

Rolul punților termice în perspectiva standardului *nZEB*

The role of thermal bridges in the perspective of the *nZEB* standard

Ioan BOIAN

Universitatea Transilvania Brașov, Romania

Bulevardul Eroilor 29, Brașov

email: boian.ioan@gmail.com

DOI:10.37789/rjce.2020.11.2.8

Rezumat. Reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră GES este direct legată de utilizarea mai eficientă a combustibililor fosili ca sursă de energie pentru asigurarea confortului termic alături de îmbunătățirea performanței termice a anvelopei clădirilor. Efortul depus în ultimele decenii pentru îmbunătățirea izolării și pentru etanșarea mai adecvată a clădirilor, mai ales cele rezidențiale și cele din sectorul terțiar trebuie însoțite de eliminarea pe cât posibil a pierderilor suplimentare de căldură survenite prin punțile termice, mai ales că efectul produs de acestea se accentuează odată cu izolarea anvelopei. Atingerea standardului *nZEB* dezvoltat în cadrul Directivei de Performanță Energetică a Clădirilor implică măsuri și soluții constructive care să conducă la obiectivul stabilit de aceasta. În acest context sunt prezentate cerințele stabilite de standardele românești C107-2010 și Ordinul 2641/2017, punându-se în evidență ponderea jucată de punțile termice. Totodată este prezentat și efectul izolării peretelui fără o izolare corespunzătoare a plăcii balconului evidențindu-se efectul global final, neașteptat de nesemnificativ, ca exemplu de avut în vedere în abordările practice.

Cuvinte cheie: emisii de gaze, efect de seră, izolație corespunzătoare

Abstract. Reducing GHG emissions is directly linked to more efficient use of fossil fuels as an energy source to ensure thermal comfort while improving the thermal performance of building envelopes. Efforts in recent decades to improve insulation and make buildings more suitable for sealing, especially residential and tertiary sectors, must be accompanied by the elimination as far as possible of additional heat loss from thermal bridges, especially as their effect is accentuated with tire insulation. Achieving the *nZEB* standard developed under the Energy Performance of Buildings Directive involves constructive measures and solutions that lead to the goal set by it. In this context, the requirements established by the Romanian standards C107-2010 and Order 2641/2017 are presented, highlighting the weight played by thermal bridges. At the same time, the effect of wall insulation without a proper insulation of the balcony slab is presented, highlighting the final global effect, unexpectedly insignificant, as an example to consider in practical approaches.

Keywords: gas emissions, greenhouse effect, proper insulation

1. Introducere

Încălzirea globală, cauza schimbărilor climatice monitorizate în ultimele decenii, a fost identificată ca efect al emisiilor de gaze cu efect de seră, GES în principal al celor de dioxid de carbon, CO₂. Sursele cele mai importante de emisii de CO₂ sunt considerate a fi clădirile și vehiculele de transport. Clădirile al căror confort termic este legat de utilizarea combustibililor fosili sunt vizate în viitorul apropiat ca surse de reîncărcare a bateriilor autovehiculelor electrice parcate în vecinătatea lor, conform planurilor dezvoltate la Bruxelles. Totodată clădirile vechi, sau noi sunt parte a planurilor de dezvoltare concepute tot la Bruxelles în scopul reducerii emisiilor de GES prin decarbonizare, respectiv prin înlocuirea surselor de căldură bazate pe combustibilii fosili cu cele având ca sursă energia regenerabilă. Această schimbare de paradigmă implică o serie de măsuri și soluții tehnice referitoare la eficiența energetică a clădirii și care intră în obligațiile auditorului energetic în calitate de consultant de specialitate.

Înlocuirea surselor de energie bazate pe combustibilii fosili cu cele de energie regenerabilă implică în prealabil o eficientizare energetică a anvelopei clădirilor, respectiv o reducere a pierderilor de căldură către mediul ambiant rezultată ca urmare a îmbunătățirii izolației termice precum și a etanșării la infiltrațiile nedorite de aer. Proiectarea noilor clădiri în concordanță cu aceste principii rezolvă doar o parte minoră a sarcinii pe care o avem în față, având în vedere că ponderea acestor clădiri noi reprezintă aprox 1% din mediul construit. Restul de 99% necesită un efort de renovare /reabilitare referitor la izolarea elementelor de construcție -pereții exteriori, acoperiș, și pardoseala către sol, toate vizând reducerea *transmitanței termice U*. Pe lângă aceasta trebuie avut în vedere și faptul că pierderile de căldură dinspre interiorul clădirii către mediul ambiant sunt amplificate de transferul termic bi- și chiar tridirecțional, ceea ce este abordat în practica construcțiilor cu ajutorul conceptului de *punte termică*. Proiectarea *clădirilor cu consum de energie aproape zero, nZEB* necesită o reducere dramatică a punților termice însoțită de eliminarea infiltrațiilor de aer prin diverse deschideri sau îmbinări de elemente de construcție. Este de remarcat faptul că odată cu izolarea mai eficientă a anvelopei rezultată în urma standardelor recente ponderea punților termice crește. Se poate ajunge la situația în care după îmbunătățirea izolației anvelopei punțile termice să reprezinte o pierdere de căldură comparabilă, sau chiar mai mare decât aportul de energie furnizat de panourile solar termice instalate pentru apa caldă de consum menajer (și această fără știrea utilizatorului/ ocupantului clădirii).

În consecință este necesar să se ia considerare nu numai valorile transmitanței pentru pereți, acoperiș, și podea ci și efectul produs de punțile termice, în condițiile în care pierderile de căldură aferente acestora reprezintă circa 30% din total. O proiectare mai îngrijită a detaliilor și o execuție adecvată care să permită o etanșare îmbunătățită a anvelopei pot conduce la o reducere cu 10% a emisiilor anuale de CO₂ – acesta este rezultatul cercetărilor în domeniu. Respectarea unor recomandări referitoare la

proiectarea și execuția lucrărilor în cazul buiandrugilor, a îmbinărilor pereților cu podeaua, respectiv a tavanului cu pereții, respectiv cu frontonul poate conduce la o îmbunătățire a performanței cu minim 85% [1].

2. Conformarea performanței termice a clădirii cu prescripțiile standardelor românești

Performanța energetică a anvelopei clădirilor rezultată din cerințele minime pentru diferitele elemente componente sunt precizate în Ordinul 2641 din 2017 [2]. Astfel, în cazul clădirilor rezidențiale consumul specific anual de energie primară $q_{an,max}$ din surse neregenerabile pentru încălzirea clădirii este limitat la 153 kWh/(m² an) pentru clădirile având maximum trei niveluri, respectiv la 117 kWh/(m² an) în cazul celor peste trei niveluri.

De menționat, cu titlu informativ, că metodologia reformată Mc 001 aflată în curs de finalizare stabilește valori pentru clădirile de locuit și pentru utilitatea ”încălzire” în funcție de clasa energetică conform grilei prezentate în Figura 1,

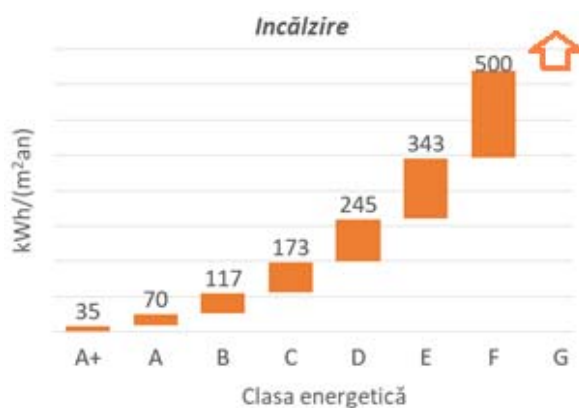


Fig.1. Definierea claselor energetice pentru utilitatea ”încălzire” în cazul clădirilor rezidențiale (conform noii metodologii Mc 001).

Totodată Ordinul 2641 din 2017 precizează și condiția ca valoarea coeficientului global de izolare termică, G să nu depășească valoarea normată GN

$$G < GN \quad (2)$$

Coeficientul global de izolare termică, G este definit în funcție de coeficientul de compactitate (raportul dintre aria anvelopei, A și volumul încălzit închis de aceasta, V) precum și de rezistența termică corectată medie R'_m ajustate cu factorul de corecție al temperaturilor exterioare τ , la care se adaugă termenul ce ține cont de viteza de ventilare a clădirii, așa-numitul număr de schimburi de aer orar, n

$$G = \frac{A}{R'_m V} \tau + 0.34 \cdot n \quad (3)$$

Factorul de corecție al temperaturilor exterioare τ , este definit cu ajutorul temperaturii interioare de calcul θ_i , respectiv exterioare de calcul θ_e , precum și a temperaturii din spațiile neîncălzite, θ_u .

$$\tau = \frac{\theta_i - \theta_u}{\theta_i - \theta_e} \quad (4)$$

Valoarea normată a coeficientului global de izolare termică, GN este redată sub formă tabelară, în corelație cu numărul de niveluri, N și cu coeficientul de compactitate, A/V . În Figura 2 este reprezentată dependența coeficientului global normat de izolare termică, GN în funcție de coeficientul de compactitate A/V și având ca parametru numărul de niveluri, N . Se poate observa că sporirea numărului de niveluri atrage o reducere a coeficientului de compactitate A/V , precum și valori normate ale coeficientului global de izolare termică, GN , mai scăzute ceea ce rezidă în necesitatea unei izolații termice mai accentuate pe măsură ce numărul de niveluri este mai mic. Altfel spus, clădirile unifamiliale vor trebui să fie caracterizate printr-o rezistență termică corectată medie, pe ansamblul clădirii R'_m mai mare.

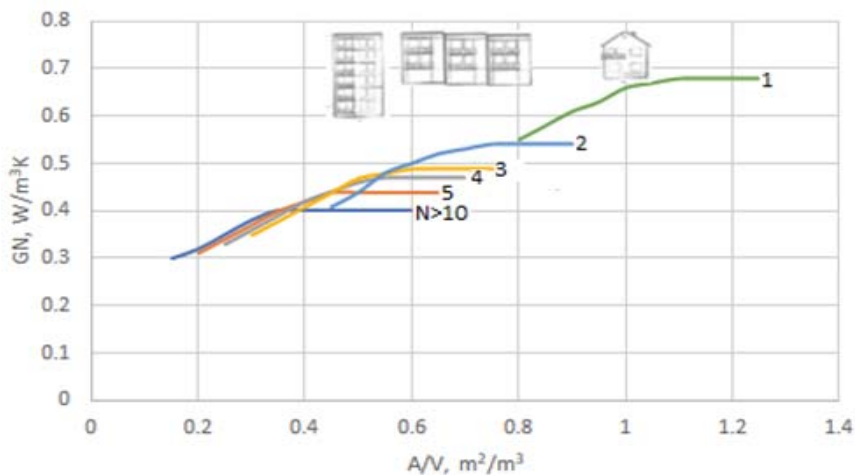


Fig. 2. Corelarea coeficientului global normat de izolare termică, GN cu coeficientul de compactitate A/V și având ca parametru numărul de nivele ale clădirii, N .

Pe lângă condiția referitoare la coeficientului global de izolare termică, G Ordinul 2641 din 2017 mai precizează și cerința ca rezistența termică corectată pentru fiecare element de construcție al clădirii R' să depășească valorile minime impuse R'_{min}

$$R' > R'_{min} \quad (5)$$

Rolul punților termice în perspectiva standardului nZEB

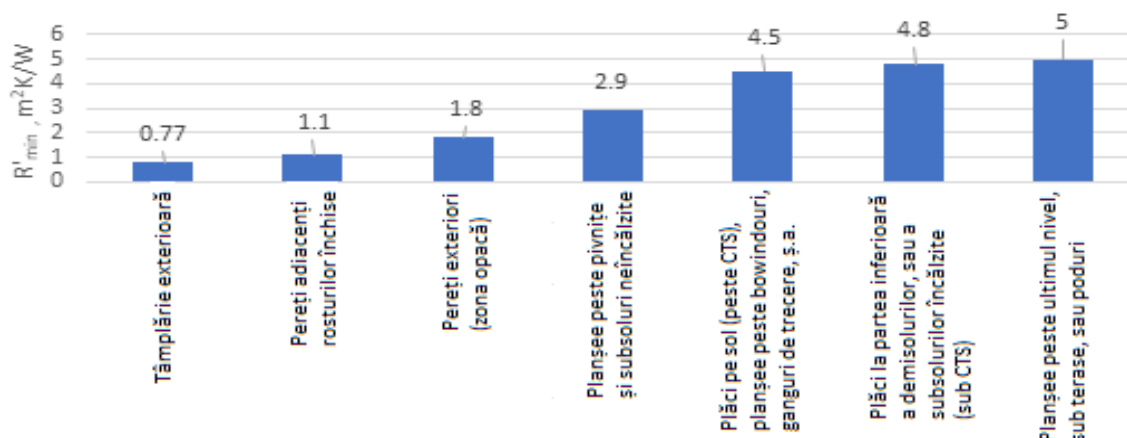


Fig. 3. Rezistențe termice corectate minime (valori normate).

În Figura 3 sunt prezentate valorile minime corectate ale rezistențelor termice normate așa cum sunt menționate în Tabelul 1 al Ordinului 2641.

Rezistența termică corectată R' a unui element de construcție (inversul transmitanței termice corectate $U' = 1/R'$) rezultă ca urmare a pierderilor de căldură ce survin în paralel cu cea unidirecțională R , respectiv cele datorate punților termice lineare $R_{\psi} = \frac{A}{\sum(\psi l)}$, precum și a celor punctuale $R_{\chi} = \frac{A}{\sum \chi}$

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_{\psi}} + \frac{1}{R_{\chi}} \quad (6)$$

Coeficienții specifici lineari, ψ respectiv punctuali χ de transfer termic care intervin în expresiile rezistențelor termice ale punților termice indicate mai sus reprezintă corecțiile aduse fluxului unidirecțional de cel bi- și tridirecțional care intervin în zonele de neomogenitate ale elementelor de construcție. La evaluarea rezistențelor termice ale punților termice mai intervine și aria anvelopei, A , respectiv lungimea fiecărei punți termice lineare, l . De regulă, punțile termice au ca efect o diminuare a rezistenței termice unidirecționale R ca urmare a unui flux termic bi-, sau tridimensional, exprimată cu ajutorul coeficientului de reducere a rezistenței termice unidirecționale, r

$$r = \frac{R'}{R} = \frac{1}{1 + \frac{R}{R_{\psi}}} \quad (7)$$

Coeficienții specifici aferenți punților termice lineare, ψ , pot avea atât valori pozitive, ceea ce conduce la o reducere a rezistenței termice corectate față de cea unidirecțională, ($R' < R$) precum și valori negative, caz în care rezistența termică corectată va avea o valoare mai mare comparativ cu cea unidirecțională ($R' > R$).

În privința punților termice punctuale trebuie specificat că acestea nu sunt întotdeauna ușor de evaluat prin calcul ceea ce face ca ele să fie adesea neglijate în practică. De altfel, este util ca punțile termice punctuale să fie, pe cât posibil, evitate atât în faza de proiectare cât și în cea de execuție a lucrărilor prin soluțiile constructive adoptate.

Ponderea pe care o au diferitele tipuri de punți termice lineare depinde atât de valoarea coeficienților lineari, ψ , cât și de lungimea corespunzătoare a punții termice respective, l . Din Figura 4 se poate observa că majorarea ponderii rezistenței termice a punților termice lineare atrage după sine și sporirea coeficientului de reducere a rezistenței termice unidirecționale, r : la o valoare egală a rezistenței termice a punților

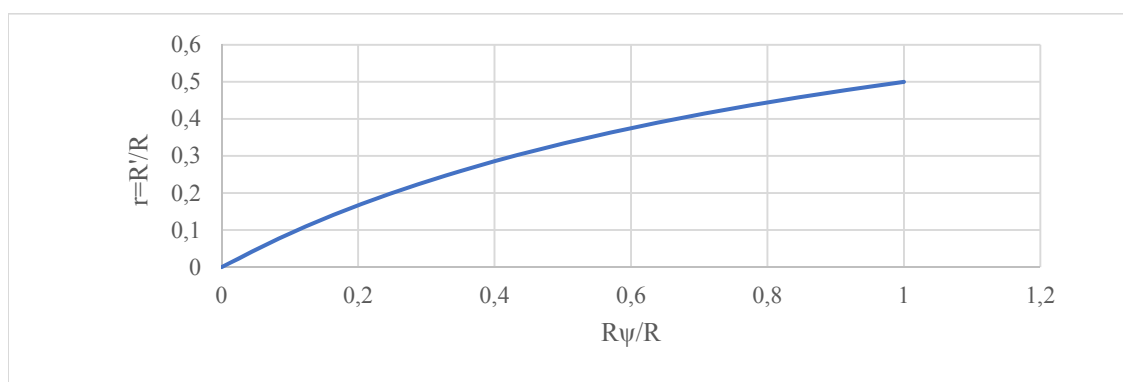


Fig. 4. Influența ponderii rezistenței termice a punților termice lineare asupra coeficientului de reducere a rezistenței termice unidirecționale, r .

termice lineare cu cea unidirecțională ($R_{\psi} = R$) rezistența termică corectată se înjumătățește față de cea unidirecțională ($R' = 0,5 \cdot R$). Consecința punților termice se regăsește în pierderile de căldură sporite datorită ”scurtăturii” prin punțile termice pe care o urmează fluxul de căldură. De regulă, punțile termice planșeu-perete și cele care intervin la îmbinarea plăcii balconului cu peretele au efectul cel mai defavorabil, urmate fiind de cele glafului lateral al ferestrei, respectiv a glafului inferior al ferestrei, mai ales datorită numărului de ferestre și de uși.

3. Punțile termice și izolarea termică

Elementele de construcție critice din punctul de vedere al punților termice sunt balcoanele, buiandrugii din pereții de cărămidă, intersecțiile pereților cu placa pe sol, intersecțiile pereților cu ferestrele, stâlpii de oțel, bolțurile și pragurile integrate în elementele de construcție. Pierderile de căldură se amplifică datorită punților termice ca urmare a reducerii rezistenței termice a anvelopei. Reducerea și chiar evitarea punților termice este prin urmare nu doar recomandată ci chiar necesară. Izolarea cu ajutorul unui strat continuu realizat din vată minerală, spumă rigidă, sau panouri din polistiren reprezintă o primă soluție, care trebuie însoțită de utilizarea ferestrelor termopan cu

(două)/trei foi de geam și gaz inert, acoperite cu un strat având emisivitate redusă și integrate în rame produse din materiale cu conductivitate redusă. Însă odată cu creșterea nivelului de izolare termică importanța relativă a punților termice se amplifică în cadrul bilanțului de căldură. Valorile coeficienților lineari, ψ , se majorează cu ocazia izolării suplimentare ca urmare a creșterii grosimii izolației în vecinătatea punților termice [3] având ca efect nedorit sporirea pierderilor de căldură prin acestea și reducerea temperaturii pe suprafețele interioare aferente, condensarea locală și reducerea confortului termic. Nu trebuie neglijate nici temperaturile mai scăzute din interiorul structurii care vor conduce la tensiuni suplimentare în material și la posibila condensare interstițială cu deteriorări rezultate din umiditatea apărută.

Pentru clădirile mici, precum casele de locuit unifamiliale, coeficientului de compactitate, A/V , are valori nefavorabile, relativ mari, ceea ce face necesară evitarea sau reducerea punților termice.

Conexiunile balcoanelor, care introduc punți termice adiționale semnificative, implică măsuri de compensare scumpe și adesea împiedică atingerea unui standard ridicat cum este de exemplu cel de casă pasivă. Balconul reprezintă o extindere a suprafeței prin care are loc schimb de căldură și implicit conduce la majorarea pierderilor termice ale clădirii, manifestându-se ca un schimbător de căldură, nedorit, dar eficient, Figura 5.

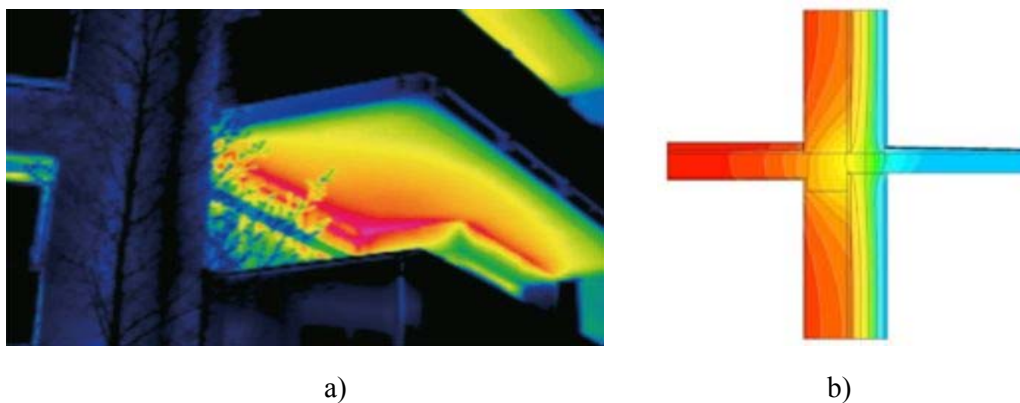
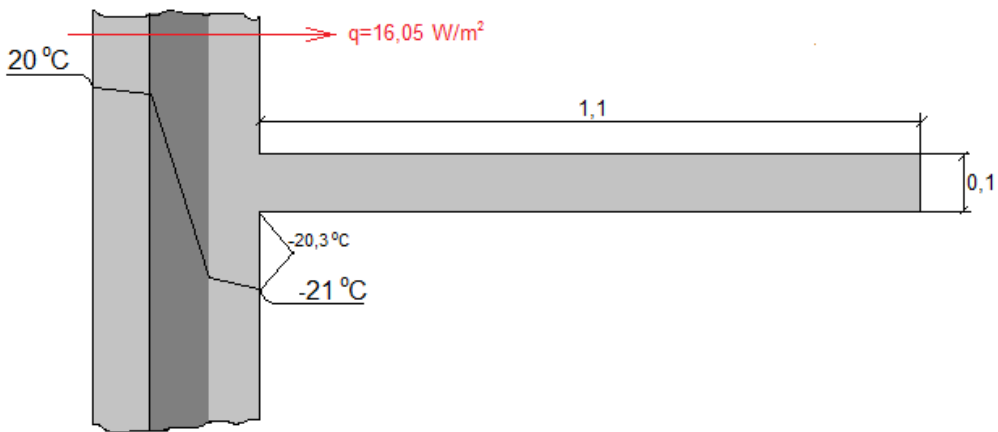


Fig. 5. Evidențierea punții termice în cazul plăcii balconului: a) imagine termografică; b) simulare numerică.

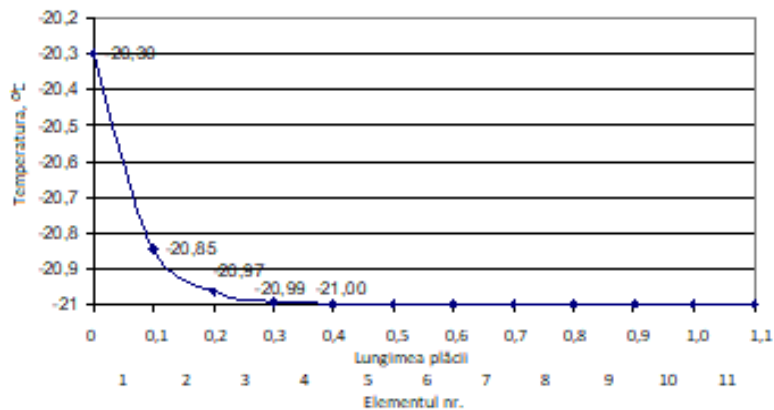
3.1. Balcoane în consolă: înainte și după izolarea termică a peretelui adiacent

Exemplul numeric [4] ce va fi prezentat în continuare vizează punerea în evidență a pierderilor de căldură relativ importante caracteristice plăcii balconului precum și efectul produs asupra acestor pierderi prin izolarea anvelopei în speță a fațadei acesteia. Situația analizată, cu placa discretizată în 11 elemente, este prezentată în Figura 6.a, iar în Figura 6.b este arătată distribuția temperaturilor în placa balconului așa cum au

rezultat din calcul. Totodată au fost calculate și pierderile de căldură prin fiecare element al plăcii, valorile rezultate fiind înfățișate în Figura 6.c. S-a considerat un perete având un strat de vată minerală între cele două plăci de beton, cu suprafața de 10 mp și cu rezistență termică unidirecțională $R_{p\ neiz} = 2,56 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (în această etapă nu există izolație pe fața exterioară a peretelui). În aceste condiții pierderea de căldură prin perete este $Q_{p\ neiz} = 3,85 \text{ kWh/zi}$ atunci când temperatura interioară este menținută la valoarea de $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ iar cea exterioară este de $-21 \text{ }^\circ\text{C}$. Placa balconului considerată a avea aceeași lungime ca și peretele de care este atașată ”extrage” zilnic din clădire o cantitate de căldură de 4,3 kWh/zi: fluxul termic specific prin placă este $q_{b\ neiz} = 40,72 \text{ W/m}^2$ în vreme ce prin perete este de 2,5 ori mai redus $q_{p\ neiz} = 16,04 \text{ W/m}^2$. Se poate remarca faptul că placa balconului are pe întreaga sa adâncime aproximativ aceeași temperatură ca și cea a aerului exterior $-21 \text{ }^\circ\text{C}$: doar primele trei elemente ale plăcii din vecinătatea peretelui diferă cu mai puțin de un grad de temperatura exterioară. Aceasta face ca elementele 5, 6...11 să contribuie neglijabil la pierderile de căldură ale plăcii – doar primele trei elemente sunt practic active în procesul de transfer termic.

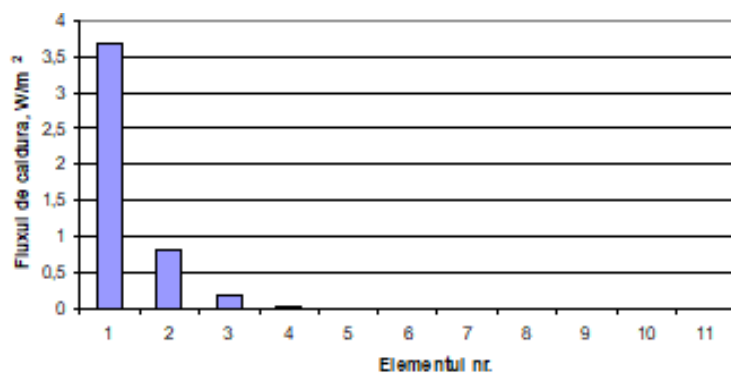


a)



b)

Rolul punților termice în perspectiva standardului nZEB



c)

Fig. 6. Placa balconului (a) cu distribuția temperaturilor (b) și fluxul de căldură specific pentru fiecare element discretizat (c) înainte de izolarea peretelui.

După izolarea termică cu 10 cm de polistiren /vată minerală a peretelui, Figura 7 de care este fixată placa rezistența termică a acestuia se îmbunătățește devenind $R_{p\ iz} = 4,83 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, ceea ce determină o reducere sensibilă a pierderilor de căldură, anume $Q_{p\ iz} = 2,0 \text{ kWh/zi}$, adică o scădere la aproape jumătate comparativ cu peretele inițial neizolat.

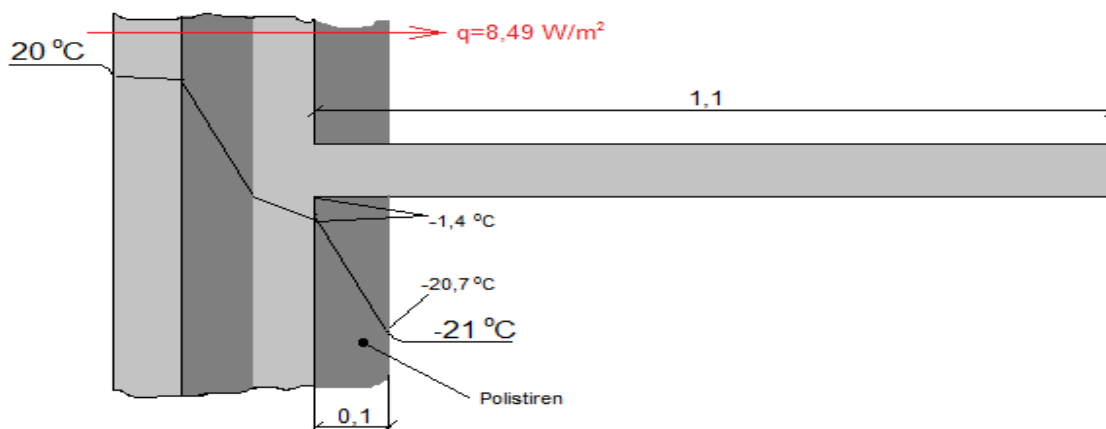


Fig. 7. Adăugarea unui strat de izolație pe fața exterioară a peretelui.

Izolarea continuă a pereților exteriori poate îmbunătăți rezistența termică cu 55% până la 97% ceea ce are un efect pozitiv asupra temperaturile interioare ale pereților. Stratul de izolație aplicat pe perete împiedică contactul termic al plăcii la baza sa cu aerul exterior și implicit se poate considera că nu va exista nici schimb de căldură cu mediul în zona primului element al plăcii. Figura 8 prezintă distribuția temperaturii în placa balconului după izolarea peretelui: se remarcă valori mai ridicate ale temperaturilor față de situația anterioară – 1,4 °C față de -20,3 °C la primul element și

-17 °C față de -20,85 la cel de-al doilea element. Fluxul de căldură specific prin perete s-a redus aproape la jumătate: 8,49 W/m² comparativ cu 16,05 W/m².

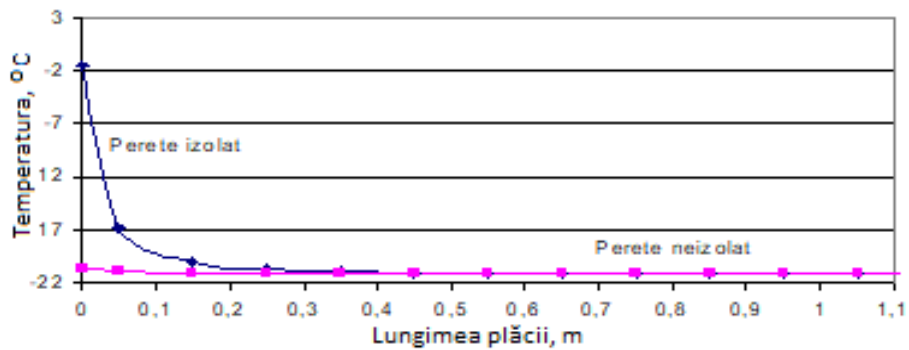


Fig. 8. Distribuția temperaturilor în placa balconului, înainte și după izolarea peretelui pe fața sa exterioară.

Totodată, creșterea temperaturilor din placă față de situația peretelui neizolat conduce la pierderi majorate de căldură, pentru fiecare element al plăcii, așa cum rezultă din Figura 9.

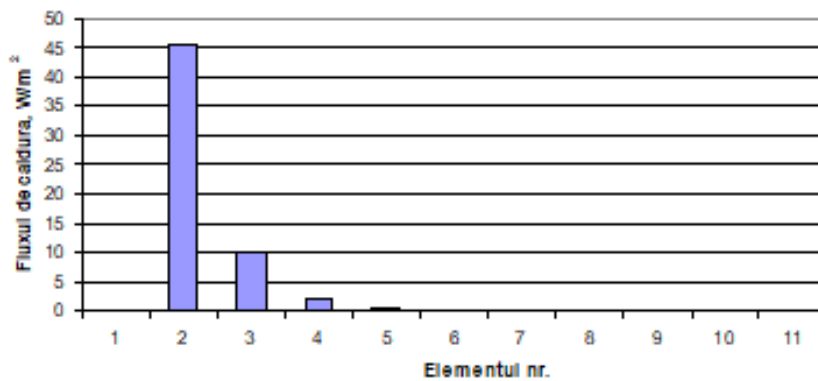


Fig.9. Distribuția fluxului termic specific pe elementele discretizate ale plăcii balconului.

Aceste observații pot fi sintetizate prin compararea fluxurilor termice specifice:

- prin perete, odată cu izolarea suplimentară a rezultat o reducere de la 16,04 W/m² la 4,63 W/m²

- prin placa balconului (neizolată) a crescut de la 40,72 W/m² la 55,21 W/m² ca urmare a valorilor mai ridicate ale temperaturii acesteia.

Compararea valorilor fluxului termic pentru fiecare element al plăcii este arătată în Figura 10.

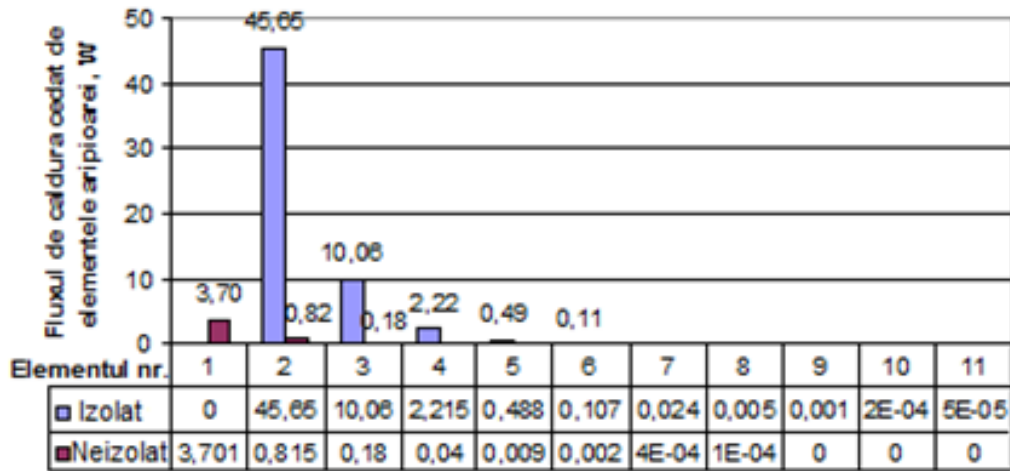


Fig.10. Fluxul termic cedat de placa balconului în cele două situații: perete izolat, respectiv neizolat.

Din Figura 11 se poate observa că reducerea cu 1, 85 kWh/zi a pierderilor de căldură aferente peretelui rezultată ca urmare a izolării acestuia este pentru ansamblul perete-placa doar de 0,85 kWh/zi datorită majorării pierderilor prin placa balconului de la 4,3 la 5,3 kWh/zi.

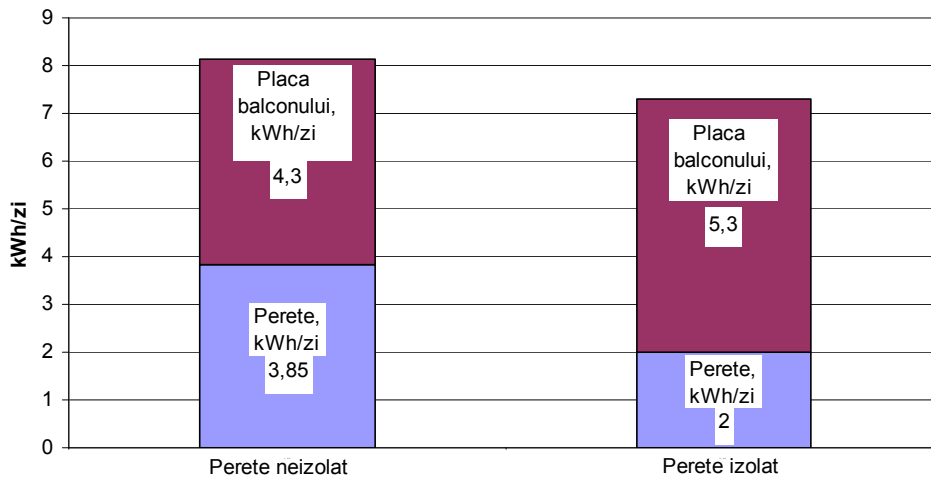


Fig.11. Pierderile zilnice de căldură prin placa balconului, respectiv prin perete înainte și după izolarea acestuia.

Ferestrele sunt adesea considerate responsabile pentru pierderile cele mai importante de căldură ale unei clădiri, în principal datorită performanței termice semnificativ mai reduse ($R= 0,5...0,7 \text{ m}^2\text{K/W}$) comparativ cu zonele opace învecinate ($2...5 \text{ m}^2\text{K/W}$), pierzându-se din vedere efectul aproximativ egal al plăcii neizolate a balconului, mai ales în cazul clădirilor cu multe etaje.

Trebuie remarcată diferența mare dintre valorile fluxului termic specific prin perete și cel prin placa balconului, diferență care crește odată cu izolarea peretelui. Placa balconului se comportă ca o nervură expusă pe întreaga sa suprafață la aerul rece din exterior, iar betonul din care este realizată este caracterizat de conductivitate relativ ridicată, toate acestea contribuind la pierderile de căldură importante pe care le favorizează. Dacă în situația inițială rezistența termică a peretelui neizolat la exterior era de $2,56 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, iar rezistența efectivă a peretelui și a plăcii balconului era ușor mai scăzută $2,27 \text{ m}^2\text{K/W}$, după izolarea peretelui situația se schimbă substanțial: rezistența termică a peretelui izolat se majorează la $4,92 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ în vreme ce rezistența termică efectivă a peretelui și ai plăcii balconului se menține scăzută, doar $2,53 \text{ m}^2\text{K/W}$. Altfel spus, efortul de izolare termică doar a peretelui a adus o contribuție nesemnificativă la sporirea rezistenței termice efective a ansamblului perete și placa balconului, anume de la $2,27 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ la $2,53 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Aceste observații susțin necesitatea izolării simultane a plăcii balconului cu cea a peretelui, prin aplicarea pe extrados, respectiv pe intrados a unui strat de polistiren/vată bazaltică, etc.

O altă soluție practică în unele țări este cea a intercalării unui bloc de spumă între peretele opac și placa balconului care va juca rolul de frână termică prin reducerea

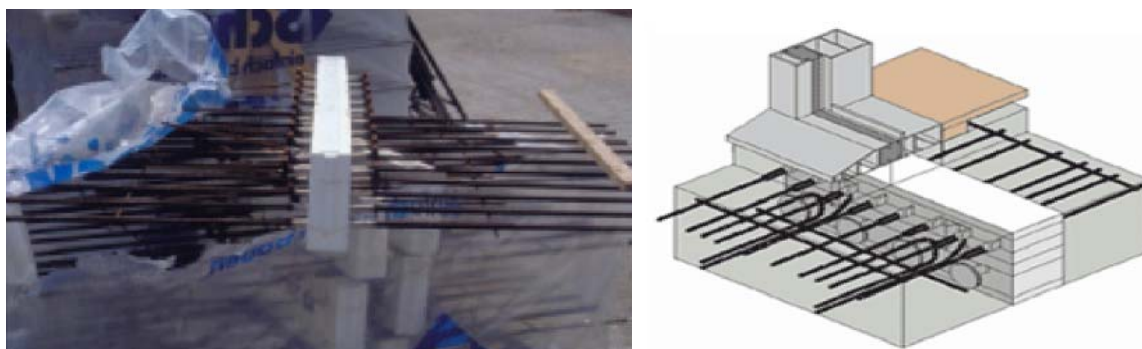


Fig.12. Blocul de spumă joacă rolul de frână termică în cazul plăcii balconului.

punților termice aferente joncțiunii dintre acestea, ceea ce contribuie la economii substanțiale de energie ajungând până la 82%. Comparativ cu izolarea celor două fețe plăcii balconului soluția ”frânei termice asigură o eficiență sporită, fiind mai economică și din punctul de vedere al lungimii ce trebuie acoperită: circa 20 cm -grosimea plăcii față de aproximativ 2,2 m-adâncimea totală, deasupra și sub placă. Asigurarea rezistenței mecanice a plăcii pentru acest caz se face cu bare de oțel inox sudate pe barele de armare existente în masa de beton structural. Barele sunt dirijate atât în sus cât și în jos pentru a răspunde atât la sarcinile de compresie, cât și la cele de întindere așa cum se prezintă în Figura 12.

Studiile efectuate [5] asupra impactului produs prin intercalarea unei frâne termice între placa balconului și structura clădirii au arătat importanța unei abordări atente a detaliilor la proiectare, așa cum reiese din Figura 13. Cu cât este mai mare rezistența termică a peretelui cu atât se înrăutățește rezistența termică efectivă a ansamblului perete-balcon reducerea putând a depăși 60%. Prin inserarea unei frâne termice se poate obține o rezistență termică reprezentând 70%... 80% din cea a peretelui izolat fără balcon. Un impact important asupra rezistenței termice efective a ansamblului perete-balcon îl joacă și ponderea ariei ocupate de placa, respectiv de balcon față de aria peretelui.

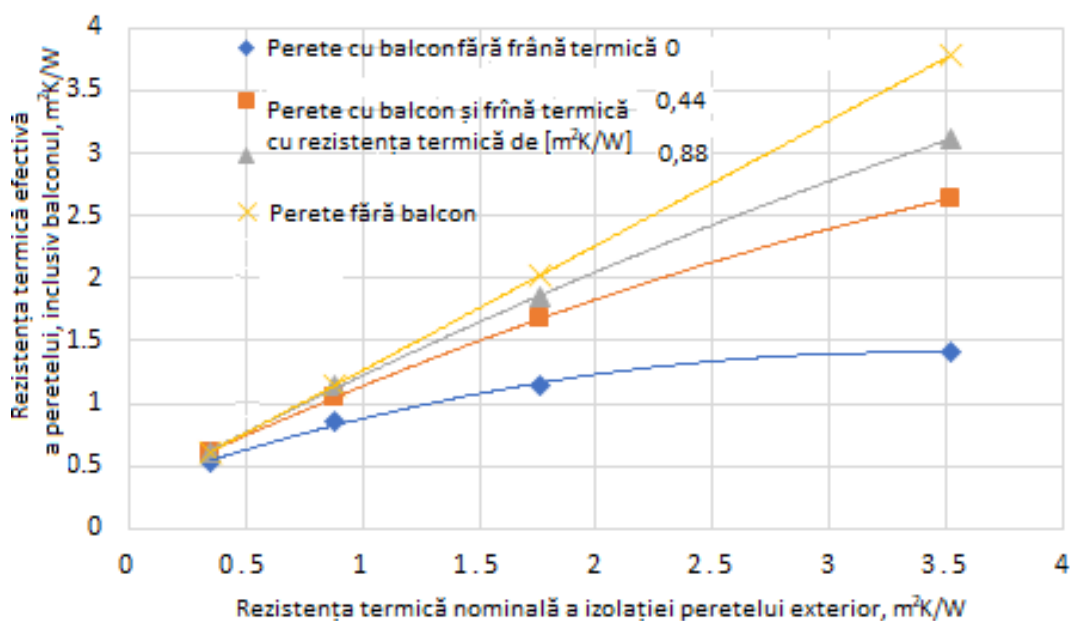


Fig. 13. Efectul frânei termice asupra rezistenței termice efective în cazul peretelui de beton izolat la exterior.

De altfel trebuie precizat că în practică există și clădiri la care se poate remarca absența balcoanelor.

4. Limitarea punților termice

Evaluarea rezistențelor termice corectate presupune o analiză riguroasă a tipului și numărului aferent de punți termice urmată de estimarea coeficienților lineari ψ din cataloagele la dispoziție în vederea calculării coeficienților de pierderi specifici fiecărei punți termice și care prin însumare vor servi la evaluarea coeficientului total de pierderi datorat punților termice

$$H_{PT} = \sum(l \cdot \psi) \quad [8]$$

Cu toate că metoda explicită de calcul a pierderilor suplimentare de căldură datorate punților termice tinde să fie cea mai riguroasă, totuși caracterul ei laborios reprezintă un dezavantaj important. De altfel normele în vigoare [6] prevăd posibilitatea

utilizării unor coeficienți de reducere a rezistențelor termice unidirecționale în faza de proiectare

- la pereți exteriori 20 ... 45%
- la terase și planșee sub poduri 15 ... 25%
- la planșee peste subsoluri și sub bowindowuri 25 ... 35%
- la rosturi 10 ... 20%

Dacă simulările referitoare la fluxul de căldură sunt considerate de regulă în marja de eroare de 5%, în schimb evaluările referitoare la pierderile de căldură datorate punților termice sunt încadrate în limita de eroare de 10%...15% conform standardelor irlandeze [7], ajungând chiar la 20% în cazul normelor germane [8]

Pentru a depăși reticența în privința metodei explicite de determinare a coeficienților de reducere a rezistenței termice datorate punților termice unele țări precum Germania, Olanda, Polonia, Italia s.a au dezvoltat o metodă pragmatică bazată pe un factor de corecție, y , care ia în considerare punțile termice prin expresia [9] sub forma

$$H_{PT} = y \cdot \sum A_{exp} \quad (9)$$

în care A_{exp} reprezintă aria anvelopei expusă mediului ambiant, iar y semnifică diferența dintre valoarea corectată a transmitanței U' și cea unidirecțională U

$$y = U' - U = \frac{1}{R'} - \frac{1}{R} \quad (10)$$

În urma unei analize de senzitivitate a rezultat că valoarea $y=0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ este valabilă doar pentru situațiile în care valorile transmitanței U ale elementelor de construcție se abat de la cele prescrise cu maximum $\pm 20\%$, adică

- Acoperiș 0,13...0,09 W/m²K
- Pereți 0,25...0,16
- Pardoseală 0,18...0,12

Aceasta revine la a spune că depășirea valorii U pentru un element de construcție implică diminuarea altuia sub limita admisă astfel încât procentajul cumulat să nu fie mai mare de 20%. Menținerea valorilor transmitanței pentru fiecare element de construcție în limitele menționate impune proiectarea acestora după anumite prescripții specifice și care au fost publicate în țările care au întreprins aceste eforturi de reducere a pierderilor de căldură bazate pe metoda simplificată de calcul a coeficienților de pierderi.

5. Concluzii

Directiva europeană referitoare la Performanța Energetică a Clădirilor, EPBD recent reformată stabilește ca țintă pentru anul 2050 limitarea încălzirii globale prin reducerea emisiilor de GES cu aproximativ 90% comparativ cu cele existente în anul 1990. Mediul construit este responsabil pentru circa 40% din totalul emisiilor de GES și în acest context va trebui să sprijine ținta stabilită prin conceptul de clădire cu consum aproape zero, nZEB. Ca prim pas în realizarea acestui obiectiv se situează reducerea pierderilor de căldură existente în prezent, iar izolarea anvelopei fără diminuarea efectului punților termice nu se dovedește a fi suficientă. Influența punților termice asupra pierderilor de căldură ale anvelopei clădirilor poate avea o importanță semnificativă în contextul eforturilor depuse în ultimul deceniu având ca bază EPBD și în condițiile în care majoritatea țărilor din UE impun condiții referitoare la aceste pierderi.

Evaluarea tradițională a rezistențelor punților termice lineare este caracterizată de un grad de precizie limitat, circa 20% și implică existența și consultarea unui catalog pentru extragerea valorilor *psi*, ce intervin în calculele relativ laborioase aferente. Pe lângă timpul consumat cu aceste calcule, precizia metodei atrage reticența specialiștilor astfel încât aplicarea încă din faza de proiectare a clădirii a unor soluții specifice care să limiteze pierderile de căldură, așa numitele măsuri de bune practici privind detalierea s-au impus într-o serie de țări UE. Metoda *valorii y* permite proiectantului să atingă obiectivul propus prin simpla utilizare a unor soluții constructive de detalieri prestabilite și care conduc la clădirile lipsite de punți termice (“*Thermal Bridge Free*”), caracterizate de un coeficient inferior valorii de $0,01 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Continuitatea straturilor de izolație aplicate anvelopei poate fi controlată vizual și comod de către contractori, sau verificatori de specialitate. Precizarea unor reguli simple și limitate ca număr care vizează punțile termice precum schimbarea geometriei acestora, majorarea lungimii traseului urmat de căldură prin puntea termică, schimbarea materialului aferent acesteia și în primul rând izolarea punților termice ușurează atât munca de concepție cât și verificările ulterioare fără a mai necesita activități cronofage. Odată integrate aceste reguli simple în activitatea de concepție și execuție nu mai sunt necesare reveniri la faza de proiectare.

6. Bibliografie

- [1] ***Enhanced Construction Details 2009 - *Guidance on energy efficient construction*. Energy Saving Trust
- [2] ***Ordinul nr. 2641/2017
- [3] ***BUILD-UP > 2010 *P188_Thermal bridge guidance principles ASIEPI-WP4.doc Good practice guidance on thermal bridges & construction details, Part I: Principles*
- [4] ***Boian, I. 2003 *Heat and mass transfer with numerical applications*. Editing House of Transilvania University. Braşov
- [5] ***The Importance of Slab Edge & Balcony Thermal Bridges. Report # 1: Impact of Slab Thermal Breaks on Effective R-Values and Energy Code Compliance. Prepared by RDH Building Engineering Ltd. September 24, 2013.
- [6] ***C 107-2010
- [7] ***Elemental Method in Building Regulations 2008 TGD-L (Dwellings). Limiting Thermal Bridging and Air Infiltration Acceptable Construction Details. Government of Ireland 2008
- [8] ***DIN EN ISO 14683, Section 5.1