2) sau densități de consumuri energetice lunare ($kWh/m^2.lună$), în situația în care peretele exterior nu este dotat cu seră;

q_{CS} – densități de fluxuri termice (W/m^2) sau densități de consumuri energetice lunare ($kWh/m^2.lună$), în situația în care peretele exterior este dotat cu seră.

4. Bibliografie

- [1] Florin Iordache, „Termotehnica Construcţiilor”, editura Matrix Rom, ediţia a 3-a, Bucureşti, 2010.
- [2] Florin Iordache, „Modelarea şi simularea proceselor dinamice de transfer termic”, editura Matrix Rom, Bucuresti, 2010.
- [3] John H. Lienhard, „A heat transfer textbook”, Phlogiston Press Cambridge Massachusetta, third edition, 2006.
- [4] Incropera, DeWitt, Bergman, Lavine, „Fundamentals of Heat and Mass Transfer”, J. Wiley, sixth edition, 2007.