

Revista Română de Inginerie Civilă

Indexată în bazele de date internaționale (BDI)
ProQuest, INSPEC, EBSCO
INDEX COPERNICUS, ULRICH'S și JOURNALSEEK

Volumul 7 (2016), Numărul 1
ISSN 2068-3987

Efecte produse de montarea unei noi termoizolații externe asupra clădirilor cu pereți din zidărie de cărămidă plină presată	1-13
<i>Daniel Stoica, Ion Mierlus-Mazilu</i>	
Performanța energetică (Dose-PEC și Pre-Design Tool) vs. performanța exergetică (Pre-Design Tool) - Clădiri de locuit unifamiliale -	14-27
<i>Brata Silviana, Cotorobai Victoria, Doboși Ioan Silviu, Bistran Ioan</i>	
Pornirea incalzirii într-o încăpere rece. Comportamentul termic al unui perete exterior tristrat	28-41
<i>Florin Iordache</i>	
Concepte de proiectare și dezvoltare regenerativă la clădirile civile rezidențiale	42-49
<i>Paul-Dorian Parincu, Gabriela Maria Atanasiu</i>	
An estimation of change of parameters of indoor microclimate during term of exploitation of building and engineering systems	50-56
<i>Viktor Petrenko, Denys Volchok</i>	
Numerical modeling of wind flow over different terrain types	57-63
<i>Angel Terziev, Rositsa Velichkova, Kiril Mavrov</i>	
Aspecte caracteristice privind analiza structurală a clădirii de birouri Bucharest One	64-73
<i>Claudiu-Anton Ursu, Viorel Popa, Mihai Dragomir, Dragoș Coțofană, Șerban Dima, Vasile-Virgil Oprișoreanu</i>	
Consolidarea edificiilor existente utilizând tiranți metalici	74-85
<i>Mădălin Coman, Mircea Crișan, Dragoș Marcu, Mihai A. Ganea</i>	
Analiza subrăcirii fluidelor frigorifice în instalațiile frigorifice pentru climatizare cu vaporizare directă	86-99
<i>Cătălin Georgian Negruțiu, Dragoș Hera</i>	
Influența condițiilor de contract FIDIC asupra managementului financiar al proiectelor de construcții	100-111
<i>Augustin Purnuș, Constanța-Nicoleta Bodea</i>	



COLEGIUL EDITORIAL

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

ISSN 2068-3987

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

Efecte produse de montarea unei noi termoizolații externe asupra clădirilor cu pereți din zidărie de cărămidă plina presata*

Effects due to new external thermal insulation fitting on the existing solid brick masonry building

Daniel Stoica¹, Ion Mierlus-Mazilu²

¹Universitatea Tehnica de Constructii București
Bulevardul Lacul Tei 122-124, Sector 2, București
E-mail: stoica@utcb.ro

² Universitatea Tehnica de Constructii București
Bulevardul Lacul Tei 122-124, Sector 2, București
E-mail: mmi@utcb.ro

Rezumat. *In ultimul timp s-a folosit foarte des ideea de aplicare a unei termozolatii exterioare perimetrare la cladirile existente, indiferent de tipul de pereti exteriori. Aceasta lucrare, deocamdata, se refera numai la cladirile cu pereti exteriori din zidarie. Ideea a pornit de la discutii secventiale cu domnul profesor ASANACHE. Din nefericire LA ACEA VREME nu stiam cum sa facem iar domnul profesor a trecut intre timp la cele vesnice... Acum stim, dar munca e infinit mai grea fara dansul...*

Cuvinte cheie: termoizolație, dibluri, rotopercutor, cărămidă plina presata

Abstract. *Lately often used the idea of applying an external perimeter thermal insulation for an existing buildings, regardless of the type of exterior walls. This work, is just about solid brick masonry buildings exterior walls. The idea came from sequential discussions with Professor ASANACHE. Unfortunately at THAT time we did not know how to do and unfortunately the professor has just passed away ... Now WE know, but the work is infinitely more difficult without him...*

Key words: Thermal insulation, dowels, drill, solid bricks

1. Ipoteze de calcul

Avand in vedere „anveloparea” tuturor cladirilor existente in scopul asigurarii unui confort termo-higro-energetic cat mai convenabil, care se executa in acest moment in toata tara dar probabil in toata lumea, se pune problema raspunsurilor

* Lucrare inclusa in programul conferintei Ingineria cladirilor 2015

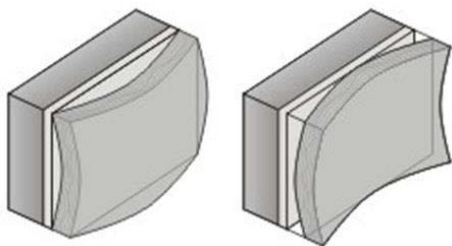
structurale care apar asupra elementelor de închidere, mai întâi și apoi asupra întregii structuri, în urma utilizării mașinilor de găurit cu percutie.

Deseori, la pereții de închidere realizați din panouri mari prefabricate, tristrat, gaurile întâlnesc orizonturi de armatură și sunt din acest motiv, repetate. Pe un panou de perete de circa 3.60 m lungime și 2.80 m înălțime se poate ajunge la mai mult de 150 de gauri. Lucrarea se dorește a fi un prim pas într-un nou stil de abordare a problemei.

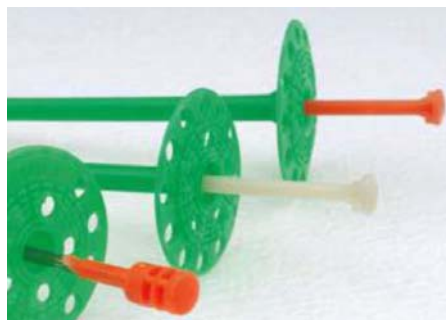
Sistemele mecanice de ancorare a stratului termoizolant la stratul suport poartă denumirea generică de dibluri. Acestea sunt realizate din materiale plastice rezistente (pentru evitarea apariției punților termice) și se fixează în stratul suport prin expansiunea porțiunii terminale a tijei. Expansiunea zonei de ancorare se realizează prin baterea unui cui din material plastic sau din metal sau prin înfiletarea unui șurub.

Talerul diblului este dimensionat astfel să asigure o presiune asupra materialului termoizolant în limita de rezistență a acestuia. Talerul diblului este dimensionat astfel să asigure o presiune asupra materialului termoizolant în limita de rezistență a acestuia.

În cazul plăcilor termoizolante de vată minerală (MW), deoarece acestea prezintă o rezistență mecanică mai redusă decât cele din polistiren expandat (EPS), suprafața talerului se mărește cu ajutorul unei rozete rigide de dimensiuni convenabile, de obicei de minim 140 mm în diametru.



Modificarea geometriei plăcii de material termoizolant la variațiile de temperatură ale mediului exterior



Dibluri – sisteme mecanice de ancorare a stratului termoizolant

Totodată, diblurile de ancorare au rolul de a prelua încărcarea ce apare în stratul termoizolant datorată fenomenului de suucțiune generat de acțiunea vântului în zona colțurilor clădirilor în special. Datorită circulației curenților de aer ce se crează în aceste zone de colț, sistemul opac de termiozolare este supus local la o presiune negativă (sucțiune) ce „trage” spre exterior stratul termoizolant, tinzând să îl îndepărteze de stratul suport. În aceste condiții, atât alegerea corespunzătoare a tipului de diblu, a numărului de dibluri de ancorare pe unitatea de suprafață și a dispunerii acestora dar mai ales executarea cu atenție a montajului acestor dibluri au o importanță deosebită asupra durabilității în timp a montajului sistemului opac de termoizolare în ansamblul său.

Numărul de dibluri pe unitatea de suprafață (buc./m²) este determinat în funcție de expunerea la vânt a clădirii respective (clădire izolată, clădiri risipite și H < 10m sau

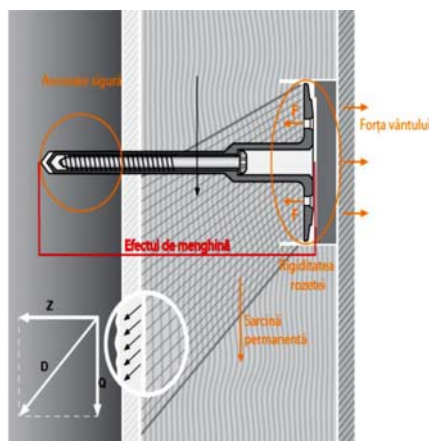
Efecte produse de montarea unei noi termoizolații externe asupra clădirilor cu pereți din zidărie de cărămidă plină presată

clădiri în aglomerări urbane) și de valoarea vitezei vântului pentru zona geografică (terenul) pe care este amplasată clădirea.

Drept regulă generală, numărul minim de dibluri pentru ancorarea termoizolației în câmp curent este de 6 buc./m² până la înălțimea de 50 m a clădirii. Pentru zonele de colț ale clădirii proiectantul lucrării va determina numărul acestora în funcție de valoarea vitezei vântului, expunerea terenului și înălțimea clădirii.

Tipul diblurilor se alege în funcție de alcătuirea constructivă a stratului suport și de grosimea stratului termoizolant, respectiv: pentru strat suport din beton monolit, din cărămidă plină sau din cărămidă cu goluri dispuse vertical și grosimea izolației mai mică de 10 cm, pot fi folosite dibluri de expansiune prin batere cu cui din polimeri sau din metal sau dibluri de expansiune prin înfiletare cu șurub metalic; pentru strat suport din beton monolit, din cărămidă plină sau din cărămidă cu goluri dispuse vertical și grosimea izolației mai mare de 10 cm, pot fi folosite doar dibluri de expansiune prin batere cu cui din metal sau dibluri de expansiune prin înfiletare cu șurub metalic; pentru strat suport din beton ușor, poros sau din beton celular autoclavizat (BCA) și indiferent de grosimea izolației, pot fi folosite doar dibluri de expansiune prin înfiletare cu șurub metalic.

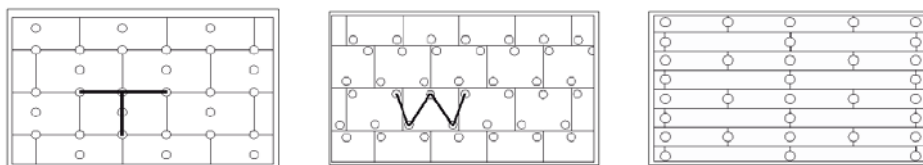
Trebuie menționat faptul că diblurile sunt agrementate tehnic doar pentru o anumită categorie de materiale din alcătuirea constructivă a stratului suport. În consecință se interzice utilizarea diblurilor fără un agrement tehnic valabil sau pentru o altă categorie de material a stratului suport decât cea pentru care a fost eliberat agrementul tehnic.



Preluarea de către diblul de ancorare a încărcărilor stratului termoizolant provenite din greutatea proprie și din efectul de suucțiune al vântului

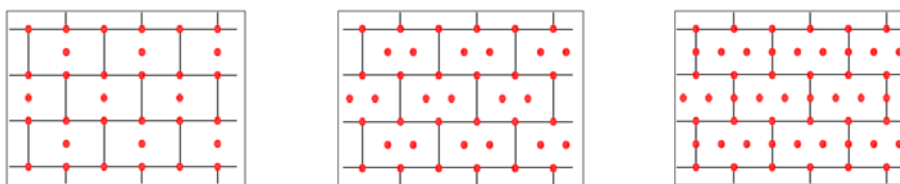
Datorită faptului că plăcile rigide de material termoizolant (polistiren expandat și vată minerală) sunt produse la dimensiuni standardizate (1,0x0,5 m de exemplu) în timp s-au impus două tipuri distincte de amplasare a diblurilor în câmpul stratului termoizolant respectiv în T și în W. Proiectantul lucrării are obligația de a indica în modul de dispunere a diblurilor (în T sau în W).

În cazul în care stratul de termoizolare se realizează din fâșii de vată minerală schema de dispunere a diblurilor ține cont de modul de întrețesere a fâșiilor de vată minerală.



Scheme de amplasare a diblurilor în câmpul stratului termoizolant realizat din plăci și din fâșii de material termoizolant

În orice situație se va respecta regula generală de amplasare a minimum 6 dibluri pe fiecare metru pătrat de suprafață a stratului termoizolant.



Variante ale schemelor de amplasare a diblurilor - de la stânga la dreapta:
6 dibluri pe m^2 , 8 dibluri pe m^2 respectiv 10 dibluri pe m^2

În cazul în care din calculele de dimensionare rezultă un număr mai mare de dibluri pe metru pătrat (în zona colțurilor clădirii de exemplu) proiectantul lucrării poate indica și o altă schemă de amplasare a diblurilor.

2. Aspecte privind modelarea acțiunilor

Având în vedere masinile de gaurit cu percutie, de pe piața, am ajuns la următoarele aprecieri:

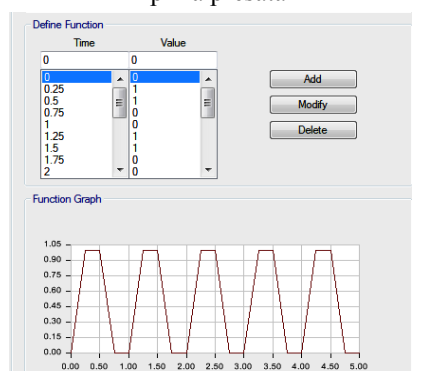
- forța de percutie:
 - o 6 kgf – în cazul peretilor din zidarie;
 - o 10 kgf - în cazul peretilor din b.a.
- Incarcarea propriu zisa – $1.50 \times$ forța de percutie:
 - o 10 kgf - în cazul peretilor din zidarie;
 - o 15 kgf - în cazul peretilor din b.a.

Am ajuns la concluzia ca realizarea unei gauri pentru montarea diblului si tijei dureaza circa 5 secunde iar pasul de trecere de la o gaura dintr-o pozitie la alta este cam de 5 secunde.

Distantele alese între gauri/puncte de percutie pentru studiile de caz folosite au fost de circa 30 cm. S-a preferat, dintre multiplele posibilitati, alegerea unei functii de percutie modelata ca în figura de mai jos, având în vedere observatiile în situ. Panourile alese au fost de 360x300 cm.

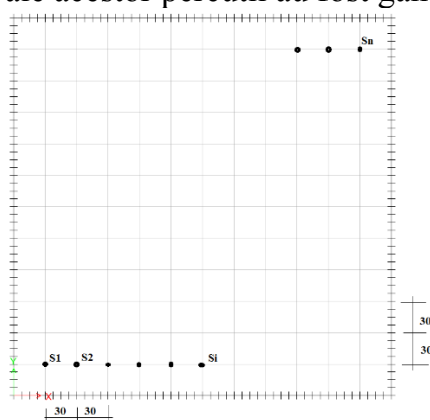
Programul de calcul utilizat a fost ETABS 2015 [1].

Efecte produse de montarea unei noi termoizolații externe asupra clădirilor cu pereți din zidărie de cărămidă plină presată



Definirea funcției de “PERCUTIE”

Punctele de aplicare ale acestor percutii au fost gândite în următoarea schema:



Aceste puncte, în pași de încărcare sunt în număr maxim de 121, pentru cazul panoului de perete plin. Sigur că da, în cazul panoului cu gol de fereastră sau al panoului cu gol cuplat de ușă și fereastră sunt mai reduse ca număr [2].

În ETABS s-au descris 3 modele de calcul structural, câte unul pentru fiecare tip de perete analizat, și s-au declarat pașii de încărcare. [1]

De asemenea s-a declarat o acțiune de tip Time History ca o „însușire” a tuturor ipotezelor de pași de încărcare, având în vedere timpul de început și de sfârșit al fiecăreia, în conformitate cu funcția de percutie descrisă anterior. [1]

Pentru fiecare studiu de caz au fost selectate un număr maxim de 9 puncte pe panou (8 pentru cele cu goluri și 9 pentru panoul plin) în care s-au colectat răspunsuri structurale de tip [2]:

- o Spectre de răspuns:
 - În accelerații
 - În deplasări
- o Time History de:
 - Accelerații;
 - Deplasări.

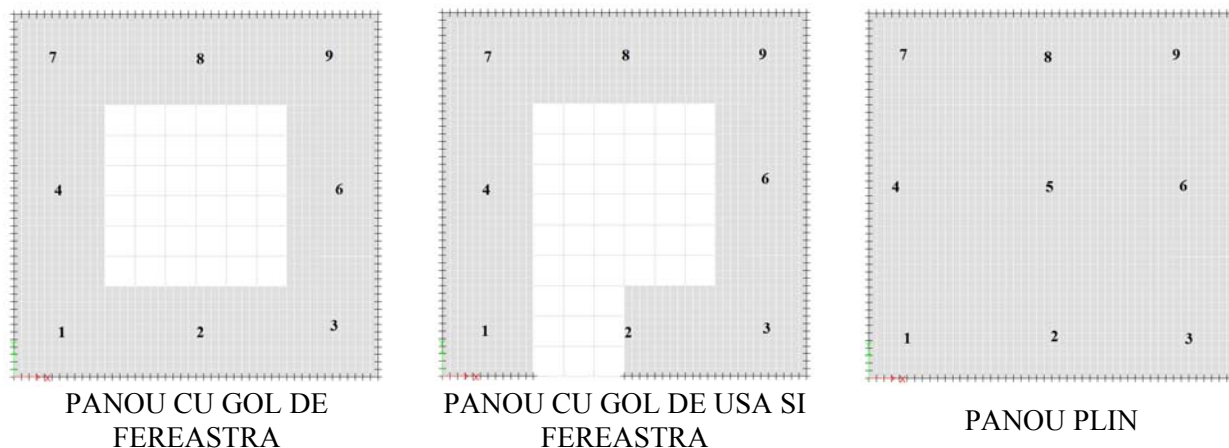
Se prezintă numai datele cu privire la panoul cu gol de fereastră.

Pentru fiecare punct de gaurire/percutii s-au colectat informații referitoare la:

- Deformații;

- Energie disipata
- Energie de distorsiune de tip Von Mises.

PUNCTELE IN CARE AU FOST DETERMINATE
SPECTRELE DE RASPUNS SI TIME HISTORY PENTRU DEPLASARI SI ACCELERATII

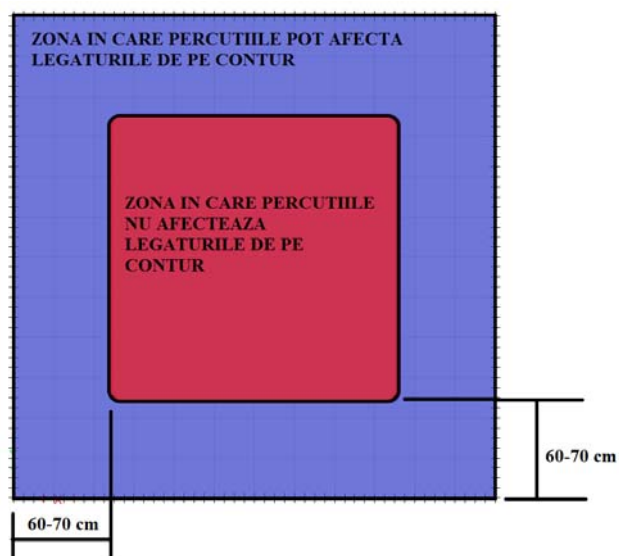


3. Concluzii directe si dorințe de cercetare viitoare

In urma tuturor investigatiilor numerice efectuate au rezultat concluziile de mai jos:

- o Media deformatiilor perpendiculare pe planul peretilor studiat, in urma analizarii curbilor de tip Time History de deplasari, in cele 8-9 puncte stabilite initial, este de cca 1.25×10^{-3} mm (adica 0.00125 mm) – asadar nesemnificativa;
- o Media acceleratiilor perpendiculare pe planul peretilor studiat, in urma analizarii curbilor de tip Time History de acceleratii, in cele 8-9 puncte stabilite initial, este de cca 1.20×10^{-3} mm/sec² (adica 0.0012 mm/sec²) – asadar nesemnificativa;
 - **OBSERVATIE 1** – trebuie determinata cu mai mare acuratete forta cu care se realizeaza percutia. Ne gasind nicaieri date in acest sens, pentru cazurile studiate, aceasta a fost considerata practic de 10 kgf.
- o Din diagramele de energie, atat disipata cat si de distorsiune, se poate observa ca orice ciclu de percutie situat la mai putin de 60-70 cm de marginile panoului, produce atat degradari locale (de obicei superioare ca dimensiuni gaurii necesare propriu zise) dar si asupra legaturilor de pe contur.

Efecte produse de montarea unei noi termoizolații externe asupra clădirilor cu pereți din zidărie de cărămidă plină presată

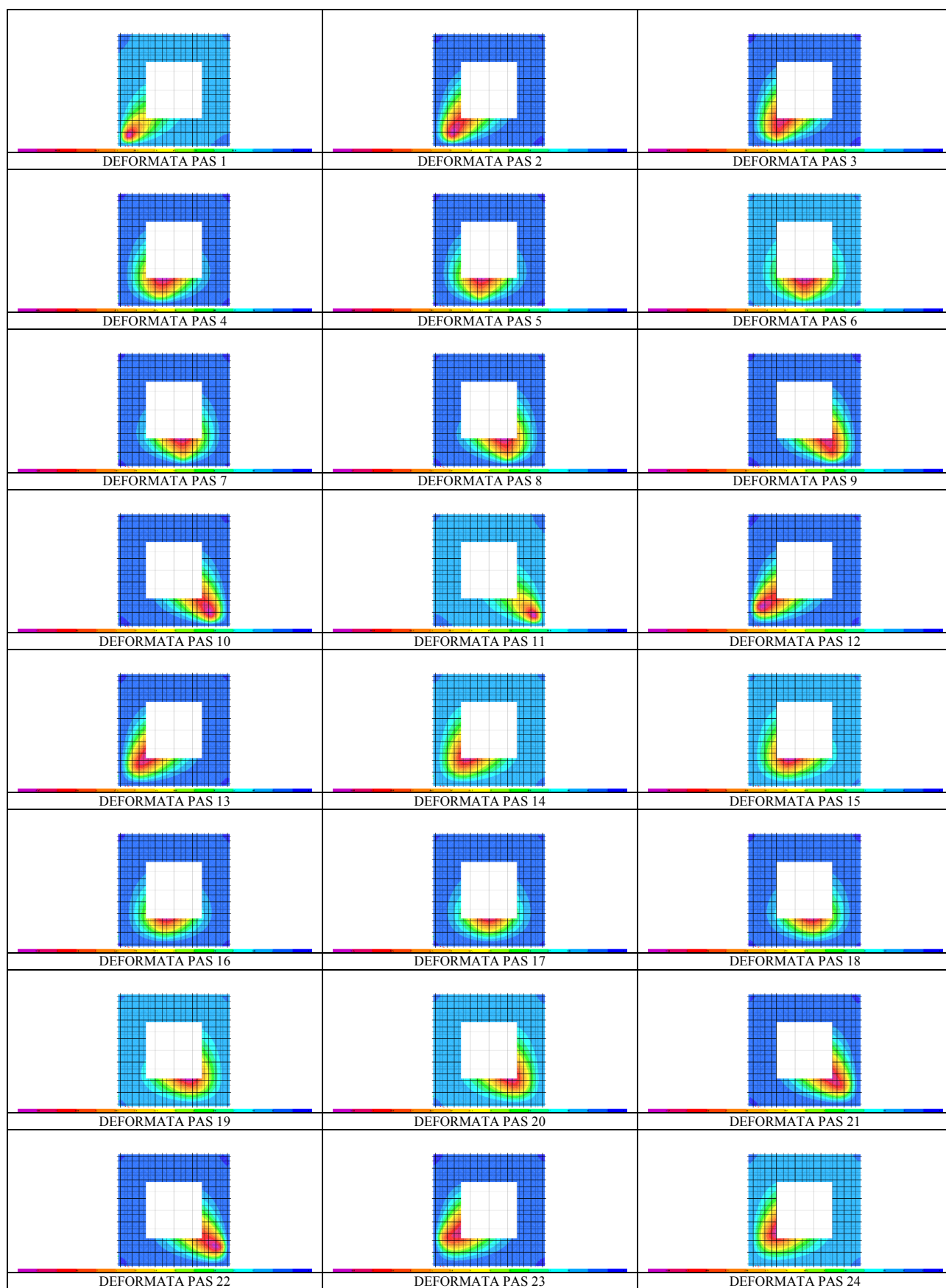


Pentru viitor ne propunem continuarea studiului, cel puțin pe modele similare cu alte scheme de rezemare pe contur și cu alte valori ale forțelor de percutie. De asemenea pentru panouri mari de tip tristrat.

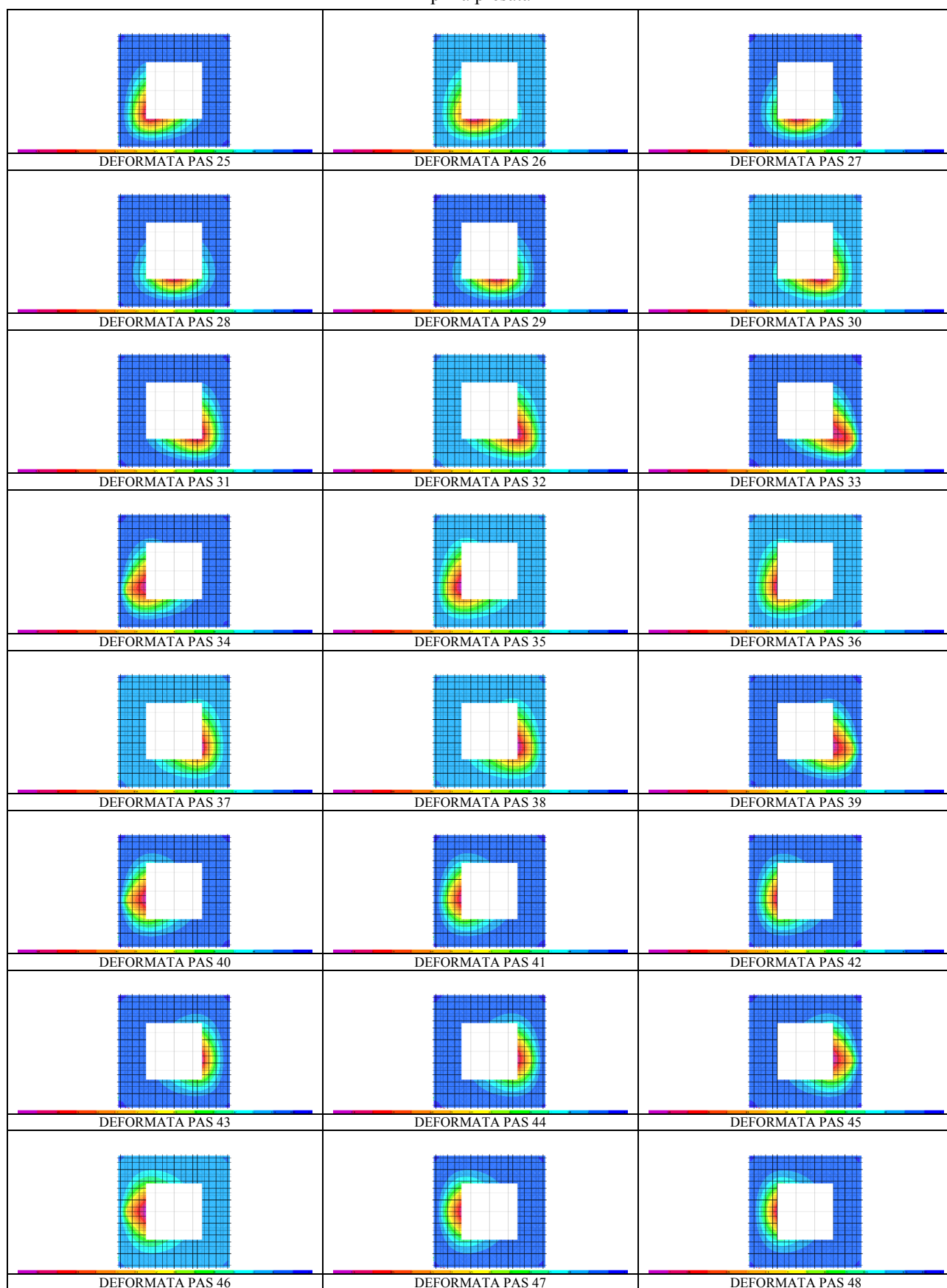
Probabil ca metoda pas cu pas o să fie îmbunătățită și răspunsurile structurale obținute vor putea conduce la sugestii pertinente cu privire la operațiunile de montare a termoizolației exterioare la clădiri existente.

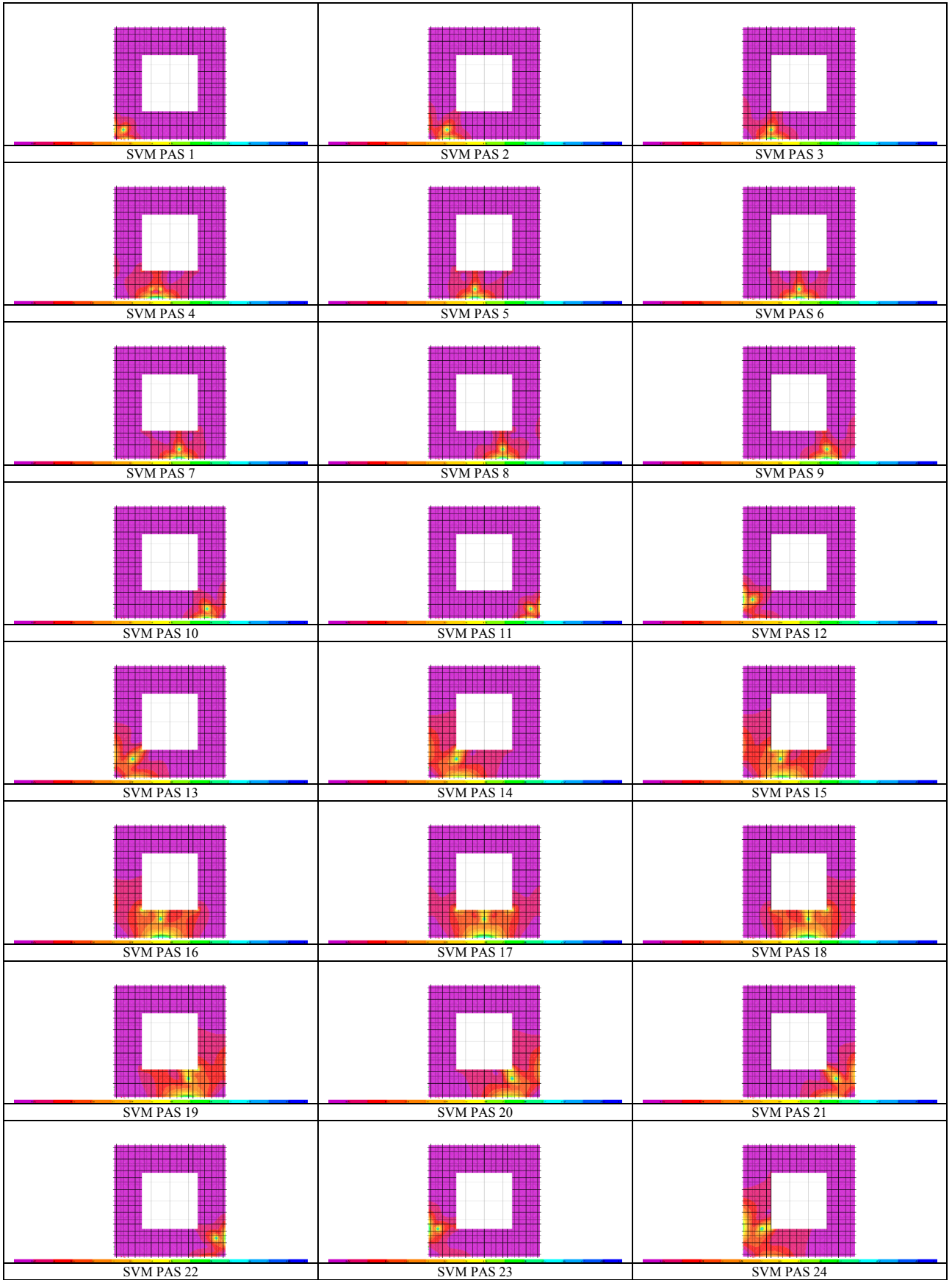
Referințe

- [1] ETABS 2015 – Manual și exemple de utilizare
- [2] Discuțiile purtate între domnii profesori Horia Asanache, Daniel Stoica și Ion Mierlus Mazilu

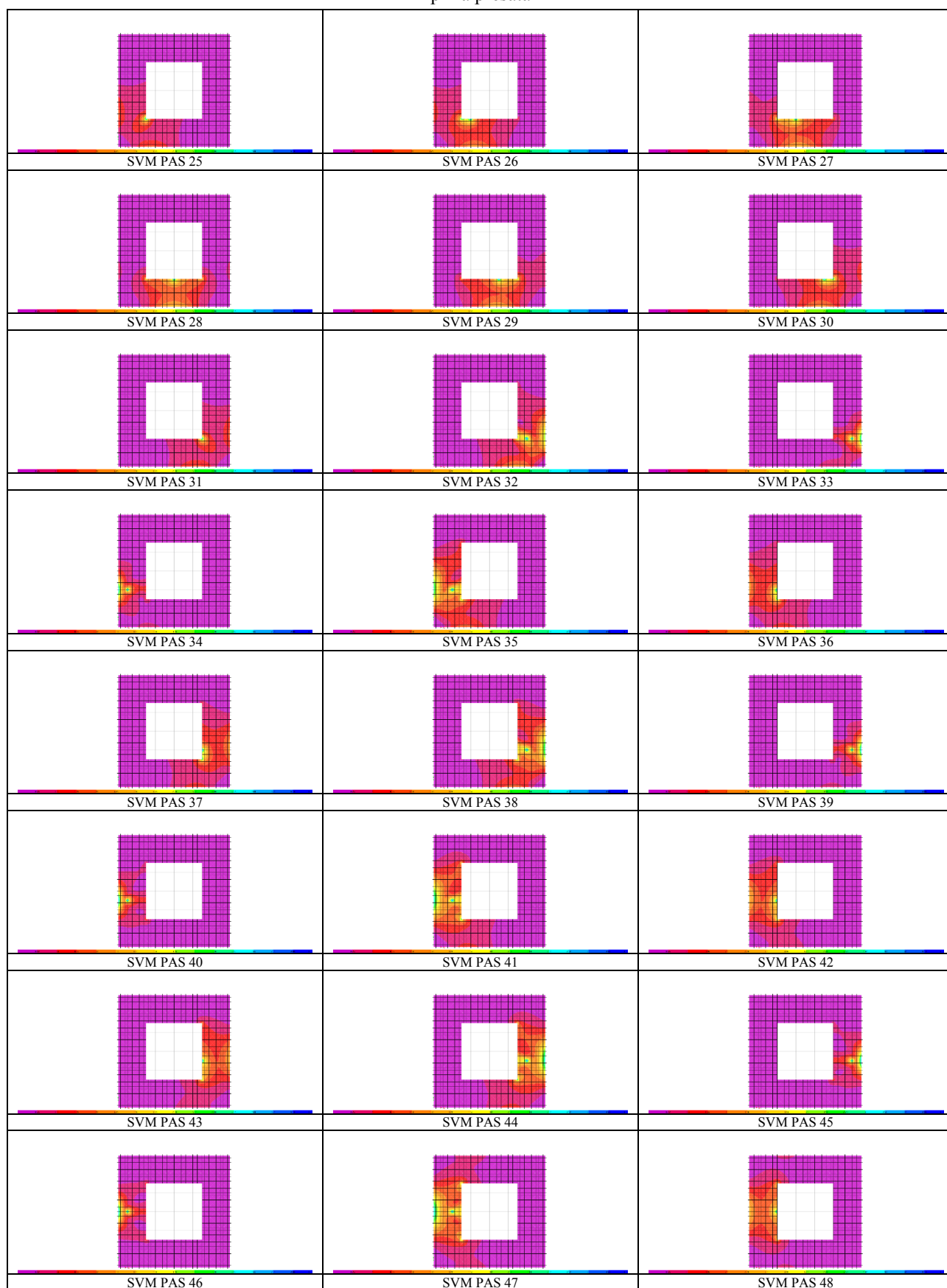


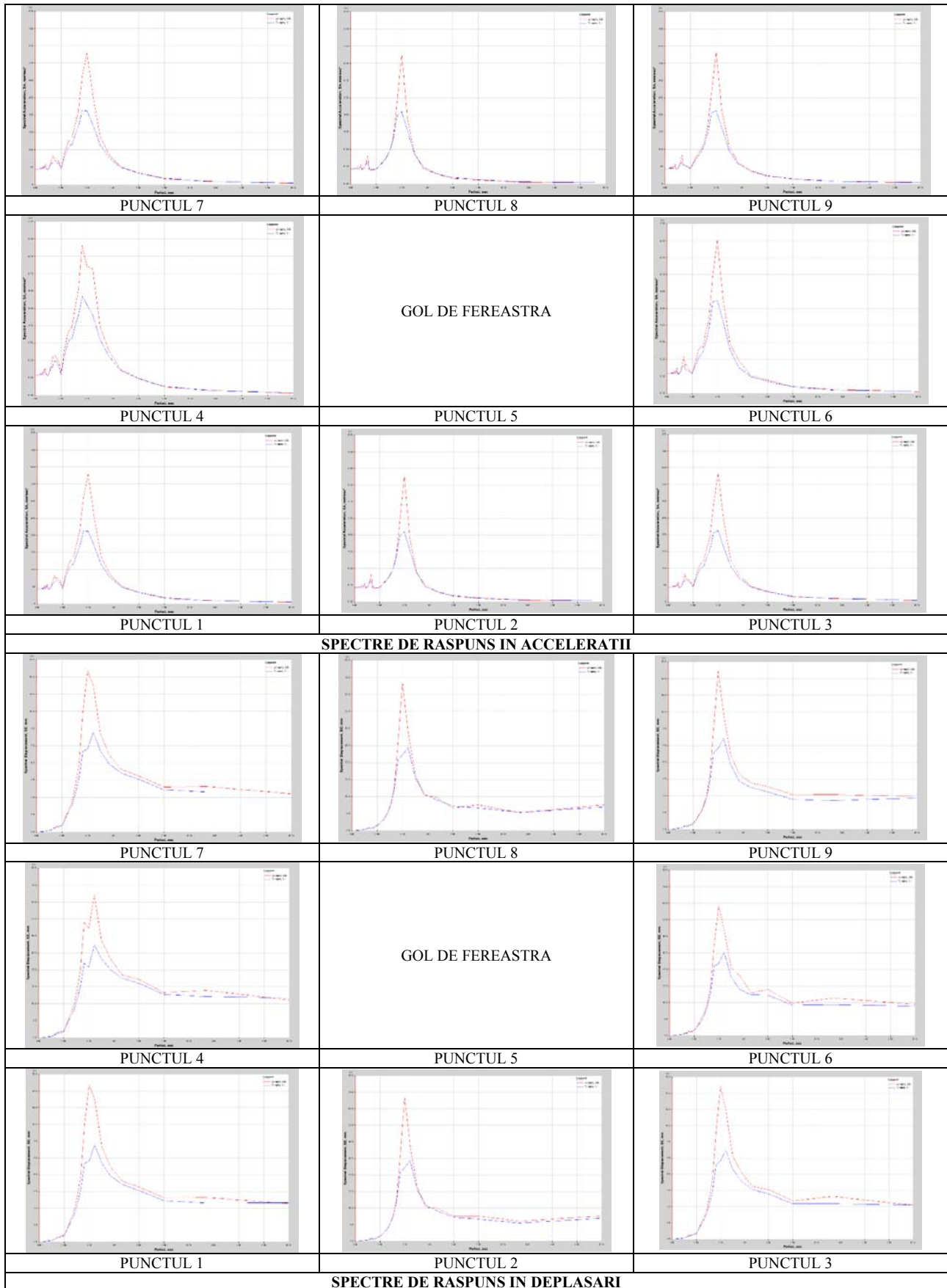
Efecte produse de montarea unei noi termoizolații externe asupra clădirilor cu pereți din zidărie de cărămidă plină presata



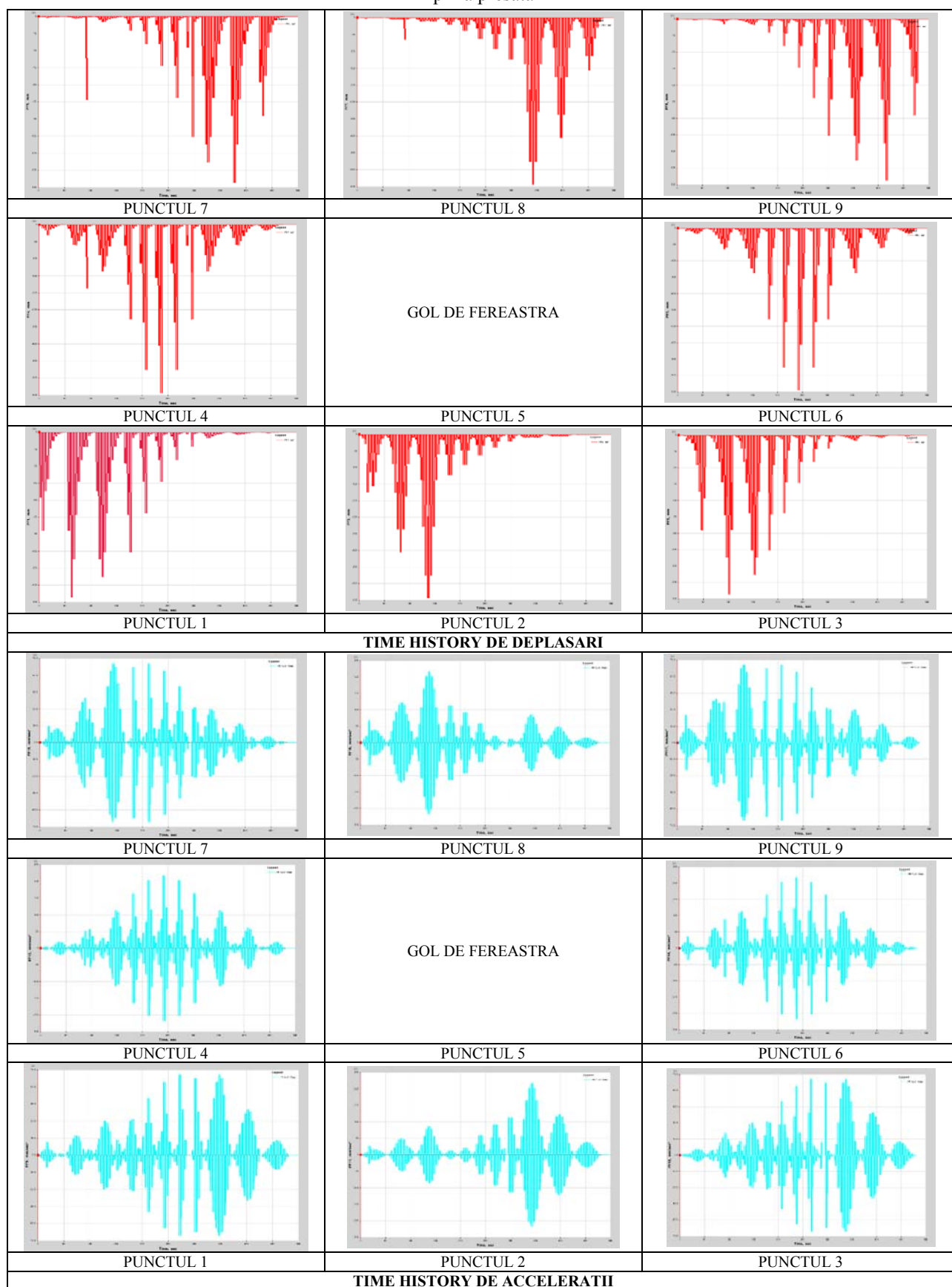


Efecte produse de montarea unei noi termoizolații externe asupra clădirilor cu pereți din zidărie de cărămidă plină presată





Efecte produse de montarea unei noi termoizolații externe asupra clădirilor cu pereți din zidărie de cărămidă plină presată



Performanța energetică (Doset-PEC și Pre-Design Tool) vs. performanța exergetică (Pre-Design Tool) -Clădiri de locuit unifamiliale –

Energy Performance (PEC Doset and Pre-Design Tool) vs. Energy Performance (Pre-Design Tool) - Single-family residential buildings -

Brata Silviana¹, Cotorobai Victoria², Doboși Ioan Silviu³, Bistran Ioan⁴

¹ Universitatea Politehnica Timișoara.
E-mail: silviana.brata@gmail.com

² Universitatea "Gheorghe Asachi" Iași
E-mail: cotorobai.victoria@gmail.com

³ Dosetimpex, Timișoara.
E-mail: ioansilviudobiosi@dosetimpex.ro

⁴ Dosetimpex, Timișoara.
E-mail: nbistran@gmail.com

Rezumat. *La nivelul României, Comunității Europene dar și global, în ultimul deceniu se pune un accent deosebit pe promovarea politicilor de eficientizare energetică și ecologică a clădirilor de locuit, cei mai mari consumatori de energie. În acest sens s-au promovat Directivele europene 2010/31, 2006/32/CE și 2009/28/CE care impun exigențe speciale clădirilor. În prezenta lucrare se prezintă o metoda de analiză a performanțelor energetice ale clădirilor, respectiv metoda de evaluare a joasei exergii care permite o mai corectă și detaliată analiză, și care oferă un instrument de selecție performant pentru noile clădiri NZBE. Se prezintă și un studiu de caz pentru România.*

Cuvinte cheie: metode analiză performanțe energetice/exergetice clădire și sisteme.

Abstract. *In Romania, the European Community but also globally in the last decade put particular emphasis on promoting energy efficiency and environmental policies of residential buildings, the largest consumers of energy. In this regard they have promoted European Directives 2010/31, 2006/32 / EC and 2009/28 / EC imposing special requirements of buildings. This paper presents a method for analyzing the energy performance of buildings or assess a low exergy method that allows a more accurate and detailed analysis, and provides a powerful tool for new buildings NZBE selection. It presents a case study for Romania.*

Key words: energy/exergy performance analysis methods for building&systems, NZBE buildings

1. Introducere

Activitățile umane atribuite sectorului energetic sunt responsabile pentru nu mai puțin de 78 % din emisiile de gaze cu efect de seră din Comunitatea Europeană, făcând din ce în ce mai dificilă respectarea angajamentelor de la Kyoto [1,3,4,5]. Consumurile de energie primară pe domenii caracteristice la nivelul țărilor din Uniunea Europeană sunt redată în figura 1.

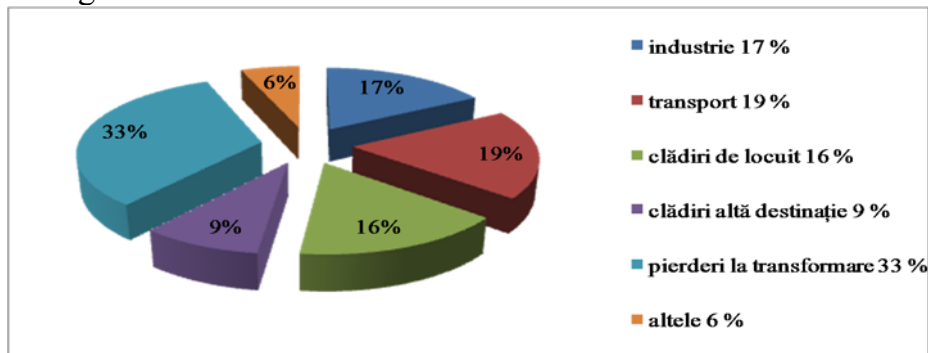


Fig. 1 Consumuri de energie primară în UE

Directiva 2006/32/CE a Parlamentului European și a Consiliului subliniază necesitatea îmbunătățirii eficienței energetice la utilizatorii finali. Se va reduce astfel consumul de energie primară, emisiile de CO₂ și a alte emisii de gaze cu efect de seră.

Clădirile rezidențiale și comerciale reprezintă principalul consumator de energie, și anume 40% din totalul consumului final de energie, din care 60% reprezintă consumul de energie pentru încălzire și răcire.

Consumurile de energie la nivelul clădirilor rezidențiale în Uniunea Europeană sunt evidențiate ca și pondere procentuală, în figura 2, din consumul total de energie al clădirii: pentru încălzirea spațiilor, pentru prepararea apei calde de consum, energia consumată de aparatura electrică, energia utilizată la gătit.

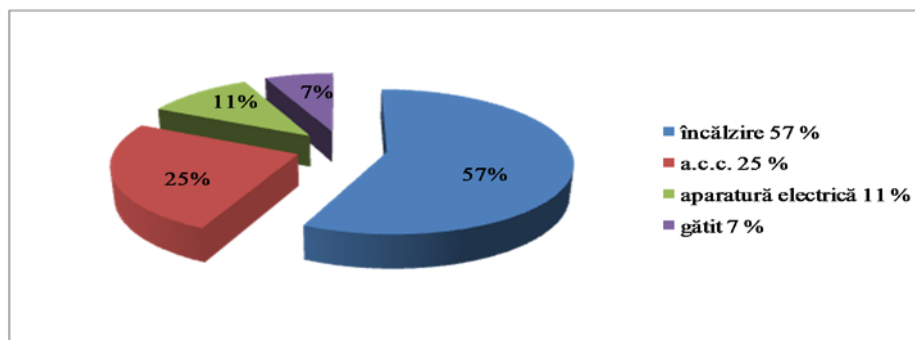


Fig. 2 Consumuri de energie la clădiri rezidențiale în UE.

În conformitate cu Directiva 2009/28/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 23 aprilie 2009 privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile, statele membre trebuie să instituie un plan național de acțiune care să fixeze ponderea energiei din surse regenerabile consumate în transporturi, precum și în producția de electricitate și de încălzire, pentru 2020 [2].

Unul dintre principalele obiective conturate de Directiva 2010/31 a Parlamentului European și a Consiliului privind performanța energetică a clădirilor

este implementarea conceptului “clădire cu un consum de energie aproape egal cu zero”. Astfel începând cu data de 31 decembrie 2020, toate clădirile noi vor fi clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero [6,8].

În țara noastră a fost creat cadrul legal pentru implemenarea directivelor europene în domeniul performanței energetice a clădirilor prin Legea 372/2005 care are ca scop promovarea creșterii performanței energetice a clădirilor, ținându-se cont de condițiile climatice exterioare, de ambientul interior și de eficiența economică.

2. Conceptul de exergie în optimizarea consumurilor energetice

Utilizarea conceptului de exergie în analiza funcționării unui sistem de producere, stocare, transport și consum de energie este foarte importantă deoarece pune în evidență calitatea energiei prin apelarea la principiul al doilea al termodinamicii. Primul principiu al termodinamicii, care, matematic, exprimă relația cantitativă dintre tipurile de energie care participă la proces nu evidențiază calitatea lor în comparație cu o anumită referință.

Conform principiului al doilea al termodinamicii, formulat pentru prima dată de S. Carnot și dezvoltat de Clausius, entropia unui sistem termodinamic izolat adiabat rămâne constantă dacă toate procesele din interiorul sistemului sunt reversibile, ceea ce presupune considerarea următoarelor condiții [10,11]: lipsa frecărilor gazodinamice și mecanice, desfășurarea proceselor de transfer de căldură la diferențe infinite mici de temperatură, desfășurarea proceselor de schimb de lucru mecanic la diferențe infinite mici de presiune, menținerea echilibrului termodinamic intern în fiecare moment al procesului termic, menținerea neschimbată a compoziției agentului termic.

Principiul al doilea al termodinamicii, prin introducerea noțiunii de entropie, raportată la parametrii mediului ambiant, exprimă ponderea exergiei într-un anumit tip de energie. Termenul de exergie a fost introdus de Rant în 1956, dar conceptul de exergie a fost dezvoltat de Gibbs în 1873 [10].

Exergia unui sistem termodinamic într-o stare dată reprezintă lucru mecanic produs la trecerea reversibilă a sistemului din starea dată în starea de echilibru cu mediul ambiant sau, în cazul comprimării, exergia definește consumul minim de lucru mecanic necesar pentru trecerea reversibilă a sistemului termodinamic din starea de echilibru cu mediul ambiant în starea dată [9,10,11,15].

Exergia este partea de energie (energie = exergie + anergie) care are potențialul de a fi integral transformată în altă formă de energie. Se poate defini, astfel, un nou parametru, factorul de calitate, care este raportul între exergie și energie.

Ca și referință pentru mediul ambiant se poate considera temperatura aerului exterior. Aerul exterior clădirii este considerat un rezervor infinit care nu își modifică temperatura, presiunea sau compoziția chimică ca urmare a interacțiunii clădire-mediul ambiant [10,13].

Exergia căldurii, în cazul transferului de căldură la temperatură constantă se determină cu relația [10,13]:

$$Ex = W_c = Q_{12} \left(\frac{T - T_0}{T} \right), (1)$$

iar, exergia căldurii în cazul transferului de căldură la temperatură variabilă, cu relația [13]:

$$Ex = c m \left(T_0 - T - T_0 \ln \frac{T_0}{T} \right), (2)$$

în care: Q_{12} este căldura primită de sistem de la sursa caldă, în J;
 T este temperatura sursei calde, în K;
 T_0 este temperatura sursei reci, în K;

Ecuția de bilanț exergetic pentru un sistem termodinamic se exprimă prin egalitatea:
exergie intrare sistem + exergie consumată = exergie stocată + exergie ieșire sistem

Determinarea, în paralel cu consumurile energetice, și a consumurilor exergetice la clădiri și la instalațiile aferente clădirilor se va realiza pe baza aceleași scheme de calcul prezentată în metodologia Mc001-2006 [7] pentru determinarea consumurilor de energie. Schema de calcul, cu indicarea componentelor care trebuie analizate din punct de vedere energetic/exergetic este redată în metodologie și prezentată în figura 3.

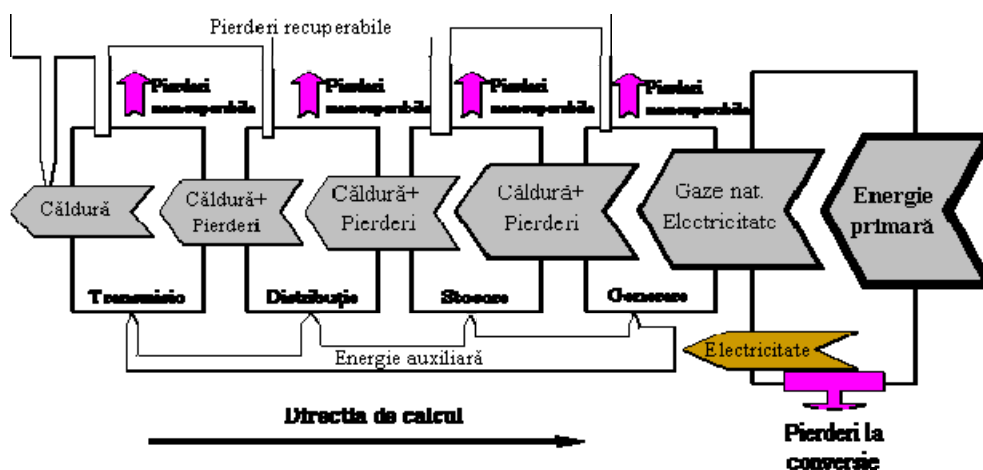


Fig. 3. Schema de calcul pentru determinarea consumurilor energetice/exergetice

În domeniul performanței energetice/exergetice a clădirilor și instalațiilor care deservește clădirea, conceptul de exergie poate fi utilizat ca un instrument de optimizare a utilizării surselor de energie. Pentru a obține o clădire eficientă exergetic este necesar să scadă calitatea sursei de energie utilizate și să se utilizeze o sursă cu exergie scăzută.

3. Metode de calcul

Consumurile energetice ale clădirilor se determină cu programul de calcul Doset_PEC, program de calcul care respectă cerințele metodologiei de determinare a performanțelor energetice ale clădirilor și instalațiilor aferente Mc001-2006, respectiv cu programul Pre-Design Tool utilizat pentru determinarea consumurilor energetice

pentru încălzirea clădirilor, considerându-se transferul de căldură în regim staționar [8,9,10].

Programul de calcul Doset-PEC utilizează metoda lunară pentru determinarea necesarului de energie pentru încălzire. În programul Pre-Design Tool se utilizează valori medii corespunzătoare sezonului de încălzire. Aceste valori medii sunt dificil de determinat, deoarece depind tocmai de lungimea sezonului de încălzire. Programul Doset-PEC, prin modulul *Calcul sezonier* permite determinarea numărului de zile ale sezonului de încălzire utilizând relația din metodologia Mc 001-2006:

$$t_{ed} \leq t_{id} - \frac{\eta_1 Q_g}{H t}, \quad (3)$$

în care:

- t_{ed} este temperatura exterioră medie zilnică;
- t_{id} este temperatura interioară medie zilnică;
- η_1 este factorul de utilizare convențional, calculat cu $\gamma = 1$;
- Q_g reprezintă aporturile interne și solare medii zilnice;
- H este coeficientul de pierderi termice al clădirii;
- t este durata unei zile, 24 h.

4. Studiu de caz

4.1. Parametri inițiali de calcul

Studiul, privind consumurile energetice/exergetice pentru încălzire și prepararea apei calde de consum, s-a realizat pentru o clădire de locuit unifamilială, P+1E+M, contruită în anul 2009 în localitatea Timișoara, respectând la data construirii normele naționale de proiectare.

Caracteristicile geometrice ale clădirii necesare în calculele de determinare a performanței energetice/exergetice se prezintă în tabelul 1:

Tabelul 1:

Caracteristicile geometrice ale clădirii	
Date de intrare	Clădire de locuit unifamilială
Suprafața utilă [m ²]	195,3
Volumul util [m ³]	546,36
Volumul total [m ³]	655,36

iar în tabelul 2 caracteristicile geometrice și termotehnice ale elementelor de construcție.

Pentru elementele de construcție s-au considerat următoarele soluții de izolare termică:

- peretele exterior de 30 cm cărămidă Porotherm, izolat cu polistiren expandat de 8 cm;
- planșeul peste ultimul nivel izolat cu vată minerală de 12 cm;
- placa pe sol din beton armat 10 cm, izolată cu polistiren extrudat de 14 cm;

Tabelul 2

Caracteristici geometrice și termotehnice ale anvelopei clădirii

Element	Orientare	Suprafata m ²	Rezistenta termică specifică medie
			(m ² K/W)
PE		226,46	3,333
FE geam termoizolant	N	1,16	0,68
	S	13,42	
	E	8,59	
	V	11,64	
UE geam termoizolant	N	2,10	0,68
	S	4,19	
	E	2,10	
Pl. peste ultimul nivel	O	134,91	3,00
Placa pe sol	O	134,91	-
Total		539,48	

Clădirea s-a considerat moderat-adăpostită, considerând numărul de schimburi de aer cu exteriorul $n_a = 0,5 \text{ h}^{-1}$.

Temperatura aerului exterior utilizată în programul Pre-Design Tool s-a considerat temperatura medie în perioada celor șapte luni de încălzire a clădirii, calculată cu temperaturi medii lunare. Valorile obținute sunt redată în tabelul 3.

Tabelul 3:

Temperaturi si intensități ale radiației solare în sezonul de încălzire

Date de intrare		Clădire de locuit unifamilială
Temperatura aerului interior [°C]		20
Temperatura aerului exterior [°C]		3,8
Intensitatea radiației solare, [W/m ²]	N	20
	S	82
	E	44
	V	44

De asemenea intensitățile radiației solare utilizate la determinare aporturilor solare prin elementele vitrate s-au calculat cu aceeași procedură.

4.2 Consumurile energetice ale clădirii și instalațiilor

Într-o primă etapă se calculează consumurile energetice prin aplicarea programului Doset-PEC și a programului Pre-Design Tool pentru clădirea prezentată, considerând Cazul 1 când sursă de energie este un cazan funcționând cu combustibil gazos. În cazul programului Doset-PEC, metoda utilizată este metoda lunară. Prin modulul *Calcul sezonier* se poate determina într-o fază preliminară perioada de încălzire și temperatura exterioară medie pentru sezonul de încălzire (figura 4),

Performanța energetică (Doset-PEC și Pre-Design Tool) vs. performanța exergetică (Pre-Design Tool)
-- Clădiri de locuit unifamiliale --

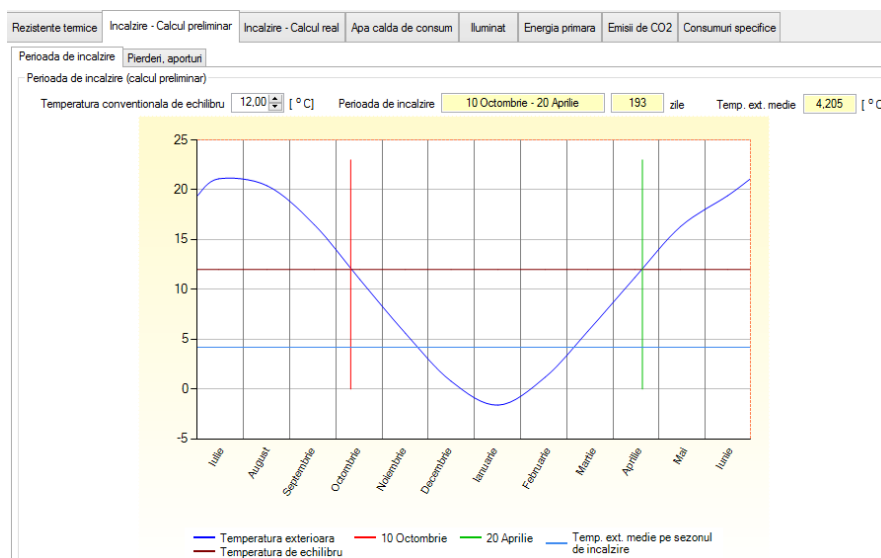


Fig. 4. Determinarea perioadei de încălzire

dar pentru a simplifica analiza comparativă a rezultatelor obținute cu cele două programe de calcul, s-a considerat durata sezonului de încălzire de șapte luni, inclusiv octombrie și aprilie.

Calculul lunar al pierderilor de energie prin transmisie și ventilare, al aporturilor interne și solare și determinarea necesarului de energie în funcție de factorul de utilizare pentru încălzirea spațiilor clădirii este prezentat în breviarul de calcul al programului Doset-PEC și redat în tabelul 4.

Tabelul 4:

Necesarul de energie pentru încălzire									
Luna	Q _t kWh	Q _v kWh	Q _L kWh	Q _s kWh	Q _i kWh	Q _g kWh	gamma	eta	Q _h kWh
Ian.	3354	1807	5161	679	724	1403	0,271	0,7863	4058
Febr.	2707	1421	4128	943	654	1597	0,386	0,721	2977
Martie	2351	1188	3539	1160	724	1884	0,532	0,652	2309
Aprilie	1526	713	2239	1187	701	1888	0,843	0,542	1215
Mai	849	310	1159	1237	724	1961	1,692	0,371	431
Iunie	365	49	414	1307	701	2008	4,850	0,170	0
Iulie	111	-92	19	1451	724	2175	114,473	0,008	0
August	186	-33	153	1439	724	2163	14,137	0,065	0
Sept.	701	283	984	1466	701	2167	2,202	0,312	307
Oct.	1506	753	2259	1313	724	2037	0,901	0,525	1188
Noi.	2205	1166	3371	666	701	1367	0,405	0,711	2398
Dec.	2989	1606	4595	574	724	1298	0,282	0,779	3583

Ponderea procentuală a pierderilor de energie prin transmisie prin elementele de construcție și a pierderilor pentru ventilarea clădirii și valorile corespunzătoare

exprimate în MJ sunt prezentate în tabelul 5. Ponderea pierderilor de căldură prin ventilare reprezintă o treime din valoarea totală, iar ponderile de căldură prin pereți exteriori și ferestre câte 20 % (aproximativ).

Tabelul 5

Pierderi căldură prin transmisie și ventilare

Element anvelopa	Suprafata m ²	Q _t MJ	% din total energie
Placa pe sol	134,91	16048,23	15,75
Pereti Exteriori	226,46	19963,34	19,59
Ferestre/Usi	43,20	18649,40	18,30
Plansee peste ultimul nivel	134,91	13201,08	12,95
Pierderi prin ventilare	0	34012,03	33,38
TOTAL	539,48	101874,08	100

Încadrarea în clasele de performanță energetică în funcție de consumurile de energie pentru încălzire și pentru prepararea apei calde de consum se realizează în programul Doset-PEC în certificatul de performanță energetică, prezentat în figura 5, rezultând clasa *B* la consumul pentru încălzire, respectiv *A* la consumul pentru prepararea apei calde menajere, ambele la clădirea reală.

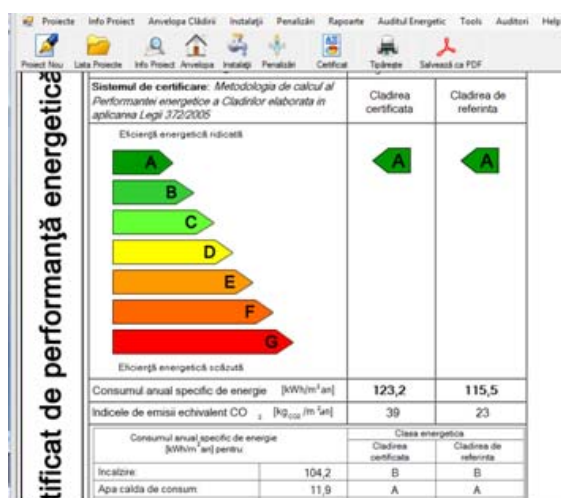


Fig. 5. Certificatul energetic – Doset-PEC.

Rezultatele obținute cu cele două programe de calcul pentru același sistem, clădirea studiată și instalațiile corespunzătoare, Cazul 1, au fost analizate pentru a urmări diferențele valorice între parametrii, diferențe prezentate valoric dar și procentual pentru un impact vizual mai rapid, în tabelul 6.

Relațiile de calcul utilizate, nefiind identice în cele două programe, nu s-au obținut aceleași rezultate, dar ordinul de mărime este corespunzător și ambele

programe oferă o imagine reală asupra consumurilor de energie necesare pentru a asigura anumite cerințe impuse.

Tabelul 6

Analiză comparativă a consumurilor de energie

Element anvelopă	Doset-PEC	Pre-Design Tool	% din
Pierderile de căldură prin transmisie specifice, $\Sigma(U \times A)$, în W/K	206.18	206.99	100
Mărimi în kWh			
Pierderi de căldură prin transmisie	16638	17061	103
Pierderi de căldură prin ventilare	8654	9402	103
Aporturi solare	6522	6160	109
Aporturi interne	4952	4130	94
Necesarul de energie pentru încălzire	17728	15360	83
Consumul de energie pentru încălzire	18547	21043	113

4.3 Consumurile exergetice

Analiza exergetică a sistemului clădire-instalații se realizează în trei cazuri distincte, considerând ca și sursă de energie un cazan funcționând cu combustibil gazos (Cazul 1), un cazan electric (Cazul 2), respectiv o pompă de căldură apă-apă (Cazul 3). Consumurile energetice/exergetice în toate cele trei cazuri s-au determinat cu programul Pre-Design Tool.

De asemenea se obțin reprezentările grafice ale fluxurilor de energie/exergie pentru componentele sistemului.

Separat, pentru fiecare componentă s-a pus în evidență consumul de energie/exergie defalcat pentru încălzire, energie auxiliară și preparare apă caldă de consum.

Cazul 1. Sursa de energie pentru încălzirea spațiilor și prepararea apei calde de consum este un cazan cu combustibil gazos cu randamentul termic 0,98. Transmisia căldurii se realizează cu corpuri de încălzire statice, având temperatura tur/retur de 70/55 °C.

Fluxurile de energie/exergie corespunzătoare componentelor sistemului sunt prezentate în figura 6.

În tabelul 7 este redată defalcarea consumurilor de energie/exergie necesare pentru încălzire, pentru prepararea apei calde de consum și energia/exergia necesară la pompă în subsistemul de distribuție și la sursa de energie.

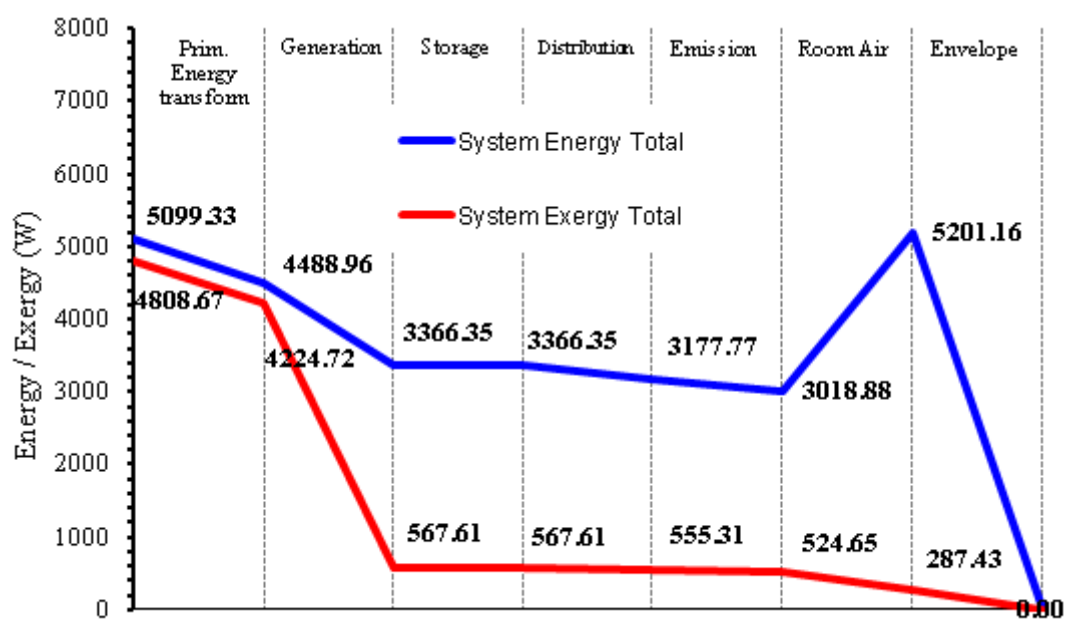


Fig. 6. Fluxurile energetice/exergetice pe componentele sistemului :
sursă de energie: cazan cu combustibil gazos .

Tabel 7

Cazul 1. Încălzire și preparare apă caldă de consum cu cazan cu combustibil gazos

Total	En. prim./ Ex. prim.	En. prim./ Ex. prim.	Consum en./ex. cazan	Stocaj	Distributie	Transmisie	Încăpere	Anvelopă
5099,3 4808,6	înc.	4549,6 4276,6	4136,0 3887,8	3308,8 567,6	3308,8 567,6	3177,7 555,3	3018,8 524,6	5201,1 287,4
	en.	254,9	27,4+57,5	+57,5	57,5			
	aux.	254,9	27,4+57,5					
	a.c.c.	294,7 277,0	267,9 251,9					
	Suma	5099,3 4808,6	4488,9 4224,7	3366,3 567,6	3366,3 567,6	3177,7 555,3	3018,8 524,6	5201,1 287,4

Cazul 2. Sursa de energie pentru încălzirea spațiilor și prepararea apei calde de consum este un cazan electric cu randamentul termic 0,98. Transmisia căldurii se realizează cu corpuri de încălzire statice, având temperatura tur/retur de 70/55 °C. Apa caldă de consum se prepară cu aceeași sursă de energie. S-a considerat un consum specific de 60 l/pers, zi

Figura 7 redă variația grafică a fluxurilor de energie și exergie pentru fiecare componentă a sistemului.

Performanța energetică (Doset-PEC și Pre-Design Tool) vs. performanța exergetică (Pre-Design Tool)
 -- Clădiri de locuit unifamiliale --

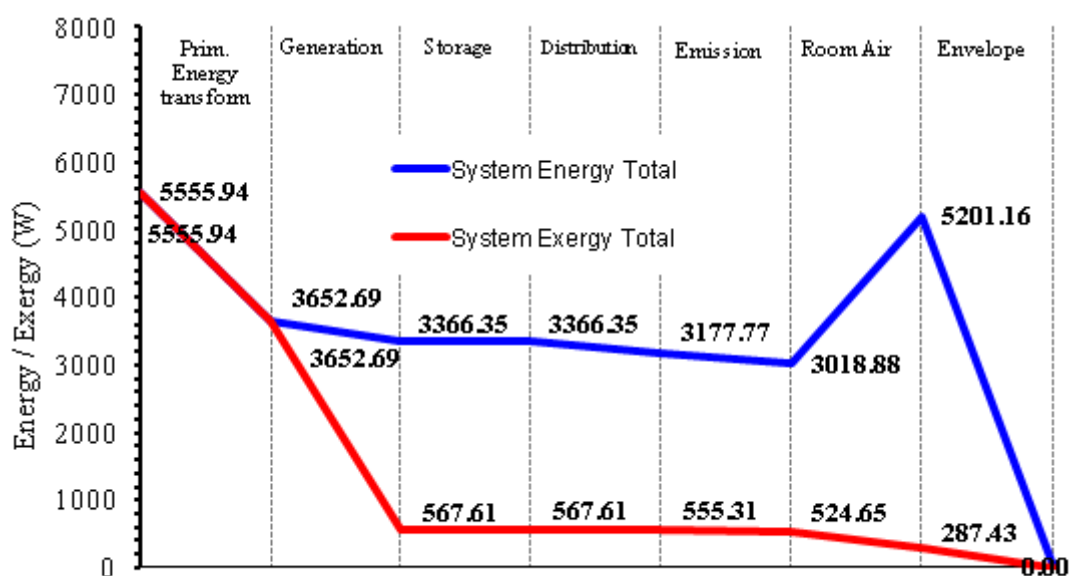


Fig. 7. Fluxurile energetice/exergetice pe componentele sistemului
 - sursă de energie: cazan electric -

În tabelul 8 se prezintă defalcarea consumurilor de energie/exergie necesare pentru încălzire, pentru prepararea apei calde de consum și energia/exergia necesară la pompă în subsistemul de distribuție și la sursa de energie.

Tabel 8

Cazul 2. Încălzire și preparare apă caldă de consum cu cazan electric

Total En. prim./ Ex. prim.		En. prim./ Ex. prim.	Consum en./ex. cazan	Stocaj	Distribuție	Transmisie	Încăpere	Anvelopă
5556 5556	înc.	4726,8 4726,8	3376,3 3376,3	3308,8 567,6	3308,8 567,6	3177,7 555,3	3018,8 524,6	5201,1 287,4
	en. aux.	172,8 172,8	0,07+57,5 0,07+57,5	+57,5	57,5			
	a.c.c.	656,2 656,2	218,6 218,6					
	Suma	5555,9 5555,9	3652,6 3652,6	3366,3 567,6	3366,3 567,6	3177,7 555,3	3018,8 524,6	3018,8 287,4

Cazul 3. Sursă de energie pentru încălzirea spațiilor și prepararea apei calde de consum este o pompă de căldură apă-apă cu eficiență termică 4,61. Încălzirea se realizează prin planșeu și pardoseală radiantă, temperatură tur/retur 28/22 °C.

Apa caldă de consum se prepară cu aceeași sursă de energie. S-au considerat două persoane cu un consum de 60 l/pers, zi.

În figura 8 sunt redate fluxurile de energie/exergie pentru fiecare componentă a sistemului.

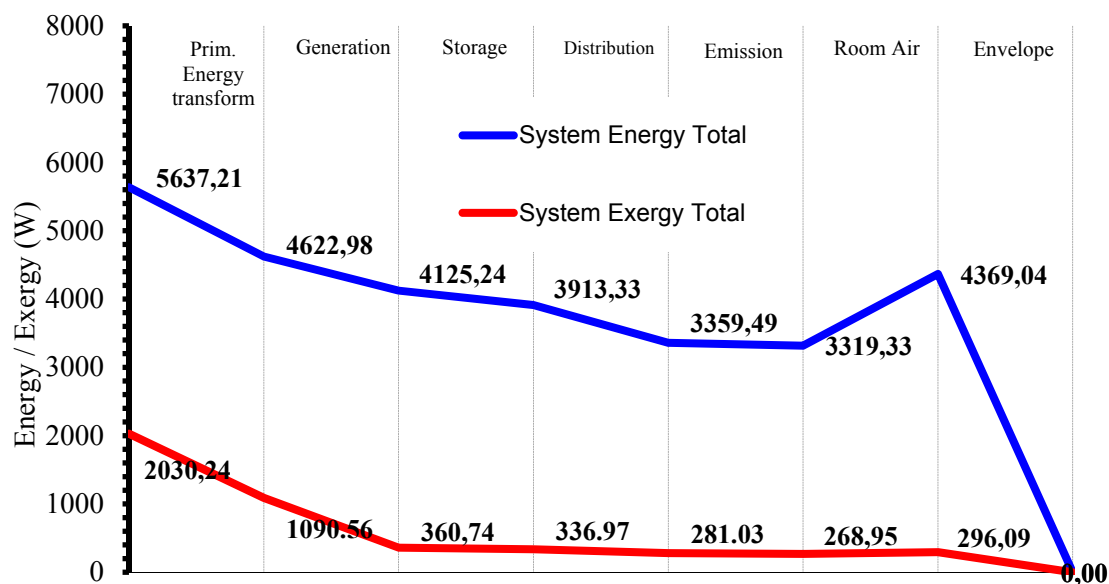


Fig. 8. Fluxurile energetice/exergetice pe componentele sistemului
- sursă de energie: pompă de căldură apă-apă -

În tabelul 9 este redată defalcarea consumurilor de energie/exergie necesare pentru încălzire, pentru prepararea apei calde de consum și energia/exergia auxiliară necesară la componentele sistemului și la sursa de energie.

Tabel 9

Cazul 3. Încălzire și preparare apă caldă de consum cu pompă de căldură apă-apă

Total		En. prim./ Ex. prim.	En. prim./ Ex. prim.	Consum en./ex. cazan	Stocaj	Distributie	Transmisie	Încăpere	Anvelopă
5637,2 2030,2	înc.		4437,4 1036,5	4083,1 756,8	4083,1 360,7	3879,0 336,9	3352,8 281,0	3319,3 268,9	4369,0 296,0
	en. aux.		815,5 815,5	271,8 271,8	7,7+34,2	27,6+6,6	6,6		
	a.c.c.		384,2 178,1	267,9 61,8					
	Suma		5637,2 2030,2	4622,9 1090,5	4125,2 360,7	3913,3 336,9	3359,4 281,0	3319,3 268,9	4369,0 296,0

Analiza exergetică mai permite determinarea unor parametri de performanță ai sistemului studiat. În tabelul 10 se evidențiază doi dintre cei mai importanți parametri:

Tabelul 10

Parametri de performanță

Cazul studiat	Randamentul energetic global	Randamentul exergetic global
Cazul 1: cazan gaz	0,592	0,035
Cazul 2: cazan electric	0,543	0,030
Cazul 3: pompă de căldură apă-apă	0,589	0,117

- randamentul energetic global: necesarul de energie/energia la intrarea în sistem;
- randamentul exergetic global: necesarul de exergie/exergia la intrarea în sistem.

5. Concluzii

Concluzia cea mai importantă se referă la superioritatea analizei exergetice a proceselor termice, în comparație cu analiza energetică. Metoda exergetică pune în evidență calitatea unei energii și capacitatea subsistemului de a utiliza energia respectivă.

Randamentul exergetic este utilizat la determinarea valorii exergiei și a componentei sistemului energetic în care are loc distrugerea exergiei.

Un alt avantaj major este obținerea parametrilor de performanță cantitativi și calitativi ai sistemului dintre care se evidențiază randamentul energetic global și randamentul exergetic global.

Analiza exergetică este un instrument de optimizare a utilizării surselor de energie. Pentru a obține o clădire eficientă exergetic este necesar să scadă calitatea sursei de energie utilizate și să se utilizeze o sursă cu exergie scăzută.

Bibliografie

1. Summary Report of the Cooperative Activities, COST Action C25, Sustainability of Constructions, Volume 1, 2011.
2. Regulamentul delegat (UE) al Comisiei din 16.1.2012 de completare a Directivei 2010/31/UE a Parlamentului European și a Consiliului privind performanța energetică a clădirilor, 2012.
3. Raport privind Eficiența Energetică realizat în conformitate cu Directiva 2012/27/UE, http://ec.europa.eu/energy/efficiency/eed/doc/reporting/2013/ro_2013report_ro.pdf
4. The Directive 89/106/EEC of European Council.
5. The Directive 2002/91/EC of the European Parliament and the European Council.
6. The Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings, Official Journal of the European Union, 53, 2010.
7. Metodologia de calcul a performanței energetice a clădirilor și apartamentelor, Mc001/2006.
8. Programul de calcul Doset-PEC de determinare a performanței energetice a clădirilor.
9. Programul Pre-Design Tool de determinare a consumurilor de energie și exergie la clădiri și instalații aferente.
10. Pre-Design Tool – Manual.

11. Implementing nearly Zero-Energy Buildings (nZEB) in Romania – towards a definition and roadmap, The Building Performance Institute Europe: Bogdan Atanasiu and collaborators.
12. Gartenhaus, S. – *Physics. Basic principles*, Vol. I, II, Rinehart and Winston, New York, 1975.
13. Kirillin, V. A. Sîcev, V. V. Șeindlin, A. E. – *Termodinamica*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1985.
14. Marinescu, M., Băran, N., Radcenco V. – *Termodinamică Tehnică*, Editura Matrix Rom, București, 1998.
15. <https://books.google.ro/books?isbn=1259062562>.

Pornirea incalzirii intr-o incapere rece. Comportamentul termic al unui perete exterior tristrat

Turning the heating in a cool room. The thermal behavior of a three-layer outer wall

Prof. dr. ing. Florin Iordache

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

Rezumat: Lucrarea urmareste in regim termic nestationar declansarea procesului de incalzire a unui perete rece format din 2 categorii de straturi : un strat masiv de beton armat si unul sau doua straturi de izolatie termica plasate pe suprafetele stratului de beton armat. Se prezinta o posibilitate simplificata de modelarea a proceselor de transfer termic in regim nestationar in 2 variante de incalzire a peretelui.

Se stabilesc rezultate privind comportamentul termic dinamic al peretelui in 2 cazuri de aranjare a straturilor peretelui si anume stratul de izolatie termica la interior in cazul intai si apoi in cazul al doilea stratul de izolatie termica la interior.

Rezultatele obtinute au vizat evolutia in timp a temperaturilor, densitatilor de flux termic si a densitatilor de energie pe fetele si in interiorul peretelui.

Abstract: The paper aims in unsteady state thermal regime to watch start the heating process of a cold wall with two or tree layer consists of two categories: a massive layer of reinforced concrete and one or two layers of insulation, placed on reinforced concrete surfaces. It shows a simplified process modeling possibility of unsteady state heat transfer in 2 scenario to heating the wall.

The results establish the dynamic thermal behavior of the wall in 2 cases the arrangement of layers : the case first - the wall insulation layer on the inner surface of the reinforced concrete layer, and the second case – the layer of insulation on the outer sufaces of the reinforced concrete layer.

The results focused on the time evolution of temperature, heat flux density and energy density on the surfaces and inside the wall.

1. Introducere

Lucrarea are ca obiectiv de a analiza cum se realizeaza regimul nestationar in cadrul unui perete exterior compus din 2 categorii de straturi : cu capacitate mare de acumulare termica si rezistenta termica scazuta si cu capacitate mica de acumulare termica si rezistenta termica mare.

Tinand seama de aceste aspect, modelul abordat a presupus un perete masiv de beton armat avand caracteristicile : $\delta_{BA} = 0.20$ m, $\lambda_{BA} = 1.75$ W/m.K, $\rho_{BA} = 2500$ kg/m³, $c_{BA} = 840$ J/kg.K si 2 straturi de material izolant termic, care sunt pozate la interior si respectiv la exterior, avand caracteristicile : $\delta_{IZI} = 0.001$ m, $\lambda_{IZI} = 0.04$ W/m.K, $\rho_{IZI} = 20$ kg/m³, $c_{IZI} = 1460$ J/kg.K, si $\delta_{IZE} = 0.099$ m, $\lambda_{IZE} = 0.04$ W/m.K, $\rho_{IZE} = 20$ kg/m³, $c_{IZE} = 1460$ J/kg.K.

In cazul straturilor de izolatie termica, caracteristici precum densitatea si caldura specifica nu sunt necesare in cazul modelelor de bilant termic adoptate. Se formeaza astfel un sandwich avand la mijloc betonul armat. Coeficientii superficiali de transfer termic pe fetele peretelui s-au considerat avand valorile $\alpha_i = 8$ W/m².K si $\alpha_e = 20$ W/m².K;

Din punct de vedere al modului de pornire al incalzirii se vor analiza 2 variante:

- Varianta 1, caracterizata de :
 - o temperatura interioara constanta : $t_i = 20^\circ\text{C}$; si
 - o temperatura exterioara constanta : $t_e = -10^\circ\text{C}$;
- Varianta 2, caracterizata de :
 - o Putere termica constanta furnizata la interior egala cu puterea de regim stationar la care se va ajunge dupa perioada de stabilizare a regimului termic in perete.

In varianta 1 de alimentare cu caldura, puterea termica furnizata este variabila de la valori mari la inceput pana se ajunge in regim stationar de transfer termic cand puterea termica livrata se aseaza pe aceasta valoare. In varianta 2 de alimentare cu caldura, puterea termica fiind constanta permanent pe valoarea de regim stationar regimul de incalzire in interior este lent ajungandu-se la o valoare acceptabila de confort termic interior ($t_{ic} = 19.0^\circ\text{C}$) dupa un timp relativ mai scurt sau mai indelungat in functie de structura sandwich-lui peretelui.

In ceea ce priveste situatia initiala a temperaturilor, in perete se va considera ca pe intrega grosime a peretelui este temperatura exterioara considerata.

2. Modelare proceselor de transfer termic

Modelul de lucru abordat va fi un model aproximativ (destul de bun din punct de vedere practic) care permite o rezolvare analitica a unei ecuatii diferentiale liniare de ordinul 1 la care se ajunge in urma bilantului termic in regim nestationar in care se va trata problema transferului termic prin peretele multistrat.

a. Analiza variantei 1 :

Asa cum s-a mentionat ipotezele care definesc aceasta varianta sunt :

Pornirea incalzirii intr-o incapere rece. Comportamentul termic al unui perete exterior tristrat

- o temperatura interioara constanta : $t_i = 20^\circ\text{C}$; si
- o temperatura exterioara constanta : $t_e = -10^\circ\text{C}$;
- o temperatura interioara perete initiala : $\theta_0 = -10^\circ\text{C}$;

La fel, cum s-a mentionat mai inainte, in varianta 1 de alimentare cu caldura puterea termica furnizata este variabila de la valori mari la inceput pana se ajunge in regim stationar de transfer termic cand puterea termica livrata se aseaza pe aceasta valoare. Dat fiind densitatea foarte mica a straturilor de izolatatie se va considera ca ele nu participa la procesul de acumulare termica ci numai la izolarea termica a stratului de beton armat.

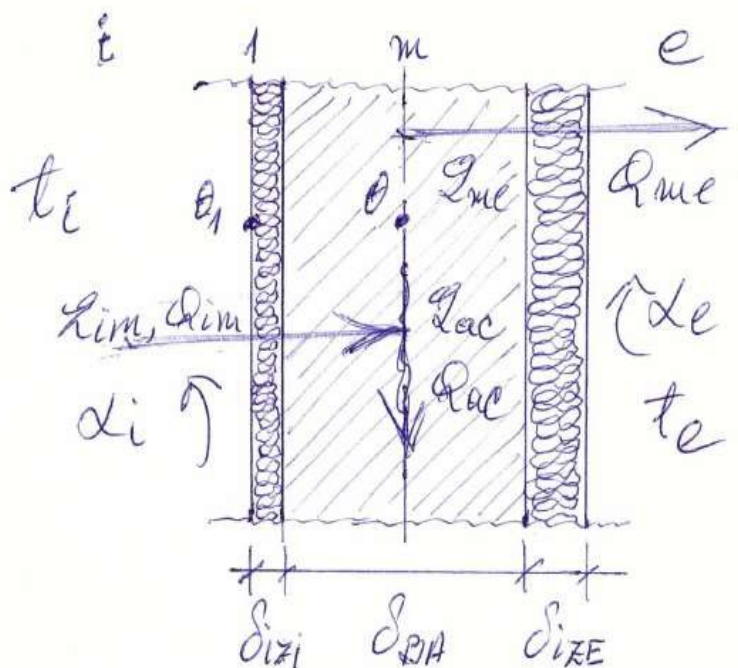


Fig.1 – Peretele de beton armat cu straturile de izolatatie

In cadrul modelului de bilant termic in regim nestationar al peretelui exterior de tip sandwich bilantul termic global al peretelui se scrie (fig. 1) :

$$\frac{t_i - \theta}{R_{im}} = (\delta \cdot \rho \cdot c)_{BA} \cdot \frac{d\theta}{d\tau} + \frac{\theta - t_e}{R_{me}} \quad (1)$$

unde :

$$R_{im} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta_{IZI}}{\lambda_{IZI}} + \frac{\delta_{BA}}{2 \cdot \lambda_{BA}} \quad (2)$$

$$R_{me} = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_{IZE}}{\lambda_{IZE}} + \frac{\delta_{BA}}{2 \cdot \lambda_{BA}}$$

si

$$U_{im} = \frac{1}{R_{im}} \quad (3)$$

$$U_{me} = \frac{1}{R_{me}}$$

Introducand transmitantele in ecuatia de bilant (1) si prelucrand-o in sensul aducerii la o forma canonica se obtine :

$$\frac{d\theta}{d\tau} = -\frac{1}{C_T} \cdot \theta + \frac{1}{C_T} \cdot t^* \quad (4)$$

unde :

$$C_T = \frac{(\delta \cdot \rho \cdot c)_{BA}}{U_{im} + U_{me}} \quad (5)$$

$$t^* = \frac{U_{im} \cdot t_i + U_{me} \cdot t_e}{U_{im} + U_{me}}$$

Conform ipotezelor prezentate rezulta ca solutie analitica a ecuatiei diferentiale liniare (4) solutia :

$$\theta(\tau) = t^* + (\theta_0 - t^*) \cdot E^\tau \quad (6)$$

unde :

$$E = \exp\left(-\frac{1}{C_t}\right) \quad (7)$$

Densitatile de flux termic intrate si respectiv iesite din perete se pot evalua cu:

$$q_{im} = U_{im} \cdot (t_i - \theta) \quad (8)$$

$$q_{me} = U_{me} \cdot (\theta - t_e)$$

Important este de urmarit si densitatea de flux termic acumulata in perete. Relatia de evaluare a densitatii de flux termic acumulat s-a stabilit pe baza derivatei functiei de temperatura in stratul de beton armat in raport cu timpul si a rezultat :

$$q_{ac} = (\delta \cdot \rho \cdot c)_{BA} \cdot \frac{t^* - \theta_0}{C_T} \cdot E^\tau \quad (9)$$

Temperatura pe fata interioara a peretelui se va stabili pe baza bilantului termic

Pornirea incalzirii intr-o incapere rece. Comportamentul termic al unui perete exterior tristrat de regim stationar realizat la fata interioara a peretelui exterior :

$$\frac{t_i - \theta_1}{R_{il}} = \frac{\theta_1 - \theta}{R_{lm}} \quad (10)$$

unde :

$$R_{il} = \frac{1}{\alpha_i}$$

$$R_{lm} = \frac{\delta_{IZI}}{\lambda_{IZI}} + \frac{\delta_{BA}}{2 \cdot \lambda_{BA}} \quad (11)$$

Si rezulta in final :

$$\theta_1 = \frac{U_{il} \cdot t_i + U_{lm} \cdot \theta}{U_{il} + U_{lm}} \quad (12)$$

unde :

$$U_{il} = \frac{1}{R_{il}}$$

$$U_{lm} = \frac{1}{R_{lm}} \quad (13)$$

O alta categorie de marimi a caror evolutie trebuie urmarita in timp sunt :

- energia termica intrata in perete,
- energia termica iesita din perete si
- energia termica acumulata in perete

Relatiile de determinarea a acestor marimi se stabilesc pe baza integrarii in timp a densitatilor de flux termic intrate si iesite din perete si a densitatii de flux termic acumulate in perete. Rezulta destul de simplu urmatoarele expresii de determinarea a acestor densitati de energie termica :

$$Q_{im} = U_{im} \cdot \left[(t_i - t^*) \cdot \tau - (\theta_0 - t^*) \cdot C_T \cdot (1 - E^\tau) \right] \quad (14)$$

$$Q_{me} = U_{me} \cdot \left[(t^* - t_e) \cdot \tau + (\theta_0 - t^*) \cdot C_T \cdot (1 - E^\tau) \right] \quad (15)$$

$$Q_{ac} = (\delta \cdot \rho \cdot c)_{BA} \cdot (t^* - \theta_0) \cdot (1 - E^\tau) \quad (16)$$

In continuare, deocamdata se prezinta grafic cateva rezultate obtinute in situatia in care izolatia termica se prevede numai pe exterior. Reamintim ca varianta 1

presupune o temperatura interioara constanta pe valoarea de 20°C ceea ce este de asteptat ca implica un flux termic variabil la intrarea in perete.

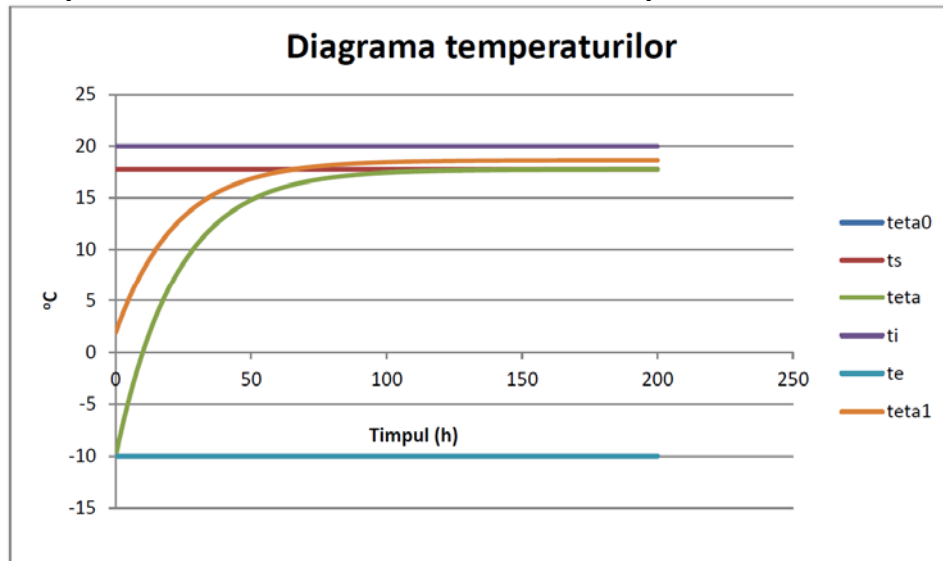


Fig. 2

In fig. 2 curba verde urmareste evolutia in timp a temperaturii din axa de simetrie a stratului de beton armat (θ), iar curba portocalie urmareste variatia in timp a temperaturii pe fata interioara peretelui (θ_1). Se observa cum dupa cca. 100 de ore cele doua temperaturi intra pe valorile stabilizate de regim stationar.

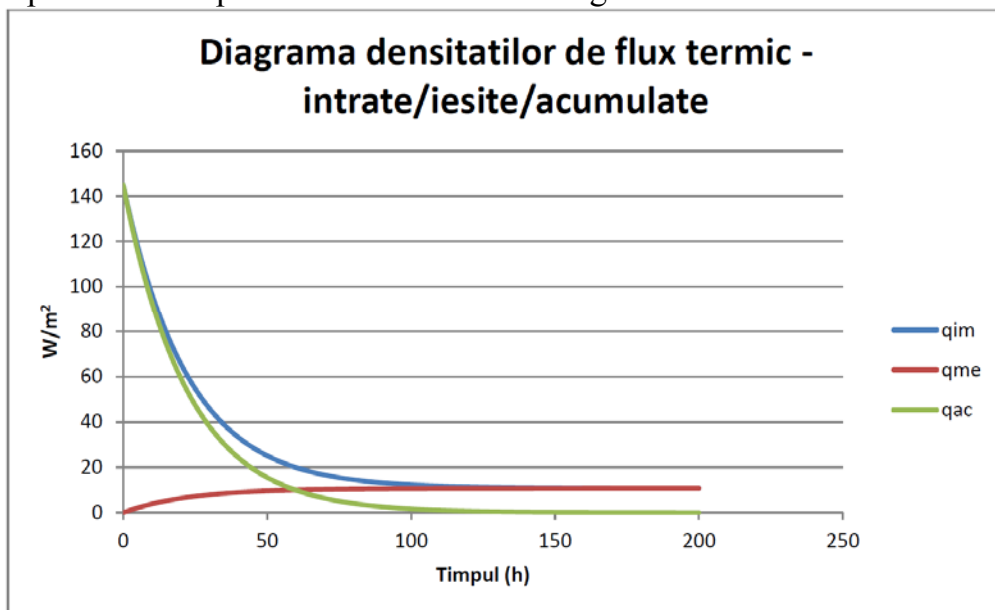


Fig. 3

In fig. 3 se prezinta evolutia in timp a densitatii fluxului termic care intra in perete (q_{im} – curba albastra), a densitatii fluxului termic care iese din perete (q_{me} – curba maro) si a densitatii de flux termic care se acumuleaza in stratul de beton armat (q_{ac} – curba verde).

Se observa ca impunerea unei temperaturi interioare de 20°C de la inceput conduce la o densitate de flux termic de intrare mare in perete, densitate de flux care in timp scade pe masura ce temperatura stratului de beton armat creste. In acelasi timp densitatea de flux termic de la stratul de beton armat spre exterior porneste de la 0 si creste usor tinzand dupa cca. 100 h la o valoare stabilizata egala cu valoarea la care scade densitatea de flux termic care intra in perete. Aceasta semnifica faptul ca practic s-a intrat in regimul stationar cand fluxul termic intrat este egal cu fluxul termic ieseit, fluxul termic acumulat fiind nul. Curba verde ce reflecta evolutia densitatii de flux termic acumulat evidentiaza dupa cum se observa din fig. 2 acest lucru.

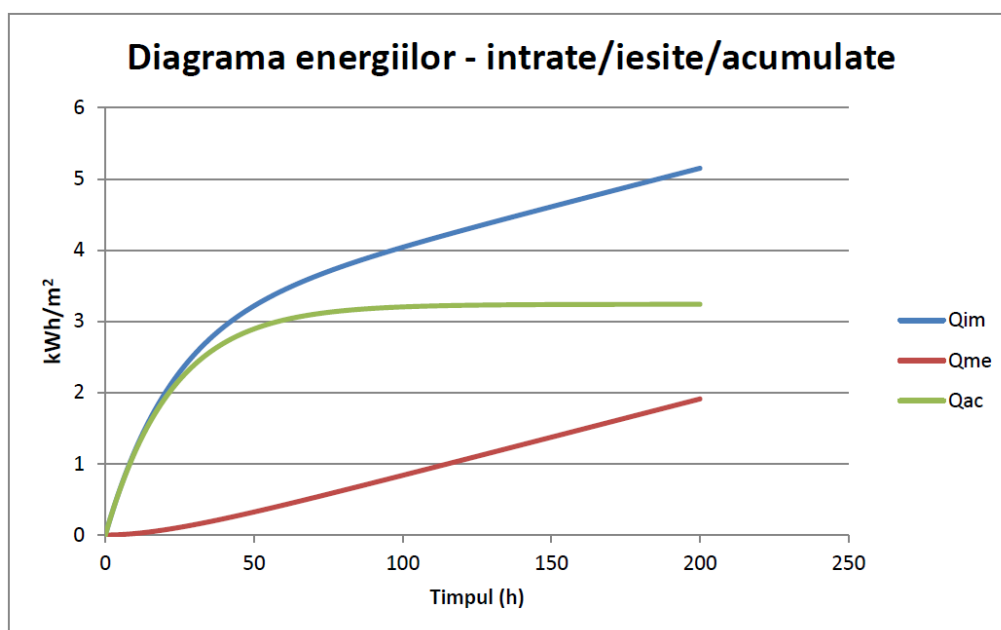


Fig. 4

In fig. 4 se prezinta evolutia in timp densitatilor de energie termica intrata (Qim – curba albastra), iesita (Qme – curba maro) si acumulata (Qac – curba verde) in perete. Se observa ca, cantitatea de energie termica intrata in perete are o crestere rapida la inceput dupa care usor se stabilizeaza pe o crestere constanta dat fiind intrarea in regim termic stationar al peretelui. In acelasi timp cantitatea de energie iesita din perete creste incet pana de asemenea se stabilizeaza pe valoarea de regim stationar reflectata de ritmul constant de crestere. Cantitatea de energie acumulata in perete are o crestere rapida la inceput dupa care se stabilizeaza pe valoarea constanta de regim stationar dupa cum o atesta si curba verde din fig. 4.

b. Analiza variantei 2

In cazul variantei a doua, tot relatia (1) de bilant termic in regim nestationar este valabila insa este impusa valoarea puterii termice exprimata de fiecare din cei doi membrii ai ecuatiei de bilant (1) :

$$\frac{t_i - \theta}{R_{im}} = (\delta \cdot \rho \cdot c)_{BA} \cdot \frac{d\theta}{d\tau} + \frac{\theta - t_e}{R_{me}} = p_s \quad (17)$$

In relatia (17), asa cum s-a mentionat, densitatea de putere termica p_s este cea de regim stationar, care se va stabili in perete la sfarsitul regimului nestationar, si care, dupa cum se observa foarte usor, are valoarea :

$$p_s = \frac{t_i - t_e}{R_{im} + R_{me}} = \frac{t_i - t_e}{R_{ie}} \quad (18)$$

Ecuatia de bilant termic in regim nestationar care trebuie rezolvata in acest caz este ecuatia prezentata in relatia (17) si care este formata din ultima egalitate a relatiei (17). Prelucrand aceasta relatie se obtine ecuatia diferentiala liniara de ordinul 1, care are aceeasi forma cu cea prezentata in relatia (4) :

$$\frac{d\theta}{d\tau} = -\frac{1}{C_T} \cdot \theta + \frac{1}{C_T} \cdot t^* \quad (4)$$

unde de aceasta data :

$$C_T = \frac{(\delta \cdot \rho \cdot c)_{BA}}{U_{me}} \quad (19)$$

$$t^* = t_e + \frac{p_s}{U_{me}}$$

Solutia ecuatiei deferentiale (4) este data de relatia (6) :

$$\theta(\tau) = t^* + (\theta_0 - t^*) \cdot E^\tau \quad (6)$$

Cunoscand acum temperatura θ conform relatiei (6) se poate determina temperatura interioara utilizand egalitatea dintre primul si ultimul termen al relatiei (17) si se obtine :

$$t_i = \theta + \frac{p_s}{U_{im}} \quad (20)$$

Temperatura pe fata interioara a peretelui (θ_1) se va stabili, la fel cu relatia (12).

In ceea ce priveste densitatea de flux termic intrat in perete ea este constanta in timp, valoarea ei fiind p_s . Densitatea de flux termic iesit din perete va fi dat de relatia (8₂) iar densitatea de flux termic acumulata in perete se stabileste cu relatia (9).

$$q_{ac} = (\delta \cdot \rho \cdot c)_{BA} \cdot \frac{t^* - \theta_0}{C_T} \cdot E^\tau \quad (9):$$

Pornirea incalzirii intr-o incapere rece. Comportamentul termic al unui perete exterior tristrat

in care insa bineinteles, constanta de timp C_T , E si temperatura t^* vor fi cele corespunzatoare variantei 2 in care ne aflam acum.

Energia termica intrata in perete se va stabili de aceasta data cu :

$$Q_{im} = p_s \cdot \tau \quad (21)$$

Iar pentru determinarea energiilor iesite si acumulate in perete se vor utiliza relatiile (15) si (16) :

$$Q_{me} = U_{me} \cdot \left[(t^* - t_e) \cdot \tau + (\theta_0 - t^*) \cdot C_T \cdot (1 - E^\tau) \right] \quad (15)$$

$$Q_{ac} = (\delta \cdot \rho \cdot c)_{BA} \cdot (t^* - \theta_0) \cdot (1 - E^\tau) \quad (16)$$

in care insa bineinteles, constanta de timp C_T , E si temperatura t^* vor fi cele corespunzatoare variantei 2 in care ne aflam acum.

La fel ca in cazul variantei 1, se prezinta grafic cateva rezultate obtinute in cazul variantei 2, in situatia in care izolatia termica se prevede numai pe exterior. Varianta 2 de functionare, dupa cum s-a precizat, presupune un flux termic intrat in perete constant pe valoarea de regim stationar care se va stabili practic la un moment mai indepartat de timp. Este de asteptat ca in aceasta varianta ritmul de incalzire al peretelui sa fie mai lent si timpul de stabilizare pe regimul termic stationar mai indelungat.

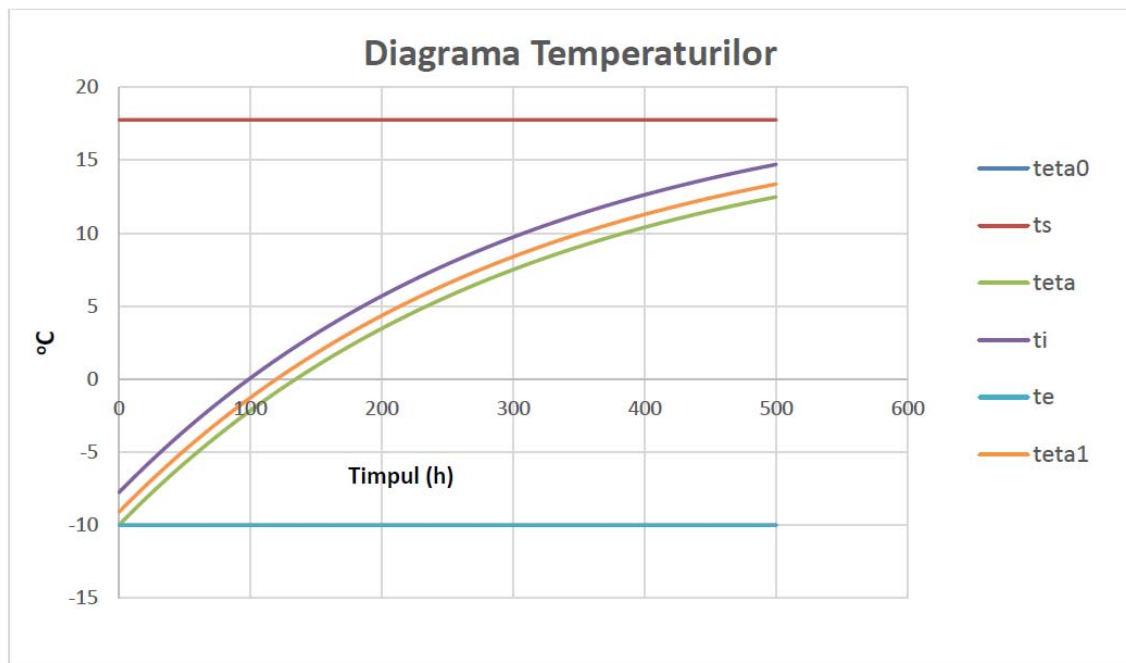


Fig. 5

În fig. 5 se prezintă evoluția temperaturilor reprezentative și anume : temperatura medie a stratului de beton armat (θ - curba verde), temperatura interioară (t_i - curba mov) și temperatura pe fața interioară a peretelui (θ_1 - curba portocalie). Se observă că după 500 de ore, tot încă nu s-a intrat în regim termic staționar.

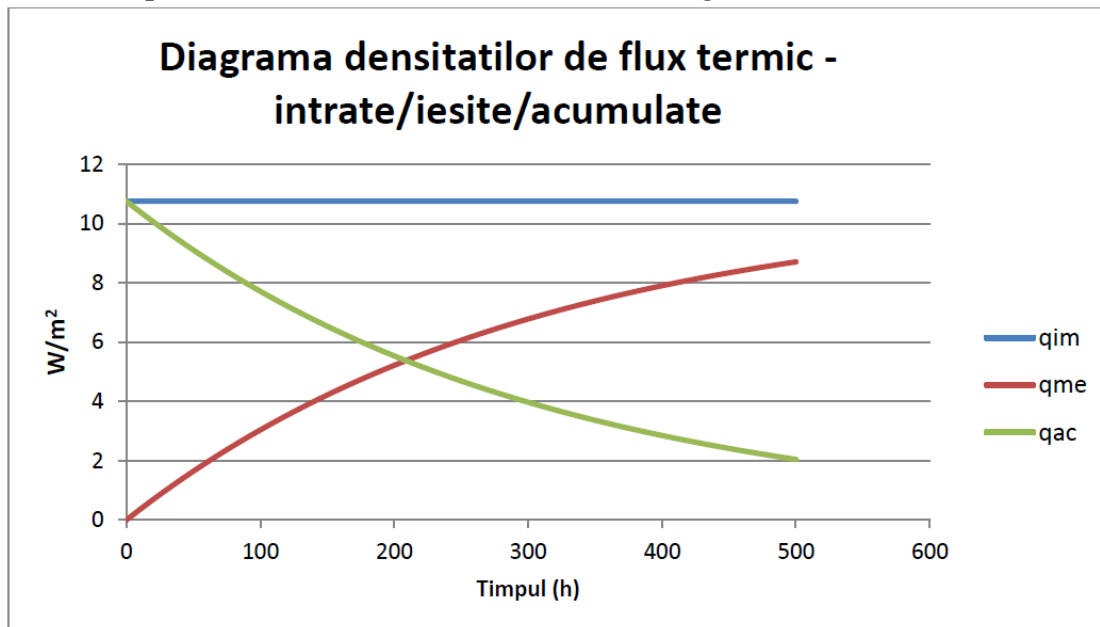


Fig. 6

În fig. 6 se prezintă evoluția în timp a densitatilor de flux termic intrate în perete (q_{im} - linia orizontală albastră), iesite din perete (q_{me} - curba maro) și acumulate în în perete (q_{ac} - curba verde). Se constată același lucru, că după 500 ore tot nu s-a stabilizat regimul staționar.

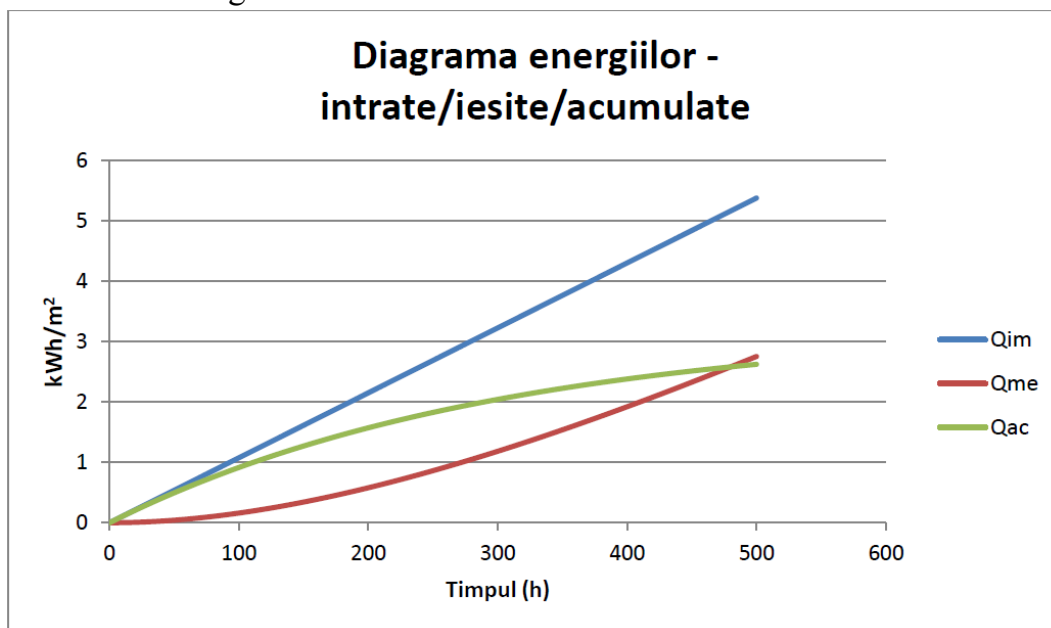


Fig. 7

In fig. 7 se prezinta evolutia in timp a densitatilor de energie intrate in perete (Q_{im} - linia dreapta albastra), iesite din perete (Q_{me} - curba maro) si acumulate in perete (Q_{ac} - curba verde). Se observa ca fluxul termic intrat in perete fiind constant, ritmul de creste al cantitatii de energie termica intrata in perete este constant fapt atestat de linia albastra din fig. 7. Cantitatea de energie termica iesita si acumulata in perete au ritmuri variabile in functie de evolutia in timp a temperaturii medii a stratului de beton armat.

Data fiind durata destul de mare in care se intra intr-un regim termic stabilizat in varianta a 2-a, se poate considera ca in situatii de pornire a unei instalatii de incalzire intr-o cladire rece se va adopta o varianta apropiata de varianta 1 de alimentare. O analiza interesanta se obtine din comparatia rezultatelor obtinute in cazul prezentat, in care izolatie termica este plasata numai pe exterior (cazul prezentat in figurile 2...4) si cazul in care stratul de izolatie termica este pozat numai pe interior. Se prezinta in continuare diagramele din fig. 8, 9 si 10, care sunt omoloage diagramelor din figurile 2, 3 si 4 insa pentru cazul cu izolatie termica de 10 cm pe fata interioara a peretelui si sursa de energie functionand in varianta 1.

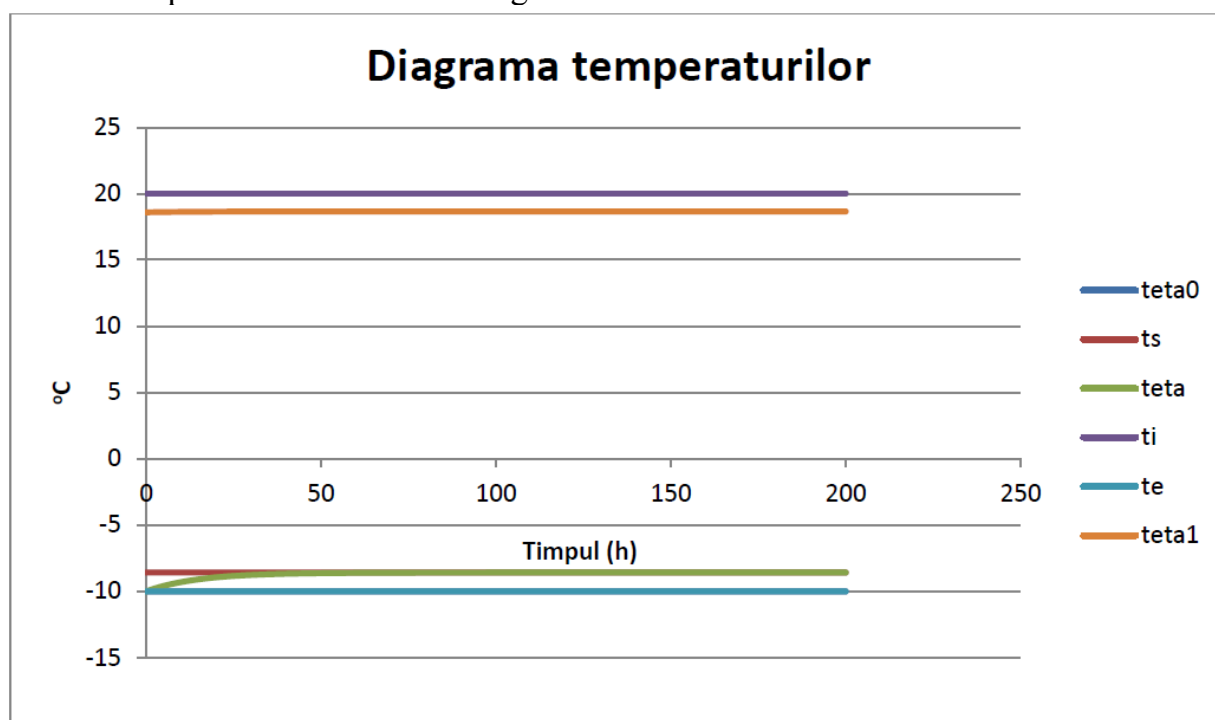


Fig. 8

Se remarca din fig. 8 ca temperatura pe suprafata interioara a peretelui este satisfacatoare chiar de la inceput insa, in interiorul peretelui, in stratul de beton armat, temperatura este extrem de scazuta ceea ce favorizeaza evident riscul la condens.

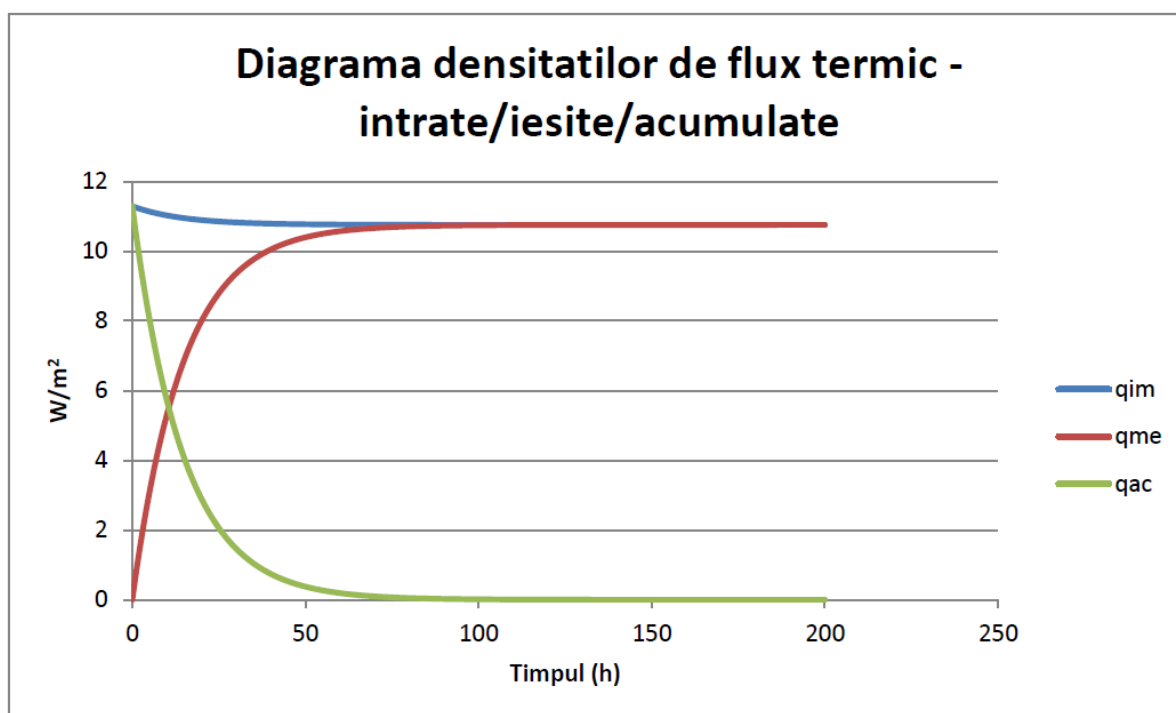


Fig. 9

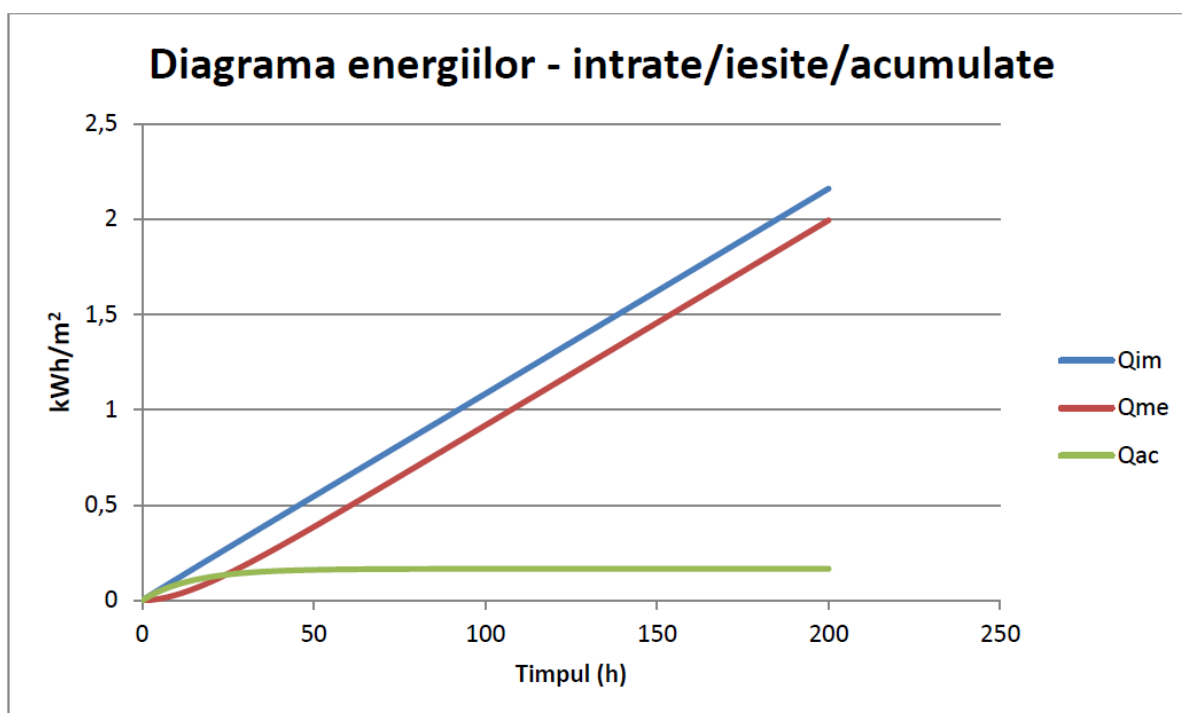


Fig. 10

Din analiza comparata a fig. 10 cu omoloaga ei fig. 4 se observa ca energia intrata in perete dupa 200 ore este de peste 2 ori mai mare in cazul pozarii stratului de izolare termica la exterior fata de cazul pozarii stratului de izolare termica la interior.

3. Concluzii

În lucrarea de față obiectivul de bază a fost de a prezenta o posibilitate de modelare simplificată a transferului termic în regim nestationar într-un perete exterior bistrat, modelare care oferă destul de ușor obținerea unor rezultate practice cu utilitate în înțelegerea desfășurării proceselor termice și aspectelor energetice asociate lor.

S-au analizat două variante de încălzire termică a peretelui bistrat: cu temperatura constantă în mediul interior și cu flux termic constant pe fața interioară a peretelui, având valoarea fluxului termic de regim stationar.

Rezultatele obținute sunt prezentate grafic atât în cazul în care stratul de material izolant termic este pozat la exterior cât și în cazul în care este pozat la interior. Consecințele termice și energetice sunt complet diferite și se înțelege valențele și deficiențele fiecăruia din cazurile de pozare a straturilor componente ale peretelui.

Lista de Notatii

t_i - temperatura interioară, °C;
 t_e - temperatura exterioară, °C;
 θ - temperatura în axa de simetrie a startului de beton armat, °C;
 θ_0 - temperatura inițială în întreaga masă a peretelui, °C;
 θ_1 - temperatura pe fața interioară a peretelui, °C;
 t^* - temperatura sintetică externă peretelui, °C;
 δ_{IZI} - grosimea stratului de izolație termică interior, m;
 δ_{BA} - grosimea stratului de beton armat, m;
 δ_{IZE} - grosimea stratului de izolație termică exterior, m;
 λ_{IZI} - conductivitatea termică a stratului de izolație termică interior, W/m.K;
 λ_{BA} - conductivitatea termică a stratului de beton armat, W/m.K;
 λ_{IZE} - conductivitatea termică a stratului de izolație termică exterior, W/m.K;
 ρ_{IZI} - densitatea stratului de izolație termică interior, kg/m³;
 ρ_{BA} - densitatea stratului beton armat, kg/m³;
 ρ_{IZE} - densitatea stratului de izolație termică exterior, kg/m³;
 c_{IZI} - căldura specifică masică a stratului de izolație termică interior, J/kg.K;
 c_{BA} - căldura specifică masică a stratului de beton armat, J/kg.K;
 c_{IZE} - căldura specifică masică a stratului de izolație termică exterior, J/kg.K;
 α_i - coeficientul superficial de transfer termic la fața interioară a peretelui, W/m².K;
 α_e - coeficientul superficial de transfer termic la fața exterioară a peretelui, W/m².K;
 τ - timpul curent, s;
 R_{ie} - rezistența termică totală a peretelui, m².K/W;

R_{im} - rezistența termică între mediul interior și axa de simetrie a stratului de beton armat, $m^2.K/W$;

R_{me} - rezistența termică între axa de simetrie a stratului de beton armat și mediul exterior, $m^2.K/W$;

R_{i1} - rezistența termică la fața interioară a peretelui, $m^2.K/W$;

R_{1m} - rezistența termică între fața interioară a peretelui și axa de simetrie a stratului de beton armat, $m^2.K/W$;

U_{im} - transmitanța între mediul interior și axa de simetrie a stratului de beton armat, $W/m^2.K$;

U_{me} - transmitanța între axa de simetrie a stratului de beton armat și mediul exterior, $W/m^2.K$;

U_{i1} - transmitanța la fața interioară a peretelui, $W/m^2.K$;

U_{1m} - transmitanța între fața interioară a peretelui și axa de simetrie a stratului de beton armat, $W/m^2.K$;

C_T - constanta de timp, s, h;

q_{im} - densitatea de flux termic intrat în perete, W/m^2 ;

q_{me} - densitatea de flux termic ieșit din perete, W/m^2 ;

q_{ac} - densitatea de flux termic acumulată în perete, W/m^2 ;

p_s - densitatea de putere termică de regim staționar, W/m^2 ;

Q_{im} - densitatea de energie termică intrată în perete, J/m^2 , kWh/m^2 ;

Q_{me} - densitatea de energie termică ieșită din perete, J/m^2 , kWh/m^2 ;

Q_{ac} - densitatea de energie termică acumulată în perete, J/m^2 , kWh/m^2 ;

Bibliografie

1. Florin Iordache - Termotehnica Construcțiilor, ed. 3-a, editura MatrixRom 2010;

2. Florin Iordache, Florin Baltarețu - Modelarea și simularea proceselor termice, dinamice, editura Conspress, 2005;

Concepte de proiectare și dezvoltare regenerativă la clădirile civile rezidențiale*

Regenerative Concepts of Design for Residential Buildings Development

Paul-Dorian Parincu, Gabriela Maria Atanasiu²

¹Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" Iași, Facultatea de Construcții și Instalații
Bulevardul Dimitrie Mageron 1, Iași 7000050
E-mail: dorian.parincu@yahoo.com

²Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" Iași, Facultatea de Construcții și Instalații
Bulevardul Dimitrie Mageron 1, Iași 7000050
E-mail: atanasiu@ce.tuiasi.ro

Rezumat. *Articolul prezintă analiza calității construcțiilor rezidențiale existente pe baza criteriilor de performanță ale utilizatorilor, urmărind tranziția conceptelor de proiectare de la "clădirea verde", la dezvoltarea sustenabilă și regenerativă.*

Procesul adoptat în construcția unei societăți moderne a generat o serie de disfuncționalități în mediul în care trăim, concepții adânc înrădăcinate în cultura noastră.

Strategiile clădirilor verzi, obiectivele de performanță și metodele de evaluare asociate subliniază în prezent modalitățile și măsura în care clădirile ar trebui să atenueze epuizarea resurselor și degradarea mediului la nivel global și local. Prin contrast, noțiunea de proiectare și dezvoltare regenerativă evidențiază o relație co-evolutivă, un parteneriat între oameni și mediul natural.

Cuvinte cheie: clădiri rezidențiale, calitatea locuirii, dezvoltare regenerativă, resurse, impact minim asupra mediului.

Abstract. *The article presents the analysis of the quality of the existing residential constructions based on the performance criteria imposed by the user, following the transition of the design concepts from the green building to sustainable and regenerative designing development.*

The process adopted in the construction of a modern society has produced a number of failures in the environment in which we live, concepts deeply rooted in our culture.

Strategies of green buildings, performance objectives and assessment methods currently associated emphasise the methods and the extent to which buildings should reduce resource depletion and environmental degradation on a global and local level. On the other hand, the concept of regenerative design and development shows a co-evolutionary relationship, a partnership between people and natural environment.

Key words: residential buildings, quality of living, regenerative development, resources, minimal environmental impact.

* Lucrare inclusa in programul conferintei Ingineria cladirilor 2015

1. Introducere

Clădirile rezidențiale realizate țara noastră înainte de anii 90 prezintă o serie de deficiențe de ordin general, atât de concepție cât și respectiv dobândite în exploatare, ce trebuie stabilite ca urmare a unui diagnostic coerent privind starea actuală de degradare și a felului în care acestea răspund exigentelor actuale ale utilizatorilor. Astfel se constată o serie de deficiențe ce definesc direcțiile și prioritățile reabilitării, obiectivele ce trebuie atinse printr-un proiect de reabilitare care să cuprindă atât intervențiile arhitecturale, constructive și tehnice la nivelul clădirilor, cât și cele urbanistice la nivelul ansamblului.

Teoria proiectării și dezvoltării regenerative este relativ nouă și se află într-o stare de evoluție continuă și dinamică. Proiectarea regenerativă pune accent pe relația partenerială dintre sistemele umane și cele naturale, mai mult decât pe cele manageriale,[1]. Pe o axă degenerativ – regenerativ, conceptul de sustenabilitate se află în punctul neutru, punct de tranziție dinspre sistemele degenerative spre sistemele regenerative,[2].

Sistemele degenerative tranziționează spre sustenabilitate prin conceptele de proiectare convenționale și cele ale actualelor clădiri verzi. Sistemele regenerative, de la conceptul de sustenabilitate, la conceptul de proiectare și dezvoltare regenerativă, găsesc la mijloc conceptul de proiectare restaurativă,[2].

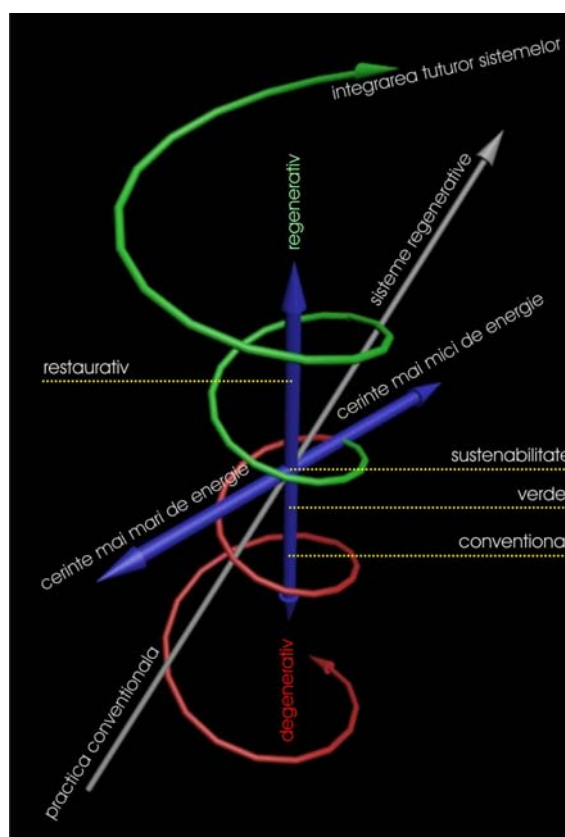


Fig. 1.1. Traectoria regenerării, adaptat după Plaut, M. Josette et al, (2012).

1.1. Obiective

Studiul prezent poate avea un aport semnificativ în domeniul construcțiilor rezidențiale, știut fiind faptul că locuirea este componentul cu ponderea cea mai importantă în structura habitatului uman, ca produs social, tehnic și economic de folosință îndelungată, aflat într-o continuă evoluție dinamică, evoluție impusă de nevoile și aspirațiile societății secolului XXI.

Schimbările radicale reclamate de planeta noastră pentru a rămâne propice vieții cer o schimbare a punctului de vedere global din “mecanicist” în “ecologic”. Astfel, se propune ca proiectanții să dea un răspuns în mediul construit prin dezvoltarea, aplicarea și evoluția unor metode noi, formulate explicit în conceptul paradigmei sustenabil – regenerativ.

Proiectarea și dezvoltarea regenerativă cere reconectarea aspirațiilor și activităților umane cu evoluția sistemelor naturale. Aceasta nu urmărește conservarea unui ecosistem, nici restaurarea lui, ci evoluția continuă a culturii în relație cu evoluția vieții.

Obiectivele procesului de proiectare, respectiv de reabilitare vizează îmbunătățiri în calitatea locuirii și a vieții, modernizarea arhitecturală și urbanistică, reducerea consumului energetic și al emisiilor poluante, îmbunătățirea climatului social, creșterea gradului de securizare, creșterea simțului responsabilității sociale, reducerea segregării/ izolării, precum și reducerea suburbanizării.

2. Concepte de proiectare și dezvoltare regenerativă la clădirile civile rezidențiale

2.1. Conceptul de proiectare regenerativă

Proiectarea regenerativă angajează natura ca mediu generator, utilizează și răspunde sistemelor naturale existente pe locul edificării construcției tratând mediul înconjurător ca pe un partener cu drepturi egale.

Arhitectura regenerativă se concentrează pe conservare și performanță prin reducerea impactului clădirii asupra mediului înconjurător.

Procesul de proiectare nu trebuie să se rezume la clădire ca obiect în sine, ci ca obiect care face parte integrantă din amplasamentul propus spre studiu. O clădire privită ca o entitate statică lipsită de integrarea în sit duce la un model de consum liniar și unidirecțional, cu un aport constant de energie și de resurse independente de amplasament, rezultând pierderi irecuperabile.(fig. 2.1.1)

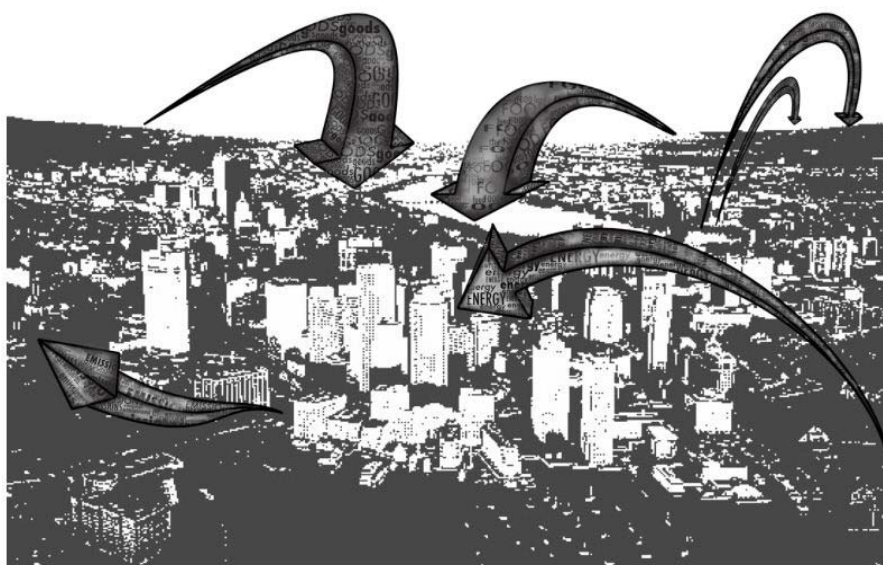


Fig. 2.1.1. Modelul curent de tratare al resurselor și a materialelor, conform *Littman, J., A. -2009, [3]*

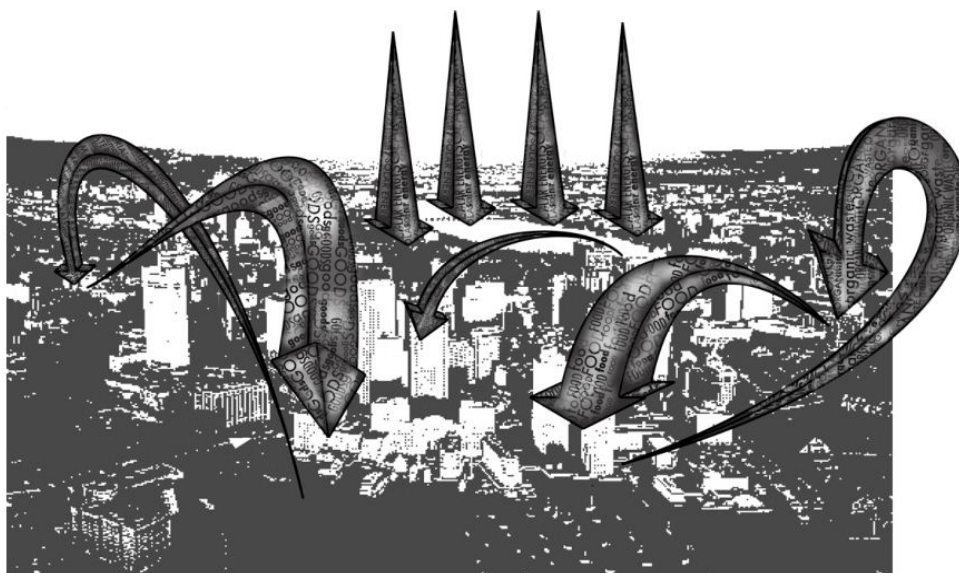


Fig. 2.1.2. Modelul unui sistem regenerativ, conform *Littman, J., A. -2009, [3]*

Un aspect notabil constă în faptul că în natură nu există asemenea pierderi – tot ce se produce pe cale naturală este reciclat ca parte a ciclului de viață. Procesul de degenerare raportat la cantitatea limitată de resurse nu poate continua la nesfârșit. Întrunirea nevoilor unui mod de viață sustenabil este echivalentă cu satisfacerea unor cerințe minime pentru viața din prezent și viitor. Demersul nostru nu trebuie să se regăsească în dinamica sustenabilă, ci dinamica regenerativă. Specia umană trăiește într-o dinamică contraproductivă care degradează calitatea globală a mediului și proliferază permanența acestei degradări.

Termenul „sustenabil” folosit în mod curent spune destul de puțin atunci când luăm în considerare impactul major pe care îl are o clădire asupra mediului. Standardele scăzute nu dau soluții pentru viitor. Construim pentru prezent, ignorând

problemele viitorului. Urmărim construirea de clădiri mai eficiente energetic și cu un impact redus asupra mediului, deziderate atinse în mare parte prin mijloace tehnologice.

Arhitectura devine regenerabilă atunci când termenul încorporează mai mult decât clădirea în sine – devine locația, amplasamentul, sistemele, energia, clădirea, flora, fauna etc. Astfel, devine puternic ancorată în sit, există ca un întreg, un sistem ce co-evoluează ca o entitate. Odată cu adoptarea acestui concept, sănătatea ecosistemului se îmbunătățește și trece către o existență pozitivă numită **regenerare**. Modelul grafic din fig. 2.1.2. prezintă un model de regenerare.

Putem afirma că avem o arhitectură regenerativă atunci când producția de energie generată de sistem este mai mare decât necesarul de energie al sistemului.

Această nouă abordare a arhitecturii poate conduce la un surplus de alimente, de apă potabilă, de energie, precum și un grad mai mare de diversitate. O structură de acest fel poate produce energie, hrană, poate capta și purifica apa, poate produce oxigen și absorbi dioxid de carbon.

Normativele uzuale folosite în proiectare și execuție ne deconectează pe noi, ca oameni, de mediul în care trăim proliferând modelul mental în care oamenii sunt deasupra naturii. Acest model mental conduce către structuri și infrastructuri care degradează mediul. O percepție clară și o înțelegere a rădăcinilor crizei mediului este un prim pas spre regenerare.

2.2. Principii ale regenerării aplicate clădirilor rezidențiale

Percepția sitului ca pe un ansamblu de modele și sisteme interdependente introduce proiectantul în procesul de proiectare regenerativă. Înainte de a genera o structură, proiectantul trebuie să aibă o înțelegere profundă asupra sitului, înțelegere bazată pe modelele existente, forțe și energii. Modelele și rețelele bazate pe explorare și analiză documentată vor dezvălui caracterul unic al amplasamentului.

Tim Murphy și Vicki Marwick [4] au creat un set de criterii și întrebări care acționează ca un ghid pentru înțelegerea, documentarea și analiza unui amplasament, bazate pe fluxurile individuale și relația dintre ele:

- Dinamica mișcării (viteză, vâscozitate, rezistență întâmpinată)
- Direcția (dimensiuni spațiale, orientare direcțională)
- Fluxul la anumite momente (volum)
- Mărimea fizică (dimensiuni spațiale – lungime și lățime)
- Repetabilitatea (timp: cicluri/preiodicitate)
- Dimensiunea temporală (durată)
- Suprapunerea sau interacționarea cu alte fluxuri (dimensiuni sociale)
- Semnificația acestui flux pentru aspirațiile noastre de a relaționa (dimensiunile sociale dintre sistemul nostru și entitatea sitului).

Pornind de la modelul lui Murphy și Maverick, un alt set de principii a fost dezvoltat de arhitectul William McDonough [5], numit și Principiile de la Hanovra, enunțate cu ocazia Expoziției Mondiale de la Hanovra din anul 2000.

Aceste principii recomandă o metodă de proiectare bazată pe elementele: Pământ, Aer, Foc, Apă, și Spirit.

1. Insistența pe drepturile oamenilor și a naturii de a coexista într-o condiție sănătoasă, susținută, diversă și sustenabilă.
2. Recunoașterea interdependenței. Elementele proiectate de oameni interacționează și depind de natură, cu diverse implicări la toate scările.
3. Relația de respect dintre spirit și materie. Ia în considerare toate aspectele implicării umane, incluzând locuirea, comunitatea, industria și comerțul în termenii existenței și evoluției conexiunilor dintre consecințele spirituale și materiale.
4. Acceptarea responsabilității consecințelor deciziilor de proiectare ce privesc bunăstarea populației, viabilitatea sistemelor naturale și dreptul lor de a co-exista.
5. Crearea de obiecte sigure cu valoare pe termen lung. Protejarea generațiilor următoare de nevoia de întreținere.
6. Eliminarea conceptului de pierdere. Evaluarea și optimizarea întregului ciclu de viață al produselor și al proceselor în vederea apropierii de sistemele naturale în care nu există pierderi.
7. Bazarea pe fluxurile naturale de energie.
8. Înțelegerea limitelor proiectării. Nici o creație umană nu rezistă la nesfârșit, iar proiectarea nu rezolvă această problemă.

O influență majoră în proiectarea regenerativă o au alte două seturi de reguli: primul set este dezvoltat de Sim Van Der Ryn și Stuart Cowan [6] sub denumirea de „Cele cinci principii ale proiectării ecologice”. Autorii afirmă că „Proiectarea ecologică are loc în contextul unor locații specifice. Crește din sit în același fel cum crește stejarul din ghindă. Răspunde particularităților amplasamentului: solul, vegetația, animalele, climatul, topografia, cursurile de apă, iar oamenii îi dau coerență”.

1. Soluții născute din sit. Proiectarea ecologică începe cu înțelegerea intimă a unui amplasament specific.
2. Bilanțul ecologic informează proiectarea. Urmărește impactul existentului și propusului asupra mediului.
3. Proiectarea în colaborare cu natura. Lucrând cu procese vii, respectăm nevoile tuturor speciilor în timp ce le împlinim pe ale noastre.
4. Toți sunt proiectanți. Ascultarea tuturor vocilor participanților.
5. Să facem natura vizibilă. Făcând ciclurile și procesele naturale participante la informarea noastră asupra locului nostru în natură,[6].

Al doilea set citat de Littman [3] se numește „Principiile de proiectare ecologică ale lui Todd”, creat de biologii John și Nancy Jack Todd și se concentrează pe ideea că natura este învățătorul și generatorul de design:

1. Lumea vie este matricea designului
2. Designul trebuie să urmeze, nu să se opună legilor vieții

3. Echitatea biologică trebuie să determine designul
4. Designul trebuie să reflecte bioregionalismul
5. Proiectele trebuie să se bazeze pe surse de energie regenerabilă
6. Proiectarea trebuie să fie sustenabilă prin integrarea sistemelor vii
7. Proiectarea trebuie să co-evoluizeze cu natura
8. Designul clădirii trebuie să ajute la vindecarea planetei
9. Designul trebuie să urmeze ecologia fără ezitare

Esența arhitecturii regenerative se bazează pe conceptul că nu sunt rupeți între om și natură și sugerează că omul și natura constituie un întreg, omul nu se află deasupra naturii, ci este parte integrantă a naturii. Este bazată pe un sistem de gândire global, ceea ce înseamnă că fiecare piesă este conectată la sistem și este egală ca importanță în sănătatea întregului sistem.

În **fig. 2.2.1.** se prezintă criteriile de analiză a sitului de care trebuie să țină seama un proiectant în demersul arhitectural al procesului de proiectare regenerativă.

RELIEF PANTĂ POZIȚIE TOPOGRAFICĂ GEOLOGIE ALTITUDINE CLĂDIRI ȘI INFRASTRUCTURĂ STRUCTURI EXISTENTE CONSTRUCȚII NOI NECESARE AMPRENTĂ LOCAȚIE ORIENTARE INCĂLZIRE/RĂCIRE SOLARĂ PASIVĂ PROGRAMARE MATERIALE GRUP ȚINTĂ ZONIFICARE LEGALĂ REGLEMENTĂRI URBANISTICE CONSTRUCTIBILITATE EFICIENȚĂ ZONE DE FOLOSINȚĂ ZONE EXISTENTE ZONE NOI REPROGAMARE IMPACT ÎN EXPLOATARE PROGRAM NOU UMANITATE SCARĂ	MICROCLIMAT DEFINIREA DIFERITELOR ZONE DE MICROCLIMAT ASPECTUL PANTELOR DIAGRAMA ÎNSORIRE/UMBRIRE SCURGEREA AERULUI RECE DIAGRAMA UMIDITĂȚII SOLULUI UMANITATEA EFECTELE VÂNTULUI/LIPSEI VÂNTULUI APA SURSE EXISTENTE DE APĂ ȘABLOANE FLUXURI ZONE INUNDABILE POSSIBILE NOI SURSE DE APĂ CAPTURAREA ȘI FOLOSIREA APEI GRI CONSERVAREA APEI COLECTAREA APEI IRIGAȚII POTABILITATEA APEI ACCES ȘI CIRCULAȚII NODURI DE ACTIVITATE ACCES PIETONAL CIRCULAȚIE PIETONALĂ IEȘIRI DEPOZITĂRI FLUXURI DE MATERIALE	VEGETAȚIA ȘI VIAȚA SĂLBATICĂ VEGETAȚIA EXISTENTĂ ARII SUBSTITUIBILE PRODUȚIA HRANEI HABITATUL IZOLAREA SITULUI ABUNDENȚA ARHITECTURA ECOSISTEMULUI ESTETICA ȘI EXPERIENȚA AMPLASAMENTULUI EXPERIENȚA SOSIRII ȘI A INTRĂRII AXE DE VEDERI FAVORABILE VEDERI INTERIOARE VEDERI EXTERIOARE MATERIALITATE TEXTURI CULORI PUBLIC PRIVAT SPAȚII FORMALE ȘI INFORMALE
--	--	---

Fig. 2.2.1. Criterii de analiză a sitului adaptat după *Littman, J., A., (2009)* [3]

3. Concluzii

Proiectarea și dezvoltarea regenerativă oferă oamenilor oportunitatea de a trăi în case construite pentru viitor. Este posibilă crearea unei structuri ce poate produce

propriile resurse (alimente, energie, căldură, răcire), să capteze și să purifice apa, să folosească materiale locale într-o manieră sustenabilă.

Noțiunile de „verde”, sustenabil și regenerativ poartă diferite conotații calitative, fiind necesară o clarificare a distincțiilor și relațiilor dintre ele, pentru a înțelege cum demersul proiectării și instrumentele conexe pot evolua în viitor. În primul rând, înțelegerea relației dintre proiectarea „verde”, sustenabilă și regenerativă (împreună cu instrumentele de evaluare asociate), punând un accent pe modul în care acestea abordează și angrenează sistemele și procesele naturale. În al doilea rând, tipul de discuții pe care aceste trei abordări îl generează în cadrul echipei de proiectare și între echipa de proiectare și clienții săi în ceea ce privește înțelegerea sistemelor naturale, consolidarea unei conexiuni între clădire și amplasament. În cele din urmă, potențialul intrinsec de abordări în proiectarea „verde”, sustenabilă și regenerativă pentru a crea schimbările necesare și oportune în îmbunătățirea performanței. Una dintre cele mai importante diferențe - și centrală la această discuție - se află în modurile în care incertitudinea rezultatelor pe termen lung asociate cu diferite decizii de proiectare sunt recunoscute și regăsite în design.

Referințe

- [1] R. Cole, "Regenerative design and development: current theory and practice", Building Research & Information, 40:1, 1-6, DOI: 10.1080/09613218.2012.617516, 2012.
- [2] J. Plaut, B. Dunbar, A. Wackerman, & S. Hodgins, "Regenerative design: the LENSES Framework for buildings and communities", Building Research & Information, 40:1, 112-112, DOI: 10.1080/09613218.2012.619685, 2012.
- [3] J. Littman, "Regenerative Architecture: A Pathway Beyond Sustainability". Master Theses. Paper 303, University of Massachusetts – Amherst, 2009.
- [4] Tim and Marvick Murphy, Vicky, "Pattern as Process". Permaculture Activist # 39 - July, 1998 Issue <http://www.regenesisgroup.com/>, 1998.
- [5] W. McDonough & Partners "The Hannover Principles – Design for Sustainability", William McDonough, & Partners, 410 East Water Street, Charlottesville, VA 22902, 1992
- [6] S. Van Der Ryn, S. Cowan, "Ecological Design", Island Press, Washington, DC, 1996
- [7] S. Karna "Analysing customer satisfaction and quality in construction – the case of public and private customers", Helsinki University of Technology Construction and Management, P.O. Box 2100, FIN-02015 HUT, Finland, f.a.

An estimation of change of parameters of indoor microclimate during term of exploitation of building and engineering systems*

An estimation of change of parameters of indoor microclimate during term of exploitation of building and engineering systems

Viktor Petrenko¹, Denys Volchok²

¹Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture
Dnipropetrovsk, Ukraine, 24-A Chernishevskogo str., tel. +38 (0562) 47-59-77
E-mail: petrenko@mail.pgasa.dp.ua
ORCID ID: 0000-0002-4331-6844

²Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture
Dnipropetrovsk, Ukraine, 24-A Chernishevskogo str., tel. +38 (0562) 47-59-77
E-mail: VolchokDL@yandex.ru
ORCID ID: 0000-0002-7914-321X

Abstract. *The lifetime of various buildings has a different age, which is from 25 to 50 years, and after additional studies and examinations may be extended on longer term. The lifetime of engineering systems, depending on their type and purpose is 10 to 25 years, and in some cases much more. Parameters of microclimate, on which the building is designed, do not include lifetime or building envelope or engineering systems. However, there are aging and sometimes destruction of some of the elements that negatively affect the change in the parameters of the microclimate sanitary norms during the operation of the building and its engineering systems. Estimation of parameter changes of indoor microclimate during the life of the building engineering systems will monitor their fluctuations and affect their adjustment to maintain required parameters.*

Keywords: climate; systems of life-support; microclimate parameters; man; health

1. Formulation of the problem.

Providing micro-climatic parameters in rooms of buildings for normal operation is particularly important problem whose solution can maintain working capacity of a human at a high level during the entire working time. Support for the required parameters of the indoor microclimate should be carried out throughout the life of the building and systems engineering on a background of the progressive aging. Today in Ukraine there are no methodologies for evaluating and predicting climate in the room, which would allow them to ensure the maintenance at the right level according to

*Lucrare inclusa in programul conferintei EENVIRO 2015

sanitary norms. Thus, maintaining of standard parameters solution of microclimate indoors for high working capacity of human throughout the life of the building and engineering systems through evaluation and prediction is important and relevant.

2. Analysis of recent research and publications.

There are a lot of different studies, both in Ukraine and abroad [1 - 14] in the area of research of indoor environment of various buildings and its impact on human health and working capacity. The best-known scientists in creating microclimate and its study are V.N. Bogoslovskiy, O.Fanher, L. Banhidi and others. All studies, calculations in the design of the building and life-support systems are reduced to the estimation and forecasting microclimate for the initial date of their operation due to difficulties in sustainable support of microclimate because of multifactor depending on various factors. This approach leads to bias of the prediction and evaluation of microclimate throughout the life of the building and engineering systems.

3. Selection of still unsolved problems.

This article concerns the task to identify ways to address the problem of estimating the parameters of the microclimate in the room during the life of the building and engineering systems.

To identify and classify the major factors and aging the heat building envelope and systems engineering and their impact on the parameters of the microclimate in the room.

4. Aims.

To estimate the changes of parameters of microclimate in room during the term of exploitation of building and engineering systems by model researches. The interest of this results are temperature measurements of indoor air and on indoor and outdoor surfaces of enclosing structures which have defects. We estimate evaluation of microclimate changes with pyrometer.

5. Statement of the basic material.

When designing a new building or reconstruction and development of engineering systems the main task, which is solved, is to provide comfortable living conditions of people or driving technology process. That heat shielding building envelope and operation of heating, ventilation and air conditioning should ensure the regulatory parameters of the microclimate, which must be maintained constant at variable parameters of climate, internal and external thermal influences of various factors. Initially, the building and operation of life support systems compliance with hygiene standards is carried out at a level that is accepted in the project, but the

situation totally varies in service. The influence of various factors lead to aging of materials of building structures, elements of sustenance than reduced their properties and working functionality. These changes also lead to lower availability of microclimate in the premises of the building.

Factor which lead to a decrease in operating properties of external enclosing structures and engineering systems which are associated with exposure of physical and moral deterioration.

According to [15] inspection of the technical condition of buildings and engineering structures, and monitoring of their technical condition are elements of supervision over them. According to survey results the level of compliance is determined with the terms of the normal and safe operation and provides input for the implementation of measures to effectively care for their technical condition.

Examination of technical condition of buildings can be carried out as scheduled and unscheduled.

A survey of the building sets the technical condition of structural elements. In assessing the technical condition of the building and its elements must take into account the impact of technical equipment of buildings and facilities and the mutual influence of the natural and man-made environment.

The technical condition of the building is determined on the basis of established technical condition of individual structural elements.

Based on the findings of the technical condition of the building is necessary to assess the state of the indoor environment of the building, and perhaps predict their period to the following planned or unplanned inspection. It is necessary to carry it out because of change microclimate leads to changes of heat and humidity and air modes of both external walling buildings and internal environment.

Define the basic defects of external enclosing structures and their influence on the change of microclimate in the room.

A variety of designs and materials which is used in the construction of external protecting designs causes typical damage, defects and obsolescence of materials.

In the structures, which are made of concrete and reinforced concrete main defects are:

- cracks and excessive deformation from the power influence and corrosion origin;
- fragmentation, peeling, cracks in compressed concrete;
- exposure, bulging, displacement, achievement of elastic strength and split of armature, violation of it's adhesion with the concrete;
- corrosive damage of concrete, armature, connecting embedded parts;
- damage from alternate wetting, freezing and thawing;
- thermal deformations at distances between temperature precipitation seams to conditions;
- technological defects (shrinkage cracks in concrete separation, inadequate protective layer of concrete, decompaction in working seams, etc.);
- mechanical, fire damage and others.

The main defects and damage of a stone and reinforced buildings and engineering structures are cracks, delamination, bulging, weathering, mechanical damage (including placement of new strobes and holes), corrosion of masonry and armature, technological defects. The most common and widespread types of defects and damage wooden structures are:

- wetstate (or periodic wetting) of wood;
 - change of the natural color of wood;
 - unacceptable deformation of structures and it's elements;
 - destruction of wood by pests;
 - corrosion of metal parts;
 - destruction from the effects of chemical aggressive environments;
 - technological defects;
 - cracks and separation. The main defect of roofing and hydro insulations is leak as a result of the following:
- mechanical action on the roof or waterproofing ;
 - abuse of density of connections between the individual elements or roof waterproofing;
 - atmospheric corrosion of roof elements;
 - corrosion of waterproofing elements;
 - appearing of cracks in materials of roofing or waterproofing through tensile stresses in the material of uneven settling at the base.

Analysis of the defects that may occur in the outer protecting structures shows that for estimation of the parameters of the microclimate they can be classified by the following way:

- defects associated with through damage to the fence;
- defects associated with partial damage to the fence, which led to a reduction in thickness;
- defects that led to the obsolescence of the construction materials of outer fence.

During the through damage of outer fence the change of parameters of microclimate has the most influence of heat and mass exchange and air modes. With this kind of damage temperature, humidity and speed of internal air changes the most under the external climatic factors.

During the partial damage of the outer fence, where the thickness is reducing, there are the largest exposures of parameters of the microclimate such as temperature and humidity of the internal air, temperature of the inner and outer surfaces.

Obsolescence of construction materials of outer fence reduces the efficiency of their thermal characteristics, which in turn leads to a change of heat and mass exchange and air modes indoors and accelerates aging.

Any changes of microclimate in the premises lead to changes in normal operation of the human body, that is a violation of its heat balance, which results overheating or overcooling. In this case working capacity of human is reduced.

To confirm the influence of defects of enclosing structures of building on parameters of the microclimate the examination was conducted at the objects of various purposes. A survey was conducted in administrative building and bakery at the winter.

Fig. 1 shows a fragment of a wall of an office building with vertical crack. With external review of cracks it can be seen that crack is floated by mortar and there is no through-its expansion.

A survey of the same crack of the building wall has hold by thermal camera 'testo 875-2'. The survey results presented in Fig. 2.

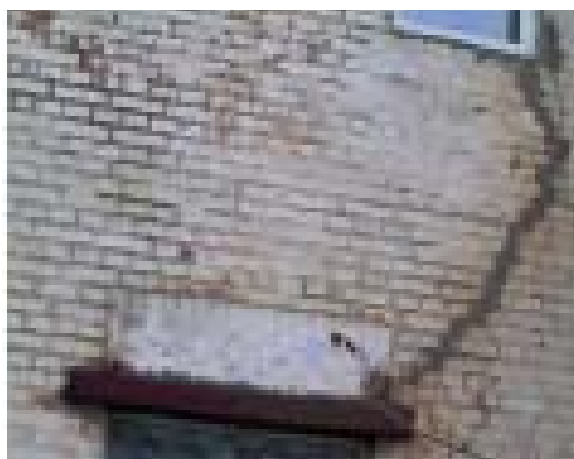


Fig. 1 Detail of the building wall with a crack

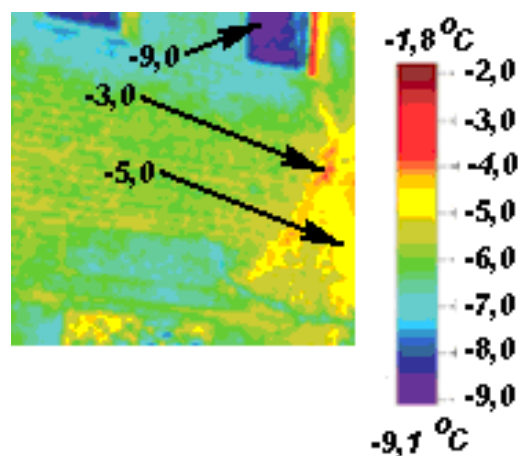


Fig. 2 Thermogram detail of the building wall with a crack

The analysis of the received picture (Fig. 2.) shows that violation of integrity of a structure of an external protection can't carry out the functional purpose on heat, humidity and air protection of the internal environment of the building even during its repair. Apparently from the thermogram the vertical crack on a wall of the building has rather high temperature ranging from $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, and the lowest temperature is $-9,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. From here we draw a conclusion that the temperature pressure of this site of a wall grew by 1,2 - 1,3 times, thus temperature on an internal surface also has to accept size less standard that leads to increase in size of heat exchange of the person indoors.

As a result of inspection of a bakery the defects connected with partial damage of external protections and misoperation and operation of life support systems were found. Examinations were conducted by means of a pyrometer.

Cracks in structures of walls and a ceiling, partial destruction of a bricklaying are carried to partial damages on a bakery. On an internal surface of walls and a ceiling, in connection with high exudation of moisture, in mixing and cooling shops and misoperation of systems of forced-air and exhaust systems of ventilation moisture loss is recorded.

The research results of thermal and humidity parameters on the inner surfaces of enclosing structures presented in Table 1.

In places with cracks in the external protecting structures the temperature on border of a crack has temperature which is lower on 1 - 2 °C than temperature surface wall without damages.

According to the obtained data we draw a conclusion that damages of the external protecting structures leads to change of parameters of a microclimate towards their decrease.

Table 1

Temperature and humidity indicators

Inspection place location	Indoor temperature	Indoor humidity, %	The temperature on the inner surface of the outer wall, °C		The temperature on the inner surface of the ceiling, °C	
			Dry area	Wet area	Dry area	Wet area
Mixing shop	23	77...90	20,2...20,4	17,4...17,6	20,0...20,2	17,0...17,2
Cooling shop	16	60	18,0...18,2	16,2...16,4	16,0...16,2	12,3...12,4

According to the obtained data in the first case without measurement of temperatures on an internal surface of the protecting structure and vice versa in the second case without measurement of temperatures on an external surface of the protecting structure it is possible to assume that the obtained data can have close values. But for an adequate assessment of change of parameters of a indoor microclimate during the term of operation of the building and engineering systems taking into account their obsolescence and damages it is necessary to take at the same time measurements of the heat and humidity parameters from the internal and external parties of the protecting structures.

The impact on the parameters of indoor climate have defects associated with continuous or partial damage to the outer fence, and obsolescence of construction materials.

Conclusions.

On the stated material of the article in which solutions of assessment problem of parameters of an indoor microclimate during the term of operation of the building and

engineering systems are given, the main conclusions and recommendations consist in the following:

1. The assessment of parameters of an indoor microclimate during the term of operation of the building and engineering systems is carried out due to planned and unplanned inspections of technical condition of buildings and an assessment of a condition of a microclimate or its forecasting;

2. The defects connected with through or partial damage of an external protection, and also obsolescence of their constructive materials indoors have influence on microclimate parameters;

3. The obsolescence or defects and damages of the external protecting structures leads to change of parameters of an indoor microclimate, which in turn influences on health and working capacity of the person.

4. The results can be implemented in future investigation of human thermal comfort. There are plans to create new model of human behavior which is influenced with temperature.

References

- [1] A. G. Rimarov, V.V. Smirnov, V.V. Savichev. (2011). Features of forecasting of a microclimate. (pp.78-80). SOC. - №4.
- [2] A. K. Melikov. (1999). Thermal microclimate of rooms. Assessment and design./ AVOC. - № 4
- [3] L. Banhidi. (1981). Thermal microclimate of rooms. Moscow: Stroyizdat.
- [4] Fanger, P.O. (1970). Thermal Comfort./ McGrawHill. – 170 p.
- [5] V.N. Bogoslovskiy. (1979). Thermal mode of the building. Moscow: Stroyizdat.
- [6] Y.D. Gubernskiy. (1978). Hygienic bases of conditioning of a microclimate of residential and public buildings. Moscow: Medicine.
- [7] Y. A. Vorobiova. (2006) Influence of process of aging of the protecting structures and engineering systems of residential buildings on a microclimate of rooms. Voronezh: Voronezh state construction and architectural university publisher
- [8] A.B. Yurkevich. (2009). Hygienic characteristic of a microclimate of production drugstores. Vitebsk: Vestnik of Vitebsk State Medical University №2.
- [9] P.V. Yakovlev, Y.A. Alyautdinova, E.A. Gorbaneva. (2009). Role of architecture of rooms in formation of it's microclimate. Vestnik of Astrahan State Technic University. Astrahan. №1(48)
- [10] DSN 3.3.6.042-99 (1999) Sanitary norms of microclimate of industrial premises. Kyiv: Head state doctor of Ukraine.
- [11] I.V. Golyakova, V.O. Petrenko, A.O. Petrenko. (2013). Conditions of formation of a microclimate in rooms. (pp. 156-161) Construction, materials science, mechanical engineering. Science collection №70. Dnipropetrovsk: PSACA.
- [12] A.S. Belikov, S.Z. Polischchuk, A.O Petrenko, V.O. Petrenko, E. G. Kushnir, A. S. Polischchuk (2013). Modeling and optimization of microclimatic conditions and parameters of life support systems of rooms. Dnepropetrovsk: ChMP «Economy»
- [13] Богуславский Л. Д. Экономия теплоты в жилых зданиях. - М.: Стройиздат, 1986. - 88 с.
- [14] Табунщиков Ю. А., Хромец Д. Ю., Матросов Ю. А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений. - М.: Стройиздат, 1986.-380 с.
- [15] Project of State Standart of Ukraine B V.1.2-№:201X. (2012) System of reliability and safety of construction projects. Inspection and certification of technical condition and engineering structures. Kyiv. Ukraine.

Numerical modeling of wind flow over different terrain types*

Angel Terziev^a, Rositsa Velichkova^a, Kiril Mavrov^a

^a*Technical University of Sofia,
8 Kliment Ohridski blvd., 1000 Sofia, Bulgaria*

Abstract

Worldwide, the amount of energy produced by the power of wind rapidly increases. The installed capacity of wind farms has increased nearly 60 times for the last 20 years. The small wind turbines that have been installed 20 years ago are at the end of their operational life. Pretty soon they need to be replaced with bigger ones, which leads to a completely new micro-sitting of the wind farm. In case of a flat terrain the micro-sitting can be easily performed since the wind parameters (wind speed and direction) are known for a long period of time. For a hilly or complex terrains a couple of assumption needs to be made in order to have the most reliable results. Improvement of the results from numerical study is possible with the adjustment of the uncertainty of the used models. Some restrictions about the size of the domain where the numerical procedures will take place are also discussed.

Keywords: Wind flow, CFD modeling, complex terrains

1. Introduction

Global annual installed capacity of the wind power plants has increased 60 times for the past 20 years (from about 6GW in 1996 up to 370GW in 2014) and only in 2014 the installed capacities amounted to 51 GW [1]. Currently, the biggest wind turbine installed has a rated power of 8MW (2014). At least five companies are working on the development of a 10MW wind turbines. This is a proof that the share of this type of energy in the energy mix will increase in the future.

On the other hand the wind turbines installed 20 years ago are very “close” to their operational life, and recently they will need to be replaced. The modern wind turbines have greater installed capacity and respectively larger size so for the same spot fewer wind turbines can be installed with different micro-sitting scheme. The micro-sitting of the wind turbines (WTs) depends on many factors – size of the WTs, prevailing wind direction, local orography etc. Collected wind data during operational hours of the WTs are long-term data, and they are useful for arrangement of the new wind farm. The impact, however, between WT in the farm cannot be defined or measured on-site due to the large size of WTs. Different commercial products are used to model the wind flow behavior over the terrain. When the spot where the wind

*Lucrare inclusa in programul conferintei EENVIRO 2015

turbines will be installed is flat, and there are no any significant obstacles around, a good approximation of the wind flow over the terrain can be established. For hilly and complex terrains generated turbulent boundary layer significantly affect the general wind flow. The generated uncertainties affecting significantly the wind flow behavior. In addition the interaction of this flow with one disturbed by the blades of wind turbine resulting in a much complicated flow that cannot be easily and precisely studied with part of this commercial products. This requires implementation of experimental studies especially for large wind farms and very complex terrains. The limitations in experimental studies are because of the size of wind tunnel and size of the model tested.

Current study is about the possibilities of using commercial software products using numerical procedure technique to predict flow behavior over the terrains.

2. On-site measurements

Three different types of terrains are addressed to the current study – homogeneous and flat terrain (Shabla); hilly terrain (Ruen) and complex topography (Karlovo) (fig. 1).



Fig. 1 Terrains location on the territory of Bulgaria

On the selected sites are performed long-term measurements with tall towers. The summarized information about tall towers, measuring equipment and measuring periods is presented in Table 1.

Table 1. Summarized information about on-site measurements for the selected sites

Location	Type of tall tower	Height, m	Measuring period	Measuring equipment, calibrated
Shabla	Tubular	60	04.12.2008-30.12.2011	Anemometers on three heights – 30, 40 and 50m, wind vanes, temp. sensor, barometer, humidity sensor
Ruen	Lattice	70	05.10.2012-01.10.2014	Anemometers on three heights – 30, 50 and 70m, wind vanes, temp. sensor, barometer, humidity sensor
Karlovo	tubular	50	05.01.2009-30.11.2011	Anemometers on two heights – 30 and 50m, wind vanes, temperature sensor

The obtained data during on-site measurements have been carefully examined, as unreliable data have been excluded from the prepared statistical analysis. Below on Fig. 2 and 3 the directional and Weibull distributions for the selected sites are presented.

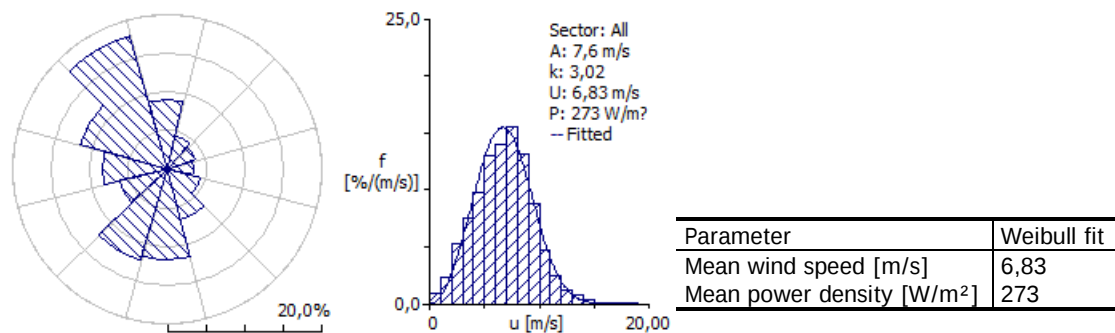


Fig. 2 Directional and Weibull distribution for Shabla site

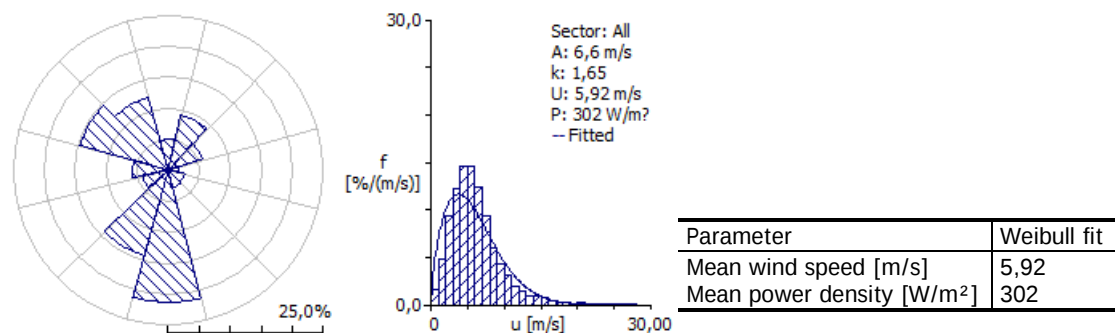


Fig. 3 Directional and Weibull distribution for Karlovo site

The prevailing wind direction for the Shabla site is from North-Northwest and South-Southwest. For the Karlovo site the prevailing wind direction is from South

direction. The wind data from the on-site measurements are used as an input data for the numerical study presented below. The purpose of the study is to show wind flow distribution over the terrain through the means of numerical procedure techniques.

3. Wind flow modeling

3.1. Domain selection based on the orography specifics

Current CFD studies include 3D modeling of the wind flow over the selected terrains. The selection of size of the domain that will be used in the numerical study depends on the size of the wind farm and orography of the terrain. The size of physical spaces where all of the processes going on is determined by the terms for growing natural atmospheric boundary layer (ABL) over the spot where the on-site measurements were performed. In [2] is pointed that for a boundary layer to grow to 1km in thickness is necessary a domain of at least 60km. In many works [3], [4] the domain of at least 20km is needed to create natural ABL for complex terrains. For the selected sites the domain is accepted to be at least 25 per 25 km.

3.2. 3D surface modeling

3D models of the sites were created from available topographic maps with Digger [5] and Surfer [6] software products (Fig. 4 a-c).

Digger software is a powerful tool for transformation of topo maps into digital maps. On the other hand on-line web tool [7] successfully can be used for the collection of topography data for the domain with boundaries defined by the user. With the appropriate processing the data can be transformed in 3D surface.

Surfer software is used for producing grid file and further visualization. There are different gridding methods available that can be used for producing 3D surface. Kriging method is a very flexible method that can be custom-fit to data by specifying appropriate variogram model. This method can be either an exact or a very smooth interpolator depending on the user's specifics. For the selected terrains (especially for complex one) Kriging method can be successfully used with default settings (Linear variogram model, slope 1 and Aniso 1) for preparation of 3D Surface.

3.3. Numerical study of the wind flow

Wind data from the measurements were presented as the frequency of occurrence of the wind in a number of sectors (as a wind rose) and wind speed bins. Then the parameters of the wind for the point of measurements are distributed up to the boundaries in respect with terrain orography. Roughness of the terrain is determined by the size and distribution of the roughness elements. Concerning European Wind Atlas [8] the different terrains are divided into four types, each of them with specific roughness elements.

Currently only the surface roughness is considered. The trees for example are not considered. Because of this roughness length of 0,03m in all sectors is accepted.

The numerical study is performed with WaSP – software that is developed by the Riso National Laboratory. The proposed software is used to predict spatial variation of the average wind speed, directional distribution, wind profile and ABL based on the theory of Jackson and Hunt [9]. The model is based on the resolution of linearized equations of motion for neutral flow. The model integrates the roughness terms into the scale decomposition.

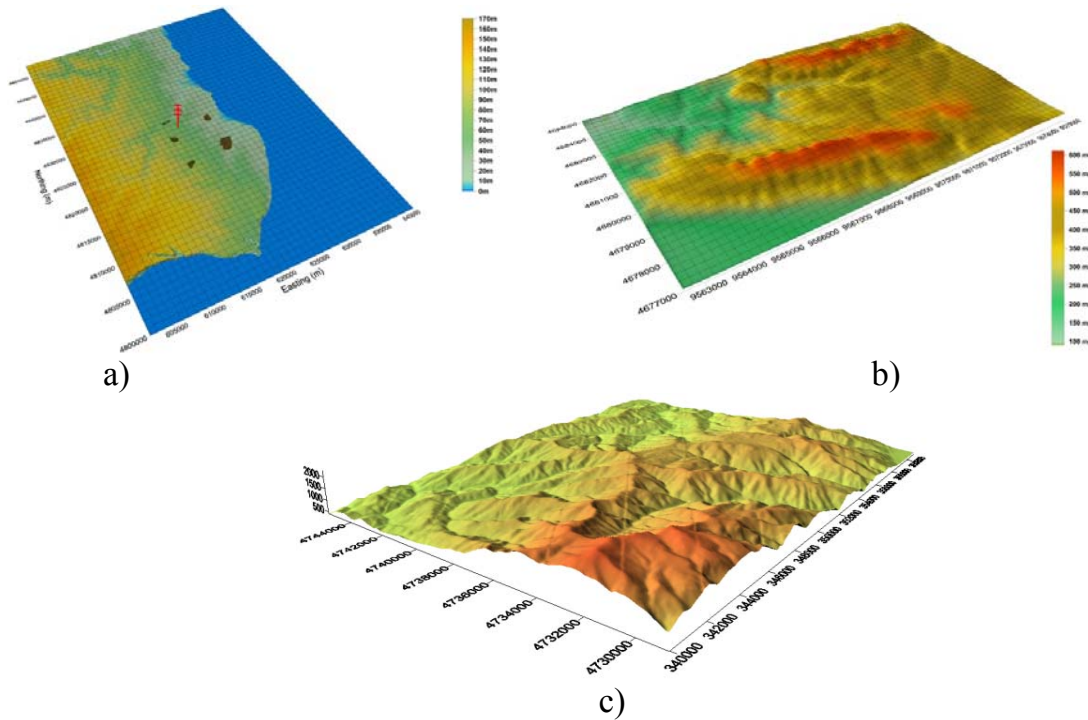


Fig. 4. (a) Flat terrain (Shabla location); (b) hilly terrain (Ruen location); (c) complex topography (Karlovo location).

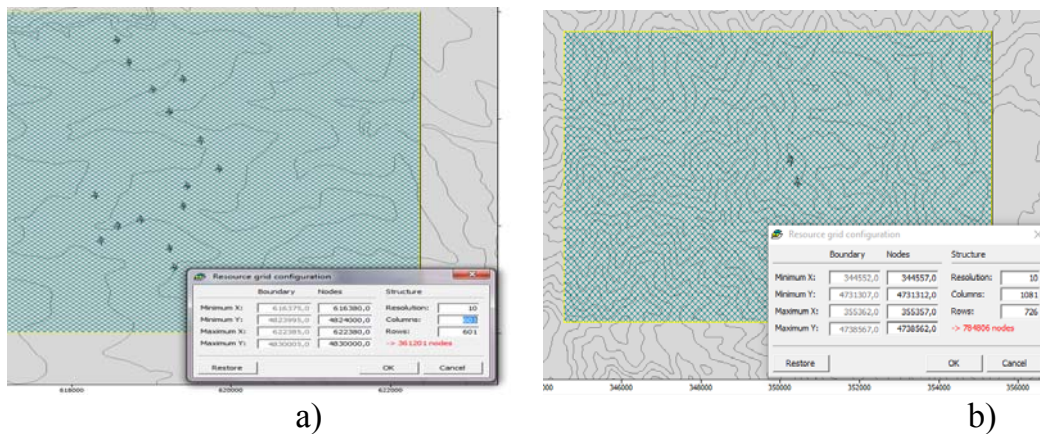


Fig. 5. Calculation domain (a) Shabla location; (b) Karlovo location

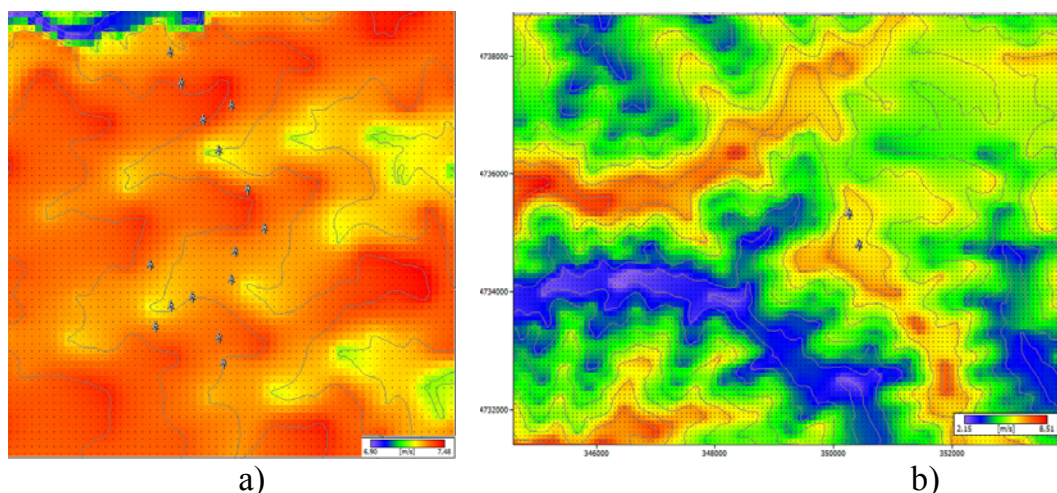


Fig. 6 Wind speed distribution (a) Shabla location; (b) Karlovo location.

The numerical calculations are performed for the entire domain – wind farm site incl. at least 20 kms outside of the spot.

Mesh independent study was performed showing that for the complex terrain (Karlovo site) the domain was divided into 784 806 nodes (structural elements) (fig. 5a). For the Shabla site the domain is presented with 361201 nodes (Figure 5b).

The results from numerical studies are presented on Fig. 6 a-b. The figures present the velocity distribution over the terrain at the level of point of measurements. Very good distribution of wind flow in a respect with the orography is observed especially for flat terrains. Input data for the numerical study are data obtained through on-site measurements (Fig. 2 and 3). The size of the domain is in a relation with the orography of the terrain and prevailing wind direction. Those parameters have to be considered when determining thickness of the Atmospheric boundary layer. The accepted linear model during the numerical procedure for the flat terrains gives better distribution of the wind flow over the terrain. However, for complex terrains the linear model are not very applicable and additional CFD study with modeling of turbulence is needed to decrease the uncertainty.

4. Conclusion

The current study shows that the proposed software product can be applied in modeling of the wind flow over flat and hilly terrains. Because of the non-linear effects that appears over the complex terrains the applied linear models during numerical procedure increase the uncertainty. This uncertainty increases especially when calculating the wake losses between wind turbines in the Farm.

5. Acknowledgements

The paper is financed under the Contract No 152ΠД0026-02 “Numerical and experimental study of the wind flow over flat and complex terrains”.

References

- [1] GWEC, Global Wind Statistics 2014, http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2015/02/GWEC_GlobalWindStats2014_FINAL_10.2.2015.pdf
- [2] Duranti, S., Rezzuto, G., and Pittaluga, F. (1998), Numerical prediction of neutral atmospheric boundary layers (RUSHIL experiment), *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.* 74-76: 263-372;
- [3] Chow, F., 2004: Subfilter scale turbulence modeling for large-eddy simulation of the atmospheric boundary layer over complex terrain, Ph.D dissertation, Stanford University;
- [4] Weerasuriya A. U., Computational fluid dynamics simulation of flow around tall buildings, *Engineer*, vol. XXXXVI, No 03, p.p. 43-54, 2013, the Institution of Engineers, Sri Lanka.
- [5] <http://www.goldensoftware.com/products/didger>
- [6] <http://www.goldensoftware.com/products/surfer>
- [7] <http://dataforwind.com/extraction.php>
- [8] Troen, I., and E. L. Petersen, 1989: European Wind Atlas, Risø, National Laboratory, 656 pp.
- [9] Jackson, P. S., J.C. R. Hunt (1975), Turbulent wind flow over low hill, *Quart J. R. Met. Soc.*, vol 101, p.p. 925-955.

Aspecte caracteristice privind analiza structurală a clădirii de birouri Bucharest One

General considerations regarding the structural analysis of the office building Bucharest One

Claudiu-Anton URSU¹, Viorel POPA¹, Mihai DRAGOMIR¹, Dragoș COȚOFANĂ¹, Șerban DIMA¹, Vasile-Virgil OPRIȘOREANU¹

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

Rezumat: *Articolul prezintă metodele de analiza utilizate la proiectarea clădirii de birouri Bucharest One. Clădirea are o înălțime supradetallată de 120m fiind formată din trei subsoluri, parter, mezanin, 23 etaje și etaj tehnic. Construcția este amplasată în București, strada Barbu Văcărescu nr. 201, fiind formată din două corpuri cu funcțiuni diferite. La proiectarea și verificarea structurii de rezistență s-au folosit metode avansate de calcul structural utilizând programe specializate cu elemente finite. Modelele de calcul includ atât suprastructura cât și infrastructura, cu considerarea întrecțiunii teren-structură. Datorită înălțimii construcției, formei în plan a acesteia și clasei de importanță în care se încadrează s-au utilizat metode de calcul elastic și inelastic (calcul static neliniar și calcul dinamic neliniar). Analizele efectuate s-au realizat cu ajutorul programelor de calcul Etabs 2013 și Perform 3D. Verificarea deplasărilor laterale și dimensionarea preliminară a elementelor suprastructurii s-a realizat pe baza unui calcul elastic, prin utilizarea metodei de calcul modal cu spectre de răspuns. Evaluarea performanței structurale și stabilirea eforturilor maxime la nivelul infrastructurii s-a realizat pe baza analizelor static și dinamic neliniare.*

Cuvinte cheie: structură înaltă, analize neliniare, model de calcul, performanță structurală

Abstract: *The document presents the analysis methods applied in the structural design of the office building Bucharest One. The tower has a total height of 120 m above ground, three basements levels, ground floor, mezzanine, 23 floors above and one technical floor. It is located in Bucharest on Barbu Văcărescu Street no. 201 and consists of two buildings with different functions. Advanced analysis techniques employing finite element specific software were considered in the structural design. The computation models include both the upper structure and the basement, taking into consideration the soil-structure interaction. Considering the height of the building, its shape and the importance class, elastic and inelastic computations were performed (static and dynamic nonlinear analysis). The analysis was done using Etabs 2013 and Perform 3D software. The verification of the lateral displacements and the dimensioning of the structural elements were performed by elastic response-spectrum modal analysis. The assessment of the*

structural performance and the maximum forces in the infrastructure were carried out by static and dynamic nonlinear analysis.

Key words: high rise building, nonlinear analysis, computation model, structural performance

1. Introducere

Articolul cuprinde principalele aspecte ale analizelor efectuate pentru proiectarea și evaluarea performanței structurale a clădirii Bucharest One, amplasată în municipiul București. Structura clădirii Bucharest One ce a fost proiectată de către SC Allied Engineers Grup SRL pentru fondul de investiții Globalworth. Clădirea are înălțimea supratereană de 120 m, având în componență trei subsoluri și 26 de niveluri supratereane. Forma în plan a suprastructurii corpului A este de trapez dreptunghic cu o suprafață desfășurată de 1860 mp la nivelurile curente. Clasa de importanță/expunere a construcției este clasa II, pentru care coeficientul de importanță este $\gamma=1,2$.

Structura principală de rezistență a construcției este alcătuită din doua nuclee de pereți de beton cuplați, care preiau predominant forțele tăietoare cauzate de forțele seismice orizontale, și cadre perimetrice de beton care preiau parțial momentul global de răsturnare cauzat de acțiunea seismică. Cadrele sunt alcătuite din stâlpi circulari, de beton armat sau compoziți oțel-beton, și grinzi dreptunghiulare care conlucrează cu placa. Planșeul este realizat din plăci turnate monolit pe grinzi secundare prefabricate. Grinzile secundare sunt dispuse „radial” și reazemă pe pereții nucleelor și pe grinzile cadrelor perimetrice. Infrastructura este realizată sub forma unei cutii rigide, prin comparație cu suprastructura, alcătuită din planșee de beton fără grinzi, pereți de beton perimetrali și radier. Radierul are grosime variabilă și este rezemat pe piloți de beton și pe pereți mulați perimetrali. O descriere pe larg a structurii a fost făcută de către autorii acestei lucrări și în revista AICPS Review nr. 1-2/2015 [1].

Structura amplasată în București este expusă la acțiuni din hazard natural cauzate de vânt și cutremur. Analizele efectuate în cadrul procesului de proiectare au arătat că acțiunea seismică este acțiunea orizontală predominantă care dimensionează structura verticală a clădirii.

La proiectarea structurii au fost aplicate prevederile date în codurile românești de proiectare P100-1/2006 [2] și CR2-1-1.1 [3]. Totuși, întrucât aceste coduri nu sunt în mod specific destinate proiectării clădirilor înalte, la efectuarea calculului structural s-au analizat și informațiile din alte documente tehnice de specialitate de pe plan mondial, [4], [5], [6].

2. Strategia de calcul structural

La proiectarea structurilor pentru clădiri se pot utiliza diferite strategii de modelare, în funcție de complexitatea structurii, de modul de interacțiune cu terenul sau de natura acțiunii predominante. Analiza prin metoda elementului finit a structurilor înalte pe modele încastrate la „cota 0”, cota plăcii de la parter, prezintă un

grad de aproximare prea ridicat și este nepotrivită mai ales în cazul structurilor organizate sub forma unor nuclee „concentrate” cu rigiditate și rezistență foarte mare. În această situație, ipoteza că toate elementele verticale sunt egal încastrate deasupra subsolului are un grad de aproximare prea ridicat și conduce la rezultate eronate. Pentru clădiri înalte, Comitetul pentru Clădiri Înalte din Los Angeles (LATBSDC) recomandă utilizarea modelelor încastrate la cota inferioară a radierului pentru verificări la Starea Limită de Serviciu [6]. La această stare limită, deformațiile terenului nu sunt așa de importante astfel că încastrarea la cota radierului poate constitui o soluție. Analizele efectuate de autori în proiectarea clădirii Bucharest One au arătat că pentru sistemul structural ales, deformațiile infrastructurii sunt importante și starea de eforturi din suprastructură se schimbă în funcție de soluția de modelare a rezemării pe teren. De aceea, în proiectarea structurii s-a utilizat un model complet supra-infrastructură în care radierul este rezemat prin intermediul unor resoarte care modelează rigiditatea terenului. Acest model este recomandat de LATBSDC pentru verificări la stări limită ultime. Dezavantajul acestei modelări constă în necesitatea unei puteri de calcul considerabile și durata relativ lungă a unei analize. Întrucât procesul de proiectare este un proces iterativ, durata lungă a unei singure analize poate să reducă numărul de analize care se pot efectua pentru calibrarea modelului și, în final, se poate ajunge la rezultate mai puțin precise în ciuda modelului mai sofisticat utilizat. După cum se va vedea în continuare, în funcție de tipul calculului efectuat structura a fost modelată având comportare liniară sau neliniară. Pentru analizele efectuate s-au utilizate programele de calcul Etabs 2013 [7] și Perform 3D [8]. În privința duratei unei analize, pe modelul structural neliniar cu rezemare pe resoarte neliniare (cu desprindere), calculul static neliniar într-o singură direcție dura între 2 ore și 7 ore în funcție de soluția software utilizată. Utilizarea unei strategii de modelare complexe în care suprastructura, infrastructura și terenul, având diferite straturi, sunt modelate ca atare prin elemente finite cu răspuns neliniar nu este fezabilă în procesul de proiectare din cauza puterii de calcul insuficiente disponibile în ziua de astăzi.

P100-1/2006 are prevederi privind metode de calcul structural de complexități diferite. Cea mai simplă dintre metode, metoda forțelor laterale static echivalente, în care acțiunea seismică este modelată prin intermediul unor forțe aplicate static iar structura este modelată liniar, este metoda cea mai utilizată în proiectarea seismică din România. Pentru structuri înalte, utilizarea metodei de calcul modal cu spectre de răspuns poate spori acuratețea calculului chiar dacă structura se modelează liniar. Totuși, pentru structuri cu răspuns neliniar complex, cum este și structura Bucharest One, trebuie utilizate metode de calcul de complexitate superioară în măsură să ofere o imagine mai bună a răspunsului structurii în domeniul neliniar.

Proiectarea clădirii Bucharest One pentru un răspuns elastic la acțiunea cutremurului de proiectare nu constituie o alternativă, nu numai din cauza costurilor de realizare a structurii, dar și din cauza dificultăților de rezemare pe teren a unei structuri cu rezistența laterală foarte înaltă și a imposibilității prevenirii ruperilor fragile în condițiile în care nivelul de rezistență nu este limitat pe un mecanism ductil de cedare.

În concluzie, structura clădirii Bucharest One a fost calculată utilizând modele spațiale complete infra-suprastructură, de diferite complexități, astfel:

- 1) model liniar cu aplicarea metodei de calcul modal cu spectre de răspuns pentru predimensionarea pe criterii de rezistență a elementelor structurale și verificarea preliminară a rigidității structurii la Starea Limită de Serviciu;
- 2) model neliniar și forțe orizontale aplicate static monoton crescătoare pentru determinarea curbei de capacitate forță deplasare și pentru determinarea eforturilor în elementele structurale în faza de mecanism de plastificare;
- 3) model neliniar și forțe orizontale aplicate dinamic, prin intermediul accelerațiilor de la baza construcției, pentru determinarea deplasărilor structurale la starea limită ultimă și verificarea deformațiilor elementelor structurale sub acțiunea cutremurului de proiectare;
- 4) model liniar și forțe orizontale aplicate dinamic pentru verificarea deplasărilor la Starea Limită de Serviciu.

Cele patru strategii de calcul nu oferă întotdeauna aceleași rezultate. În cadrul altor structuri proiectate de autorii acestui articol, calculul dinamic neliniar a condus la cele mai ridicate valori ale forțelor tăietoare în elementele structurale verticale, arătând că distribuția dreptunghiulară a forțelor orizontale în calculul static neliniar nu este întotdeauna acoperitoare în ceea ce privește forța tăietoare. Rezultă că nu se poate considera aprioric că metodele de calcul de complexitate inferioară sunt întotdeauna mai acoperitoare.

Analizele dinamice neliniare au fost utile în proiectarea structurii deoarece au oferit valorile parametrilor de bază care caracterizează răspunsul acesteia în termeni de deplasări relative, accelerații absolute, deformații în elemente cu comportare ductilă, forțe maxime în elementele cu cedare fragilă și energii disipate în elementele structurale, la fiecare moment de timp discret al acțiunii seismice.

3. Cerințe de performanță

La proiectarea structurii Bucharest One au fost considerate cerințele fundamentale de performanță date în P100-1/2006, capitolul 2. Sintetic, aceste cerințe se referă la siguranța vieții utilizatorilor la acțiunea cutremurului de proiectare și limitarea degradărilor la acțiunea cutremurului de serviciu. Conform prevederilor acestui cod, construcția se încadrează în clasa II de importanță, pentru care coeficientul de importanță care amplifică acțiunea seismică de proiectare este egal cu 1,2. Întrucât prin proiectarea structurii s-a obținut un coeficient de suprazistență la acțiuni laterale în comparație cu acțiunea seismică de proiectare aproximativ egal cu 1,8, structura respectă condițiile de rezistență și pentru un coeficient $\gamma_I=1,4$ care ar corespunde încadrării construcției în clasa I de importanță.

Structura a fost proiectată astfel încât să răspundă neliniar sub acțiunea seismică de proiectare. Deformațiile neliniare semnificative din încovoiere pot apărea în elementele structurale ale suprastructurii: pereți de beton armat (pe înălțimea parterului, mezaninului și etajului 1), grinzi de cuplare și grinzi de cadru (la toate nivelurile), stâlpi (la baza la pater). Prin deformarea neliniară din încovoiere a elementelor structurale se obține disiparea energiei induse de acțiunea seismică și se limitează eforturile care ar putea conduce la cedări fragile ale elementelor structurale.

Din cauza deformațiilor neliniare severe care pot apărea în unele elemente structurale (în special în riglele de cuplare care leagă între ei pereții nucleelor de beton armat) este posibil ca în urma incidenței cutremurului de proiectare (având interval mediu de recurență de 100 de ani) să fie necesare reparații locale ale elementelor de beton armat. Acest lucru nu constituie un defect structural fiind în concordanță cu cerințele fundamentale ale proiectării seismice enunțate în cap. 2 al codului P100-1.

4. Calculul static liniar

Verificarea deplasărilor laterale și predimensionarea elementelor suprastructurale s-a realizat pe baza unui calcul static liniar, prin utilizarea metodei de calcul modal cu spectre de răspuns. Acțiunea seismică a fost reprezentată de spectrul de răspuns corespunzător mișcărilor de translație unidirecționale ale terenului, pentru amplasamentul orașului București, conform codului P100-1/2006.

Orientarea direcțiilor principale (X și Y) pentru definirea acțiunii seismice s-au determinat în funcție de răspunsul modal al structurii, prin factorii de participare modali, astfel încât acești factori să fie nenuli numai pentru o singură direcție. Primele două moduri de vibrație ale structurii sunt predominat de translație, iar cel de-al treilea predominant de torsiune. În figurile 1 și 2 sunt reprezentate formele proprii de vibrație asociate primelor două moduri de translație.



Fig. 1. Forma proprie de vibrație asociată modului 1- translație pe direcția X (T=3,33sec)



Fig. 2. Forma proprie de vibrație asociată modului 2- translație pe direcția Y (T=2,73sec)

În calcul modal cu spectre de răspuns s-au considerat primele 20 de moduri de vibrație, pentru care suma maselor modale efective reprezintă aproximativ 97% din masa totală a structurii. Considerând modurile de vibrație independente, regula de combinare utilizată a fost SRSS, conform P100-1/2006, Anexa C. Factorul de amplificare dinamică $\beta(t)$ corespunzător spectrului normalizat de răspuns elastic în accelerații absolute a fost limitat inferior la valoarea 1. Forțele tăietoare maxime la nivelul cotei de încastrare au valorile de 42226 KN pe direcția X, respectiv 51588 KN

Dragoș Coțofană, Șerban Dima, Mihai Dragomir, Viorel Popa, Stelian Constantinescu
pe direcția Y de acțiune seismică. Greutatea suprastructurii în gruparea seismică de acțiuni este de aproximativ 760000 KN.

5. Calculul static neliniar

Pentru calculul neliniar modelul de analiză elastic a fost completat prin introducerea parametrilor de comportare post-elastică (eforturi capabile, deformații ultime, legi constitutive pentru materiale) pentru elementele structurale. Pereții s-au modelat cu elemente neliniare de suprafața la care secțiunea peretelui este împărțită în straturi, în cazul utilizării programului Etabs 2013, și cu elemente de suprafață tip fibră, în cadrul programului Perform 3D. Pereții au o comportare neliniară la încovoire și liniară la forță tăietoare. Neliniaritatea elementelor ce modelează pereți s-a definit la nivel de material prin legile constitutive pentru oțel și beton. În analizele neliniare s-au considerat rezistențele medii ale materialelor. Grinzile, stâlpii și riglele de cuplare s-au modelat cu elemente de tip bară având articulații plastice punctuale de moment sau moment încovoietor cu forță axială (în cazul stâlpilor) amplasate la capetele elementului. Pentru riglele de cuplare armate cu carcase înclinate s-au utilizat articulații de moment, barele înclinate preluând atât momentul încovoietor cât și forța tăietoare.

Acțiunea seismică a fost reprezentată de 7 accelerograme, compatibile cu spectrul de proiectare din amplasament, conform P100-1/2006. Un avantaj important în utilizarea accelerogramelor compatibilizate cu un spectru țintă îl reprezintă reducerea variabilității input-ului, care va reduce variabilitatea mărimilor de răspuns. Utilizarea de 7 accelerograme compatibile cu spectrul de răspuns elastic permite ca, în cadrul verificărilor, să se utilizeze media valorilor de răspuns. Accelerogramele definite sunt compatibile cu spectrul de proiectare pe tot intervalul de perioade semnificativ, utilizat în proiectarea structurilor curente. În realitate nu există mișcări seismice de acest tip, însă acestea sunt acoperitoare la evaluarea răspunsului în cadrul analizelor numerice efectuate.

Calculul static neliniar a servit la determinarea curbei de capacitate, forță-deplasare, pentru structură și determinarea cerinței de deplasare asociată cutremurului de proiectare din amplasament. Relația forță-deplasare a pus în evidență evoluția mecanismului de plastificare a structurii, valorile maxime ale eforturilor în elementele structurale și distribuția degradărilor în cadrul structurii, pe măsura creșterii forțelor laterale, în timp ce acțiunile gravitaționale au rămas constante. Eforturile maxime la nivelul elementelor infrastructurii, dimensionate elastic sub incidența cutremurului de proiectare, au fost determinate pe baza analizelor static neliniare. Acțiunea seismică a fost modelată prin intermediul a doua distribuții pe înălțime a forțelor laterale statice (o distribuție uniformă, pentru obținerea valorilor maxime ale forțelor tăietoare și o distribuție modală, corespunzătoare modului fundamental de translație, pentru obținerea momentului global de răsturnare maxim). Cerințele de deplasare s-au obținut pe baza metodei descrisă în P100-1/2006, Anexa D.

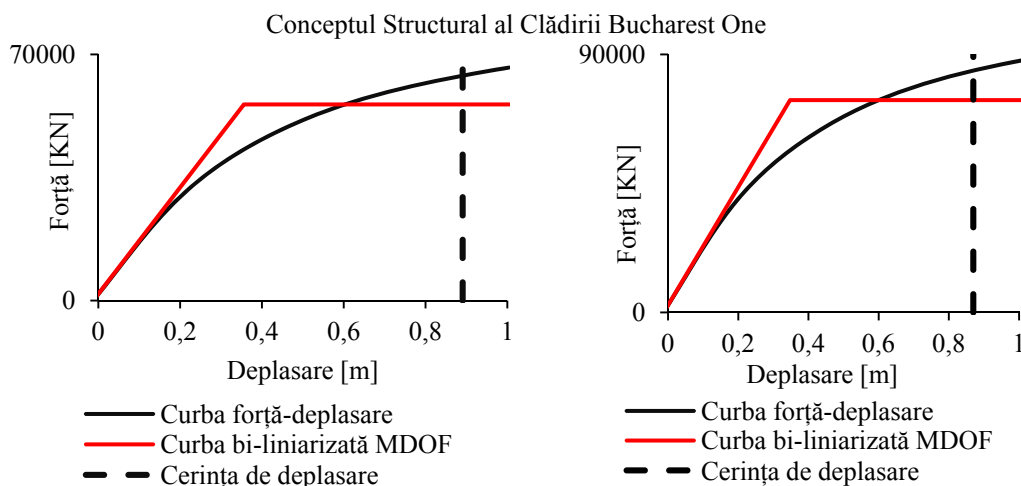


Fig. 3: Curba F-D, bi-liniarizarea curbei F-d și cerința de deplasare corespunzătoare direcției X- distribuție triunghiulară (stânga) și distribuție dreptunghiulară (dreapta)

În figura 3 sunt prezentate curbele de capacitate, bi-liniarizarea acestora, și cerințele de deplasare corespunzătoare direcției X de rezistență, în sensul pozitiv al axelor pentru cele două distribuții de forțe (distribuția uniformă – dreptunghiulară și distribuția modală- triunghiulară). Cerințele de deplasare rezultate în urma medierii valorilor obținute pentru fiecare accelerogramă se situează în jurul valorii de 90 cm, pe ambele direcții X și Y și pentru ambele distribuții de forțe. Variabilitatea scăzută se datorează perioadelor modurilor fundamentale ale structurii ce depășesc perioada de colț a amplasamentului, astfel încât aceste perioade corespund domeniului de deplasări constante din spectrul elastic sau inelastic de proiectare corespunzător amplasamentului orașului București.

6. Calculul dinamic neliniar

Pentru analizele dinamice neliniare ale structurii s-a utilizat programul de calcul Perfom 3D. Modelul de analiză a inclus legi de comportare histeretică atât pentru materiale cât și pentru articulațiile plastice punctuale ale elementelor de tip bară.

Modelul de comportare ciclică implementat în program pentru articulații plastice punctuale se bazează pe o lege histeretică ce are la bază modelul biliniar cu consolidare cinematică. Factorul de degradare a energiei histeretice s-a considerat 0,5 iar factorul de degradare a rigidității s-a definit cu valoarea 0. Legat de comportarea materialelor, pentru beton s-a declarat un factor de degradare a energiei pentru fibrele comprimate egal cu 0,5. În cazul modelului de comportare histeretică a fibrelor de beton comprimate, rigiditatea la descărcare este întotdeauna egală cu rigiditatea elastică inițială. Modelul controlează cantitatea de energie disipată prin controlul rigidității la reîncărcare și ține cont de închiderea fisurii din întindere înainte de reîncărcare. În analizele dinamice efectuate s-a optat pentru modelul de amortizare Rayleigh, în care matricea de amortizare c reprezintă o combinație liniară între matricea maselor m și matricea de rigiditate elastică k . Pentru declararea amortizării s-au ales două perioade caracteristice, $T_i = T_1$ și $T_j = 0.3T_1$ (T_1 -perioada de vibrație a primului mod fundamental) pentru care s-au considerat fracțiunile din amortizare critică $\xi_i = \xi_j = 0.03$ (3%). Valoarea fracțiunii din amortizarea critică aleasă se bazează pe recomandările existente în literatura de specialitate (un studiu de referință care pune

Dragoș Coțofană, Șerban Dima, Mihai Dragomir, Viorel Popa, Stelian Constantinescu
 în evidență reducerea amortizării pentru structurile înalte este cel a lui Goel și Chopra, 2007, [9]).

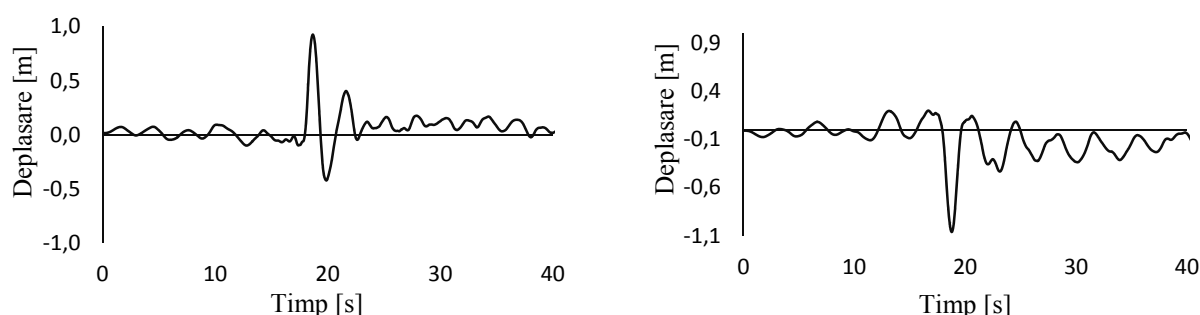


Fig.4: Variația deplasării la vârful structurii pe direcția Y (stânga) și X (dreapta)- Ac1

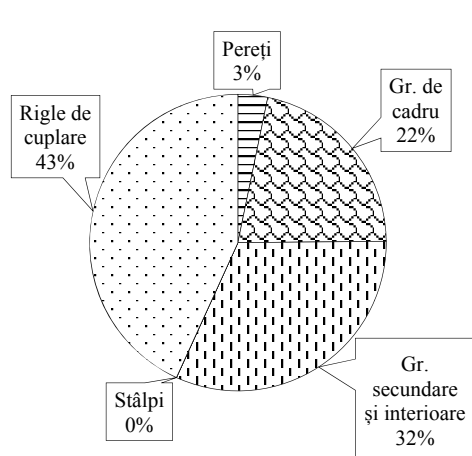


Fig.5: Energia histeretică disipată de elementele structurale - direcția Y
 acceleroograma Ac1

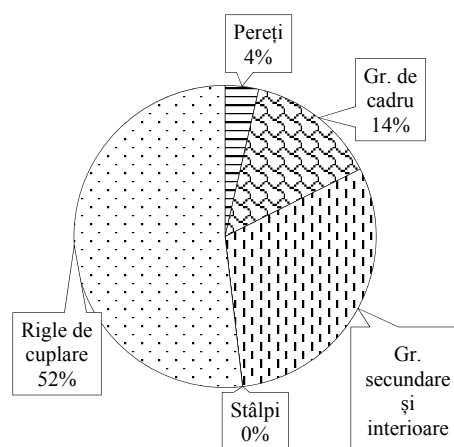


Fig.6: Energia histeretică disipată de elementele structurale - direcția X
 acceleroograma Ac1

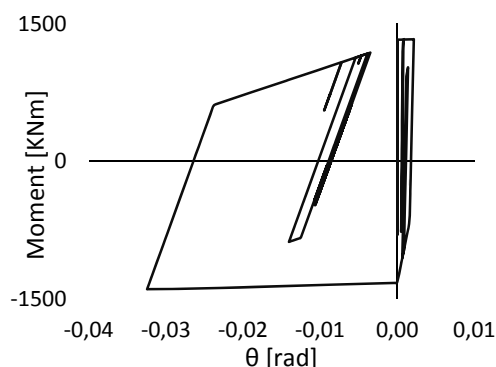


Fig. 7: Relația moment-rotire în rigla de cuplare cea mai solicitată- acceleroograma Ac1- direcția X ($\theta_{pl,max}=0,032$ rad)

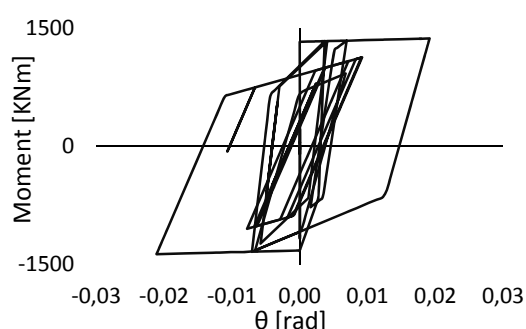


Fig. 8: Relația moment-rotire în rigla de cuplare cea mai solicitată- acceleroograma Ac2- direcția X ($\theta_{pl,max}=0,021$ rad)

Valorile mediate ale deplasărilor maxime înregistrate la vârful structurii sunt de 91 cm pentru direcția X și 83 cm pentru direcția Y. Deplasările maxime s-au înregistrat pentru acceleroograma sintetică obținută prin compatibilizarea cu spectrul a înregistrării Vrancea 77 - INCERC, componenta N-S (notată în cadrul acestui articol cu Ac1), și anume 106 cm pe direcția X, respectiv 92 cm pe direcția Y. În figura 4 se

prezintă variația deplasărilor la vârful structurii, în centrul de masă, pe direcția X și Y pentru acțiunea dinamică reprezentată de această accelerogramă.

În graficele din figurile 5 și 6 sunt redată contribuțiile diferitelor tipuri de elemente structurale în cantitatea de energie totală disipată pentru acțiunea dinamică reprezentată de accelerograma Ac1. Se observă că grinzile și riglele de cuplare au un aport semnificativ în disiparea energiei indusă de acțiunile seismice. Cu toate că principalele elemente de rezistență sunt pereții, datorită înălțimii construcției și driftului mediu redus, aceștia au deformații plastice mici la deplasarea laterală a structurii.

Calculul dinamic neliniar a furnizat variația în timp a deformațiilor elementelor structurale, ce a permis verificarea ductilității acestora. Deformațiile cele mai mari se înregistrează în cazul grinzilor și riglelor de cuplare din treimea superioară a structurii. În cazul riglelor de cuplare armate cu carcase înclinate, rezultatele experimentale prezentate în literatura de specialitate au pus în evidență o bună comportare a acestor tipuri de rigle la acțiuni seismice, cu capacități de rotire înregistrate în urma testelor experimentale ce depășesc 0.04 rad. Cerințele de rotire maximă în riglele de cuplare și grinzi se înregistrează pentru prima accelerogramă (Vrancea 1977 N-S compatibilizată cu spectrul de proiectare). Relațiile moment-rotire înregistrate în riglele de cuplare cele mai solicitate de pe direcția X pentru două accelerogramele sunt date în figurile 7 și 8.

7. Concluzii

Caracteristicile geometrice ale structurii precum și regimul ridicat de înălțime au impus utilizarea unor metode complexe în proiectarea și evaluarea performanței structurale pentru clădirea Bucharest One. Analizele efectuate prin aplicarea metodelor de calcul liniar elastic sau metodelor de calcul neliniar (calcul static sau dinamic neliniar) au pus în evidență o bună comportare a structurii sub incidența tuturor tipurilor de acțiuni avute în vedere la proiectare, conform codurilor, standardelor și normativelor în vigoare.

Analizele efectuate au arătat că în cazul acțiunii seismice de proiectare energia histeretică este disipată în mare parte prin deformațiile grinzilor și riglelor de cuplare. Deformațiile maxime înregistrate în elementele structurale, determinate pe baza analizelor dinamice neliniare, se situează sub limitele specificate în codurile de proiectare sau cele înregistrate în urma testelor experimentale, existente în literatura de specialitate.

Referințe

- [1] Popa, V., Dragomir, M., Ursu, C., Coțofană, D., Dima, S., Opreșoreanu, V., 2015, BUCHAREST ONE – Soluția structurală a unei clădiri de birouri cu înălțimea de 120m, Asociația Inginerilor Constructori Proiectanți de Structuri, 1-2/2015
- [2] P100-1/2006, Cod de proiectare seismică. Prevederi de proiectare pentru clădiri

- [3] CR2 -1-1.1 (2005), Cod de proiectare a Construcțiilor cu Pereți Structurali de Beton Armat, M.T.C.T
- [4] ATC, 2010, PEER/ATC-72-1: Modeling and Acceptance Criteria for Seismic design and Analysis of Tall Buildings, Redwood City, Ca.
- [5] CTBUH, 2008, Recommendations for the Seismic Design of High-Rise Buildings, Report of the Working Group on the Seismic Design of Tall Buildings, prepared by Willford, M., Whittaker, A.S., and Klemencic, R., edited by Wood, A., for the CTBUH, Chicago, Illinois.
- [6] LATBSDC, 2008, An Alternative Procedure for Seismic Analysis and Design of Tall Buildings Located in the Los Angeles Region, Los Angeles, California.
- [7] Etabs2013. Computers and Structures, www.csiberkeley.com
- [8] Perform 3D. Computers and Structures, www.csiberkeley.com
- [9] Goel, R.K., and Chopra, A.K., 1997, Vibration Properties of Buildings Determined from Recorded Earthquake Motions, UCB/EERC Report 97/14, University of California, Berkeley, California.

Consolidarea Edificiilor Existente Utilizând Tiranți Metalici*

Existing Monuments Rehabilitation Using Steel Tie Rods

Mădălin COMAN¹, Mircea CRIȘAN², Dragoș MARCU³,
Mihai A. GANEA⁴

¹Dr. Ing., Director Tehnic, Popp & Asociații, mcoman@p-a.ro

²Prof. Dr. Ing., Universitatea de Arhitectură și Urbanism „Ion Mincu”, prof.mirceacrisan@gmail.com, Romania

³Ing., Director General, Popp & Asociații, dragos.marcu@p-a.ro

⁴Ing., Popp & Asociații, mihai.ganea@p-a.ro

Rezumat: *Prezentul articol reprezintă un studiu de caz asupra utilizării tiranților metalici pentru sporirea proprietăților de ansamblu ale zidărilor vechi. Pentru aceasta sunt trecute în revistă lucrări reprezentative de consolidare la care au fost utilizați în regim de pionierat tiranți metalici. Imobilele analizate au structura preponderent din zidărie, ajungând ca la începutul lucrărilor aceasta să se afle într-o severă stare de degradare. Edificiile studiate sunt Biserica Evanghelică din Sibiu, Biserica Sfinții Arhangheli din satul Cicău, Mănăstirea din satul Sadova, Palatul de Justiție din București și Palatul Patriarhiei. Tiranții metalici au fost folosiți în toate aceste cazuri pentru consolidarea bolților, asigurarea efectului de șaibă semi-rigidă și pentru sporirea ductilității pereților, reprezentând o metodă de consolidare ce merită însușită de întregul corp profesional specializat.*

Cuvinte cheie: reabilitare, consolidare, patrimoniu, monument, bolți, tiranți metalici, foraje zidărie;

Abstract: *This paper represents a case-study upon the usage and implementation of steel tie rods for the strengthening and rehabilitation of old masonry structures. The review focuses on four representative structural strengthening projects that used tie rods as a pioneering approach to building strengthening. All buildings are based on masonry structures, which were severely affected when restoration projects commenced. The analysed structures are the Lutheran Cathedral of Sibiu, the Saint Michael & Gabriel Church of Cicău, the Sadova Monastery, the Bucharest Palace of Justice and the Patriarchate Palace. For each of these cases, tie rods were used for vault strengthening, for enhancing the overall structural seismic response, and for increasing the ductility of masonry walls. Such a rehabilitation technique is worth being considered and grasped by any member of the professional body.*

Keywords: monument building, rehabilitation, strengthening, steel tie rods, masonry drilling;

* Lucrare inclusa in programul conferintei Ingineria cladirilor 2015

1. Introducere

Articolul curent propune realizarea unui studiu de caz înclinat asupra lucrărilor de consolidare a edificiilor existente ce au în comun utilizarea tiranților metalici pentru sporirea proprietăților de ansamblu ale zidărilor vechi. Se urmărește astfel exemplificarea viabilității acestei soluții de consolidare, și totodată, canalizarea atenției publice de specialitate către ea. Deși în țările europene cu o bogată tradiție în domeniul consolidărilor soluția se aplică deja pe scară largă, în România ea a fost până în prezent aplicată aproape în exclusivitate la reabilitarea edificiilor de cult, pentru stabilizarea bolților din zidărie. Există totuși exemple de mare însemnătate care dovedesc viabilitatea soluției și în cazul monumentelor clasice, fiind vorba de propuneri date atât înainte de 1990 cât și din perioada actuală.



Figura 1. Palatul de Justiție – București



Figura 2. Biserica Evanghelică – Sibiu



Figura 3. Biserica Sfinții Arhangheli – Cicău



Figura 4. Palatul Patriarhiei – București

Implementarea tiranților metalici în cadrul proiectelor de consolidare a clădirilor istorice prezintă multiple avantaje, aceștia fiind instrumente versatile ce pot fi utilizate atât la exteriorul elementelor structurale existente, cât și la interiorul acestora, permițând mascarea lor în foraje executate prin zidării. În situația în care tiranții metalici sunt dispuși la exteriorul elementelor existente, ei sunt de regulă utilizați pentru fixarea bolților din zidărie sau pentru împiedicarea deplasării pereților, putând totodată asigura și un efect de șaibă. În cazul în care este necesară stoparea tendinței de fisurare a pereților sau sporirea ductilității acestora, cerându-se și păstrarea fețelor zidurilor nemodificată, tiranții metalici introduși în foraje reprezintă o metodă elegantă, capabilă de a întruni respectivele cerințe.

2. Palatul de Justiție – București

2.1 Descrierea generală a monumentului

Palatul de Justiție din București a fost ridicat la finalul secolului XIX reprezentând unul dintre cele mai ample edificii clădite până la momentul respectiv pe teritoriul Regatului României. Monumentul a fost utilizat neîntrerupt vreme de peste un secol, funcțiunea de bază rămânând neschimbată. Edificiul Palatului de Justiție are formă dreptunghiulară, extinsă în plan, fiind format din mai multe tronsoane ce includ 7 curți de lumină putându-se încadra într-un perimetru de aproximativ 150 x 90m. Clădirea este relativ joasă în înălțime, de regim D+P+M+E. Secțiunile imobilului formează o structură unitară, nefiind separate între ele prin rosturi. Din punct de vedere constructiv, aceasta este ridicată din

pereți portanți masivi de zidărie, planșeele nereușind să asigure o șaibă rigidă, fiind confecționate din grinzi metalice și bolțișoare de zidărie.

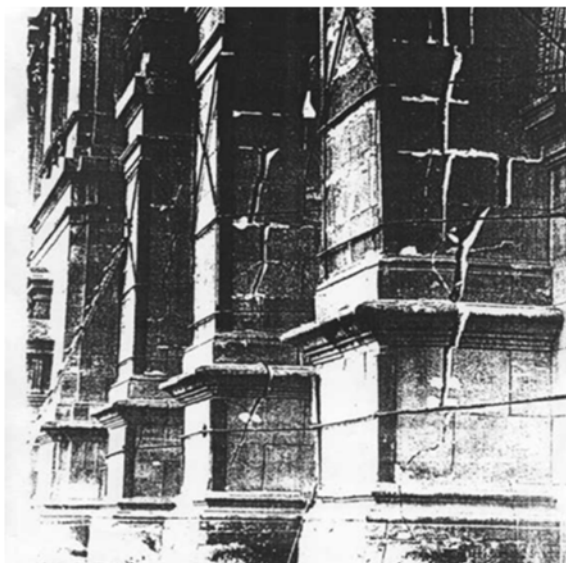


Figura 5. Fisurarea pilaștrilor frontale în urma seismului din 1977

Ca urmare a seismului din Martie 1977, ansamblul Palatului de Justiție a suferit degradări semnificative, diferențiate pe zone. Cele mai însemnate avarieri s-au petrecut în zona Sălii Pașilor Pierduți, unde anumite elemente au ajuns în stadiu de precolaps. Pilaștrii fațadei dinspre Splaiul Independenței au suferit fracturări extinse în dreptul parterului, ce au condus la deplasări maxime de circa 17 cm către râul Dâmbovița. Deteriorarea pilaștrilor a determinat deformări suplimentare ale elementelor superioare, înregistrându-se și în acest caz deplasări ridicate, de ordinul a 10 – 17 cm, ce au condus până la curbarea cornișei de piatră de la cota +16.00m. Ca urmare a seismului din Martie 1977 imobilul Palatului de Justiție a fost supus unei intervenții de consolidare, care însă nu a fost vreodată dusă la bun sfârșit.

2.2 Propuneri de implementare a sistemului de consolidare cu tiranți

Lucrările puse în operă după 1977 au avut caracter local, limitându-se la elementele afectate și la zonele adiacente, fără existența unei viziuni de ansamblu asupra întregului edificiu. Cea mai mare atenție a fost îndreptată către zona Sălii Pașilor Pierduți. Soluția prevedea realizarea unor foraje verticale pe întreaga înălțime a clădirii, inclusiv în subsol și fundații, ce urmau a fi armate și betonate. Forajele erau prevăzute pentru realizare în coloanele monumentale puternic afectate dinspre cheiul Dâmboviței. S-a optat pentru varianta forării lor și a utilizării tiranților metalici pentru a se evita deteriorarea aspectului acestora, tiranții nefiind la vedere. Tehnologia de forare folosită a fost preluată de la un institut de mine. Răcirea capului de forare a fost realizată cu apă, motiv pentru care finisajele coloanelor au fost până la urmă deteriorate. Forajele au fost executate doar vertical în coloane, iar în anii 2000 au mai fost introduși tiranți orizontali fixați la ambele capete cu flanșe.

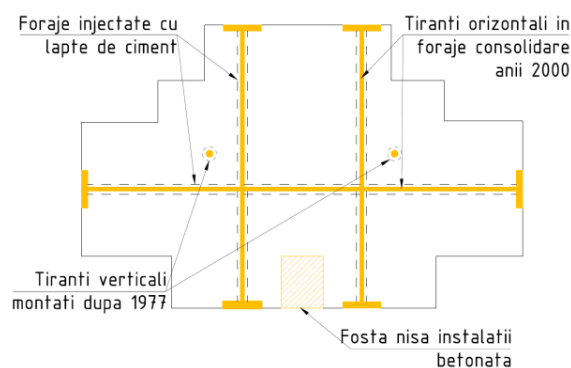


Figura 6. Amplasare tiranți în coloane monumentale

În afara prevederilor pentru consolidarea zonei Sălii Pașilor Pierduți, a mai fost prevăzută montarea unui ansamblu de tiranți metalici (platbande 60x10), dispuși pe una sau pe două direcții pentru consolidarea pereților ce delimitau biblioteca Tribunalului Suprem. Soluțiile propuse nu au fost finalizate în totalitate conform proiectului inițial, lucrările fiind sistate în anul 1981. În anul 1990 s-a reluat inițiativa consolidării edificiului, întocmindu-se un nou proiect de către S.C. PRODOMUS S.A.. Acesta specifica utilizarea tiranților metalici pentru rigidizarea unor elemente din zidărie situate în corpul estic al imobilului. În același timp, a fost indicată introducerea de tiranți în grosimea planșelor de peste parter și etaj pentru îmbunătățirea conlucrării spațiale a edificiului, și pentru realizarea efectului de șaibă rigidă la respectivul nivel. Nici acest proiect nu a fost însă dus la bun sfârșit, consolidarea monumentului fiind de fapt executată în prima parte a anilor 2000. Succesiunea propunerilor de folosire a tiranților metalici pentru consolidarea Palatului de Justiție demonstrează atât aplecarea personalului de specialitate către noi sisteme de consolidare, cât și validitatea metodei în sine.

3. Biserica Evanghelică – Sibiu

3.1 Descrierea generală a monumentului

Biserica Evanghelică din Sibiu reprezintă cel mai de seamă lăcaș de cult al comunității săsești, ce a fost ridicat vreme de aproximativ două secole, începând cu veacul al XIIIa, ajungând în prezent un monument simbolic al orașului transilvănean. Din punct de vedere structural, edificiul este ridicat din pereți groși din zidărie, chiar și de aproximativ 2m în cazul pereților turnului clopotniței. Clădirea se încheie la partea superioară cu multiple bolți din cărămidă, acoperite cu cea mai veche șarpantă încă existentă din România. Monumentul este unul dintre cele mai reprezentative de acest tip din țară. Vârful turnului bisericii se ridică până la 73m înălțime, iar în plan edificiul poate fi încadrat într-un dreptunghi de aproximativ 80 x 40m. Pe parcursul timpului imobilul a suferit numeroase avarii structurale, datorate fie activității seismice, fie concepției defectuoase inițiale. În cadrul unor lucrări de consolidare desfășurate în secolul XIX, a fost identificată situația precară a bolților din zidărie și faptul că pereții se deplasaseră deja la extremitatea lor superioară.

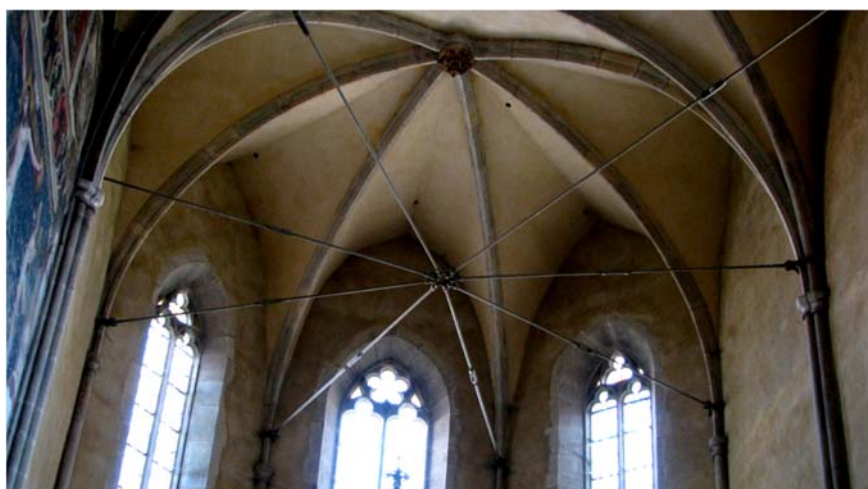


Figura 7. Tiranți metalici montați în secolul XIX

Drept urmare, au fost montați încă de atunci tiranți meniți să contracareze avansarea degradărilor constatate, fărădecare existența ulterioară a clădirii ar fi fost periclitată. Sistemul și-a dovedit eficacitatea, fiind în continuare în uz. La începutul anilor 2000, imobilul prezenta avarii semnificative la zona bolților, pereții laterali erau deformați către exterior, iar colțurile imobilului erau puternic fisurate. În urma mai multor evaluări structurale, consolidarea și reabilitarea monumentului a demarat cu un proiect tehnic alcătuit în anul 2009, fiind prevăzute trei faze de intervenție. În cadrul primei etape de execuție s-a urmărit stabilizarea bolților clădirii.

3.2 Propuneri de implementare a sistemului de consolidare cu tiranți

În situația consolidării Bisericii Evanghelice din Sibiu tiranții metalici au fost utilizați în mod extensiv, atât în cadrul proiectului curent de reabilitare, cât și în cazul intervențiilor precedente asupra imobilului. Proiectul curent de reabilitare a monumentului propune utilizarea tiranților metalici, atât pentru stabilizarea și punerea în siguranță a bolților clădirii, cât și pentru consolidarea și ductilizarea pereților. Astfel, în cadrul primei faze de execuție, au fost propuși tiranți dispuși în interiorul bisericii la nașterile bolților, iar la partea superioară a clădirii, peste arcele gotice, au fost introduse, alături de centuri din beton armat, baterii de tiranți metalici ce au rolul de a crea efectul unei șaibe semi-rigide. În cadrul celei de-a doua faze de intervenție, la nivelul pereților perimetrali ai bisericii, lucrările constau în principal în introducerea de bare din oțel în foraje prin zidărie, executate atât orizontal, cât și vertical, pe întreaga înălțime a pereților. Forajele vor fi umplute cu rășini epoxidice, ce vor conferi aderență ansamblului. Forajele realizate orizontal sunt fie grupate la baza bisericii, având rol de centură, fie perimetral turnului, în trei fascicule distincte. Forajele verticale vor fi grupate mai dens în zonele de intersecție a pereților, fiind dispuse în fascicule de minim 3 bucăți. Ancorarea barelor se realizează practic pe întreaga lor lungime, prin aderența dintre mortar și pereții existenți. Prin introducerea barelor metalice se îmbunătățește capacitatea pereților la încovoiere, abilitatea lor de a prelua forțe tăietoare, și realizarea transferului eforturilor de la șaiba semirigidă de la nivelul superior către fundații și teren.

3.3 Particularități de punere în operă

Lucrările de consolidare a Catedralei Evanghelice din Sibiu se desfășoară etapizat, în funcție de urgența fiecărei intervenții în parte. Până în prezent a fost finalizată prima etapă a lucrărilor, și anume punerea în siguranță a bolților, reabilitarea șarpantei și realizarea unei șaibe semi-rigide.

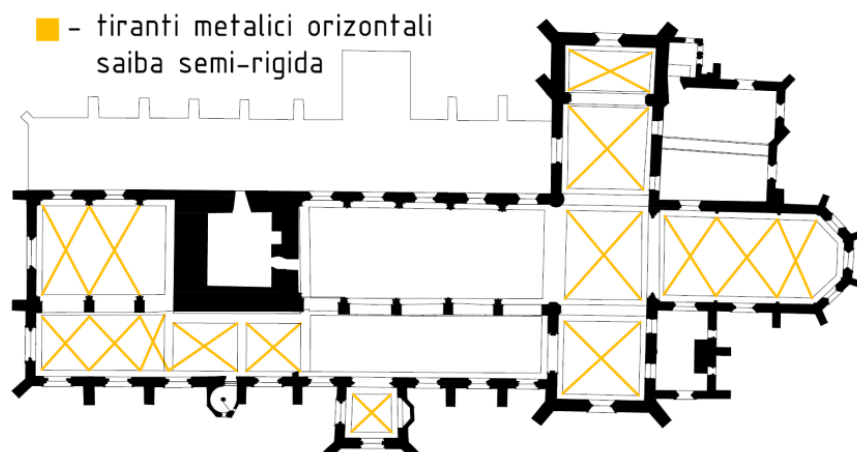


Figura 8. Dispunerea tiranților orizontali

Tiranții orizontali montați la nivelul superior al pereților au fost post-tensionați manual după ce au fost fixați la poziție. Aceștia au fost conectați de restul structurii cu dispozitive metalice înglobate în centura din beton armat nou introdusă. Ansamblul tiranților este vizibil doar de la nivelul podului, fără să încarce vizual aspectul edificiului. A doua etapă de intervenție presupune finalizarea lucrărilor la partea superioară a monumentului și, în paralel, crearea unui mijloc de transfer al eforturilor de la șaiba superioară către fundații. Transferul se va realiza prin intermediul unor bare $\varnothing 28$ din oțel BSt500 ce vor fi montate în găuri forate de diametru $\varnothing 40$, umplute cu rășină epoxidică. Barele se vor introduce pe toată înălțimea peretelui, până la aproximativ 15cm deasupra nivelului fundațiilor. În zonele de plin ale pereților, barele vor fi grupate minimum câte trei. Ancorarea barelor de pereții de zidărie se va face practic pe toată lungimea lor, prin intermediul rășinilor epoxidice. Tijele metalice vor prelua sarcini ridicate în eventualitatea unui seism, îmbunătățind totodată ductilitatea zidăriei.



Figura 9. Tensionare manuală tiranți șaibă semi-rigidă

Și la nivelul tiranților din pereți lucrările se vor desfășura etapizat, începându-se cu elementele verticale puternic degradate de pe latura de Nord. Ulterior se va interveni asupra pereților turnului, se vor monta centuri perimetrice din tiranți metalici în foraje la nivelul fundațiilor și la nivelul planșeelor de peste parter.

4. Biserica Sfântul Nicolae, Sadova – Dolj



Figura 10. Execuție foraje



Figura 11. Betonare



Figura 12. Foraje tiranți la nașteri bolți

În perioada 2005-2009 s-a realizat consolidarea bisericii Sfântul Nicolae a Mănăstirii Sadova din județul Dolj. Edificiul a fost ridicat la începutul secolului XVII, suferind în timp o serie de restaurări și reabilitări. Cea mai amplă lucrare anterioară a avut loc la începutul secolului XX; când biserica a fost complet restaurată. Imobilul bisericii are pereții realizați din zidărie de cărămidă sprijiniți pe un soclu de piatră, construcția ajungând până la aproximativ 20m înălțime. Ultima lucrare de consolidare a implicat un cumul de tehnici, incluzând atât metode tradiționale precum uniformizarea răspunsului seismic prin adăugarea unei centuri din beton armat peste nivelul pereților, cât și tehnici mai puțin întâlnite. Pentru consolidarea pereților bisericii s-au utilizat tehnica tiranților metalici montați în foraje executate în zidărie. Practic au fost executate 74 de foraje Ø35 în care au fost introduși tiranți metalici Ø25, umplute cu mortar de ciment și aracet.

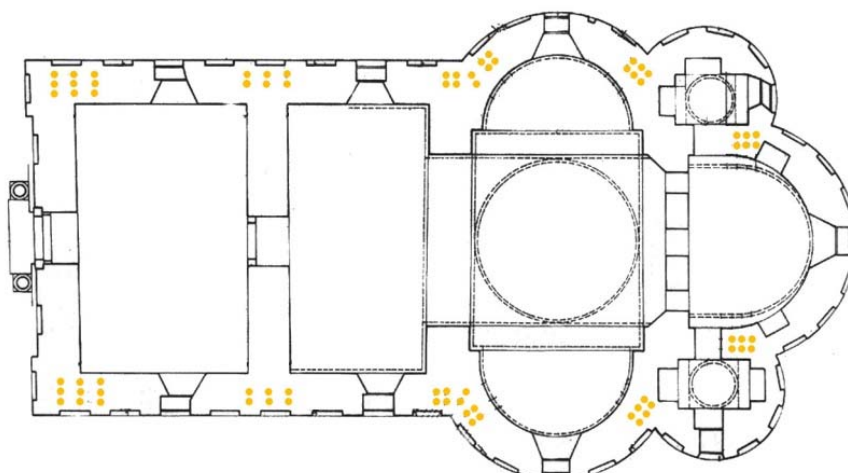


Figura 13. Poziție amplasare foraje

5. Biserica Sfinții Arhangheli, Cicău – Alba

Edificiul construit în secolul XV are, în pofida dimensiunilor restrânse, o deosebită semnificație pentru comunitatea locală, *fiind printre cele mai vechi lăcașe de cult ortodoxe din zidărie existente în regiunea Transilvania*. La momentul expertizării monumentului, acesta prezenta numeroase degradări, parțial datorate îndelungatei perioade de întrebuințare, dar mai ales datorate conformării improprie a elementelor construcției. Fundațiile necorespunzător realizate, la cote diferite, au condus la apariția unor fisuri pronunțate în pereții perimetrali. Totodată s-a constatat starea puternică de fisurare a bolții. Aceasta prezenta multiple și extinse fisuri centrale longitudinale, semn că pereții laterali au suferit deplasări la vârf. Corelat cu acestea, peretele din zidărie de cărămidă care departajează naosul de altar s-a fisurat la rândul său puternic pe contur. Consolidarea și reabilitarea bisericii Sfinții Arhangheli se bazează aproape în exclusivitate pe utilizarea tiranților sau a barelor din oțel. Pe de-o parte a fost necesară consolidarea bolților din zidărie, acestea prezentând la cheie pronunțate fisuri longitudinale. Astfel, au fost propuși 10 tiranți Ø10 la interval de 70cm unul de celălalt peste bolta naosului și peste bolta altarului. Rolul lor este de a stopa mărirea fisurilor bolții, și prevenirea unui eventual colaps al acesteia. Pentru îmbunătățirea transferului de sarcină între tiranți și bolți, aceștia vor fi așezați pe un pat de mortar menit să niveleze extradadosul bolților, iar capetele lor se vor fixa în foraje Ø20 executate în pereții imobilului. Pentru asigurarea comportării unitare structurale, s-a stabilit necesitatea creerii unei șaibe semirigide la nivelul superior al pereților. Aceasta va fi realizată prin completarea centurii perimetrice existente din beton armat cu tiranți orizontali fixați de ea.

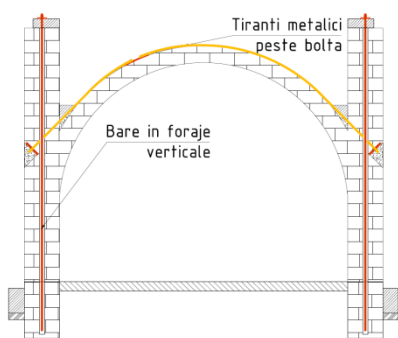


Figura 14. Amplasare tiranți peste bolți

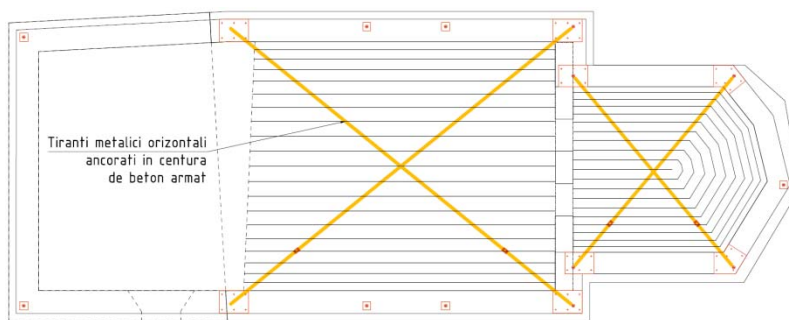


Figura 15. Amplasare tiranți peste bolți

A treia modalitate de folosire a barelor metalice pentru consolidarea micului monument de patrimoniu a fost determinată de necesitatea minimizării intervențiilor asupra fețelor zidurilor bisericii. S-a stabilit deci, că pentru îmbunătățirea comportării structurale a pereților din zidărie să se recomande introducerea a 13 bare din oțel Ø25, în foraje executate vertical, până în fundație.

6. Palatul Patriarhiei – București

6.1 Descriere generală a monumentului

Palatul Patriarhiei din București este unul dintre marile edificii administrative ale țării, ridicat la începutul secolului XX drept sediu al Parlamentului României. Construcția simbol a fost clădită încă de la început utilizând concepte inovatoare. Astfel, s-au folosit elemente din beton armat pentru realizarea unor forme dificile (inel perimetral, arce) sau a unor planșee, și alcătuirea și dimensionarea fundațiilor într-un mod corespunzător, ce încerca să ia în calcul conformarea nefavorabilă a terenului. Edificiul a fost realizat în etape distincte, pe un plan puternic înclinat, fiind centrat în jurul unei aule impunătoare. Sistemul structural folosit este reprezentat de pereți verticali masivi din zidărie, ce se desfășoară din subsol până la cota superioară a clădirii, dar care prezintă totodată multiple goluri. Aula centrală are o înălțime interioară de aproximativ 16m și este fixată la partea de sus printr-un inel masiv din beton armat, ce împiedică „desfacerea” acesteia. Închiderea superioară a aulei este realizată printr-un vitraliu, deasupra căruia se află șarpanta din ferme metalice și învelitoarea. Acoperișul celorlalte corpuri ale clădirii este în prezent realizat din ferme de beton armat, iar învelitoarea dintr-o placă subțire din beton armat. Pentru execuția planșeelor s-a adoptat un număr bogat de sisteme constructive, printre care plăci din beton armat, bolțișoare de zidărie, sau grinzi metalice cu beton simplu.

În urma seismului din 1977 a fost identificată tendința tronsonului de nord (din vârful pantei) de a se desprinde de restul clădirii, în timp ce corpurile mai grele dinspre baza Dealului Mitropoliei sufereau efecte ale tasărilor diferențiate. În prezent, Palatul Patriarhiei trece printr-un amplu proces de consolidare și reabilitare, demarat cu o expertiză tehnică realizată în anul 2010. Proiectul implică un grad ridicat de

complexitate și un număr mare de tehnici de consolidare implementate, menite să îi asigure o comportare de ansamblu unitară.

6.2 Propuneri de implementare a sistemului de consolidare cu tiranți

Reabilitarea Palatului Patriarhiei reprezintă o lucrare deosebit de însemnată, atât în sine, cât și din punctul de vedere al utilizării tiranților metalici. În cadrul lucrărilor a fost implementată pe scară largă metoda consolidării cu tiranți metalici post-tensionați, dispuși pe ambele direcții, orizontal și vertical, atât în pereți, cât și la nivelul pardoselilor. Rolul tiranților este de a îmbunătăți ductilitatea zidăriei, caracterizată în mod natural de cedări fragile, nefavorabile în cazul unui seism. Totodată, barele din oțel au rolul și de a lega tronsoanele clădirii între ele, stopând tendința lor de a se depărta unele de altele. Tiranții au fost realizați din bare Ø32 introduse în cele mai lungi foraje de acest tip executate până acum în România.

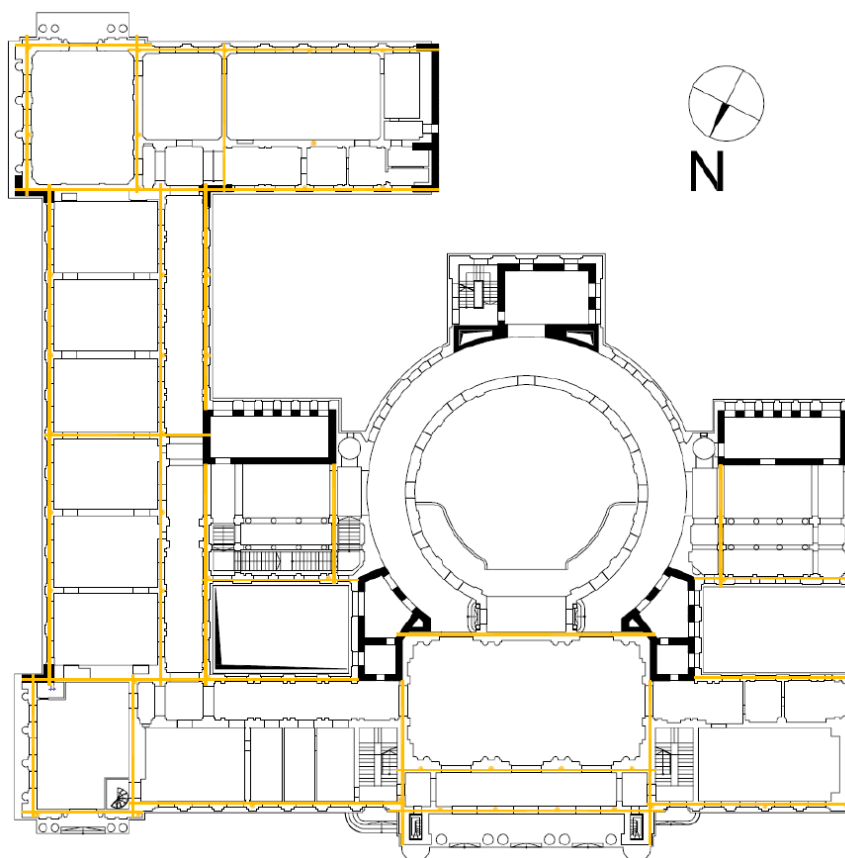


Figura 16. Amplasare tiranți în dreptul pardoselii

6.3 Particularități de punere în operă

Punerea în operă a soluției de consolidare agreată a reprezentat o deosebită reușită. În timpul execuției, s-au obținut abateri extrem de scăzute pentru lungimea excepțională a forajelor, de aproximativ 45m și pentru lipsa de omogenitate a zidăriei. În rare și izolate instanțe abaterile au urcat până în jurul valorii de 20cm, în principal datorită

interceptării materialelor de durități diferite pe traseul de forare, situații ce au condus de regulă la deteriorarea rapidă a capului diamantat al frezei. Pentru realizarea fiecărui foraj în parte, proiectantul a solicitat sondaje, ce au fost apoi folosite pentru definirea parcursului forajelor, astfel încât să se evite intersectarea cu eventuale piese metalice nedescoperite încă.



Figura 17. Amplasare tiranți metalici

Diametrul forajelor este de 80mm, executarea lor fiind un proces de o înaltă dificultate. Astfel, pentru protejarea elementelor arhitecturale de la fața pereților s-a optat pentru răcirea frezei cu aer comprimat, variantă mai complexă și mai costisitoare față de opțiunea standard de răcire cu apă. Totodată, datorită lungimii excepționale a forajelor, a fost necesară identificarea unei modalități de a înlătura materialul excesiv din canale. Pentru aceasta, s-au realizat foraje secundare din metru în metru, perpendiculare pe direcția de forare, prin care a fost aspirat materialul rezultat. După execuția forajelor au fost introduși tiranții Ø32 ce au fost strânși cu cheia până la realizarea contactului intim între piesele metalice de capăt și peretele din zidărie. Găurile forajelor au fost umplute ulterior cu mortar.

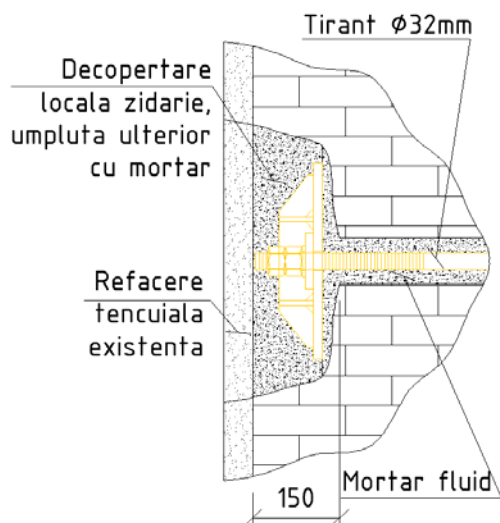


Figura 18. Diagramă fixare tiranți



Figura 19. Fixare tiranți în zidărie

Pentru tiranți s-au utilizat bare de oțel PC52, fixate la extremități în dispozitive speciale, ce au rămas înglobate în pereții imobilului. Barele metalice au fost protejate anticoroziv cu o vopsea ce are rol de amorsă pentru mortar. De-a lungul tiranților, aceștia au fost prevăzuți cu patine metalice (distanțieri) pentru centrarea lor în foraje, iar la capetele tronsoanelor de bare acestea au fost prevăzute cu filet pentru folosirea cuplelor mecanice la îmbinarea lor. Folosirea cuplelor a fost aleasă în detrimentul sudurii pentru a facilita o montare mai rapidă. Tiranții verticali au fost puși în operă într-o manieră similară, la partea inferioară însă aceștia au fost fixați în cuzineți masivi din beton armat, nou introduși.

7. Concluzii

Soluția dezvoltată în articol prezintă multiple avantaje cu privire la conservarea elementelor însemnate din punct de vedere patrimonial. În comparație cu tehnici mai uzuale de consolidare, folosirea elementelor metalice întinse pentru îmbunătățirea caracteristicilor zidăriilor vechi poate aduce beneficii deosebite, în special cu privire la limitarea intervențiilor asupra fațadelor. În egală măsură, chiar și în situațiile în care tiranții metalici nu pot fi mascați, aceștia se pot îmbina în mod iscusit cu vechile elemente, reprezentând o soluție elegantă de consolidare. Totuși, metoda de consolidare a zidăriilor cu bare întinse, sau cu bare metalice introduse în foraje executate în pereți se află într-un stadiu incipient de utilizare, ea meritând a fi investigată, detaliată și însușită de către întregul corp profesional specializat.

Analiza subrăcirii fluidelor frigorifice în instalațiile frigorifice pentru climatizare cu vaporizare directă

Analysis subcooling refrigeration fluids in refrigeration for direct evaporative air conditioners

drd. ing. Cătălin Georgian NEGRUȚIU
Prof. Dr. Ing. Dragoș HERA

Abstract:

There are a many possibilities to subcool the refrigerants. In this article are analysed these alternatives with advantages and corresponding disadvantages. For different refrigerants used for HVAC applications it will be presented the subcooling effect on the performance of the refrigeration system (COP, Q_o).

Key words: refrigeration system; sub-cooling; refrigerant; heat exchanger

1. GENERALITĂȚI

Într-o instalație frigorifică procesul de subrăcire are loc la ieșirea din condensator, înainte ca agentul frigorific să ajungă în ventilul de laminare. Este important ca la intrarea în ventilul de laminare agentul frigorific să fie total în stare lichidă, rezultând astfel o bună funcționare a ventilului.

Analizând procesul de subrăcire se disting mai multe moduri de a realiza acest proces:

- **subrăcire cu un agent extern** (aer sau apă):
 - prin mărirea dimensiunilor constructive ale condensatorului cu suprafața echivalentă a subrăcitorului;
 - prin prevederea unui schimbător de căldură suplimentar cu rol de subrăcitor.
- **subrăcire internă:**
 - utilizând un schimbător de căldură regenerativ de tip subrăcitor de lichid/supraîncălzitor de vapor. Subrăcirea lichidului se realizează pe seama supraîncălzirii vaporilor rezultați din vaporizator;
 - prin vaporizarea internă a unei părți a agentului frigorific lichid rezultat din condensator.

Pentru evidențierea avantajului subrăcirii, lucrarea analizează aceste variante comparativ cu instalația frigorifică fără subrăcire. Analiza este realizată pentru instalațiile frigorifice utilizate la climatizarea aerului. În situația subrăcirii cu agent extern acesta este aerul.

Analiza este realizată pentru mai mulți agenți de lucru (R410A, R134a, R407C, R22, R32) în condițiile:

- temperatură de vaporizare: 6°C ;
- temperatura vaporilor la ieșirea din vaporizator: 13°C ;
- temperatură de condensare: 45°C ;

Rezultatele calculelor [3] sunt comparate cu date obținute pe o instalație experimentală cu puterea frigorifică 11,2 kW (din acest motiv și calculele se fac pentru această putere frigorifică).

Pentru analizarea funcționării instalației frigorifice se va folosi reprezentarea schematică din figura 1.

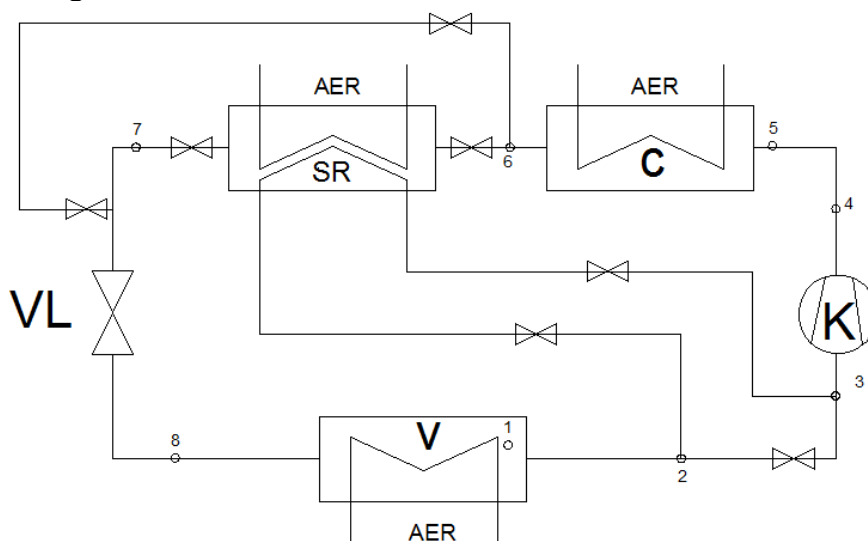


Figura 1. Funcționarea instalației frigorifice în funcție de procesul de subrăcire

- a) Procesul 124568 – funcționare fără subrăcire
- b) Procesul – 1245678 – instalație cu subrăcire externă cu aer
- c) Procesul – 12345678 – instalație cu subrăcire internă cu schimbător de căldură regenerativ

2. INSTALAȚIA FRIGORIFICĂ FĂRĂ SUBRĂCIRE

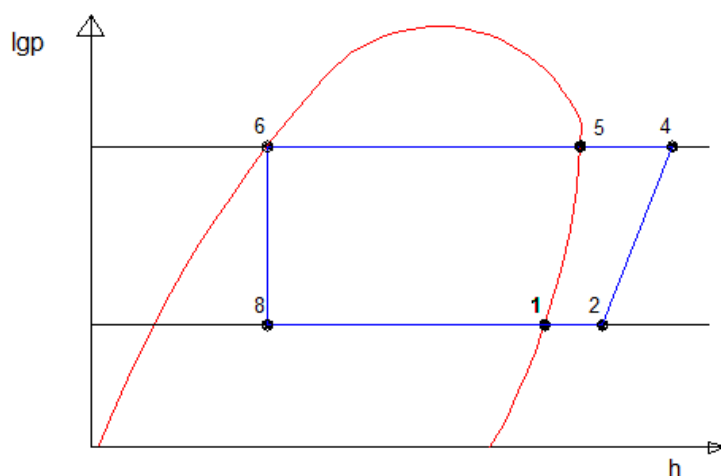


Figura 2. Ciclul termodinamic teoretic pentru o instalație frigorifică fără subrăcire

Procesul 124568 este prezentat teoretic în digrama lgph pentru a avea o imagine detaliată a proceselor termodinamice. Analiza funcționării instalației s-a făcut pentru mai mulți agenți frigorifici pentru a observa impactul schimbării agentului frigorific asupra eficienței instalației. În figura 3 se evidențiază performanțele fluidului frigorific utilizat (COP).

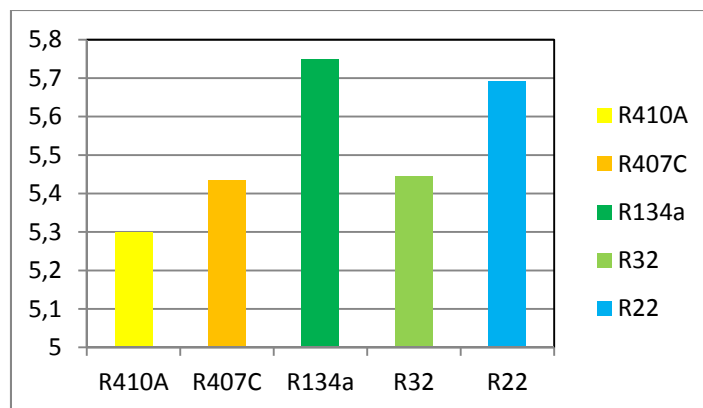


Figura 3. Variația COP, pentru o instalație frigorifică fără proces de subrăcire, în funcție de tipul agentului frigorific

Astfel R134a și R22 sunt cei mai performanți agenți, iar R410A este cel mai inefficient.

3. INSTALAȚIA FRIGORIFICĂ CU SUBRĂCIRE

Este cunoscut efectul benefic al subrăcirii lichidului asupra performanțelor instalațiilor frigorifice, prin reducerea entalpiei masice a lichidului înaintea ventilului de laminare (deci a vaporizatorului), încât efectul frigorific masic (q_0) crește. Acest lucru este cu atât mai important la fluidele frigorifice cu q_0 scăzut (freonii).

3. 1. Evacuarea căldurii prin subrăcirea lichidului către un fluid exterior de răcire (aer)

Considerând situația unui sistem de climatizare, de mici dimensiuni, în această analiză, fluidul exterior de răcire va fi considerat aerul. Astfel, dezavantajul introdus de temperatura ridicată a fluidului exterior, conduce la un efect de subrăcire a lichidului redus (3..5°C).

Analizând figura 1b. suntem în situația ciclului termodinamic 1245678, prezentat și în figura 4.

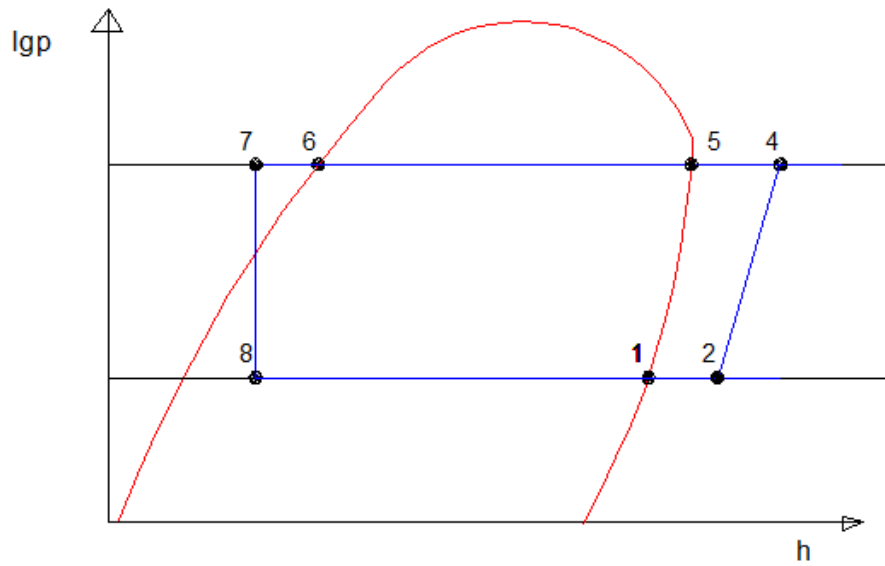


Figura 4. Ciclu termodinamic teoretic pentru o instalație frigorifică cu subrăcire, cu aer

Analiza a urmărit obținerea valorii coeficientului de performanță în funcție de agentul frigorific utilizat.

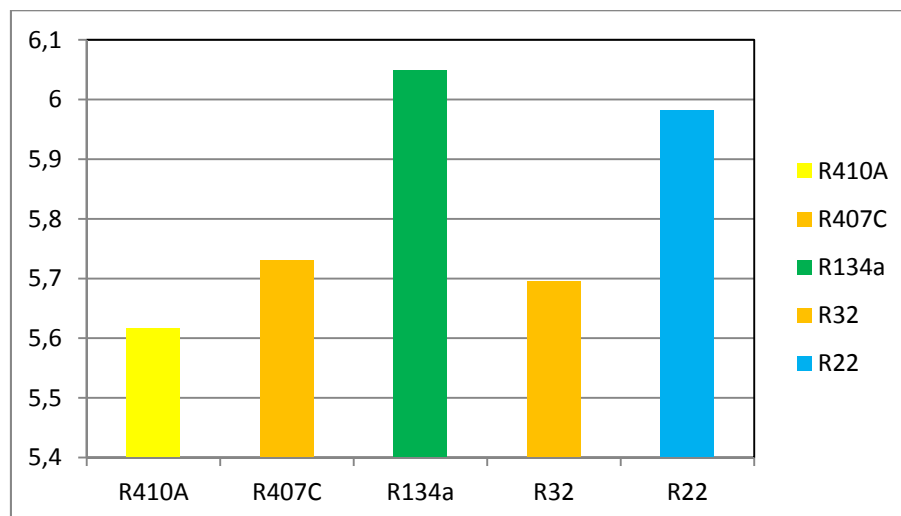


Figura 5. Variația COP în funcție de agentul frigorific pentru un efect de subrăcire de 5°C

Din figura 5. se observă și în acest caz valorile ridicate ale COP pentru agentul R134a și R22. O comparație cu instalația frigorifică fără subrăcire este prezentată în figura 6.

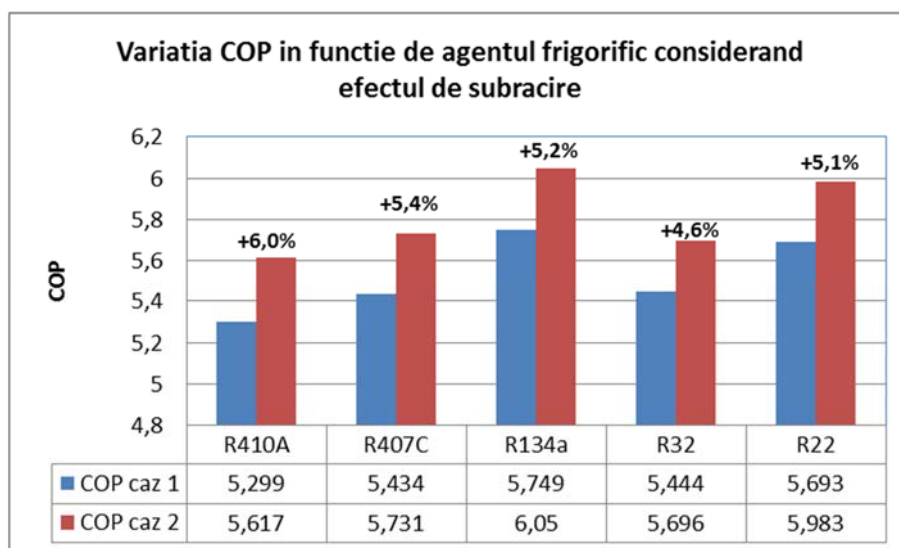


Figura 6. Analiza comparativă a COP pentru cele doua situații studiate anterior (caz 1 – fara subrăcire; caz 2- considerând un efect de subrăcire de 5°C)

Analizând graficele din figura 5 și 6 se observă o creștere substanțială a COP, cu valori de peste 5% în cazul subrăcirii.

3. 2. Evacuarea căldurii prin subrăcirea lichidului către un fluid interior de răcire

3. 2. 1. Fluidul de răcire, vapori de freon rezultați din vaporizator

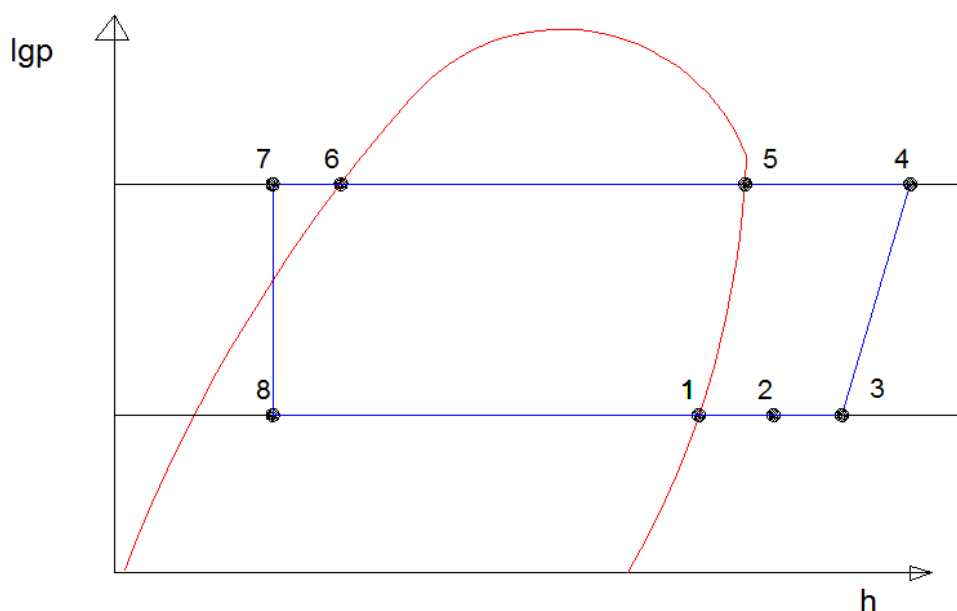


Figura 7. Ciclul termodinamic teoretic pentru o instalație frigorifică cu subrăcire, cu schimbător de căldură regenerativ (SRL/SIV)

În cazul freonilor, vaporii rezultați din vaporizator sunt deja supraîncălziți cu 5-10°C, prin preluarea căldurii de subrăcire a lichidului se va realiza încă o

supraîncălzire a vaporilor (proces 2-3). Chiar la o supraîncălzire a vaporilor de 10-15°C, diferența de temperatură între lichidul subrăcit și vaporii este mai mare decât față de aer (cazul anterior), efectul de subrăcire fiind mai important (5...9°C). Apare deci avantajul evident al creșterii mai mari a efectului frigorific masic (q_0).

Concomitent însă, prin creșterea temperaturii vaporilor aspirați de compresor, crește și volumul masic al acestora, ambele elemente conducând la creșterea lucrului mecanic consumat de compresor (l_k), încât COP va ține seama de ambele efecte.

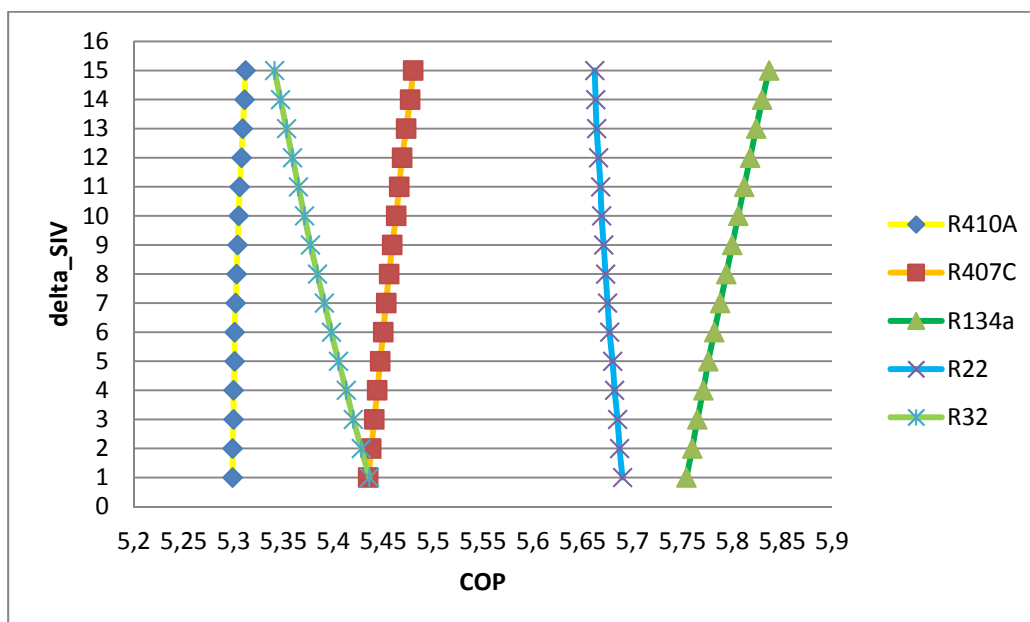


Figura 8. Variația COP la instalațiile frigorifice cu diferite fluide frigorifice în funcție de supraîncălzirea vaporilor ($\Delta\theta_{SIV}$)

Rezultă variația coeficientului de performanță în funcție de creșterea temperaturii de supraîncălzire a vaporilor (corelată cu subrăcirea lichidului). Astfel, pentru R410A și R407C se observă faptul că COP rămâne constant în jurul valorii de 5,3 respectiv 5,45. Pentru R134a COP crește o dată cu creșterea temperaturii de supraîncălzire a vaporilor, față de situația agenților R22 și R32 pentru care observăm o scădere a COP.

3. 2. 2. Subrăcirea se face pe seama vaporizării interne a unei părți din debitul de lichid rezultat din condensator

La instalațiile frigorifice cu mai multe vaporizatoare, din care unele pot fi plasate la distanță, subrăcirea lichidului este necesar să fie mai profundă, pentru a evita vaporizarea lichidului (în conducta de alimentare a VL) asociată cu scăderea de presiune a acestuia, prin parcurgerea traseului necesar înainte de intrarea în ventilul de laminare.

În acest caz, se utilizează ca fluid de răcire o parte y (kg) a debitului de lichid Q_m rezultat din condensator, adus la o temperatură scăzută prin laminare (figura 9).

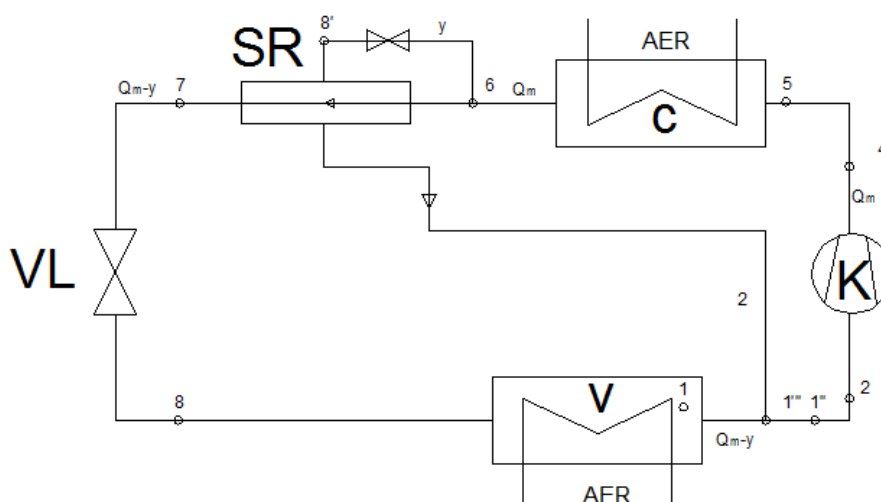


Figura 9. Instalația frigorifică cu subrăcire internă prin vaporizarea unei părți a lichidului condensat

Prin diferența de temperatură mai mare între fluide (cel care se subăcește și cel care vaporizează) subăcirea celor (Q_m-y) kg este mai profundă, aducând avantajele menționate (crește q_0 , nu vaporizează agentul frigorific lichid înainte de ventilul de laminare).

Suplimentar mai apare un avantaj dat de temperatura mai redusă a vaporilor aspirați în compresor (obținută prin amestecul celor y (kg) vaporii din subrăcitorul de lichid și $(Q_m - y)$ vaporii supraîncălziți din vaporizator.

Apare însă și dezavantajul introdus de scăderea debitului de lichid care alimentează vaporizatorul (Q_{m-y}) care implică scăderea puterii frigorifice.

Influența acestor efecte combinate (avantaje/dezavantaje) asupra performanțelor instalației frigorifice (COP) a constituit obiectul unei analize atât teoretice cât și experimentale.

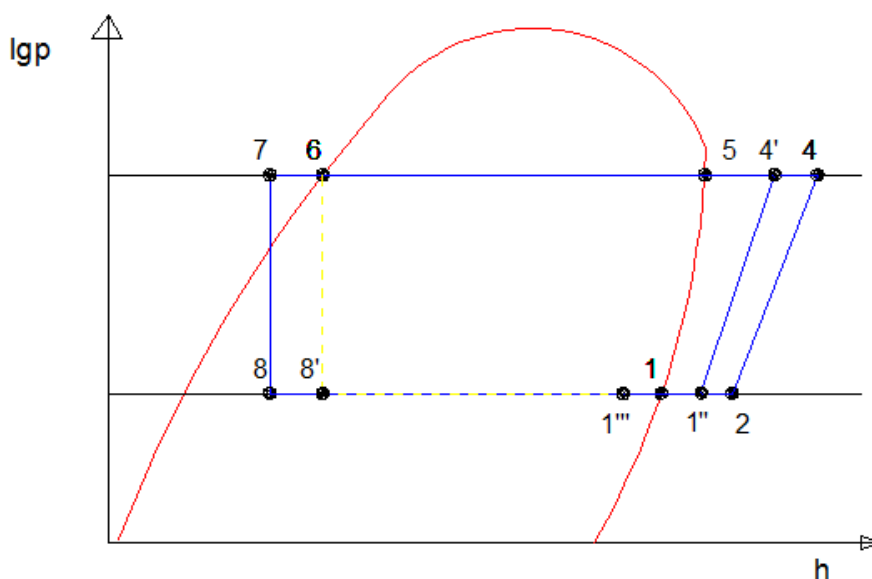


Figura 10. Ciclul termodinamic teoretic al instalației frigorifice (figura 9)

Procese din instalație sunt:

- vaporizarea din V, pentru $(1-y)$ kg de la 8 la 2;
- vaporizarea internă din subrăcitor pentru y (kg) de la 8' la 1''';
- amestecarea 2-1''' (se reface debitul de 1 kg) și obținerea punctului de stare 1'';
- comprimarea celor 1 kg procesul 1''-4';
- condensarea 4'-6;
- laminarea pentru y (kg) de la 6 la 8';
- subrăcirea pentru $(1-y)$ kg de la 6 la 7;
- laminarea pentru $(1-y)$ kg de la 7 la 8.

Relațiile de calcul sunt următoarele:

- *Puterea frigorifică masică:*

$$q_{0m'} = (1 - y) \cdot (h_2 - h_8) \text{ (kJ/kg)} \quad (1)$$

- *Puterea frigorifică:*

$$\Phi_{0'} = q_{0'} \cdot Q_m \text{ (kW)} \quad (2)$$

- *Puterea termică masică cedată în condensator (inclusiv pentru desupraîncălzirea vaporilor):*

$$q_{C'} = h_{4'} - h_6 \text{ (kJ/kg)} \quad (3)$$

- *Puterea termică totală a condensatorului:*

$$\Phi_{C'} = Q_m \cdot q_{C'} \text{ (kW)} \quad (4)$$

- *Puterea termică masică cedată în subrăcitor:*

$$q_{SR'} = (1 - y) \cdot (h_6 - h_7) \text{ (kJ/kg)} \quad (5)$$

- *Puterea frigorifică masică a cantității y (kg) de agent frigorific ce vaporizează pentru realizarea subrăcirii:*

$$q_{0 \text{ in } SR'} = y \cdot (h_{1'''} - h_{8'}) \text{ (kJ/kg)} \quad (6)$$

- *Lucrul mecanic masic consumat de compresor:*

$$l_{K'} = h_{4'} - h_{1'''} \text{ (kJ/kg)} \quad (7)$$

- *Puterea electrică totală consumată de compresor:*

$$P_{K'} = Q_m \cdot l_{K'} \text{ (kW)} \quad (8)$$

- *Coeficientul de performanță*

$$COP'_{IF} = \frac{\Phi_{0'}}{P_{K'}} \quad (9)$$

Analiza teoretică a fost realizată atât pentru fluidul de lucru din instalația frigorifică experimentală (R410A) cât și pentru alte fluide utilizate în prezent (R134a, R407C, R32). Pentru performanțele superioare cunoscute, a fost analizat și R22, deși acesta nu mai este utilizat el fiind înlocuit de celelalte fluide menționate.

Analiza teoretică a constatat în obținerea valorilor COP pentru fluidele frigorifice menționate mai sus prin variația cantității de agent frigorific ce duce la obținerea efectului de subrăcire. În consecință, au fost obținute date cu privire la variația COP în funcție de efectul de subrăcire și în funcție de titlul vaporilor pentru punctul 1'''.

Având în vedere utilizarea pe scara largă a agentului frigorific R410A în instalațiile de climatizare comercializate, pentru acest fluid frigorific analiza a fost aprofundată și pentru alte valori ale titlului vaporilor pentru punctul 1'''.
 Ținând cont de tendințele pieței de climatizare, în care utilizarea agenților cu GWP cât mai redus, o analiză similară a fost efectuată și pentru fluidul frigorific R32.

În cele ce urmează vor fi analizate datele obținute pentru a observa tendința COP în cazul fiecărui agent frigorific cât și o comparație între valorile obținute pentru fluidele utilizate.

Pentru a regăsi un optim pentru valoarea titlului vaporilor pentru punctul 1''' pentru R410A, s-a considerat funcționarea instalației pentru $x=0,7$; $x=0,75$; $x=0,8$; $x=0,85$; $x=0,9$; $x=0,95$; $x=1$. În graficul din figura 11. se poate observa comparativ variația COP în funcție de fracția din debitul de agent frigorific utilizată pentru asigurarea subrăcirii și în funcție de titlul vaporilor pentru punctul 1'''.

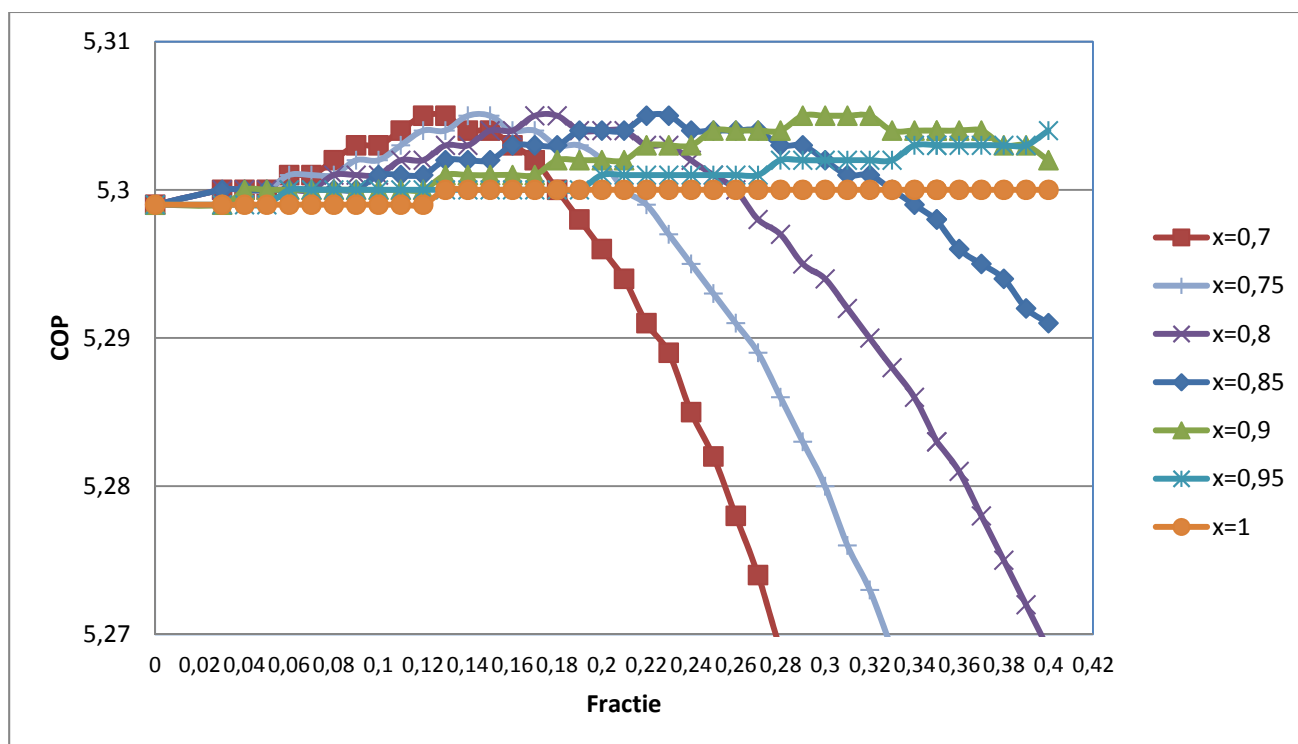
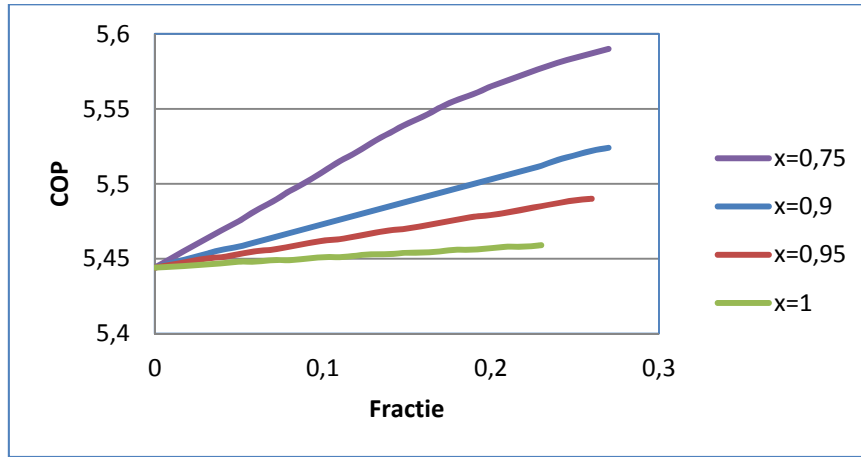


Figura 11. – Variația COP pentru agentul frigorific R410A în funcție de titlul vaporilor pentru punctul 1'''

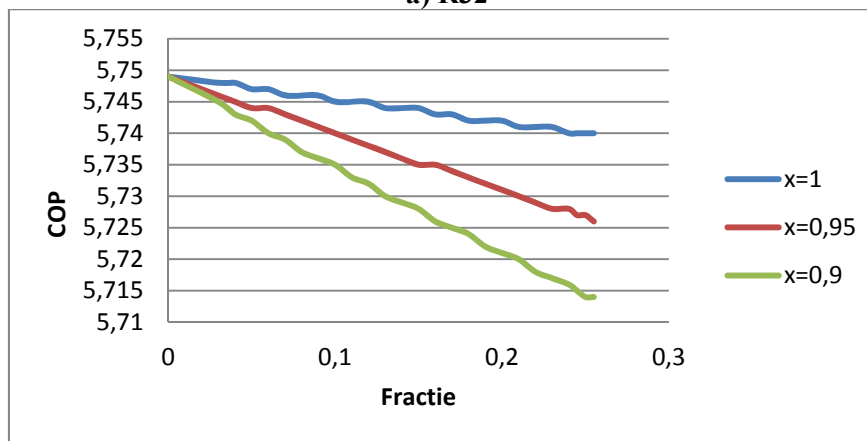
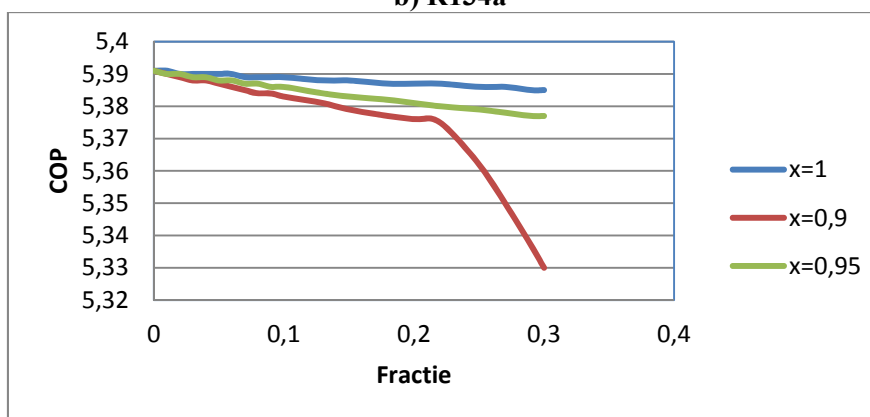
În figura 11 se observa tendința de scădere a COP după un maxim în zona 16-20% fracție a agentului frigorific pentru subrăcire, pentru valori ale titlului vaporilor de $x=0,7-0,85$. Pentru valori ale titlului vaporilor de $x=0,9$ și $x=0,95$ se observa un COP aproape constant de peste 5,3. Pentru $x=1$, COP este constant în jurul valorii de 5,3.

Analizând variația capacității frigorifice (Q_{0prim}) în funcție de cantitatea de agent frigorific utilizată pentru subrăcire și în funcție de titlul vaporilor considerat în calcul pentru punctul 1''' rezulta că pentru $x=0,7$ avem o scădere de 22%, pentru $x=0,9$ această scădere ajunge la o diferență de 8,2%, în cazul $x=1$ scăderea este de doar 2%.

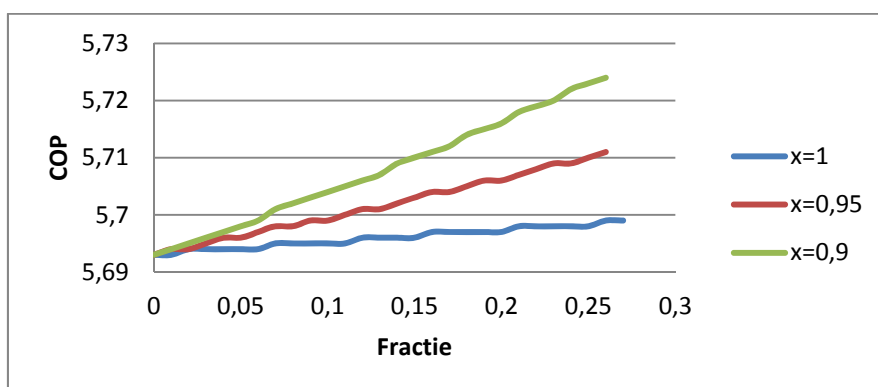
În figura 12 sunt prezentate valorile COP pentru diferite fluide frigorifice în funcție de fracția de lichid vaporizată în subrăcitor și în funcție de titlul vaporilor rezultați 1'''.

a) R32

**b) R134a**

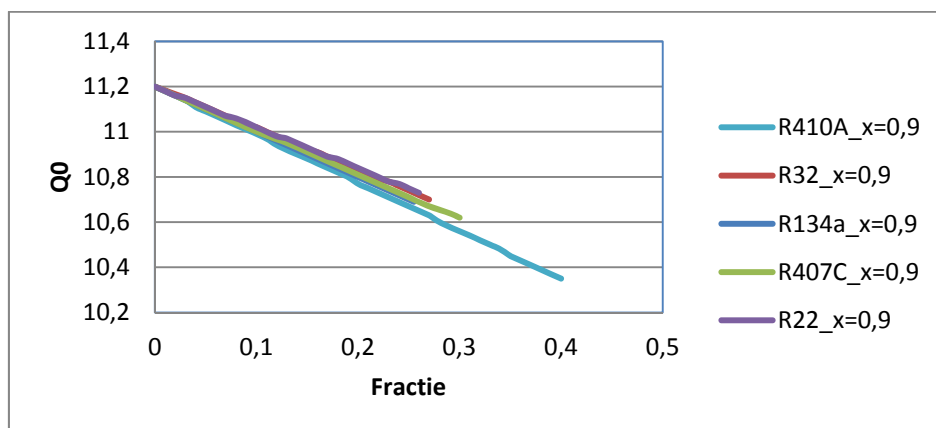
c) R407C



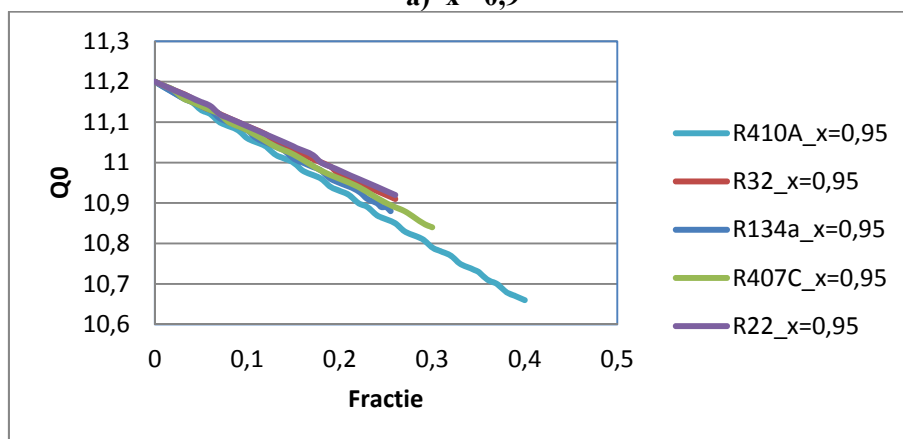
d) R22

Figura 12. – Variația COP pentru agentul frigorigic R22 în funcție de titlul vaporilor pentru punctul 1'''

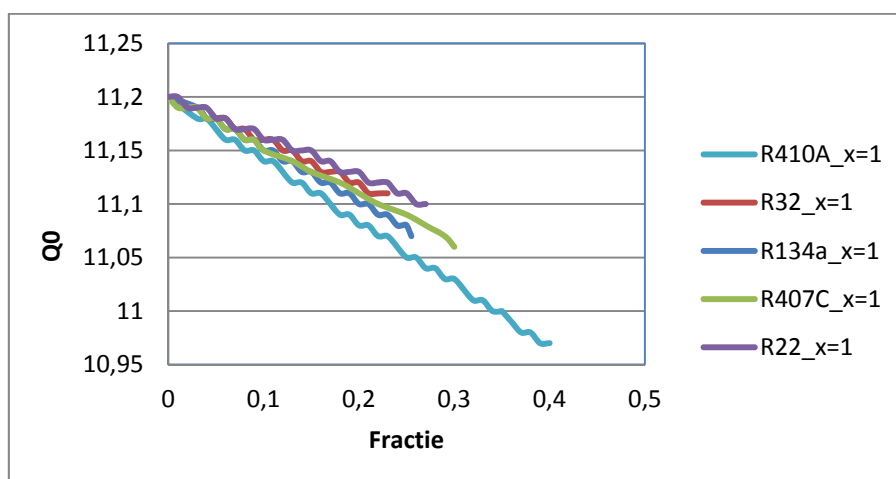
În figura 13 a, b, c se prezintă scăderea Q_0 funcție de fracția de lichid vaporizată în subrăcitor și titlul vaporilor rezultați.



a) $x = 0,9$



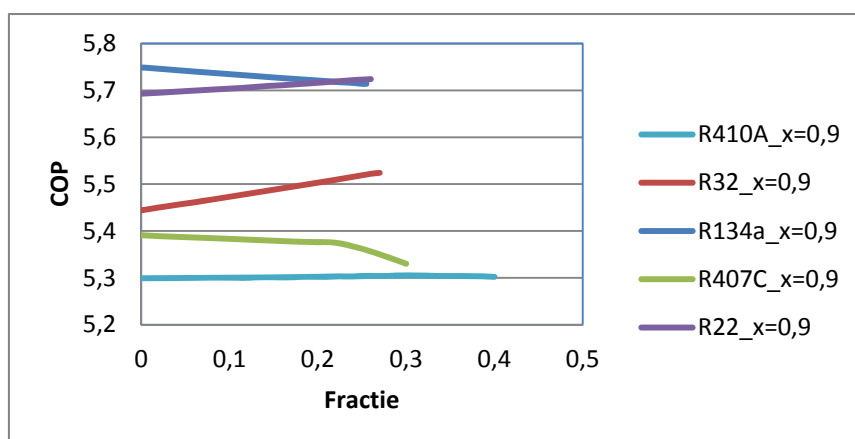
b) $x = 0,95$



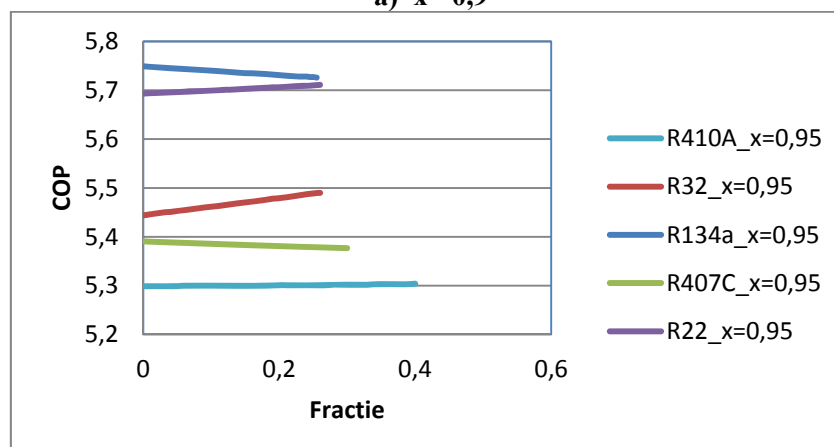
c) $x = 1$

Figura 13. Variația Q_0 în funcție de titlul vaporilor pentru punctul 1'''

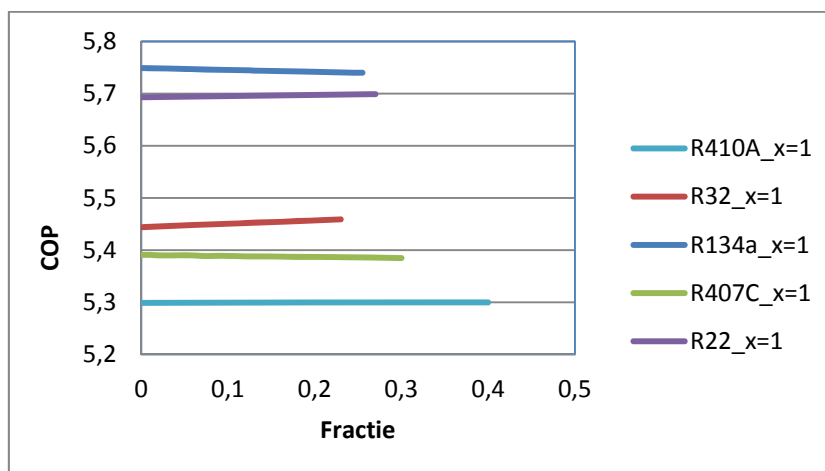
Pentru o imagine de comparativă în figura 14 a, b, c este prezentată variația COP pentru agenții frigorifici studiați.



a) $x = 0,9$



b) $x = 0,95$



c) $x=1$

Figura 14. Variația COP în funcție de titlul vaporilor pentru punctul 1'''

Se observă că valorile COP pentru R410A se mențin constante în fiecare dintre cele trei cazuri în jurul valorii de 5.3. Pentru R134a și R407C se observă o scădere a COP odată cu creșterea efectului de subrăcire. Sunt de remarcat agenții frigorifici R22 și în special R32 în cazul carora apar valori ridicate ale COP (de peste 5,6) și o creștere a acestuia odată cu creșterea efectului de subrăcire. Totodată, putem observa o creștere mai mare a COP pentru titlul vaporilor de $x=0,95$.

Utilizarea acestei metode de subrăcire ne ajută să obținem o subrăcire cât mai adâncă (de peste 10-12K în funcție de fluidul frigorific) rezultând temperaturi scăzute la ieșirea din subrăcitor (punctul 7 din figura 10), ceea ce favorizează utilizarea acestei soluții pentru sisteme de climatizare cu vaporizatoare la distanță, evitând începerea vaporizării agentului frigorific pe conducte.

4. CONCLUZII

Analizând procesele de subrăcire prezentate se desprinde concluzia unei eficiențe ridicate în cazul utilizării unei subrăcirii realizată cu un schimbător de căldură agent frigorific/aer. Dar, din punct de vedere constructiv și ținând cont de temperaturile mediului ambiant această soluția este limitată la o subrăcire redusă de maxim 5K și datorită dimensiunilor constructive necesare suprafeței de schimb de căldură.

Referindu-ne la un schimbător de căldură regenerativ de tip subrăcitor de lichid/supraîncălzitor de vaporizatori rezultă o eficientizare a sistemului printr-o subrăcire mai profundă (minim 10K). Astfel apare o creștere a puterii frigorifice masice ce duce la coeficienți de performanță mai mari.

În situația unei instalații frigorifice cu mai multe vaporizatoare aflate la distanță este necesară o subrăcire mai profundă pentru a evita vaporizarea agentului frigorific în interiorul conductelor, datorită scăderii presiunii, înainte de elementul de destindere. Astfel, prin laminarea unei cantități de lichid la ieșirea din condensator se realizează, prin intermediul unui schimbător de căldură, subrăcirea cantității rămase în circuit pe baza vaporizării fracției laminate. Se obțin temperaturi mai reduse după subrăcitor în

funcție de fracția de agent frigorific utilizată. Având în vedere faptul ca în vaporizator va ajunge o cantitate mai mică de agent frigorific, puterea frigorifică va scădea, dar lucrul mecanic consumat de compresor va fi mai mic comparativ cu situația utilizării unui schimbător de căldură regenerativ de tip subrăcitor de lichid/supraîncălzitor de vapori. Astfel, valorile coeficientilor de performanță vor fi similare pentru cele două situații cu avantajul soluției prezentate în capitolul 3.2.2. ce duce la o subrăcire mai profundă în funcție de fracția de agent frigorific utilizată.

5. BIBLIOGRAFIE

1. Hera, D.: Instalații Frigorifice – vol. I – Agenți Frigorifici – Editura Matrix Rom, București 2004;
2. Drughean, L.; Hera, D.; Pîrvan, A.: Sisteme Frigorifice Nepoluante – Editura Matrix Rom, București 2004;
3. Hera, D.; Girip, A.: Instalații Frigorifice – vol. II – Scheme și Cicluri Frigorifice – Editura Matrix Rom, București 2007;
4. Hera, D.: Instalații Frigorifice – vol. III – Echipamente Frigorifice – Editura Matrix Rom, București 2009;
5. Chiriac, Fl.; Țârlea, M.G.; Gavriluc, R.; Ilie, A.; Dumitrescu, R.: Mașini și Instalații Frigorifice, Editura Agir, București 2006;
6. VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen Editor – VDI Heat Atlas – Berlin, 2010

Influența condițiilor de contract FIDIC asupra managementului financiar al proiectelor de construcții*

The influence of FIDIC conditions of contract on the financial management of construction projects

Augustin Purnuș¹, Constanța-Nicoleta Bodea²

¹Conf. Dr. Ing. Universitatea Tehnică de Construcții București (Assoc. Prof., Phd, Technical University of Civil Engineering), Facultatea de Construcții Civile, Industriale și Agricole (The Faculty of Civil, Industrial and Agricultural Building), e-mail: purnus@utcb.ro

²Prof. Dr. Ec. Academia de Studii Economice București, (Prof. Phd, Bucharest University of Economic Studies), Facultatea de Cibernetică, Statistică și Informatică Economică (The Faculty of Economic Cybernetics, Statistics and Informatics), e-mail: bodeaconstanta@gmail.com

Rezumat: Schimbările economice din ultima decadă atât la nivel global, dar mai ales cele manifestate în România au condus la creșterea riscurilor cu care se confruntă companiile de construcții din punct de vedere financiar. Nivelul ridicat al competiției din piața construcțiilor corelat cu cheltuielile mari de capital au făcut ca organizațiile de construcții să devină din ce în ce mai vulnerabile. În aceste condiții, companiile de construcții au început să accepte un număr din ce în ce mai mare de riscuri, peste puterea lor de gestionare, doar ca să rămână în piață. Ca rezultat, acestea participă la licitații cu prețuri din ce în ce mai mici, făcându-le vulnerabile la apariția evenimentelor neprevăzute care sunt inerente oricărui proiect de construcții. Cel mai important aspect care se manifestă în actuala conjunctură politică, economică, socială și administrativă este reprezentat însă de lipsa de lichidități atât la nivelul autorității contractate, dar mai ales la nivelul contractorului, care conduce la întârzieri în derularea proiectelor, aplicarea de penalități de întârziere și pierderea oportunităților, cu efect direct asupra stării de sănătate a proiectelor și a organizațiilor. Proiectele de construcții de infrastructură au la bază condițiile de contract FIDIC amendate prin condițiile speciale de autoritățile contractante. Lucrarea de față își propune să analizeze efectul condițiilor de contract referitoare la relația financiară dintre beneficiarul lucrării și contractor, precum și influența pe care acestea o au asupra managementului financiar exercitat de contractor, punând la dispoziția acestora un instrument practic de luare a deciziilor.

Cuvinte cheie: Managementul financiar al proiectelor, cash-flow, modelare multicriterială

Abstract: The economic changes of the last decade both globally and especially those manifested in Romania have increased the risks faced by construction companies financially. The high level of competition in the construction market correlated with higher capital expenditures made the construction organizations become increasingly vulnerable. In such conditions, construction companies have begun to accept a large number of risks beyond

* Lucrare inclusa in programul conferintei Ingineria cladirilor 2015

their power to manage, just to stay in the market. As a result, they participate in tenders with prices increasingly smaller, making them vulnerable to the occurrence of unforeseen events that are inherent in any construction project. The most important aspect construction companies' face in the current political situation, economic, social and administrative is represent by the lack of liquidity at the level of the contracting authority, but especially at the contractor, leading to delays in the project implementation of penalties for delay and lost opportunities, with direct effect on the health status of projects and organizations. Infrastructure construction projects based on FIDIC Conditions of Contract amended by special conditions for contracting authorities. This paper aims to examine the effect of conditions of contract relating to the financial relationship between the beneficiary and the contractor work and the influence that they have on the financial management exercised by contractor, providing them a practical tool for decision-making.

Keywords: Project Financial Management, cash-flow, multi-criterial modelling

1. Introducere

Sectorul construcții este extrem de vulnerabil la schimbările economice, în special în perioadele de recesiune, datorită cheltuielilor mari de capital, a variabilității costurilor și a competiției acerbe care limitează prețul. Modificările mediului de afaceri, de regulă asociate cu lipsa de fonduri, fluctuațiile ratei de schimb, și instabilitatea politică cresc riscurile financiare ale proiectelor.

Contextul actual economic din țările Europei Centrale și de Est se caracterizează printr-o competitivitate agresivă și o reducere semnificativă a investițiilor în domeniul construcțiilor [1]. În aceste condiții, comportamentul general al companiilor de construcții este de a accepta un mare număr de riscuri, peste puterile lor de a le gestiona, cu scopul de a rămâne în piață. Pentru a câștiga licitațiile, acestea ofertează la prețuri scăzute care le fac vulnerabile la evenimentele neașteptate care pot apare în timpul execuției, în special sub aspect financiar. Lipsa de lichidități în timpul execuției proiectului atât la nivelul beneficiarului, dar mai ales la nivelul executantului, conduce la întârzieri, penalități și pierderea de oportunități care se reflecta în starea de sănătate a proiectului și a organizației executante.

Cei mai importanți factori de risc din industria construcțiilor sunt considerați factorii financiari [2], în următoarea ordine: lipsa resurselor financiare ale executantului, stabilitatea financiară a beneficiarului și depășirea costurilor.

Lucrarea prezintă rezultatele unei analize efectuate asupra a trei categorii de proiecte de construcții din domeniul infrastructurii rutiere a căror modelare multicriterială a implicat 174 de variante de calcul, cu scopul de a evidenția influența condițiilor de contract FIDIC asupra managementului financiar al proiectelor de infrastructură și provocările cu care se confruntă companiile de construcții în gestionarea proiectelor. Rezultatele cercetărilor se constituie într-un instrument util factorilor de decizie din companiile de construcții care vor avea astfel la dispoziție o cuantificare obiectivă a efortului financiar pe care îl vor depune în realizarea lucrărilor de construcții și care îi va ajuta în luarea celor mai potrivite decizii.

2. Evoluția sectorului de construcții

Datele statistice oferite de Eurostat [3] indică în ultimii ani o tendință de scădere a indicelui producției de construcții (Fig. 1) atât în România cât și la nivelul țărilor din Uniunea Europeană. Considerând ca bază indicele producției de construcții din anul 2010, în perioada 2005 – 2008, acesta a fost într-o continuă creștere de la 69,83% la 136,11% dublându-și practic valoarea. După anul 2008, indicele producției de construcții scade, având o scurtă perioadă de echilibrare în anii 2011 – 2012. Începând însă cu anul 2013, acesta este într-o continuă scădere.

O alură similară o are și evoluția numărului de angajați în construcții (Fig. 2). Dacă acesta a avut o tendință crescătoare în perioada 2005 – 2008, după intrarea în criza economică, numărul de angajați în construcții a avut o tendință negativă, cu o ușoară creștere în 2012. În ultimii doi ani însă, tendința se dovedește a fi în continuare negativă, semn că nivelul de investiții în construcții este departe de cel așteptat.

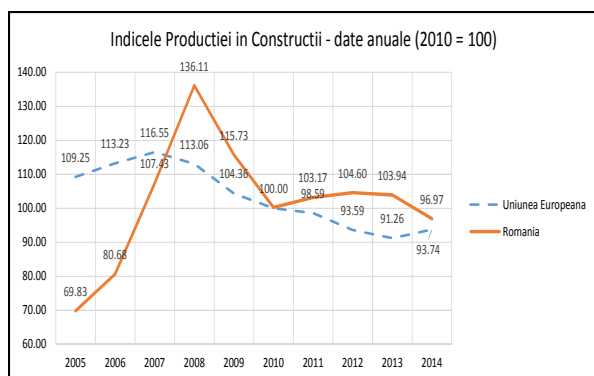


Fig. 1. Evoluția indicelui producției în construcții

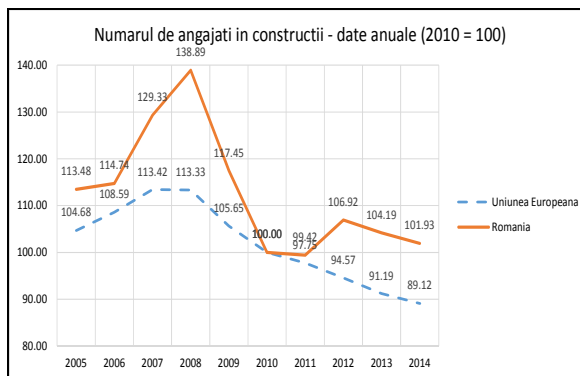


Fig. 2. Evoluția numărului de angajați în construcții

O concluzie asemănătoare o tragem și din analiza evoluției ponderii construcțiilor la formarea PIB [4, 5] (Fig. 3). Chiar dacă produsul intern brut a început să crească în ultimii doi ani, ponderea construcțiilor se dovedește a avea un aport din ce în ce mai mic.

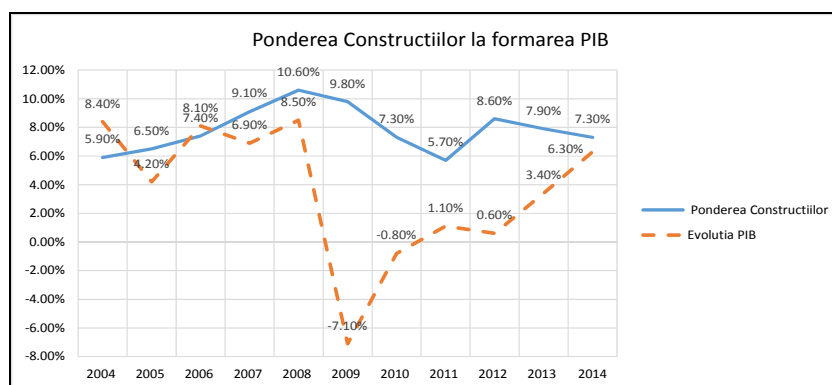


Fig. 3. Evoluția ponderii construcțiilor în formarea PIB

În 2015, COFACE [6] a realizat o analiză care a avut în vedere companiile din domeniul construcțiilor de drumuri și autostrăzi. S-au analizat 1829 de firme a căror cifră de afaceri din perioada 2011 – 2013 a fost următoarea:

Tabelul 1

Cifra de afaceri a firmelor de construcții

An	2011	2012	2013
Cifra de afaceri (RON)	13.939.773.506	15.122.934.739	11.764.023.814

Deși numărul firmelor a crescut în această perioadă cu 11,5%, cifra totală de afaceri a scăzut cu 22,2%.

Aproximativ 26% dintre companiile care au depus declarațiile pentru anul 2013 nu au desfășurat în realitate nicio activitate. 62% dintre companiile active înregistrează o cifră de afaceri mai mică de 100.000 EUR/ an (2013), dar ponderea valorică în totalul cifrei de afaceri a acestui segment este de doar 1%. Doar 282 de companii din acest sector înregistrează o cifră de afaceri anuală mai mare de 1 milion EUR, reprezentând 15% din totalul firmelor active, dar generând aproximativ 94% dintre veniturile înregistrate la nivelul întregului sector.

Comparativ cu anul 2012, în 2013, 8% dintre companiile care activează în acest sector au raportat o deteriorare a rezultatului net, din care aproape 30% dintre acestea au trecut din profit în pierdere. Din numărul de firme care generează circa 92% din cifra de afaceri a întregului portofoliu de companii, 48% din companii prezintă un risc de insolvență ridicat, 36% din companii prezintă un risc de insolvență mediu și 16% din companii prezintă un risc de insolvență scăzut.

Anul 2013 a fost marcat de o scădere masivă a cifrei de afaceri, iar situația de lichiditate înregistrată la nivel sectorial s-a deteriorat. Gradul de lichiditate al companiilor se bazează pe extinderea termenului mediu de plata către furnizori, pe scăderea termenului mediu de încasare al creanțelor și pe îmbunătățirea profitului net. Aceasta conduce la concluzia că firmele de construcții trebuie să aibă un control cât mai riguros al cheltuielilor și veniturilor și să planifice și să urmărească permanent fluxul de lichidități în concordanță cu clauzele contractuale.

3. Aspecte contractuale în proiectele de infrastructură

Derularea proiectelor de infrastructură finanțate din fonduri ale Uniunii Europene se face având la bază condițiile de contract FIDIC [7, 8], obligatorii pentru autoritățile contractante. Acestea au în structura lor descrierea tuturor aspectelor care vor guverna relația dintre autoritatea contractantă și contractor: prevederile generale și principalii actori din contract, materiale manopera, echipamente și utilaje, durata de execuție, prelungirea duratei de execuție, recepție și perioada de notificare a defectelor,

măsurarea lucrărilor, variații, plăți, rezilierea, forța majoră, asigurări și revendicări, dispute și arbitraj.

Aspectele financiare sunt tratate în Clauza 14 – Prețul Contractului și plățile, care stabilește succesiunea tipică a evenimentelor la plăți. În cazul condițiilor de contract FIDIC Cartea Roșie – Condiții de Contract pentru Construcții de clădiri și lucrări ingineresti proiectate de beneficiar -, succesiunea tipică a evenimentelor de plăți este următoarea (Fig. 4): la sfârșitul lunii sau a perioadei de raportare, constructorul va emite situația de lucrări care va consemna lucrările efectuate. În condițiile în care lucrările sunt acceptate, în maxim 28 de zile, Inginerul va emite Certificatul Interimar de Plată (CIP). În baza facturii emise de constructor, beneficiarul va face plata acesteia în maxim 28 de zile. Cu alte cuvinte, pe parcursul a 56 de zile calendaristice, constructorul va încasa suma de bani aferentă perioadei de raportare.

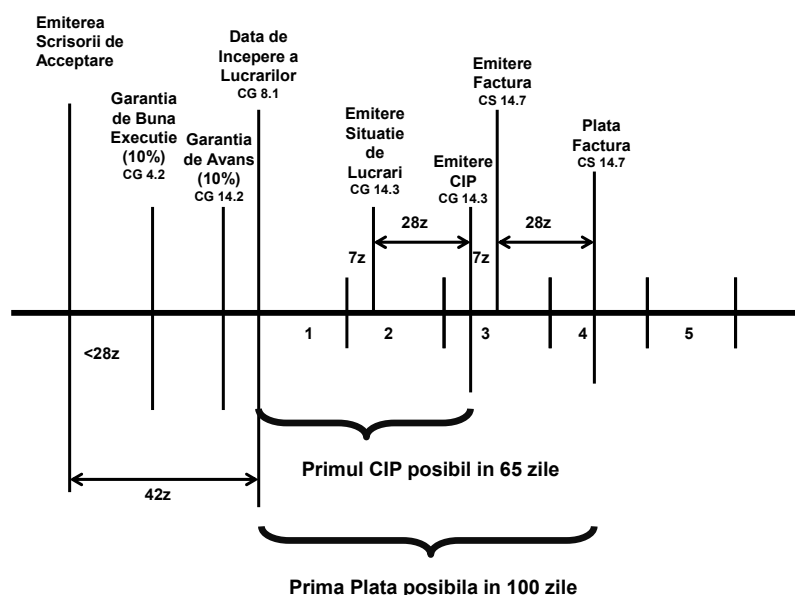


Fig. 4. Succesiunea tipică a evenimentelor la plăți

Analizând această succesiune, putem constata că față de data de începere a lucrărilor, prima plată va fi posibilă după parcurgerea a 100 de zile.

Realitatea este însă diferită. De cele mai multe ori constructorul nu este îndeajuns de bine organizat încât să emită documentația aferentă situației de lucrări. În plus, acceptarea acesteia de către Inginer se poate face cu întârziere, iar beneficiarul lucrărilor nu plătește la timp factura. Toate aceste perturbări ale succesiunii evenimentelor de plată se răsfrâng asupra constructorului prin creșterea efortului financiar pe care trebuie să-l depună, fără a mai lua în considerare evenimentele de risc și incertitudini specifice acestui domeniu de activitate.

4. Managementul financiar al proiectelor – influența condițiilor de contract

Aspectele financiare ale proiectelor de construcții au reprezentat întotdeauna o provocare majoră pentru companiile de construcții, în special în contextul economic actual.

Tipul de contract care este fundamentul relației dintre părți are efecte importante asupra strategiei pe care compania de construcții o va adopta pentru îndeplinirea obiectivelor de cost, durată și profit [9].

Studiul de față prezintă rezultatele analizei a trei proiecte reale din domeniul construcțiilor de drumuri, având la bază clauzele de contract FIDIC Cartea Roșie, din perspectiva constructorului.

Au fost analizate 174 variante de calcul pentru următoarele categorii de proiecte. Primul proiect are ca obiectiv realizarea lucrărilor de reabilitare a unui tronson de Drum Național în lungime de 38.27 Km. Al doilea proiect se referă la realizarea variantei de ocolire a unei localități, în lungime de 7.625 km. Al treilea proiect are ca obiectiv realizarea lucrărilor de consolidare a unui tronson de Drum Național în lungime de 7.2 Km.

4.1. Ipoteze de Calcul

Datele generale de la care s-a plecat în cadrul analizei sunt următoarele:

Tabelul 2

Datele generale ale proiectelor analizate

Proiect	Lungime (m)	Valoare Contract (Euro)	Durata de Realizare	Profit
1	38.270	27.850.000	24 Luni	6%
2	7.625	7.101.960	24 Luni	1%
3	7.200	7.475.872	24 Luni	3%

În cadrul modelelor matematice analizate s-au avut în vedere următoarele ipoteze de calcul:

- se considera aplicabile doar condițiile generale de contract legate de plata lucrărilor;
- nu s-a luat în considerare efectul garanției de avans și a avansului conform contract și legislația în vigoare;
- nu s-au luat în considerare deprecierea banilor, taxele și comisioanele bancare;
- certificatele de plată se fac lunar sau pentru valori de minim 5% din valoarea contractului.

Parametrii luați în considerare în analiza influenței asupra cash-flow-ului proiectelor sunt:

- durata de realizare a lucrărilor;

- momentul de începere a lucrărilor;
- intervalul de timp pentru plata facturilor;
- momentul de emitere a situației de lucrări.

Influența duratei proiectului a fost analizată luând în considerare următoarele durate: 16, 18, 20, 22 și 24 luni. Planificarea proiectelor a fost astfel făcută încât data de începere a lucrărilor să corespundă lunilor Martie – Octombrie. Pentru analiza cash-flow-ului, s-au luat în considerare următoarele termene de încasare:

- la 30 zile de la emiterea facturii (65 zile de la emiterea situației de lucrări);
- la 60 zile de la emiterea facturii (95 zile de la emiterea situației de lucrări);
- la 90 zile de la emiterea facturii (125 zile de la emiterea situației de lucrări).

Pentru analiza influenței momentului de emitere a situației de lucrări au fost considerate două cazuri:

- emitere în 10 zile de la sfârșitul lunii de raportare;
- emitere în 35 zile de la sfârșitul lunii de raportare.

Analizele au avut în vedere identificarea ponderii vârfului de cash-flow din valoarea contractului și ca urmare, efortul financiar pe care trebuie să-l depună constructorul pentru a putea realiza lucrările în parametrii contractați.

4.2. Influența duratei proiectelor

Studiul influenței duratei proiectului asupra cash-flow-ului s-a făcut asupra proiectului 3, realizarea lucrărilor de consolidare a unui tronson de Drum Național. În acest sens, planificarea proiectului a luat în considerare realizarea lucrărilor în 16, 18, 20, 22 și 24 de luni. Graficul de cash-flow a fost elaborat în condițiile în care plata facturilor a fost făcută la 30, 60 și 90 de zile de la emiterea situației de lucrări. S-a considerat că emiterea situației de lucrări s-a făcut la 35 de zile de la sfârșitul lunii de raportare. Considerând ca data de începere a proiectului variază între luna Martie și Octombrie, au fost reținute valorile minime și maxime ale ponderii vârfului de cash-flow din valoarea contractului. S-au stabilit astfel plajele în care poate varia ponderea vârfului de cash-flow în funcție de durata lucrărilor.

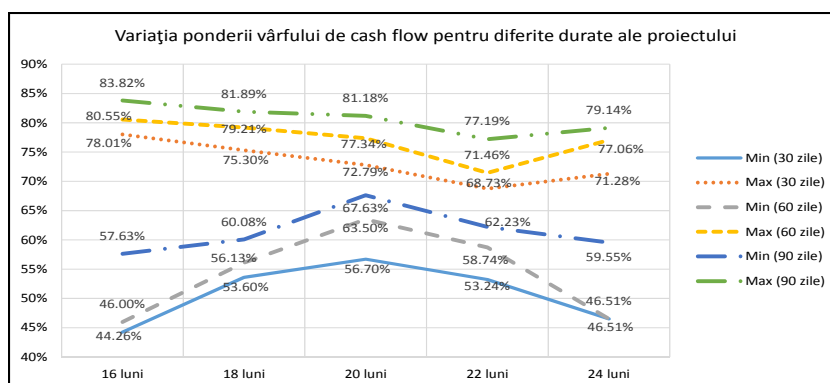


Fig. 5. Variația ponderii vârfului de cash-flow pentru diferite durate ale proiectului

Analizând rezultatele putem constata că:

- durata de 24 de luni conduce la ponderea minimă a vârfului de cash-flow din valoarea contractului, datorita distribuției pe un interval mai mare de timp a efortului;
- Pentru aceasta durată, ponderea vârfului de cash-flow variază între 46.5% și 79%, în funcție de momentul din an de începere a lucrărilor și de intervalul de plată a facturilor.

Cu cât intervalul de plată este mai mare, cu atât mai mare va fi efortul executantului pentru susținerea financiară a lucrărilor.

4.3. Influența momentului de începere a proiectelor

Pentru a ilustra influența momentului din an de începere a lucrărilor, au fost considerate următoarele ipoteze:

- toate cele trei proiecte au durata de realizare de 24 de luni;
- situațiile de lucrări sunt emise la 35 de zile de la încheierea perioadei de raportare;
- plata facturilor se face în intervalele 30, 60 și 90 de zile.

În cazul proiectului de reabilitare a unui tronson de Drum Național (proiect 1), ponderea vârfului de cash-flow variază între 41% și 69% din valoarea contractului, în funcție de momentul din an de începere a lucrărilor și de intervalul de plată a facturilor (Fig. 6).

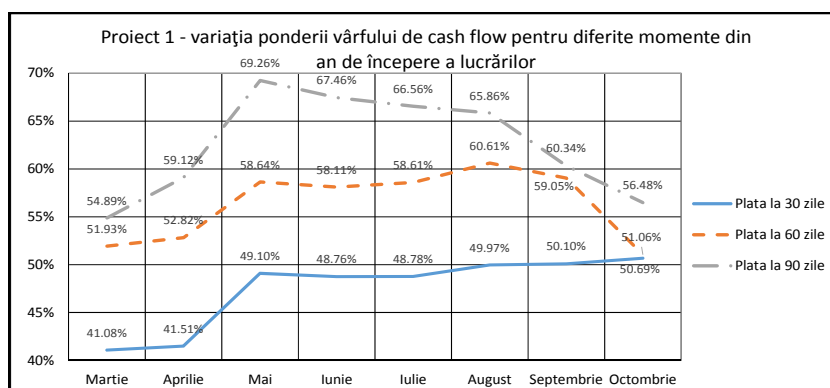


Fig. 6. Proiect 1 - variația ponderii vârfului de cash-flow pentru diferite momente din an de începere a lucrărilor

Pentru proiectul de realizare a variantei de ocolire a unei localități (proiect 3), variația ponderii vârfului de cash-flow este între 50% și 70%, în funcție de momentul din an de începere a lucrărilor și de intervalul de plată a facturilor (Fig. 7).

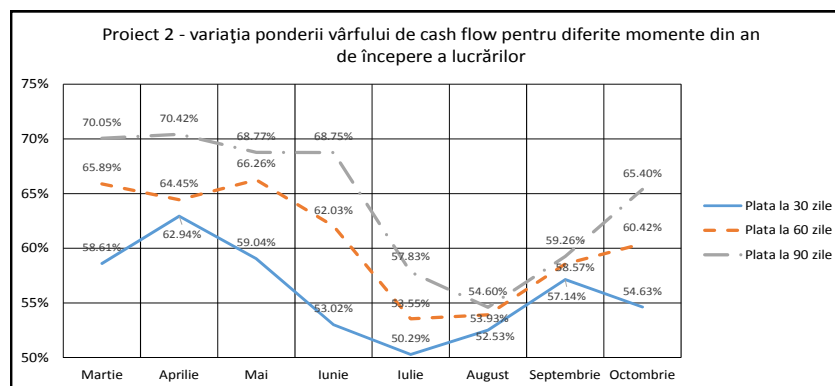


Fig. 7. Proiect 2 - variația ponderii vârfului de cash-flow pentru diferite momente din an de începere a lucrărilor

În cazul proiectului de realizarea lucrărilor de consolidare a unui tronson de Drum Național (proiect 3), ponderea vârfului de cash-flow variază între 39% și 63% din valoarea contractului, în funcție de momentul din an de începere a lucrărilor și de intervalul de plată a facturilor (Fig. 8).

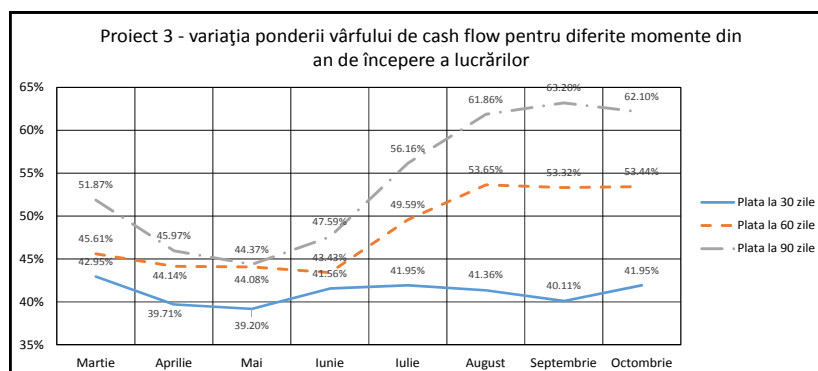


Fig. 8. Proiect 3 - variația ponderii vârfului de cash-flow pentru diferite momente din an de începere a lucrărilor

Pentru lucrările de reabilitare a drumurilor, lunile optime pentru începerea lucrărilor sunt Martie și Aprilie, ponderea vârfului de cash-flow din valoarea contractului fiind de 41%. Pentru lucrările de construcție a variantelor de ocolire, luna Iulie prezintă valoarea minimă a vârfului de cash-flow (50%), iar în cazul lucrărilor de consolidare a drumurilor, lunile cele mai favorabile de începere a lucrărilor sunt Aprilie și Mai, când ponderea vârfului de cash-flow are valoarea minimă (39%).

4.4. Influența intervalului de timp pentru plata facturilor

Influența intervalului de timp pentru plata facturilor se manifestă asupra tuturor situațiilor analizate. Considerând un același set de condiții (durată, moment de începere a lucrărilor și moment de emisie a situației de lucrări), se constată că efectuarea plăților cu întârziere conduce la creșterea ponderii vârfului de cash-flow din valoarea contractului. Efortul de susținere financiară a proiectului de către executant devine din ce în ce mai mare, cu cât plățile sunt făcute mai târziu (Fig. 9).

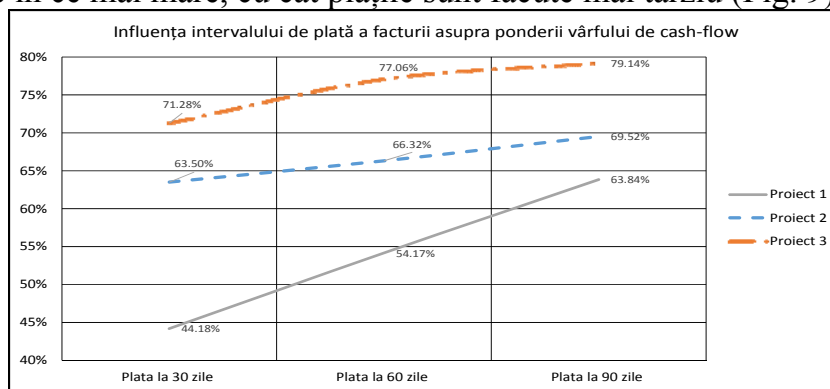


Fig. 9. Influența intervalului de plată a facturilor asupra ponderii vârfului de cash-flow

Ponderea vârfului de cash-flow din valoarea contractului variază pentru plata la 30 de zile de la 44% la 71%, pentru plata la 60 de zile de la 54% la 77% și pentru plata la 90 de zile de la 64% la 79%, în funcție de natura lucrărilor.

4.5. Influența momentului de emisie a situației de lucrări

Deși emiterea la timp a situației de lucrări este în interesul executantului, în practică se constată că acesta nu este îndeajuns de bine organizat pentru elaborarea documentelor necesare. Din acest motiv, analiza a luat în considerare două situații:

- emiterea situației de lucrări la 10 zile de la sfârșitul perioadei de raportare;
- emiterea situației de lucrări la 35 zile de la sfârșitul perioadei de raportare;

Pentru lucrările de reabilitare a drumurilor, ponderea vârfului de cash-flow din valoarea contractului, în cazul emiterii situațiilor de lucrări la 10 zile de la încheierea perioadei de raportare prezintă valori cuprinse între 32.5% și 41% dacă plata facturilor se face la 30 de zile, valori cuprinse între 44.2% și 53% dacă plata facturilor se face la

60 de zile și valori cuprinse între 53% și 61.8% dacă plata facturilor se face la 90 de zile, în funcție de momentul din an de începere a lucrărilor.

Pentru lucrările de construcții a variantelor de ocolire ponderea vârfului de cash-flow din valoarea contractului în cazul emiterii situațiilor de lucrări la 10 zile de la încheierea perioadei de raportare are valori cuprinse între 45.7% și 57% dacă plata facturilor se face la 30 de zile, valori cuprinse între 45.7% și 63% dacă plata facturilor se face la 60 de zile și valori cuprinse între 53.5% și 66% dacă plata facturilor se face la 90 de zile, în funcție de momentul din an de începere a lucrărilor.

În cazul lucrărilor de consolidare a drumurilor ponderea vârfului de cash-flow din valoarea contractului conduce la valori cuprinse între 30% și 37.8% dacă plata facturilor se face la 30 de zile, valori cuprinse între 37% și 43.3% dacă plata facturilor se face la 60 de zile și valori cuprinse între 41.5% și 55.5% dacă plata facturilor se face la 90 de zile, în funcție de momentul din an de începere a lucrărilor.

Emiterea cât mai devreme a situațiilor de lucrări conduce la reducerea efortului financiar al executantului. În cazul lucrărilor de reabilitare a drumurilor, reducerea ponderii vârfului de cash-flow din valoarea contractului variază între 8% - 10% dacă situațiile de lucrări sunt emise la 10 zile de la încheierea perioadei de raportare, în funcție de momentul din an de începere a lucrărilor. Pentru lucrările de construcție a variantelor de ocolire, reducerea variază între 3% - 8% dacă situațiile de lucrări sunt emise la 10 zile de la încheierea perioadei de raportare, în funcție de momentul din an de începere a lucrărilor, iar în cazul lucrărilor de consolidare a drumurilor, reducerea variază între 2% - 12% dacă situațiile de lucrări sunt emise la 10 zile de la încheierea perioadei de raportare, în funcție de momentul din an de începere a lucrărilor.

5. Concluzii

Analizând rezultatele obținute putem trage concluzia ca există o multitudine de factori care pot influența deciziile atât în perioada de licitare-ofertare, dar mai ales în etapa de execuție a proiectelor de infrastructura. Natura lucrărilor influențează major prin tehnologiile utilizate, succesiunea activităților și resursele implicate, distribuția valorii contractelor în timp. Cu cât este mai neuniformă, aceasta poate conduce la dezechilibre majore a ponderii cash-flow-ului din valoarea contractului.

Modul în care sunt adaptate clauzele de contract prin condițiile speciale, alături de durata de realizare a lucrărilor, intervalul de timp pentru plata facturilor, momentul din an de începere a lucrărilor și momentul de emiterie a situațiilor de lucrări, sunt toate variabile care pot conduce la valori diferite de cele din prezentul studiu.

Condițiile ideale și omogene avute în vedere, au avut rolul de a simplifica analiza și de a ajuta înțelegerea dinamicii problemelor de natură financiară cu care se confruntă constructorii după semnarea contractului, fără a lua însă în considerare evenimentele de risc și incertitudini care caracterizează din plin aceste categorii de proiecte.

În scopul gestionării riscurilor financiare ale proiectelor, cele mai multe companii de construcţii se concentrează pe proiectele individuale care nu reflectă riscul general de la nivelul organizaţiei.

Simpla adunare a riscurilor proiectelor individuale poate diferi semnificativ de riscurile totale ale organizaţiei [10]. Din acest motiv deciziile strategice se iau la nivelul organizaţiei si nu la nivelul proiectelor individuale, aplicându-se managementul portofoliilor de proiecte.

Lucrarea prezintă rezultatele unei analize efectuate asupra a trei categorii de proiecte de construcţii din domeniul infrastructurii rutiere a căror modelare a implicat 174 de variante de calcul, cu scopul de a evidenţia influenţa condiţiilor de contract FIDIC asupra managementului financiar al proiectelor de infrastructură şi provocările cu care se confruntă companiile de construcţii în gestionarea proiectelor. Rezultatele cercetărilor se constituie într-un instrument util factorilor de decizie din companiile de construcţii care vor avea astfel la dispoziţie o cuantificare obiectivă a efortului financiar pe care îl vor depune în realizarea lucrărilor de construcţii şi care îi va ajuta în luarea celor mai potrivite decizii.

Bibliografie

- [1] Purnuş, A., Bodea, C. (2015), "Financial Management of the Construction Projects: A Proposed Cash Flow Analysis Model at Project Portfolio Level", *Organization, Technology & Management in Construction: An International Journal*, Volume 7, pp.1217-1227
- [2] Hlaing, N.N., Singh, D., Tiong, R.L.K. and Ehrlich, M. (2008), "Perceptions of Singapore construction contractors on construction risk identification", *Journal of Financial Management of Property and Construction*, vol. 13, no. 2, pp. 85-95, Emerald Group Publishing Ltd
- [3] Eurostat (2014), "Industry and construction statistics - short-term indicators", available at: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Industry_and_construction_statistics_-_short-term_indicators, (accesat 24 June 2015).
- [4] Anghelache, C., Dumitrescu, C., "Evoluţia Produsului Intern Brut al României", *Romanian Statistical Review* nr. 1 / 2013, pp. 8 – 93
- [5] Mediafax: "ARACO: Piaţa construcţiilor a scăzut sub 9 miliarde de euro în 2014, cel mai slab an de la începerea crizei", <http://www.mediafax.ro/economic/araco-piata-construcțiilor-a-scazut-sub-9-miliarde-de-euro-in-2014-cel-mai-slab-an-de-la-începerea-crizei-14046257>, (accesat 25 Mai 2015).
- [6] Guda, I. (2015), „Analiza sectoriala: Lucrări de construcţii ale drumurilor si autostrăzilor”, Coface Romania, disponibil la: <http://www.coface.ro/Stiri-Publicatii/Publicatii/Analiza-sectoriala-Lucrari-de-construcții-ale-drumurilor-si-autostrazilor> (accesat 24 June 2015).
- [7] FIDIC, 1999, *Conditions of Contract for Plant and Design-Build for Electrical and Mechanical Plant and for Buildings and Engineering Works Designed by the Contractor*, International Federation of Consulting Engineers (FIDIC), First Edition, 1999
- [8] FIDIC, 1999, *Conditions of Contract for Constructions for Buildings and Engineering Works Designed by the Employer*, International Federation of Consulting Engineers (FIDIC), First Edition, 1999
- [9] Purnuş, A., Bodea, C. (2015), "Educational Simulation in Construction Project Financial Risks Management", *Creative Construction Conference*, Krakow, ISBN 978-963-269-491-7, pp.166-171
- [10] Purnuş, A., Bodea, C. (2014a), "Project prioritization and portfolio performance measurement in project oriented organizations", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 27th IPMA World Congress, 119(2014), pp. 339–348, Elsevier Ltd, DOI: 10.1016/J.SBSPRO.2014.03.039, ISSN: 1877-0428.