

Aspecte specifice în cazul analizei higrotermice a fațadelor la clădirile din panouri mari*

Specific aspects of the large panel facades hygrothermal analyses

Mihaela Stela Georgescu¹, Irina Bliuc², Viorica Demir³

¹Universitatea de Arhitectură și Urbanism Ion Mincu București – UAUIM
Str. Academiei nr. 18-20, sector 1, București, Romania
E-mail: mihaelastela.georgescu@yahoo.com

²Universitatea Tehnică Gh. Asachi Iasi, Romania
E-mail: irina.bliuc@yahoo.com,

³Universitatea Tehnică de Construcții București
Bdul Lacul Tei nr. 122-124, sector 2, Romania
E-mail: vioricademir@yahoo.com,

Rezumat. Clădirile din panouri mari reprezintă un procent important din fondul existent de locuințe din România, supus în prezent acțiunilor de modernizare energetică. Evaluarea cât mai exactă a performanței termice a anvelopei clădirilor are o importanță deosebită în emiterea unor certificate de performanță energetică corecte. La acest tip de clădiri, fațadele se caracterizează printr-un procent mare de punți termice, nu numai în zona îmbinărilor, dar și în câmp curent – punți termice impuse, în această zonă, de diversele tehnologii de fabricare a panourilor pentru pereții exteriori. Pe baza unui studiu de caz reprezentativ, lucrarea își propune să atragă atenția asupra unor aspecte specifice care trebuie avute în vedere la calculul rezistențelor termice corectate.

Cuvinte cheie: punți termice, panouri mari, analiza higrotermică.

Abstract. Large panel buildings represent a huge percent of the residential buildings in Romania, being now under thermal rehabilitation modernization. In order to have as possible correct assesment and certificates of energy performances, it is necessary to evaluate exactly the influence of thermal bridges not only at joints but also in the internal area of the prefabricated panels; their technology has changed during the years in order to decrease their percentage. The paper presents a representative case study, highlighting the relevant aspects which we must have in attention when the corrected thermal resistances are calculated.

Key words: thermal bridges, large panels, hygrothermal analysis.

* Lucrare inclusă în programul conferinței "Romanian Conference on Energy Performance of Buildings (RCEPB 2013)"

1. Introducere

Panourile mari prefabricate din beton armat, ca soluție constructivă, apar cu o frecvență foarte mare în cadrul fondului existent de locuințe colective, atât ca elemente componente în structuri integral prefabricate cât și ca elemente de închidere la structuri din pereți structurali sau cadre din beton armat monolit sau sistem dual. Mai mult de 60 % din totalul locuințelor executate în România în blocuri, au structura integral prefabricată.

Din punct de vedere higrotermic, aceasta soluție se caracterizează printr-un nivel scăzut de protecție termică – corespunzător cerințelor impuse de reglementările tehnice în vigoare în momentul proiectării lor dar insuficiente în raport cu cerințele actuale - determinat mai ales de ponderea importantă cu care intervin punțile termice generate de nervuri și îmbinări.

Influența punților termice asupra performanței energetice a clădirii atât în starea inițială cât și după reabilitare este semnificativă datorită numărului acestora, dar și suprapunerii de efecte a două punți termice vecine, apropiate.

Experiența acumulată în ultimii 50 de ani, atât în proiectarea antiseismică cât și în conformarea și evaluarea higrotermică, precum și utilizarea rezultatelor experimentărilor s-au concretizat în progresul continuu al structurilor din panouri mari prevăzute cu îmbinări cu un grad ridicat de siguranță dar și cu o evoluție continuă pentru realizarea unui procent tot mai mic de punți termice pe conturul panourilor, al golurilor de fereastră și al nervurilor din câmp curent.

Având în vedere nivelul inițial de protecție termică redus, asociat cu frecvente fenomene de condens superficial, clădirile în a căror alcătuire intră panourile mari sunt incluse cu prioritate în programele de reabilitare/eficientizare energetică.

Evaluarea corectă a performanței energetice înainte și după reabilitare, implică luarea în considerare a unor valori cât mai exacte ale coeficienților liniari de transfer termic Ψ , diferențiați pentru diferite tipuri de îmbinări și alcătuiți constructive specifice proiectelor tip cu frecvență mare de aplicare.

De mare importanță pentru auditorii energetici este cunoșterea caracteristicilor diverselor generații de prefabricate pentru fațadele clădirilor și prin aceasta identificarea corectă a datelor culese în cadrul investigării in-situ a clădirilor analizate.

În evoluția construcțiilor de locuințe din panouri mari din România se pot evidenția câteva tipuri, care sunt descrise pe scurt în cele ce urmează.

2. Scurt istoric. Evoluția sistemelor de realizare a clădirilor de locuit din panouri mari prefabricate

În anul 1956 s-a proiectat și executat prima clădire de locuit din panouri mari prefabricate, cu caracter experimental - blocul cu P+3E din București, șos. Giurgiului. Inițiativa executării acestui bloc experimental a aparținut Ministerului Construcțiilor, iar proiectarea - începută în noiembrie 1955 - a fost realizată în cadrul Sectorului de tipizare din IPC, care a constituit nucleul Institutului de Proiectare pentru Construcții Tipizate înființat în 1956. Pereții structurali ai clădirii s-au executat din beton cu zgură

expandată, pereții interiori având 20 cm grosime, iar cei exteriori 32 cm grosime; planșeele - de dimensiunile unei celule constructive - au fost de tipul “cu goluri rotunde”, de 15 cm grosime.

O nouă clădire experimentală, cu P+4E, s-a executat în același cartier, în 1959; la această clădire pereții interiori s-au realizat din beton obișnuit de 12 și 14 cm grosime, iar pereții exteriori, din beton de granolit, în grosime de 28 cm; planșeele, rezemate pe contur, au fost realizate din panouri pline de 9 cm grosime.

În anii 1959-1962 s-au realizat primele ansambluri de locuințe cu P+4E din panouri mari: ansamblul Steagul Roșu - Brașov (între 1959 și 1961 s-au realizat cca 2000 apartamente, conform proiectului nr. 3017) și cartierul Nicolina Iași (între 1960 și 1962 s-au realizat cca 2500 apart., conform proiectului nr. 4117).

În anul 1962 s-a elaborat prima serie de proiecte tip de clădiri de locuit cu P+4 etaje din panouri mari – seria din proiectul nr. 1013 - completată ulterior cu seria din proiectul nr. 1168. Pe baza acestor proiecte, s-au executat în perioada 1963-1970 peste 40.000 apartamente în diverse localități din țară, precum și în municipiul București.

În anul 1971 s-au proiectat și au intrat în producție seriile de clădiri cuprinse în proiectele nr. 1615 și nr. 744, iar în anul 1977 - seria de foarte largă utilizare – din proiectul nr. 770, cuprinzând un număr de 12 secțiuni tip, cu variante pentru utilizare în zone seismice de grad 6, 7 și 8.

Unele incertitudini asupra modului de comportare a clădirilor din panouri mari la solicitări seismice au condus la amânarea aplicării acestui sistem pentru clădirile înalte, până în 1973, când IPCT a reluat problema, elaborând o serie de clădiri cu P+8E cu rezolvări moderne, pe baza unor ample cercetări teoretice și experimentale ce au aprofundat gradul de cunoaștere a fenomenelor specifice. În anul 1973 au început să se execute la București clădirile din panouri mari prefabricate cu P + 8 etaje, seria 141-21 și apoi după 1978 seria 772. Sistemul constructiv al acestor clădiri era constituit dintr-o serie de celule structurale realizate din panouri mari având legături în plan orizontal prin planșee. Se obține astfel un ansamblu de profile tubulare cu rigiditate spațială. Pereții exteriori erau în trei straturi, cu grosimea stratului portant de 13 cm. Pereții interiori aveau grosimea de 16 cm. Planșeele erau plăci pline rezemate pe trei sau patru laturi prin intermediul unor dinți de rezemare, grosimea fiind de 16 cm. Elementele de închidere și compartimentare între celulele structurale s-au realizat din panouri neportante. Panourile interioare prezintă profilăție de contur și bucle orizontale pe laturile verticale. Erau prevăzute bare de legătură verticale spre capetele panourilor și lângă golurile de uși. Până în 1977 buclele transversale se suprapuneau la montajul panourilor. După 1977 buclele au fost scrutate, legătura între ele realizându-se printr-o fretă. În ambele cazuri armătura verticală asigură armarea îmbinării formate. Imbinarea orizontală este realizată prin subbetonare. Îmbinările orizontale erau de tipul “cu subbetonare” legăturile între planșee fiind realizate prin bucle, iar între pereții suprapuși, cu mustăți sudate. Proiectul a fost aplicat în București, până în anul 1985, blocurile executate regăsindu-se într-un număr mare în majoritatea marilor cartiere. Soluțiile cuprinse în proiect și-au dovedit eficiența atât prin productivitatea ridicată pe șantier, cât și prin comportarea în timp, un număr mare de blocuri fiind

supuse severului test reprezentat de cutremurul din 4 martie 1977, test la care au răspuns foarte bine.

Anul 1978 marchează prima aplicare a procedurii de construcții cu panouri mari în condițiile zonei seismice de grad 9, la clădiri cu P+3E - seria de clădiri cuprinse în proiectul nr. 944.

Pe baza studiilor efectuate în anii 1979-1980, s-a elaborat în 1981 seria de clădiri cuprinse în proiectul nr. 771, la care pentru prima oară se aplică principiile unei prefabricări deschise, folosind modulul mărit de 60 cm.

Ultima generație de proiecte tip pentru clădiri de locuit integral prefabricate, cu P+3...4 etaje, elaborate începând cu anul 1985 în IPCT, a fost seria de clădiri cuprinse în proiectele nr. 1340 și 1340/B, în cadrul cărora se face trecerea de la soluția cu celule constructive mici (sistem "fagure") la o soluție cu celule constructive de dimensiuni sporite (sistem "celular").

În perioada 1986-1988 s-a elaborat o nouă serie de clădiri de locuit cu 9 niveluri (proiect IPCT nr. 1402), pentru grade de seismicitate 6, 7 și 8. Rezolvările structurale au urmărit sporirea siguranței în exploatare și reducerea consumului de manoperă pe șantier prin simplificarea unor operații de montaj. Pereții exteriori aveau grosimea de 30 cm, fiind realizați în 3 straturi (15 cm în interior, 8 cm vată minerală, 7 cm în exterior), cu procent redus de nervuri – sub 5%. Pereții interiori aveau grosimea de 16 cm. Pereții interiori și exteriori aveau margini profilate și bucle orizontale pe laturile verticale. Planșeele aveau grosimea de 14 cm, și erau prevăzute cu dinți de reținer și bucle de legătură. Îmbinările verticale erau realizate prin betonare, cu bucle nesuprapuse continuate prin etrieri. Îmbinările orizontale erau realizate prin "subbetonare". Ambele tipuri de îmbinări au fost testate experimental la sarcini monotone crescătoare și alternante, dovedind o bună comportare. Aplicarea acestor soluții la Iași și Ploiești, a evidențiat o mare productivitate și asigurarea condițiilor pentru creșterea calității lucrărilor.

3. Aspecte specifice care intervin în analiza higrotermică/evaluarea performanței energetice

Acuratețea analizei higrotermice a elementelor de fațadă constituie o condiție esențială pentru o evaluare corectă, cât mai aproape de realitate, a performanței energetice a clădirilor, reflectată în certificatul energetic, document care are un cuvânt de spus din ce în ce mai important în tranzacțiile imobiliare sau obținerea unor împrumuturi de la bănci în vederea unor asemenea tranzacții.

O analiză higrotermică realistă și corectă presupune - în afară de identificarea configurației planimetrice și spațiale a clădirii și a factorilor legați de amplasament - cunoașterea alcătuirii constructive a elementelor de anvelopă și a caracteristicilor materialelor componente. Clădirile de locuit din panouri mari, construite în diferite perioade, prezintă o mare diversitate din acest punct de vedere din următoarele considerente:

- a. Natura stratului termoizolant - și implicit caracteristicile termotehnice ale acestuia - a fost modificată la un moment dat din considerente politico-economice,

înlocuindu-se vata minerală sau polistirenul expandat, considerate energointensive, cu betonul celular autoclavizat; aceasta a condus la creșterea grosimii panoului de fațadă și la modificarea în sens negativ a caracteristicilor legate de capacitatea de protecție termică.

- b. Pentru creșterea capacității de izolare termică a panourilor de fațadă s-a acționat în 2 direcții:
- reducerea conductivității termice a betonului armat din stratul de rezistență și de protecție prin folosirea unor betoane cu agregate ușoare, în special a betonului cu granolit;
 - optimizarea geometriei panoului prin reducerea grosimii și a numărului de nervuri care fac legătura între cele 2 straturi de beton necesare din motive tehnologice la execuția în fabrică precum și pentru a evita bombarea stratului de protecție, expus radiației solare și diferențelor accentuate de temperatură (șocuri termice). Un număr mare de nervuri de legătură, determinând un procent ridicat de punți termice, conduce la scăderea rezistenței specifice la permeabilitate termică a elementului, chiar dacă există zone foarte bine izolate. Astfel, pentru un panou mare de perete exterior, cu structură stratificată și rezistența termică în câmp curent $R = 2.51 \text{ m}^2\text{K/W}$, rezistența termică corectată a panoului poate fi modificată de la simplu la dublu, dacă se reduce lungimea nervurilor, respectiv procentul punților termice, p , scade de la 14% la 7% (fig 1).

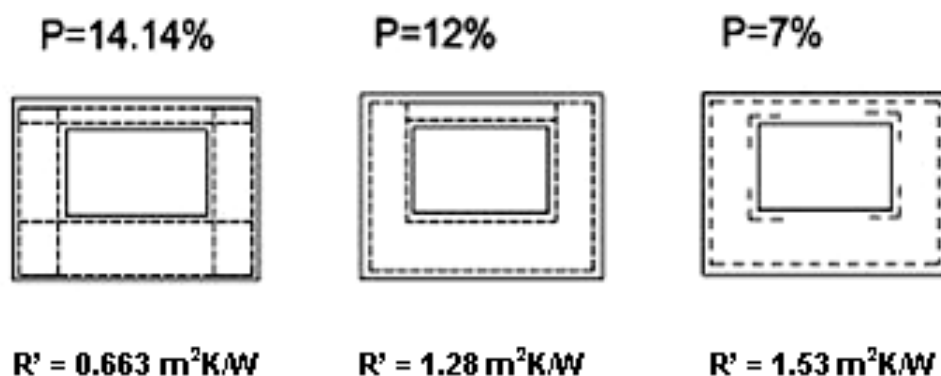


Fig. 1 Influența ponderii punților termice asupra rezistenței termice corectate la panouri mari cu structură tristrat

- c. O etapă superioară în procesul de optimizare a structurii panourilor de fațadă în scopul creșterii capacității de protecție termică a constituit-o renunțarea la nervurile de legătură pe 3 laturi - pe conturul panourilor. Acest lucru influențează semnificativ valorile coeficienților lineari de transfer termic corespunzător acestor tipuri de punți termice. Astfel, coeficientul de transfer termic linear, Ψ , corespunzător îmbinării în rost vertical între 2 panouri de fațadă cu termoizolație din vată minerală se reduce de cca 100 ori în cazul eliminării nervurii de pe contur, asociată cu creșterea grosimii stratului de izolare termică din rost. Practic, efectul punții termice este anihilat. (fig.2).

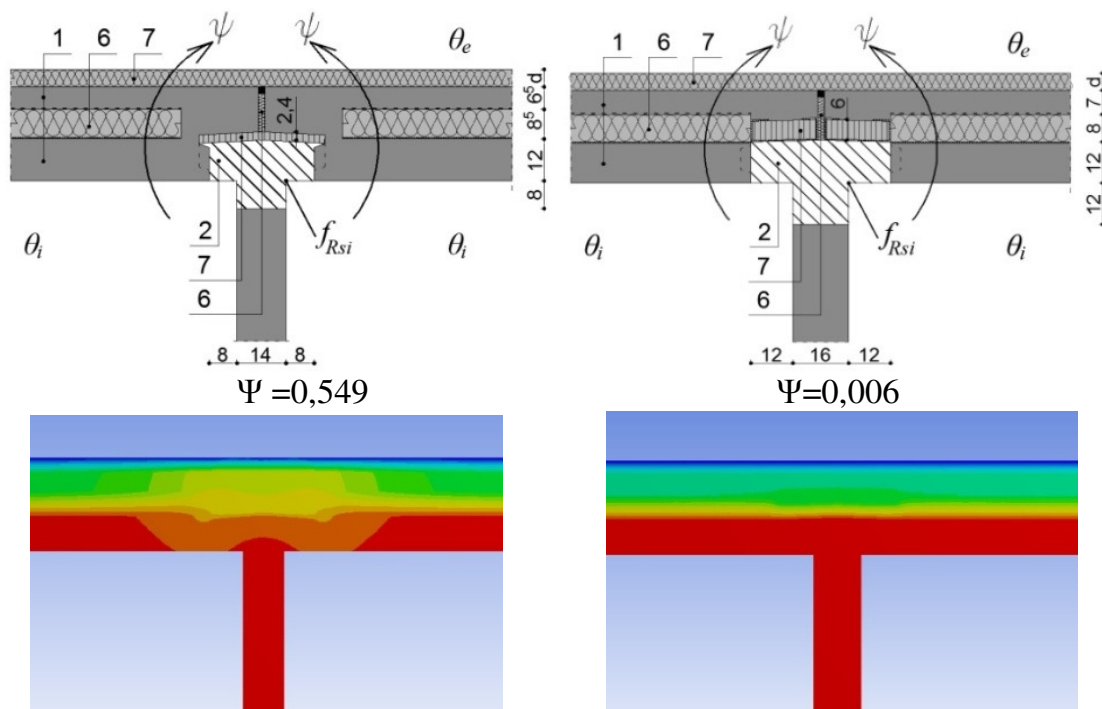


Fig. 2. Ameliorarea efectului de punte termică la intersecția dintre 2 panouri de fațadă și un perete interior prin eliminarea nervurii de pe contur și creșterea grosimii stratului izolat.

Un efect mai puțin spectaculos dar suficient de semnificativ se înregistrează și în cazul intersecției între peretele exterior și planșeul intermediar, valorile coeficienților lineari de transfer termic reducându-se de cca 10 ori (fig. 3).

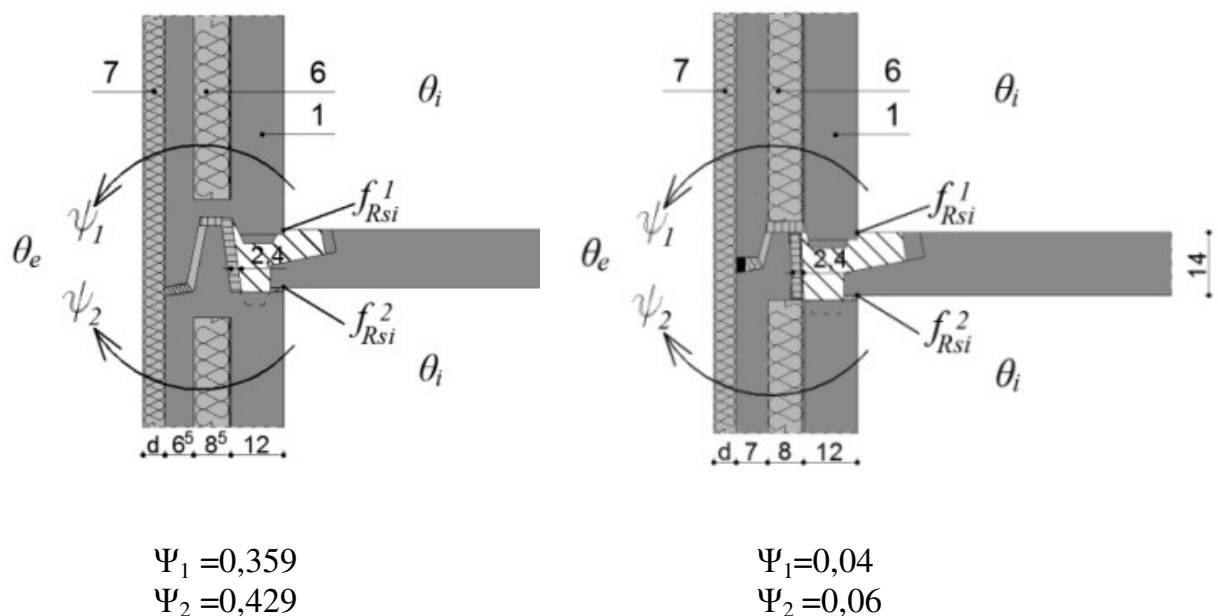


Fig.3 Ameliorarea efectului de punte termică la intersecția dintre 2 panouri de fațadă și planșeul intermediar prin eliminarea nervurii de pe contur (1)

Aspecte specifice în cazul analizei higrotermice a fațadelor la clădirile din panouri mari

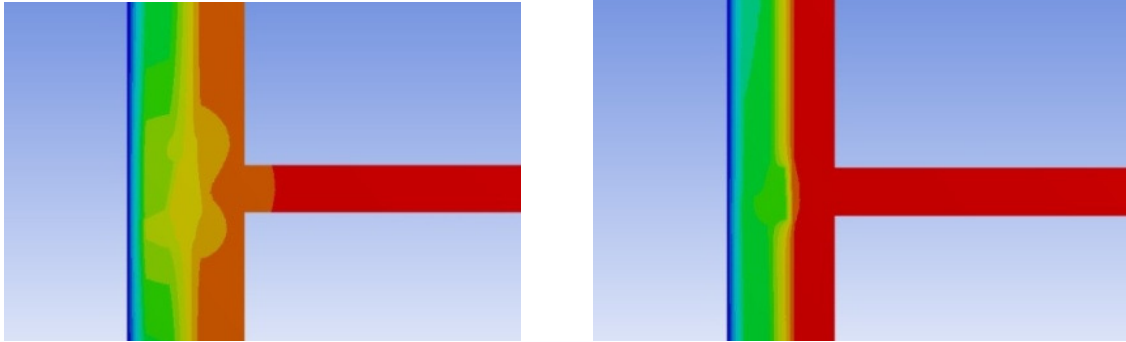


Fig.3 Ameliorarea efectului de punte termică la intersecția dintre 2 panouri de fațadă și planșeul intermediar prin eliminarea nervurii de pe contur (2)

Documentația existentă și/sau releveele făcute cu ocazia auditului energetic oferă informațiile necesare legate de arhitectura clădirii, dar structura panourilor și mai ales prezența și traseul nervurilor de legătură rămâne la aprecierea auditorului. Relativ la cel de al doilea aspect, pot fi obținute unele precizări dacă se apelează la examinarea clădirii cu ajutorul termografiei IR (fig.4).

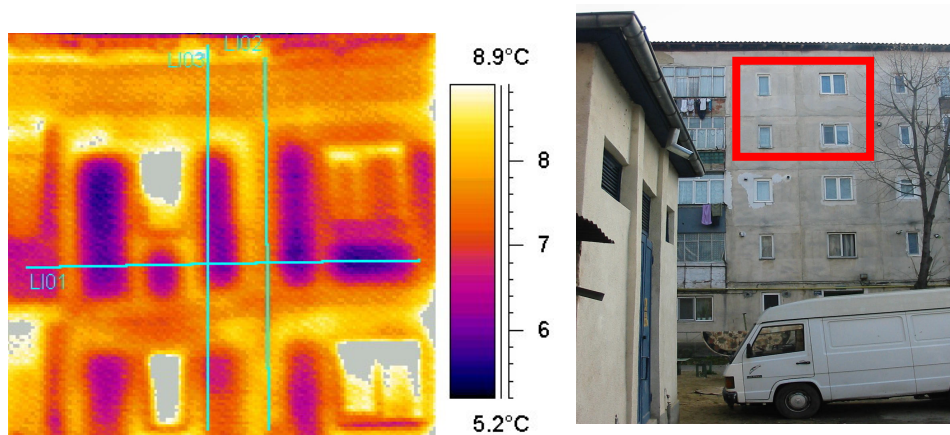


Fig.4 Evidențierea nervurilor verticale la un panou de fațadă cu ajutorul termografiei IR

Cu ajutorul imaginilor obținute prin analiza termografică a unei clădiri din panouri mari prefabricate reabilitată termic parțial, poate fi apreciată și măsura în care este ameliorat efectul punților termice ca urmare a aplicării termoizolației prin exterior (fig.5, 6).

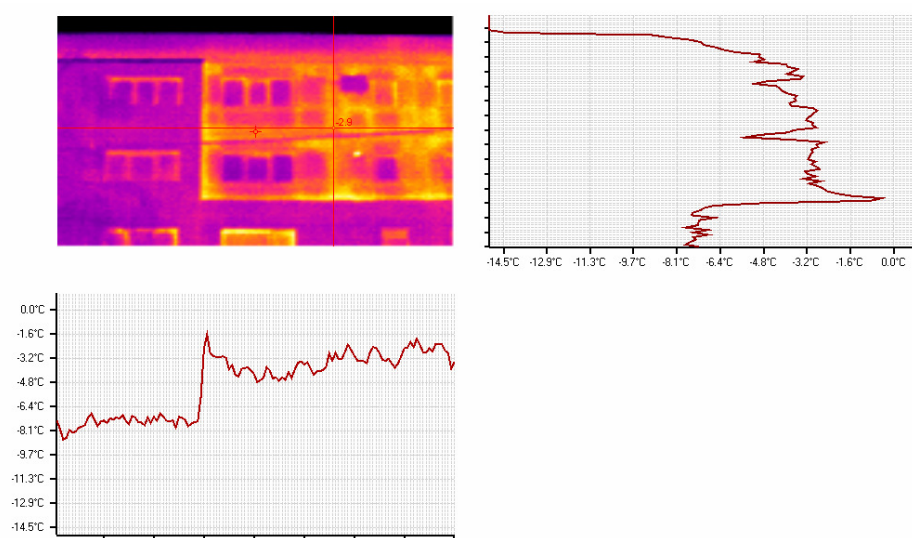


Fig. 5. Reducerea efectului punților termice la o clădire din panouri mari parțial reabilitată termic

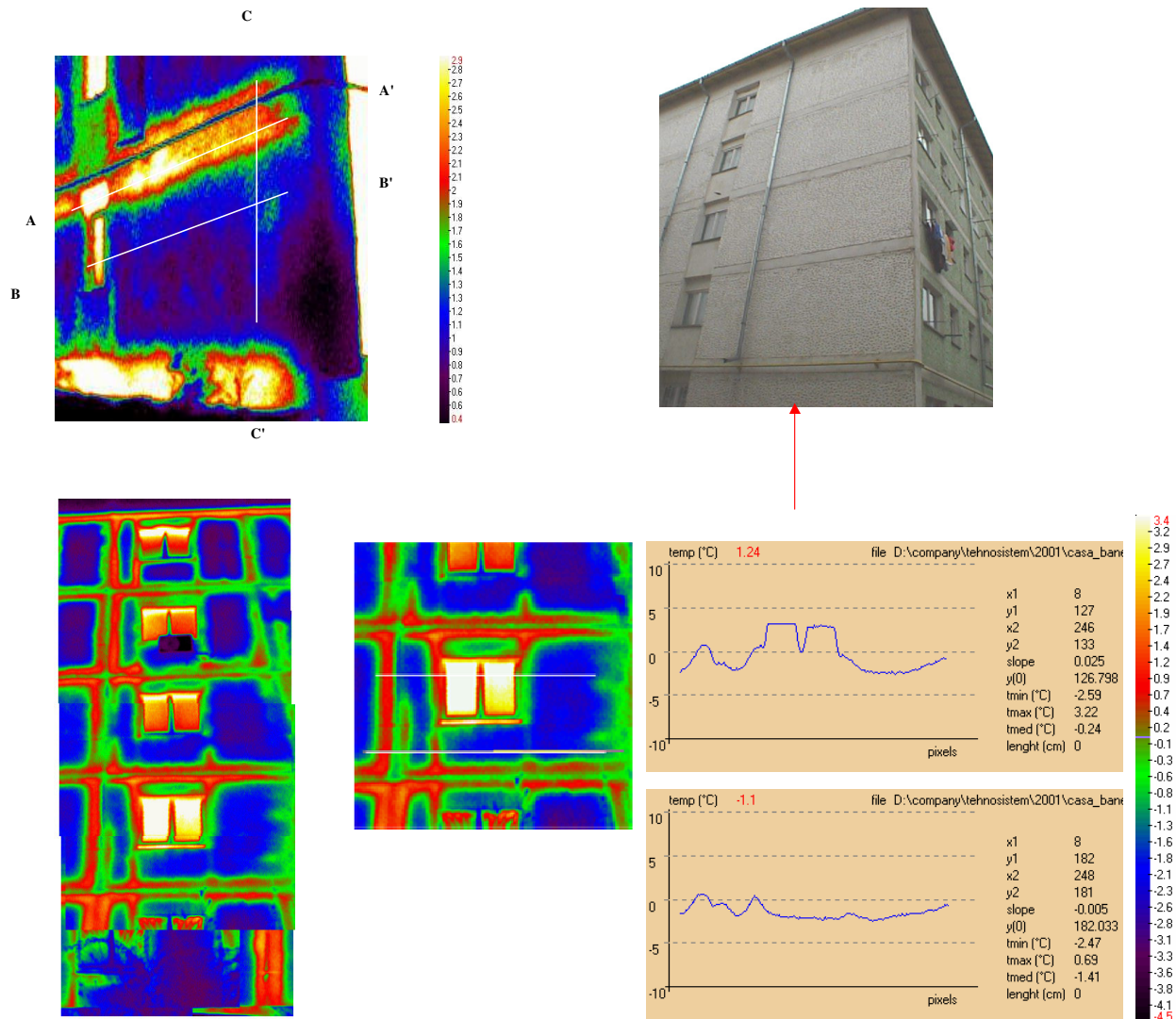


Fig. 6 Imagini termografice pe fațadele unor clădiri din panouri mari care pun în evidență punțile termice

4. Prezentarea unui studiu de caz - bloc de locuințe din panouri mari - proiect tip 770/78 IPCT

A fost aleasă pentru exemplificare o clădire din panouri mari cu regim de înălțime P+4E, elaborata conform proiectului tip nr. 770 elaborat în anul 1978 alcătuită din 2 secțiuni din seria Pb: Secțiunea Pb2 capăt-mijloc (scara A) – 19 apartamente cu 2 camere și Secțiunea Pb4 mijloc-capăt (scara B) – 18 apartamente cu 3 camere +1 apartament cu 4 camere (la parter).

Clădirea este situată în București, cartierul Băneasa, strada Marinarilor nr. 13 –15, bloc VI/5, scările A și B. Execuția s-a desfășurat pe parcursul anului 1980, locatarii ocupând apartamentele în luna ianuarie 1981. Clădirea este amplasată într-un cartier situat în nordul orașului București, orientată cu fațada principală spre sud, este

adăpostita fiind situată în mijlocul altor blocuri, dar cu distanțe destul de mari (cca 10 m) față de acestea și nu este umbrită de clădirile învecinate sau de vegetație. Se fac următoarele precizări:

- Există un număr mare de clădiri existente realizate în această alcătuire, conform proiectului tip nr. 770 elaborat în anul 1978.
- Atât regimul de înălțime P+4E, cât și alcătuirea, numai cu 2 scări, situează blocul ales pentru studiul de caz, în registrul clădirilor care se comportă defavorabil din punct de vedere energetic. Comportarea cea mai defavorabilă se înregistrează însă la clădirile alcătuite numai dintr-o singură secțiune, dar numărul acestui tip de alcătuiri este mai mic.
- Este o clădire realizată imediat după cutremurul din anul 1977, fără degradări structurale constatate la cutremurele ulterioare, deci cu un grad de asigurare a structurii de rezistență îmbunătățit, fiind de așteptat ca în urma expertizei structurale să nu fie necesare intervenții majore la structura de rezistență, iar soluțiile de ameliorare termotehnică să fie posibile pe actualele elemente de anvelopă.
- Nivelul de protecție termică al clădirilor construite în aceea perioadă, caracterizat printr-un procent mare de punți termice, este de așteptat să fie mai scăzut decât la generațiile următoare de clădiri din panouri mari.
- Secțiunile Pb4 și Pb2 au fost cele mai mult utilizate fie independent, fie combinate între ele (ca în cazul ales pentru efectuarea studiului de caz), fie combinate cu celelalte secțiuni.
- Secțiunile, conformate bine, totuși au prevăzute o serie de decroșuri (surse de flux termic disipat suplimentar).
- Alte caracteristici: zona climatică II - $\theta_e = -15^{\circ}\text{C}$; înălțimea de nivel 2,70 m.

Elementele de anvelopa ale clădirii existente au următoarea alcătuire:

- Terasa este necirculabilă cu pante de scurgere spre punctele de colectare, scurgerea acestora făcându-se prin coloane verticale interioare. Termoizolația a fost prevăzută din zgură expandată în grosime variabilă. Hidroizolația era prevăzută în proiect din 2 straturi de împâslitură de sticlă bitumată și un strat de panză bitumată între 4 straturi de mastic bituminos. Clădirea a funcționat în primii 3 ani de la execuție cu panouri solare montate pe terasă care în prezent sunt dezafectate fiind în curs de înlocuire hidroizolația terasei.
- Panourile de pereți exteriori au o grosime totală de 27 cm; sunt prevăzute cu finisaj realizat în fabrică, sunt concepute în soluția cu 3 straturi; termoizolația panourilor de pereți exteriori, mediană, este vată minerală rigidă G100 cu grosime de 8,5 cm; panourile de pereți au fost concepute pentru turnare cu fața exterioară în sus, fiind necesare nervuri din beton armat pe contur și în jurul ferestrelor pe toată înălțimea panourilor, ceea ce a condus la procente ale punților termice de cca 15%.
- Tâmplăria exterioară este din lemn, cuplată, având deschidere spre interior pentru ambele cercevele, cu 2 foi de geam obișnuit de 3 mm grosime, prevăzută cu etanșări, pervazuri și glafuri.

Aspecte specifice în cazul analizei higrotermice a fațadelor la clădirile din panouri mari

- Planșeul peste subsol, prevăzut în proiect cu un strat 2,4 cm vată minerală, amplasat pe placa din beton armat, sub pardoseală, în realitate nu a fost termoizolat.
- Hidroizolarea verticală a pereților subsolului a fost prevăzută prin dublă vopsire cu bitum topit a suprafețelor exterioare care vin în contact cu terenul. Hidroizolarea orizontală s-a realizat prin realizarea centurilor orizontale de la nivelul planșeului peste subsol, din beton B300 cu permeabilitate redusă.
- Soluția de etanșare a rosturilor dintre panouri a fost realizată cu rosturi orizontale și verticale de tip închis cu chit C895; rostul orizontal este prevăzut cu prag înalt (14 cm), iar cel vertical este protejat cu o folie de BUTAROM de 1 mm grosime lipită cu prenadez.
- Izolarea rosturilor verticale și orizontale se face cu polistiren de 24 mm grosime.

Pentru această clădire precum și pentru clădirea reabilitată, s-au obținut rezistențele termice corectate prevăzute în tabelele următoare:

Tabelul 1a

Determinarea rezistenței termice corectate medii a anvelopei - clădire existentă

Determinarea rezistenței termice corectate medii a anvelopelor - caudre existente						
Nr. Crt.	Elementul de construcție		A _j	R' _j	τ _j	$\frac{A_j \cdot \tau_j}{R'_j}$
			m ²	m ² K/W	-	W/K
1	Pereți exteriori	curenți	1342.09	0.575	1.00	2334.04
2		la intr.principală	13.85	0.343	1.00	40.38
3		la intr.secundară	14.78	0.677	1.00	21.83
4	Tâmplărie exterioară	din lemn,cuplată	315.02	0.390	1.00	807.74
5		metalică,simplă	19.28	0.170	1.00	113.41
6	Pereți interiori	spre subsol	26.89	0.435	0.43	26.58
7		spre cam.pubele	38.87	0.492	0.40	31.60
8	Tâmplărie inter.	spre subsol	3.04	0.340	0.43	3.84
9	Planșee exterioare	la terasă	546.15	1.003	1.00	544.52
10		sub et.l	8.71	1.690	1.00	5.15
11	Planșee interioare	peste subsol	534.34	0.368	0.43	624.36
12		peste cam.pubele	7.22	1.731	0.40	1.67
TOTAL			2870.24	0.630	-	4555.15

Tabelul 1b

Determinarea rezistenței termice corectate medii a anvelopei - clădire modernizată

Nr. Crt.	Elementul de construcție		A_j	R'_j	τ_j	$\frac{A_j \cdot \tau_j}{R'_j}$
			m ²	m ² K/W	-	W/K
1	Pereți exteriori	curenți	1342.09	1.909	1.00	703.03
2		la intr.principală	13.85	2.843	1.00	4.87
3		la intr.secundară	14.78	1.706	1.00	8.66
4	Tâmplărie exterioară	din lemn,cuplată	315.02	0.650	1.00	484.65
5		metalică,simplă	19.28	0.430	1.00	44.84

Nr. Crt.	Elementul de construcție		A _j	R' _j	τ _j	$\frac{A_j \cdot \tau_j}{R'_j}$
			m ²	m ² K/W	-	W/K
6	Pereți interiori	spre subsol	26.89	0.435	0.69	42.65
7		spre cam.pubele	38.87	0.492	0.43	33.97
8	Tâmplărie inter.	spre subsol	3.04	0.34	0.69	6.17
9	Planșee exterioare	la terasă	546.15	3.320	1.00	164.50
10		sub et.l	8.71	4.558	1.00	1.91
11	Planșee interioare	peste subsol	534.34	2.004	0.69	183.98
12		peste cam.pubele	7.22	1.731	0.43	1.79
TOTAL			2870.24	1.707	-	1681.02

Coeficienți liniari de transfer termic ψ – pentru clădirea existentă, care au fost luați în considerare pentru calculul rezistențelor termice corectate, sunt prezentați în Tabelul 2a.

Rezistențe termice corectate calculate pentru elementele de anvelopă ale clădirii existente sunt prezentate în tabelul 3a (valori R , r și R'). În Tabel se calculează de asemenea rezistențele medii $\bar{R}$ și $\bar{R}'$. Rezultă:

$$\begin{aligned}\bar{R} &= 0,763 \text{ m}^2\text{K/W} \\ \bar{R}' &= 0,524 \text{ m}^2\text{K/W} \\ \bar{r} &= 0,687\end{aligned}$$

Coeficienți liniari de transfer termic ψ – pentru clădirea modernizată, care au fost luați în considerare pentru calculul rezistențelor termice corectate, sunt prezentați în Tabelul 2b.

Rezistențe termice corectate calculate pentru elementele de anvelopă ale clădirii modernizate sunt prezentate în tabelul 3b (valori R , r și R'). În Tabel se calculează de asemenea rezistențele medii $\bar{R}$ și $\bar{R}'$. Rezultă:

$$\begin{aligned}\bar{R} &= 2,208 \text{ m}^2\text{K/W} \\ \bar{R}' &= 1,566 \text{ m}^2\text{K/W} \\ \bar{r} &= 0,709\end{aligned}$$

Tabelul 2a

Coeficienți liniari de transfer termic - pentru clădirea existentă

Poziția		Detaliul		Ψ ₁ (pereți)	Ψ ₂ (planșee)		
Panou		N	Nervură curentă în panouri		0,376	-	
Secțiuni orizontale		0	1	Intersecție perete exterior-perete interior		1,016	-
			2	Colț ieșind curent		0,952	-
			3	Colț ieșind la rezalid		0,483	-
			4	Colț intrând la rezalid		0,581	-
Secțiuni verticale prin planșee	etaj curent	V	1	Intersecție perete exterior-planșeu		0,863	-
			2	Intersecție perete ext. -	fără termoizolație	0,987	-
			3	placă balcon	cu termoizolație	0,827	-
			4	Idem V2, dar lateral rezaliduri		0,896	-
	terasă	T	1	Cornișă curentă		0,419	0,464
			2	Peste balcoanele	fără termoizolație	0,421	0,375
			3	adiacente rezalidurilor	cu termoizolație	0,404	0,352
			4	Idem T2, dar lateral	fără placă cornișă	0,403	0,275
			5	rezaliduri	cu placă cornișă	0,374	0,362
	subsol	S	1	Soclu curent		0,389	0,331
			2	Soclu lateral rezalid		0,432	0,353
Contur tâmplărie exterioară		F	1	În panouri curente	lateral și sus	0,407	-
			2		solbancuri ferestre	0,490	-
			3		praguri uși de balcon	0,932	-
			4	Lateral rezaliduri	lateral și sus	0,262	-
			5		lateral colț intrând	0,595	-
			6		praguri uși de balcon	0,739	-

Tabelul 2b

Coeficienți liniari de transfer termic - pentru clădirea modernizată

Poziția	Detaliul		l	Ψ ₁ (pereți)	Ψ ₁ (planșeu)	θ _{si min}	
						pereți	planșee
			m	W/(mK)		°C	
Panou	N	-	602,04	0,01	-	18,8	-
Secțiuni orizontale	O	1	314,32	0,10	-	18,1	-
		2	53,28	0,22	-	16,8	-
		3	101,20	0,31	-	16,2	-
		4	24,56	0,15	-	18,3	-
Secțiuni verticale planșeu et. crt.	V	1	358,98	0,12	-	16,1	-
		2	80,00	0,63	-	14,5	-
		3	20,80	0,58	-	14,8	-
		4	18,00	0,61	-	14,6	-
Secțiuni verticale prin planșeu de terasă	T	1	95,84	0,19	0,29	14,9	
		2	14,80	0,13	0,18	14,9	
		3	5,20	0,12	0,17	14,7	
		4	7,84	0,12	0,15	14,4	
		5	4,16	0,11	0,17	14,6	

Poziția	Detaliul		l	Ψ ₁ (pereți)	Ψ ₁ (planșeu)	θ _{si min}	
						pereți	planșee
			m	W/(mK)			°C
Secțiuni verticale prin planșeu peste subsol	S	1	101,78	0,33	0,25	9,1	
		2	11,42	0,37	0,28	9,0	
		3	202,20	-	0,35	-	14,2
Contur tâmplărie exterioară	F	1	576,98	0,11	-	16,3	-
		2	204,74	0,18	-	15,9	-
		3	7,20	0,75	-	11,6	-
		4	96,00	0,09	-	17,0	-
		5	67,20	0,05	-	13,2	-
		6	27,00	0,61	-	9,5	-
TOTAL			2995,54	-	-	-	-

În tabelele 3a și 3b au fost utilizate următoarele relații:

1) Rezistență termică corectată $R' = r \cdot R$

2) Rezistență termică unidirecțională medie $\bar{R} = \frac{\sum A}{\sum \left(\frac{A}{R}\right)}$

3) Rezistența termică corectată medie $\bar{R}' = \frac{\sum A}{\sum \left(\frac{A}{R'}\right)}$

4) Coeficientul de reducere mediu $\bar{r} = \frac{\bar{R}'}{\bar{R}}$

Tabelul 3a

Tabel centralizator arii și rezistențe termice - clădirea existentă

Nr. crt.	Elementul de construcție perimetral		A	R	r	R' ¹⁾
			m ²	m ² K/W	-	m ² K/W
1	Pereți exteriori	curenți	1342,09	1,844	0,312	0,575
2		la intr.princ.	13,85	0,343	1,0	0,343
3		la intr.secund.	14,78	0,677	1,0	0,677
4	Tâmplărie exterioară	din lemn, cuplată	315,02	0,390	1,0	0,390
5		metalică, simplă	19,28	0,170	1,0	0,170
6	Pereți interiori	spre subsol	26,89	0,435	1,0	0,435
7		spre cam.pubele	38,87	0,492	1,0	0,492
8	Tâmpl.int.	spre subsol	3,04	0,340	1,0	0,340
9	Planșee exterioare	la terasă	546,15	1,140	0,880	1,003
10		sub et.I	8,71	1,690	1,0	1,690
11	Planșee interioare	peste subsol	534,34	0,378	0,973	0,368
12		peste cam.pubele	7,22	1,731	1,0	1,731
Total anvelopă			2870,24	0,763 ²⁾	0,687 ⁴⁾	0,524 ³⁾

Tabelul 3b

Tabel centralizator arii și rezistențe termice - clădirea modernizată

Nr. crt.	Elementul de construcție		A	R	r	R'
			m ²	m ² K/W	-	m ² K/W
1.	Pereți exteriori	curenți	1342,09	4,348	0,439	1,090
2.		la intr.princ.	13,85	2,842	1,0	2,843
3.		la intr.secund	14,78	1,706	1,0	1,706
4.	Tâmplărie exterioară	din lemn	315,02	0,650	1,0	0,650
5.		metalică	19,28	0,430	1,0	0,430
6.	Pereți interiori	spre subsol	26,89	0,435	1,0	0,435
7.		spre cam.pubele	38,87	0,492	1,0	0,492
8.	Tâmplărie inter.spre subsol		3,04	0,340	1,0	0,340
9.	Planșee exterioare	la terasă	546,15	4,669	0,711	3,320
10.		sub et.I	8,71	4,558	1,0	4,558
11.	Planșee interioare	peste subsol	534,34	3,045	0,658	2,004
12.		peste cam.pubele	7,22	1,731	1,0	1,731
Total anvelopă			2870,24	2,208 ²⁾	0,709 ⁴⁾	1,566 ³⁾

În tabelul 4a se prezintă rezistențele termice R și R', în comparație cu rezistențele termice necesare R'_{nec}. Pentru tâmplăria exterioară din lemn s-a considerat valoarea R'_{nec} = 0,39 m²K/W, pentru grupa de clădiri I.

Tabelul 4a

Comparație între rezistențele termice R, R' și rezistențele termice necesare R'_{nec} - clădirea existentă

Elementul de construcție		R' _{nec}	R	$\frac{R}{R'_{nec}} \cdot 100$	R'	$\frac{R'}{R'_{nec}} \cdot 100$
		m ² K/W	m ² K/W	%	m ² K/W	%
Pereți exteriori curenți		1,094	1,844	168,5	0,575	52,6
Tâmplărie ext.din lemn		0,390	0,390	100,0	0,390	100,0
Pereți interiori	spre subsol	0,469	0,435	92,7	0,435	92,7
	spre cam.pubele	0,438	0,492	112,3	0,492	112,3
Planșee exterioare	la terasă	1,458	1,140	78,2	1,003	68,8
	sub et.I	2,917	1,690	57,9	1,690	57,9
Planșee interioare	peste subsol	1,250	10,378	30,2	0,368	29,4
	peste pubele	1,167	1,731	148,3	1,731	148,3

În tabelul 4b se prezintă o comparație între valorile calculate ale rezistențelor termice și cele normate, în cazul clădirii modernizate.

Tabelul 4b

Rezistențe termice după modernizare în comparație cu rezistențele termice normate - clădire modernizată

Nr. crt.	Elementul de construcție		Rezistențe termice realizate		Rezistențe termice normate	
			R	R'	R' _{nec}	R' _{min}
			m ² K/W		m ² K/W	
1.	Pereți exteriori	curenți	4,35	1,91	1,09	1,80
2.		la intr.princ.	2,84	2,84	0,87	-
3.		la intr.secund.	1,71	1,71	0,87	-
4.	Tâmplărie exterioară	din lemn	0,65	0,65	0,39	0,77
5.		metalică	0,43	0,43	-	-
6.	Pereți interiori	spre subsol	0,44	0,44	0,75	-
7.		spre cam.pubele	0,49	0,49	0,47	-
8.	Tâmplărie int.spre subsol		0,34	0,34	-	-
9.	Planșee exterioare	la terasă	4,66	3,32	1,46	5,00
10.		sub et.I	4,56	4,56	2,92	4,50
11.	Planșeu interioare	peste subsol	3,04	2,00	2,00	2,90
12.		peste cam.pubele	1,73	1,73	1,25	2,90

În tabelul 5a se determină temperaturile θ_{si} pe suprafața interioară a elementelor de construcție perimetrale opace, în câmp curent (calcul unidirecțional) pentru clădirea existentă. Se aplică relația de calcul:

$$\theta_{si} = \theta_i - \frac{(\theta_i - \theta_j)}{h_i R}, \text{ în care } \theta_j = \theta_e \text{ sau } \theta_j = \theta_u, \theta_i = +20^\circ\text{C}$$

În toate cazurile $\theta_{si} > \theta_r$, în condițiile în care $\theta_r = +12^\circ\text{C}$ (pentru $\theta_i = +20^\circ\text{C}$ și $\varphi_i = 60\%$).

Tabelul 5a

Temperaturi superficiale interioare - clădire existentă

Elementul de construcție		θ_j	h_i	R	θ_{si}	φ_i *
		$^{\circ}\text{C}$	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	$^{\circ}\text{C}$	
Pereți exteriori din panouri	în fațade	-15	8,0	1,877	17,7	87
	la rezaliduri			1,512	17,1	83
Planșeu terasă				1,140	16,2	78
Planșeu sub et.I, spre ext.			6,0	1,690	16,5	80
Pereți	spre subsol	+5	8,0	0,435	15,7	77
Planșee			6,0	0,378	13,4	66
Pereți	spre cam.pubelelor	+6	8,0	0,492	16,4	79
Planșee			6,0	1,731	18,6	91

* Umiditatea relativă interioară la care apare condensul superficial în condițiile $\theta_i = 20^\circ\text{C}$.

Spre deosebire de situația relativ bună în ceea ce privește riscul de apariție a fenomenului de condens superficial - în câmp curent, la intersecții și în dreptul punților termice temperaturile superficiale minime $\theta_{si \text{ min}}$ au valori mult mai scăzute, în multe cazuri sub temperatura punctului de rouă.

Tabelul 5b

Temperaturi superficiale interioare - clădire modernizată

Elementul de construcție		θ_i °C	h_i W/(m²K)	R m²K/W	θ_{si} °C
Pereți exteriori din panouri	în fațade	-15	8,0	4,377	19,0
	la rezaliduri			4,012	18,9
	Planșeu terasă			4,669	19,1
Planșeu sub et.I, spre ext.			6,0	4,558	18,7
Pereți	spre subsol	-4	8,0	0,435	13,1
Planșeu			6,0	3,045	18,7
Pereți	spre cam.pubelelor	+5	8,0	0,492	16,2
Planșee			6,0	1,731	18,5

Evident, în toate cazurile:

$$\theta_{si} > \theta_r$$

Valorile obținute pentru majoritate a detaliilor îndeplinesc condiția: $\theta_{si} \geq 12,0^\circ\text{C}$

Coefficientul global cu de izolare termică G se determină pe baza relației de calcul:

$$G = \frac{A}{V} \frac{1}{R'_M} + 0,34 \cdot n \quad [\text{W}/(\text{m}^3\text{K})],$$

în care:

R'_M este rezistența termică, corectată medie a anvelopei:

$$R_M = \frac{A}{\sum \left(\frac{A_j \cdot \tau_j}{R'_j} \right)} \quad [\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$$

În tabelul 6a se calculează rezistența termică corectată medie a anvelopei, pentru clădirea existentă, considerând: $n = 0,7 \text{ h}^{-1}$; $V = 7230,52 \text{ m}^3$; $A = \sum A_j = 2870,24 \text{ m}^2$; Raportul între aria anvelopei și volumul clădirii: $\frac{A}{V} = \frac{2870,24}{7230,52} = 0,397 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Tabelul 6a

Determinarea rezistenței termice corectate medii a anvelopei - clădirea existentă

Nr. crt.	Elementul de construcție		A_j	R'_j	τ_j	$\frac{A_j \cdot \tau_j}{R'_j}$
			m²	m²/W	-	W/K
1.	Pereți exteriori	curenți	1342,09	0,575	1,00	2334,07
2.		la intr.princ.	13,85	0,343	1,00	40,38
3.		la intr.secund.	14,78	0,677	1,00	21,83
4.	Tâmplărie exterioară	din lemn, cuplată	315,02	0,390	1,00	807,74
5.		metalică, simplă	19,28	0,170	1,00	113,41
6.	Pereți interiori	spre subsol	26,89	0,435	0,43 ¹⁾	26,58
7.		spre cam.pubele	38,87	0,492	0,40 ²⁾	31,60

Nr. crt.	Elementul de construcție		A _j	R' _j	τ _j	$\frac{A_j \cdot \tau_j}{R'_j}$
			m ²	m ² /W	-	W/K
8.	Tâmplărie int.	spre subsol	3,04	0,340	0,43 ¹⁾	3,84
9.	Planșee exterioare	la terasă	546,15	1,003	1,00	544,52
10.		sub et.I	8,71	1,690	1,00	5,15
11.	Planșee interioare	peste subsol	534,34	0,368	0,43 ¹⁾	624,36
12.		peste cam.pubele	7,22	1,731	0,40 ²⁾	1,67
TOTAL			2870,24	0,630	-	4555,15

Rezistența termică corectată medie a anvelopei clădirii existente este:

$$R'_M = 0,630 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Rezultă, pentru clădirea existentă:

$$G = 0,397 \cdot \frac{1}{0,630} + 0,34 \times 0,7 = 0,630 + 0,238$$

$$G = 0,868 \text{ W/(m}^3\text{K)}$$

Pentru comparație, se stabilește valoarea coeficientului global normat pentru clădiri (pentru $N = 5$ și $A/V = 0,397 \text{ m}^{-1}$) $GN = 0,42 \text{ W/(m}^3\text{K)}$

Valoarea normată este depășită cu:

$$\frac{G - GN}{GN} 100 = \frac{0,868 - 0,420}{0,420} 100 = 106,7 \%$$

În tabelul 6b se calculează rezistența termică corectată medie a anvelopei, pentru clădirea modernizată, considerând: $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$; $V = 7230,52 \text{ m}^3$; $A = 2870,24 \text{ m}^2$;

$$\frac{A}{V} = 0,397 \text{ m}^2/\text{m}^3.$$

Tabelul 6b

Determinarea rezistenței termice corectate medii a anvelopei - clădirea modernizată

Nr. crt.	Elementul de construcție		A _j	R' _j	τ _j	$\frac{A_j \cdot \tau_j}{R'_j}$
			m ²	m ² /W	-	W/K
1	Pereți exteriori	curenți	1342,09	1,909	1,00	703,03
2		la intr.princ.	13,85	2,843	1,00	4,87
3		la intr.secund.	14,78	1,706	1,00	8,66
4	Tâmplărie exterioară	din lemn	315,02	0,650	1,00	484,65
5		metalică	19,28	0,430	1,00	44,84
6	Pereți interiori	spre subsol	26,89	0,435	0,69	42,65
7		spre cam.pubele	38,87	0,492	0,43	33,97
8	Tâmplărie int.	spre subsol	3,04	0,340	0,69	6,17
9	Planșee exterioare	la terasă	546,15	3,320	1,00	164,50
10		sub et.I	8,71	4,558	1,00	1,91
11	Planșee interioare	peste subsol	534,34	2,004	0,69	183,98
12		peste cam.pubele	7,22	1,731	0,43	1,79
TOTAL			2870,24	1,707	-	1681,02

Rezistența termică corectată medie a anvelopei clădirii modernizate este: $R'_M = 1,707 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Rezultă, pentru clădirea modernizată:

$$G = 0,397 \cdot \frac{1}{1,707} + 0,34 \times 0,5 = 0,233 + 0,170$$

$$G = 0,403 \text{ W/(m}^3\text{K)}$$

Valoarea $G = 0,403 \text{ W/(m}^3\text{K)}$ reprezintă 46,4 % din valoarea inițială $G = 0,868 \text{ W/(m}^3\text{K)}$ și este puțin mai mică decât valoarea normată $G_N = 0,42 \text{ W/(m}^3\text{K)}$

Necesarul anual de căldură pentru încălzire se determină considerând calculul simplificat conform normativului C107-2005 [1,2], astfel:

1) Se determină temperatura interioară medie; calculul se face pentru un apartament de 3 camere:

- Încăperi de locuit	$A_{loc} = 40,5 \text{ m}^2$	$\theta_i = +20^\circ\text{C}$
- Bucătărie	$A_u = 9,0 \text{ m}^2$	$\theta_i = +18^\circ\text{C}$
- Baie	$A_u = 4,2 \text{ m}^2$	$\theta_i = +22^\circ\text{C}$
- Încăperi anexe	$A_u = 68,3 - 53,7 = 14,6 \text{ m}^2$	$\theta_i = +18^\circ\text{C}$

$$\theta_i = \frac{20 \times 40,5 + 22 \times 4,2 + 18 \times 23,6}{68,3} = 19,4^\circ\text{C}$$

2) Se determină numărul anual de grade zile de calcul:

$$N_{12}^{20} = 3170 \text{ K zile}$$

$$D_{12} = 190 \text{ zile}$$

$$N_{12}^{19,4} = 3170 - (20 - 19,4)190 = 3056 \text{ K zile}$$

3) Coeficientul de corecție (punct termic cu reglaj manual, instalații fără dispozitive de reglare termostată):

$$C = 0,963$$

4) Aportul de căldură internă:

$$Q_i = 7 \text{ kWh/(m}^3\text{an)}$$

5) Aportul de căldură provenit din radiațiile solare se calculează cu relația:

$$Q_s = 0,40 \times g \frac{1}{V} \Sigma(I_{Gj} \cdot A_{Fj})$$

în care:

$g = 0,75$ - pentru geamuri duble

$$V = 7230,52 \text{ m}^3$$

$$I_{Gj} = \frac{24}{1000} D_{12} \cdot I_{Tj}$$

$$I_{Gj} = \frac{24}{1000} 190 \cdot I_{Tj} = 4,56 \times I_{Tj}$$

Rezultă:

$$Q_s = 0,40 \cdot 0,75 \frac{1}{7230,52} \cdot 4,56 \Sigma(I_{Tj} \cdot A_{Fj}) = \frac{0,1892}{1000} \Sigma(I_{Tj} \cdot A_{Fj})$$

Termenul $\Sigma(I_{Tj} \times A_{Fj})$ se calculează în Tabelul A2 pe baza ariilor A_{Fj} și a valorilor I_{Tj}

Tabelul 7

Parametrul	Simbolul	UM	Orientare cardinală "j"			
			S	N	E	V
Aria tâmplăriei exterioare	A_F	W/m^2	92,5	20,3	47,4	47,4
Intensitatea radiației solare totale	I_T	m^2	113,42	129,42	45,54	45,92
$A_F \times I_T$		W	10491,35	2627,23	2158,60	2176,61
$\Sigma(I_{Tj} \times A_{Fj})$		W	17453,79			

Rezultă:

$$Q_s = \frac{0,1892}{1000} \times 17453,79 = 3,3 \text{ kWh}/(m^3 \text{ an})$$

6) Necesarul anual de căldură pentru încălzire se calculează cu relația (1):

$$Q = \frac{24}{1000} CxN_{12}^{19,4} xG - (Q_i + Q_s)$$

în care:

$$G = 0,868 \text{ W}/(m^3 K)$$

Rezultă:

$$Q = \frac{24}{1000} 0,963 \times 3056 \times 0,868 - (7,0 + 3,3)$$

$$Q = 51,00 \text{ kWh}/(m^3 \text{ an})$$

7) Pentru comparație, se calculează necesarul anual de căldură pentru încălzire, normat pentru clădirile de locuit:

$$QN = 10 + 25 \frac{A}{V}$$

$$QN = 10 + 25 \times 0,397 = 19,9 \text{ kWh}/(m^3 \text{ an})$$

Valoarea normată pentru clădirea modernizată, raportată la aria utilă, rezultă:

$$QN' = 3,378 \text{ QN} = 3,378 \times 19,9 = 67,22 \text{ kWh}/(m^2 \text{ an})$$

Pentru clădirea modernizată, apar următoarele diferențe:

- coeficientul de corecție se menține același, pentru a evidenția doar influența modernizării anvelopei; probabil însă că trebuie adoptată valoarea: $C = 0,893$ - curba 1b
- aportul de căldură provenit din radiația solară trebuie redus cu raportul $\frac{0,45}{0,75}$, reprezentând raportul dintre valoarea "g" aferentă situației inițiale și valoarea "g"

după modernizare (un geam simplu + un geam termoizolant dublu, având o suprafață tratată):

$$Q_s = 3,3 \frac{0,45}{0,75} = 2,0 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \text{ an})$$

Rezultă pentru clădirea modernizată:

$$Q = \frac{24}{1000} 0,963 \times 3056 \times 0,403 - (7,0 + 2,0)$$

$Q = 19,5 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \text{ an})$; În cazul considerării valorii $C = 0,893$ rezultă: $Q = 17,4 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \text{ an})$,

În tabelul 8 se prezintă, sintetic, rezultatele obținute pentru clădirea existentă și cea modernizată.

Tabelul 8

Necesarul anual de căldură pentru încălzire - clădirea existent versus clădirea modernizată

Necesarul anual de căldură pentru încălzire - comparația dintre metoda existentă versus metoda modernizată							
Parametrul		Varianta Coef."C"	Q		$\frac{Q_1}{Q_0} \cdot 100$	QN	$\frac{Q_1}{QN} \cdot 100$
			după modernizare	înainte de modernizare			
			Q ₁	Q ₀			
		-	kWh/(m ³ an)		%	kWh/(m ³ an)	%
Necesarul anual de căldură pentru încălzire	pe 1m ³	0,963	19,5	51,0	38,2	19,9	97,9
		0,893	17,4		34,1		87,4
	pe 1 apart.*	-	Gcal/an		%	Gcal/an	%
		0,963	3,19	8,35	38,2	3,26	97,9
		0,893	2,85		34,1		87,4

* Volumul unui apartament mediu (2, 5 camere)

$$V = \frac{7230,52}{38} = 190,3 \text{ m}^3$$

5. Concluzii

- Influența punților termice, la clădirile din panouri mari care sunt izolate termic bine în câmp curent, face ca rezistențele termice corectate să scadă mult față de cele unidirecționale atât în situația existentă cât și în cea modernizată. Evaluarea corectă a acestei scăderi este deosebit de importantă pentru un calcul corect al performanței energetice a clădirilor. Astfel,
 - la pereții exteriori, pentru clădirea existentă, de la $R = 1,844 \text{ m}^2\text{K/W}$ la $R' = 0,575 \text{ m}^2\text{K/W}$ ($r = 0,312$), iar pentru clădirea modernizată de la $R = 4,384 \text{ m}^2\text{K/W}$ la $R' = 1,090 \text{ m}^2\text{K/W}$ ($r = 0,439$),
 - la terasă, pentru clădirea existentă, de la $R = 1,140 \text{ m}^2\text{K/W}$ la $R' = 1,003 \text{ m}^2\text{K/W}$ ($r = 0,880$), iar pentru clădirea modernizată de la $R = 4,669 \text{ m}^2\text{K/W}$ la $R' = 3,320 \text{ m}^2\text{K/W}$ ($r = 0,711$),
 - la planșeul peste subsol, pentru clădirea existentă, de la $R = 0,378 \text{ m}^2\text{K/W}$ la $R' = 0,368 \text{ m}^2\text{K/W}$ ($r = 0,973$), iar pentru clădirea modernizată de la $R = 3,045 \text{ m}^2\text{K/W}$ la $R' = 2,004 \text{ m}^2\text{K/W}$ ($r = 0,658$),

- pe ansamblul anvelopei clădirii, rezistența medie corectată scade, pentru clădirea existentă - de la $0,763 \text{ m}^2\text{K/W}$ la $0,524 \text{ m}^2\text{K/W}$ ($r = 0,687$), iar pentru clădirea modernizată - de la $2,208 \text{ m}^2\text{K/W}$ la $1,566 \text{ m}^2\text{K/W}$ ($r = 0,709$),
- 2. La clădirile din panouri mari este necesară și evaluarea riscului de apariție a condensului pe suprafața interioară precum, în unele cazuri a condensului interstițial.
- 3. Calculul coeficientului global de izolare termică G reprezintă un instrument prețios, singurul cu care se pot identifica, încă din fazele preliminare de evaluare, suprafețele prin care se disipează fluxurile termice majore și cu care se pot stabili grosimile straturilor suplimentare de termoizolație care conduc la obținerea unor performanțe cât mai apropiate de cele ale clădirii de referință.
- 4. Aplicarea metodei termografice pentru investigarea fațadelor clădirilor din panouri mari existente este deosebit de utilă pentru aprecierea procentului de punți termice care trebuie corectate dar utilizarea acestei metode nu trebuie făcută la întâmplare ci pe baza unor cunoștințe dobândite prin specializare și studiu, iar interpretarea imaginilor termografice trebuie făcută cu grijă și cu știință pentru a nu conduce la concluzii eronate.
- 5. Clădirile de locuit din panouri mari prezintă o mare diversitate din punct de vedere a alcătuirii panourilor de fațadă, funcție de perioada în care au fost construite, caracterizată printr-o anumită etapă în evoluția acestui sistem constructiv.
- 6. Clădirile din panouri mari pe lângă punțile termice din dreptul îmbinărilor, au un procent mare de punți termice în interiorul panourilor prefabricate care nu pot fi corect apreciate decât printr-o cunoaștere aprofundată a principiilor de proiectare, alcătuire și execuție a acestora.
- 7. Documentația existentă nu oferă informațiile necesare pentru o analiză higrotermică a anvelopei în conformitate cu realitatea, multe aspecte esențiale rămânând la aprecierea auditorului energetic. Aceasta poate conduce la diferențe semnificative între performanța energetică a unor apartamente sau clădiri similare, dacă evaluarea a fost făcută de persoane diferite.
- 8. Termografia IR aduce un plus de precizie relativ la ponderea punților termice, dar nu poate fi utilizată pentru fiecare certificat de apartament, dacă luăm în considerare numai faptul că ar trebui să crească semnificativ prețurile corespunzătoare acestei activități (actualmente foarte scăzute).
- 9. În aceste condiții elaborarea unui material unitar, sub forma unui „ghid” sau „îndrumător” care să ofere niște criterii precise și ușor de apreciat, pe baza cărora să poată fi identificat proiectul tip după care a fost realizată clădirea și implicit structura panourilor de fațadă, ar conduce la eliminarea discrepanțelor în evaluarea performanței energetice a apartamentelor și blocurilor de locuințe similare, constituind un instrument deosebit de util în special auditorilor energetici care nu sunt arhitecți sau ingineri constructori. Obligativ, materialul ar trebui să conțină valorile coeficienților de transfer termic linear corespunzători tuturor tipurilor de punți termice identificate.

Referințe

1. *** Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor, indicativ C107-2005, aprobat prin ordin MTCT nr. 2055 din 29 noiembrie 2005 în MO nr. 1.124 bis din 13 decembrie 2005.
2. *** Ordin MDRT nr. 2513 din 22 noiembrie 2010, privind modificarea reglementării tehnice indicativ C107-2005, publicat în MO partea I nr. 828 din 8.XII.2010.