

STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND PERFORMANȚELE ENERGETICE ALE CLĂDIRILOR PRIN PRISMA SUSTENABILITĂȚII

Teză destinată obținerii
titlului științific de doctor inginer
la
Universitatea Politehnica Timișoara
în domeniul INGINERIE CIVILĂ
de către

Ing. Simon-Alexandru PESCARI

Conducător științific: prof.univ.dr.ing. Valeriu Augustin STOIAN
Referenți științifici: prof.univ.dr.ing. Marcela Florina PRADA
conf.univ.dr.ing. Ligia Mihaela MOGA
prof.univ.dr.ing. Dan Florian TUDOR

Ziua susținerii tezei: 09 martie 2015

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- | | |
|---|--|
| 1. Automatică | 9. Inginerie Mecanică |
| 2. Chimie | 10. Știința Calculatoarelor |
| 3. Energetică | 11. Știința și Ingineria Materialelor |
| 4. Ingineria Chimică | 12. Ingineria sistemelor |
| 5. Inginerie Civilă | 13. Inginerie energetică |
| 6. Inginerie Electrică | 14. Calculatoare și tehnologia informației |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 15. Ingineria materialelor |
| 8. Inginerie Industrială | 16. Inginerie și Management |

Universitatea Politehnica Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul Școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2015

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității Politehnica Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,
Tel./fax 0256 403823
e-mail: editura@edipol.upt.ro

Cuvânt înainte

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității mele în cadrul Departamentului de Construcții Civile și Instalații al Universității Politehnica Timișoara.

Îi mulțumesc în mod deosebit conducătorului de doctorat prof.dr.ing. Valeriu-Augustin STOIAN pentru șansa oferită și pentru constanta îndrumare pe parcursul acestor ani. Vă sunt profund recunoscător pentru încrederea acordată dar și pentru aportul semnificativ avut în dezvoltarea mea atât pe plan profesional cât și pe plan personal.

Mulțumiri deosebite îi adresez domnului prof.dr.ing. Dan Florian TUDOR care este și unul dintre referenții științifici, atât pentru sfaturi, cât și pentru susținerea constantă și necondiționată. Vă mulțumesc pentru aportul semnificativ pe care l-ați avut în dezvoltarea mea atât pe plan profesional cât și pe plan personal.

Îi mulțumesc domnului prof.dr.ing. Daniel DAN pentru șansa oferită prin includerea mea la grantul de cercetare, proiect numărul II-PT-PCCA-2011-3.2-1214-Contract 74/2012.

Le mulțumesc referenților științifici prof.univ.dr.ing. Marcela Florina PRADA, conf.univ.dr.ing. Ligia Mihaela MOGA și prof.univ.dr.ing. Dan Florian TUDOR pentru observațiile și aprecierile dâșilor, simțindu-mă onorat că au acceptat să facă parte din comisia de evaluare.

Mulțumesc comisiei de îndrumare, conf.dr.ing. Silviana Brata, prof.dr.ing. Cornel FURDUI și prof.dr.ing. Sevastean IANCA, le mulțumesc colegilor sl.dr.ing. Sorin-Codruț FLORUT, as.dr.ing. Dan DIACONU, sl.dr.ing. Cătălin BADEA, drd.ing. Cristina TĂNASĂ, precum și tuturor cadrelor didactice ale Departamentului C.C.I.

Îi mulțumesc dragei mele Carmen pentru răbdarea, sprijinul și susținerea pe care mi le-a oferit.

Le mulțumesc părinților mei pentru iubirea, încrederea și susținerea pe care mi le-au dăruit. Vă dedic această reușită.

Mulțumiri deosebite le adresez părinților lui Carmen pentru sprijinul oferit.

Timișoara, Martie 2015

ing. Simon-Alexandru PESCARI

Această lucrare a fost parțial suportată de Grantul de cercetare al Consiliului National pentru Dezvoltare și Inovare, CNDI-UUFISCD, proiect numărul PN-II-PT-PCCA-2011-3.2-1214-Contract 74/2012. Grant coordonat de către profesorul universitar Daniel DAN.

Această lucrare a fost parțial suportată de Proiectul de Colaborare între Universitatea Politehnica Timișoara și ArchEnerg Cluster (SolarTech Nonprofit PLC), Proiect HURO/1001/221/2.2.3. Proiect coordonat de către profesorul universitar Valeriu STOIAN.

Această lucrare a fost parțial suportată de Proiect Posdru/159/1.5/S/137516, "Creșterea atractivității și performanței programelor de formare doctorală și postdoctorală pentru cercetători în științe. Proiect coordonat de către Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca.

Pescari, Simon-Alexandru

**STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND PERFORMANȚELE
ENERGETICE ALE CLĂDIRILOR PRIN PRISMA
SUSTENABILITĂȚII**

Teze de doctorat ale UPT, Seria 5, Nr. 130, Editura Politehnica, 2015, 224 pagini, 93 figuri, 31 tabele.

ISSN: 1842-581X

ISBN: 978-606-554-334-8

Cuvinte cheie: eficiență energetică, reabilitare termică, casă pasivă, sustenabilitate, clădiri eficiente energetic, cost global.

Rezumat: Teza de doctorat abordează, pe de-o parte, starea clădirilor existente cu structură verticală din panouri mari din beton armat din punct de vedere al necesarului de energie și posibilitatea reabilitării termice, iar pe de altă parte, tipurile de clădiri eficiente energetic și principiile de proiectare ale acestora. Teza este structurată pe 6 capitole, primele 3 capitole prezintă metodologia, respectiv, cerințele de care trebuie ținut cont în vederea verificării necesarului de energie și tipurile de clădiri eficiente energetic. Contribuția principală a autorului se concentrează în capitolele 4 și 5. Capitolul 4 prezintă principii și particularități cu privire la proiectarea clădirilor eficiente energetic și exemple de aplicare ale acestora. Capitolul 5 prezintă verificarea necesarului de energie pentru diferite tipuri de clădiri și posibilele soluții de reabilitare termică. Concluziile rezultate în urma cercetării sunt evințate în capitolul 6.

CUPRINS

Cuprins.....	5
Lista figurilor.....	7
Lista tabelelor.....	11
Rezumat.....	13
1. Introducere.....	15
1.1. Generalități.....	15
1.2. Subiectul și scopul tezei.....	18
1.3. Definiții.....	19
2. Prezentarea și evoluția normativelor și a metodologiei privind performanțele energetice ale clădirilor.....	21
2.1. Directivele Europene privind performanțele energetice și Strategia Energetică a României.....	21
2.2. Prezentarea prevederilor normativelor românești privind performanțele energetice și a metodologiei de calcul pentru clădirile de locuit.....	29
2.2.1. Condițiile de amplasare.....	31
2.2.2. Conformarea arhitecturală.....	32
2.2.3. Parametrii de calcul termo-higro-energetic.....	33
2.2.3.1. Elementele componente ale anvelopei clădirilor.....	33
2.2.3.2. Caracteristici higrotermice ale materialelor	35
2.2.3.3. Parametrii de performanță ai elementelor de anvelopă	35
2.2.3.4. Parametrii de calcul exterior.....	40
2.2.3.5. Parametrii de calcul ai mediului interior	42
2.2.3.5. Parametrii de confort termic	43
2.2.4. Dimensionarea termică a elementelor de anvelopă.....	43
2.2.4.1. Dimensionarea elementelor de anvelopă din considerente igienico-sanitare	44
2.2.4.2. Dimensionarea elementelor de anvelopă din considerente de economie de energie.....	45
2.2.5. Verificarea configurării termice globale.....	45
2.3. Evoluția normativelor românești privind performanțele energetice ale clădirilor.....	48
3. Clădiri eficiente energetic și costul global.....	51
3.1. Conceptul de clădiri eficiente energetic.....	51
3.2. Casa pasivă.....	51
3.2.1. Istoric și generalități.....	51
3.2.2. Definiția casei pasive.....	53
3.2.3. Exemple de case pasive recunoscute de către Institutul de Case Pasive.....	54
3.3. Clădiri cu consum de energie aproape zero.....	56
3.4. Costul global.....	57
4. Principii și particularități privind proiectarea clădirilor eficiente energetic.....	63
4.1. Casa pasivă.....	63
4.2. Casa cu consum de energie aproape zero.....	72
4.3. Studii de caz privind clădirile eficiente energetic.....	74
4.3.1. Casa pasivă Dumbrăvița.....	74
4.3.1.1. Descrierea funcțională și a structurii de rezistență.....	74

4.3.1.2. Descrierea elementelor de anvelopă, a sistemului de instalații și a detaliilor specifice casei pasive.....	78
4.3.1.3. Bilanțul energetic și monitorizarea casei pasive.....	82
4.3.2. Casa cu consum de energie aproape zero.....	94
5. Reabilitarea termică a clădirilor existente. Soluții de reducere a consumului de energie din surse convenționale.....	99
5.1. Generalități privind reabilitarea termică a clădirilor existente.....	99
5.2. Clasificarea clădirilor existente din punct de vedere al posibilității de reabilitare termică.....	103
5.3. Reabilitarea termică a clădirilor colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat.....	104
5.3.1. Generalități privind clădirile colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat	104
5.3.2. Clădiri colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat construite în Timișoara	106
5.3.3. Bilanțul energetic al clădirilor colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat - Studiul teoretic bazat pe proiectele tip folosite în Timișoara.....	110
5.4. Metode de reducere a consumurilor de energie la clădirile colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat	113
5.4.1. Metode de reabilitare termică utilizate în prezent la clădirile colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat.....	113
5.4.2. Metode posibile de reabilitare termică la clădirile colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat.....	116
5.4.3. Metode de reducere a consumului de energie din surse convenționale la clădirile colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat.....	123
5.5. Costul global realizat în ipoteza reabilitării termice a clădirilor existente	127
5.6. Studiu de caz - Reabilitarea termică a clădirilor existente.....	131
6. Concluzii și contribuții personale.....	145
6.1. Concluziile tezei.....	145
6.1. Contribuții personale.....	150
Anexe	155
Anexă 1 - Cost global, procedura de calcul realizată conform îndrumătorului.....	155
Anexă 2 - Procedura de calcul realizată în mathcad pentru necesarul de energie..	159
Anexă 3 - Model fișă panou solar fotovoltaic.....	173
Anexă 4 - Imagini cu clădirile studiate din Timișoara.....	175
Anexă 5 - Certificatele de performanță energetică ale clădirilor studiate.....	197
Anexă 6 - Costul global pe diferitele soluții de reabilitare termică.....	217
Bibliografie.....	221
Index.....	225

LISTA FIGURILOR

Număr	Denumire
Figura 1.1	Consumuri de energie în România
Figura 1.2	Repartizarea surselor regenerabile pe teritoriul României
Figura 2.1	Producția de energie primară la nivel global exprimată în milioane TEP
Figura 2.2	Producția de energie din surse regenerabile a țărilor din UE, anul 2012(mii TEP)
Figura 2.3	Producția de energie la nivelul UE, anul 2012
Figura 2.4	Producția de energie din diferite surse regenerabile a UE, anul 2012
Figura 2.5	Reprezentarea grafică a necesarului de căldură pentru încălzire, normat(QN) la clădirile de locuit
Figura 2.6	Orientarea clădirii în raport cu punctele cardinale și fața de vânt dominant
Figura 2.7	Harta de zonare a teritoriului României, din punct de vedere al temperaturilor exterioare convenționale de calcul
Figura 3.1	Casa pasivă, ID 0806
Figura 3.2	Casa pasivă, ID 0406
Figura 3.3	Clădire multietajată, Hamburg, Germania, ID 0047
Figura 3.4	Clădire multietajată, Frankfurt, Germania, ID 0882
Figura 3.5	Etapele realizării costului global
Figura 3.6	Clasificarea costurilor componente ale costului global
Figura 4.1	Conceptul de casă pasivă - prezentarea a 3 elemente de bază
Figura 4.2	Piramida Kyoto cu principiile de proiectare pasivă
Figura 4.3	Principalele particularități ale unei case pasive
Figura 4.4	Poziția soarelui față de o construcție funcție de sezon
Figura 4.5	Termoizolarea continuă a anvelopei
Figura 4.6	Termoizolarea zonei de fundații
Figura 4.7	Fereastră recomandată de Institutul de Case Pasive
Figura 4.8	Tocuri de fereastră izolate termic
Figura 4.9	Exemplu montare ferestre
Figura 4.10	Identificarea punților termice
Figura 4.11	Etanșeizarea casei pasive
Figura 4.12	Exemplu de etanșeizare a ferestrelor și a zonei de străpungere a conductelor
Figura 4.13	Principiul de funcționare a sistemului de ventilare cu recuperare de căldură
Figura 4.14	Exemplu sistem de ventilare cu recuperare de căldură
Figura 4.15	Exemplu de montare a panourilor solare
Figura 4.16	Casa rezidențială tip duplex Dumbrăvița- Casa Pasivă
Figura 4.17	Delimitarea celor două părți ale duplexului
Figura 4.18	Plan parter casă pasivă
Figura 4.19	Plan etaj casă pasivă
Figura 4.20	Secțiune verticală casă pasivă
Figura 4.21	Detalii de fixare a tâmplăriei exterioare și termoizolare pereți exteriori
Figura 4.22	Termoizolarea plăcii pe sol și a zonei de soclu
Figura 4.23	Termoizolarea terasei
Figura 4.24	Camera tehnică și panoul solar montat pe acoperiș
Figura 4.25	Consumul de energie obținut cu programul de calcul PHPP

- Figura 4.26 Consumul de energie obținut cu programele de calcul conforme metodologiei românești
- Figura 4.27 Consumul de energie în faza de proiectare
- Figura 4.28 Consumul de energie pentru încălzire în faza de proiectare
- Figura 4.29 Comparatie procentuală între consumul pentru încălzire cu programele de calcul conforme metodologiei românești
- Figura 4.30 Termografierea casei pasive
- Figura 4.31 Consumul de energie în faza de exploatare
- Figura 4.32 Consumul de energie pentru încălzire în faza de exploatare
- Figura 4.33 Schema sistemului de monitorizare
- Figura 4.34 Sistemul de monitorizare așa cum apare pe platforma online
- Figura 4.35 Temperaturile monitorizate pe grosimea peretelui, în exteriorul casei și în interiorul casei
- Figura 4.36 Temperaturile monitorizate pe grosimea polistirenului
- Figura 4.37 Temperaturile monitorizate pe grosimea peretelui
- Figura 4.38 Evoluția consumurilor de energie raportată la evoluția temperaturilor
- Figura 4.39 Consumul de energie pentru casa pasivă
- Figura 4.40 Consumul de energie pentru încălzire la casa pasivă
- Figura 4.41 Plan parter clădire rezidențială Dumbravița, casa pasivă - stânga și casa cu consum de energie aproape zero - dreapta
- Figura 4.42 Camera tehnică cu sistemul de instalații de la casa cu consum de energie aproape zero
- Figura 4.43 Consumul de energie pentru casa cu consum de energie aproape zero
- Figura 4.44 Consumul de energie pentru încălzire la casa cu consum de energie aproape zero
- Figura 4.45 Panourile solare fotovoltaice instalate pe acoperiș
- Figura 4.46 Schema sistemului de monitorizare la casa cu consum de energie aproape zero
- Figura 5.1 Grafic privind situația consumului și a producției de energie electrică pe teritoriul României. Grafic preluat de pe site-ul <http://version1.sistemulenergetic.ro/>
- Figura 5.2 Grafic privind situația consumului și producției de energie electrică precum și consumurile de energie a clădirilor de locuit pe teritoriul României
- Figura 5.3 Consumurile actuale și consumurile în ipoteza reabilitării termice a clădirilor de locuit pentru întreg teritoriul României
- Figura 5.4 Grafic privind situația consumului de energie provenită din combustibili fosili
- Figura 5.5 Grafic privind situația consumului și producției de energie electrică și consumurile de energie în ipoteza reabilitării termice a clădirilor de locuit
- Figura 5.6 Planul de situație cu clădirile de locuit din Timișoara
- Figura 5.7 Proiectul tip T744-IPCT Db1. De la stânga la dreapta, plan etaj, plan parter și secțiune verticală
- Figura 5.8 Proiectul tip T770IPCT Pb4. De la stânga la dreapta, plan parter, plan etaj și secțiune verticală
- Figura 5.9 Proiectul tip T1340-IPCT. De la stânga la dreapta, plan etaj, plan parter
- Figura 5.10 Diagrama cu prezentarea comparativă a consumurilor de energie pentru încălzire în varianta nereabilitată termic și în variantele

- reabilitate termic la ora actuală în Timișoara
- Figura 5.11 Economia de energie pentru încălzire în variantele reabilitate termic la ora actuală în Timișoara
- Figura 5.12 Diagrama consumurilor de energie pentru încălzire în varianta nereabilitată termic și diferite variante reabilitate pentru proiectul tip T744
- Figura 5.13 Diagrama consumurilor de energie pentru încălzire în varianta nereabilitată termic și diferite variante reabilitate pentru proiectul tip T770
- Figura 5.14 Diagrama consumurilor de energie pentru încălzire în varianta nereabilitată termic și diferite variante reabilitate pentru proiectul tip T1340
- Figura 5.15 Diagramă cu prezentarea comparativă a consumurilor de energie pentru încălzire în varianta nereabilitată termic și diferite variante reabilitate
- Figura 5.16 Diagramă cu prezentarea economiei de energie pentru încălzire în diferite variante reabilitate
- Figura 5.17 Diagramă cu prezentarea comparativă a consumurilor de energie pentru încălzire în varianta nereabilitată termic și diferite variante reabilitate în ipoteza schimbării sistemului de instalații
- Figura 5.18 Diagramă cu prezentarea economiei de energie pentru încălzire în diferite variante reabilitate în ipoteza schimbării sistemului de instalații
- Figura 5.19 Consumul total de energie în varianta nereabilitată și în varianta reabilitată
- Figura 5.20 Economia de energie prezentată procentual
- Figura 5.21 Energia produsă din combustibil fosili/ energie regenerabilă provenită de la panouri solare fotovoltaice
- Figura 5.22 Costul global pentru cele 8 soluții de reabilitare termică comparativ cu costul global pentru varianta nereabilitată
- Figura 5.23 Costul global pentru cele 8 soluții de reabilitare termică și pentru varianta nereabilitată
- Figura 5.24 Prezentarea principiului de termografieră la o clădire cu structură de rezistență din panourilor mari prefabricate
- Figura 5.25 Clădire cu structură de rezistență din panourilor mari prefabricate din beton armat cu 5 niveluri – Calea Aradului, Timișoara
- Figura 5.26 Fațadă principală
- Figura 5.27 Fațadă laterală
- Figura 5.28 Fațadă secundară
- Figura 5.29 Clădirile cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat cu 5 niveluri analizate
- Figura 5.30 Registru contribuției de la administrația blocului
- Figura 5.31 Consumul de energie pentru încălzire a blocurilor studiate
- Figura 5.32 Consumul total de energie a blocurilor studiate
- Figura 5.33 Consumul de energie pentru încălzire a blocurilor studiate, media consumurilor și comparație cu consumurile proiectelor tip
- Figura 5.34 Consumul total de energie a blocurilor studiate, media consumurilor și comparație cu consumurile proiectelor tip
- Figura 6.1 Consumul de energie pentru încălzire la casa pasivă (în stânga pentru variantă în fază de proiect, în dreapta pentru faza de exploatare)

- Figura 6.2 Consumul total de energie în varianta nereabilitată și în varianta reabilitată conform soluției 6
- Figura 6.3 Consumul de energie pentru încălzirea blocurilor studiate, media consumurilor și comparație cu consumurile proiectelor tip
- Figura 6.4 Energie produsă din combustibil fosili/ energie regenerabilă provenită de la panouri solare fotovoltaice montate pe acoperișul clădirii

LISTA TABELELOR

Număr	Denumire
Tabel 1.1	Potențialul energetic al surselor regenerabile din România
Tabel 2.1	Cantitatea de energie importată de Uniunea Europeană pe perioada 2002-2012
Tabel 2.2	Rezistențe termice minime R'_{min} ale elementelor de anvelopă
Tabel 2.3	Coeficienți de transfer termic superficial $[\frac{W}{m^2 K}]$ și rezistențe termice superficiale $[\frac{m^2 K}{W}]$
Tabel 2.4	Rezistențele termice ale straturilor de aer neventilate
Tabel 2.5	Votul mediu previzibil
Tabel 2.6	Numărul schimburilor de aer pe oră la clădiri de locuit
Tabel 3.1	Pașii costului pe ciclul de viață conform Metodologiei Europene
Tabel 4.1	Compartimentarea casei pasive
Tabel 4.2	Caracteristicile geometrice ale casei pasive
Tabel 4.3	Caracteristicile termotehnice ale casei pasive
Tabel 5.1	Caracteristicile termotehnice ale proiectului tip T774-IPCT Db1
Tabel 5.2	Caracteristicile termotehnice ale proiectului tip T774-IPCT Db1
Tabel 5.3	Caracteristicile termotehnice ale proiectului tip T1340-IPCT
Tabel 5.4	Caracteristicile geometrice ale clădirilor studiate
Tabel 5.5	Rezistențele termice corectate ale elementelor de anvelopă
Tabel 5.6	Necesarul de energie obținut în urma calculului bilanțului energetic
Tabel 5.7	Rezistențele termice corectate ale pereților exteriori opaci
Tabel 5.8	Consumul de energie pentru încălzire în varianta nereabilitată termic și în variantele reabilitate la ora actuală în Timișoara
Tabel 5.9	Consumul de energie pentru încălzire în varianta nereabilitată termic și diferite variante reabilitate
Tabel 5.10	Consumul de energie pentru încălzire în varianta nereabilitată termic și în cele mai eficiente variante de reabilitare termică
Tabel 5.11	Necesarul de energie în ipoteza schimbării sistemului de instalații și aplicării soluției 6 de reabilitare termică
Tabel 5.12	Energia produsă cu ajutorul panourilor solare fotovoltaice
Tabel 5.13	Costurile de investiție pentru reabilitarea termică (costuri inițiale)
Tabel 5.14	Eșalonarea costurilor globale pe durata de viață a reabilitării termice
Tabel 5.15	Date generale despre clădirile analizate
Tabel 5.16	Rezistențele termice corectate ale elementelor de anvelopă
Tabel 5.17	Necesarul de energie pentru cele 20 de clădiri obținut în urma calculului bilanțului energetic

REZUMAT

Teza de doctorat are ca subiect principal eficiența energetică a clădirilor privită atât ca o necesitate precum și ca o obligativitate. Alte subiecte care sunt tratate în teză și care au la bază tot eficiența energetică sunt: normativele și prevederile românești privind calculul la transfer termic, directivele și prevederile Uniunii Europene privind eficiența energetică și modalitatea de adoptare, respectiv, de adaptare a normativelor europene pentru România și pentru condițiile climatice din România.

Ideea principală a tezei constă în studiul aplicării celei de-a 7-a cerințe a Regulamentului Parlamentului Uniunii Europene nr.305/2011, anexa 1 care presupune ca utilizarea resurselor naturale să fie sustenabilă.

Scopul tezei este, pe de-o parte, de a pune bazele unui program privind reducerea consumului de energie pentru clădirile de locuit ținând cont atât de necesitatea și dependența de energie precum și de impactul pe care soluțiile de reducere a consumurilor de energie îl au asupra mediului înconjurător în prezent și în viitor, iar pe de altă parte, este de a prezenta clădirile eficiente energetic conform standardelor europene și pașii care trebuie urmați pentru proiectarea lor adoptând anumite cerințe la condițiile climatice din România.

Teza are un număr de 224 de pagini, 93 figuri, 31 tabele și este împărțită în 6 capitole și 6 anexe. Contribuția principală a autorului este concentrată în capitolele 4 și 5.

Capitolul 1: Introducere

Se prezintă motivația și actualitatea tezei, subiectul, obiectivele și scopul tezei precum și cele mai importante definiții ale termenilor care se regăsesc în teză.

Capitolul 2: Prezentarea și evoluția normativelor și a metodologiei privind performanțele energetice ale clădirilor

Capitolul este structurat în 3 părți. În prima parte a acestui capitol se prezintă prevederile Directivelor Europene cu privire la eficiența energetică a clădirilor și aplicabilitatea acestora atât pe plan național cât și la nivelul Uniunii Europene. În a doua parte sunt prezentați pașii și caracteristicile esențiale de care trebuie ținut cont atât pentru proiectarea unei clădiri noi conform normativului C107 și a metodologiei Mc001 cât și pentru reabilitarea termică a unei clădiri existente. În partea a treia a capitolului este prezentată evoluția normativelor românești cu privire la eficiența energetică până la apariția normativului C107.

Capitolul 3: Clădiri eficiente energetic și costul global

Sunt prezentate tipurile de clădiri eficiente energetic, definițiile și caracteristicile acestora, precum și metoda costului global, ca o modalitate de aplicare a cerințelor sustenabilității. În domeniul construcțiilor, sustenabilitatea se poate concretiza, pe de-o parte, prin încercarea reducerii semnificative a consumului de energie pentru cazul clădirilor existente, iar pe de altă parte, prin construirea clădirilor eficiente energetic. Astfel, o prima posibilitate de aplicare a cerințelor sustenabilității o reprezintă clădirile eficiente energetic. Pentru cazul reducerii semnificative a consumului de energie la clădirile existente trebuie avut în vedere și costurile care le implică această acțiune. Atât pentru reducerea consumului de

energie la clădirile existente prin reabilitarea termică a acestora, cât și pentru cazul realizării clădirilor eficiente energetic, costul global reprezintă o "unealtă" importantă pentru aplicarea criteriilor sustenabilității, astfel că în acest capitol este prezentat costul global așa cum este văzut la nivelul Uniunii Europene (Life Cycle Cost - LCC) și cum este văzut la nivelul național în România (CG).

Capitolul 4: Principii și particularități privind proiectarea clădirilor eficiente energetic

Acest capitol tratează atât principiile care stau la baza proiectării unei clădiri eficiente energetic precum și particularitățile cu privire la proiectarea unei clădiri eficiente energetic. Este prezentat modul în care trebuie să se facă proiectarea unei case pasive și a unei clădiri cu consum de energie aproape zero și două studii de caz cu privire la acest tip de clădiri în care se prezintă modul de aplicare a principiilor casei pasive precum și modalitatea adaptării unei case pasive pentru a îndeplini condițiile prevăzute pentru o clădire cu consum de energie aproape zero.

Capitolul 5: Reabilitarea termică a clădirilor existente. Soluții de reducere a consumului de energie din surse convenționale

Este realizat un studiu cu privire la bilanțul termic și posibilitatea reabilitării termice a clădirilor cu structură verticală din panouri mari prefabricate din beton armat. Studiul este realizat pe proiectele tip care s-au folosit în Timișoara. Sunt studiate 8 soluții de reabilitare termică pentru acestea. Soluțiile de reabilitare termică sunt prezentate atât din ipoteza economiei de energie cât și din ipoteza economiei financiare, a costului de investiție pe care îl presupune reabilitarea termică și a perioadei în care această investiție este amortizată. În acest capitol este deasemenea realizată o clasificare a clădirilor cu structură verticală din panouri mari prefabricate din beton armat din Timișoara și un studiu de caz pe 20 de tipuri de tipologii de astfel de clădiri.

Capitolul 6: Concluzii și contribuții personale

Capitolul sintetizează concluziile tezei, recomandările rezultate în urma tezei și prezintă principalele contribuții ale autorului cu privire la tematica subiectului prezentat.

1. INTRODUCERE

1.1. Generalități

Tema de cercetare abordată în cadrul programului de doctorat se referă la eficiența energetică a clădirilor de locuit, care presupune reducerea energiei necesare pentru încălzirea spațiului locativ, pentru încălzirea apei menajere, pentru iluminat, respectiv, pentru ventilarea și climatizarea aerului din spațiile de locuit. Această reducere de energie este privită, pe de-o parte, din perspectiva reducerii drastice a materiei prime la nivel mondial, iar pe de altă parte, prin prisma creșterii tot mai mare a costului pentru energie.

Atât reducerea drastică a materiei prime pentru energie cât și schimbările climatice din ultimul deceniu, au generat un motiv de îngrijorare pentru întreaga lume.

Reducerea materiei prime este datorată îndeosebi consumurilor tot mai mari de energie înregistrate până în prezent. Se estimează că domeniul construcțiilor este responsabil de aproximativ 45% din consumul total de energie la nivel global și de circa 40% la nivelul Europei și al României. Raportându-ne la procentul de 40% care caracterizează consumul la nivel de continent, respectiv, la nivel de țară, aproximativ 54% din energia consumată în domeniul construcțiilor este pentru clădirile de locuit [1], așa cum se poate observa în figura 1.1.

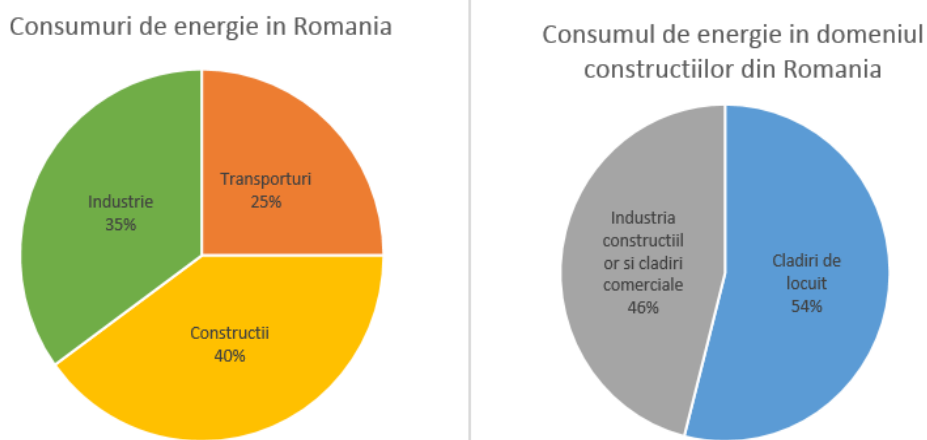


Fig.1.1. Consumuri de energie în România

Schimbările climatice au ca efect creșterea emisiilor de gaze cu efect de seră precum și creșterea consumului de energie în cazul clădirilor de locuit prin modificarea perioadei necesare de încălzire a spațiilor de locuit.

Reducerea materiei prime pentru energie, costurile ridicate ale energiei produse prin metode convenționale și creșterea emisiilor de gaze cu efect de seră, au determinat, pe de-o parte, luarea unor măsuri în vederea găsirii de noi surse de producere a energiei neconvenționale care să aibă un impact negativ redus asupra mediului, iar pe de altă parte, găsierea unor soluții de reducere a consumurilor de energie. Aceste soluții, reducerea consumurilor de energie, respectiv, găsierea de noi surse de energie neconvențională au ca și scop pe lângă reducerea emisiilor de gaz

cu efect de sera și reducerea materiei prime pentru energie și reglementarea costurilor pentru energie.

Sursele de energie neconvențională presupun acele surse din mediul natural care se regenerează în mod natural fără intervenția omului și care, se presupune că sunt inepuizabile. Principalele surse de energie regenerabile sunt: soarele și razele solare, vântul, mările, temperatura internă a pământului, apa termală și biomasa.

Funcție de sursele de energie enumerate mai sus, energiile regenerabile pot fi următoarele:

- energia solară fotovoltaică;
- energia solară termică;
- energia cinetică, respectiv, energia apelor;
- energia eoliană;
- energia mareelor;
- energia biotermală;
- energia având ca sursa lemnul;
- biocarbanții.

Aceste energii regenerabile au fost folosite chiar la începutul anilor 90, dar ele reprezentau doar o alternativă de completare a surselor din energie convențională. În urma conferinței mondiale despre protecția mediului din anul 1992 de la Rio de Janeiro, prin prisma ideii de sustenabilitate, au fost stabilite noi directive în vederea găsirii de resurse alternative, accentuându-se ideea necesității acestor energii regenerabile. Dintre energiile amintite mai sus, în cazul clădirilor de locuit, cele mai utilizate sunt energia solară, energia eoliană, energia biotermală și lemnul ca sursă de energie. Se urmărește crearea independenței clădirilor față de energia produsă prin metode convenționale, astfel că energia necesară pentru încălzirea spațiilor să fie energie biotermală sau energie solară fotovoltaică, energia necesară pentru apa caldă menajeră să fie energie solară termică iar energia pentru climatizare, ventilare precum și pentru uz casnic să fie energie solară fotovoltaică.

România oferă o varietate destul de ridicată de resurse de energie fosilă și minerală, dar de o cantitate redusă și bineînțeles, limitată. Datorită climatului și al reliefului, România dispune de un potențial semnificativ de surse regenerabile. Deși potențialul energetic teoretic al surselor regenerabile din România este foarte mare, potențialul energetic utilizabil este mult mai mic datorită ineficienței economice, a lipsei tehnologiei necesare și restricțiilor de mediu în vederea exploatării lor.

Tabel 1.1. Potențialul energetic al surselor regenerabile din România [2]

Sursă de energie regenerabilă	Potențialul energetic anual	Echivalent economic energie (mii tep)*	Aplicație
Energie solară termică fotovoltaică	$60 \times 10^6 GJ$ $1200 GWh$	1433,0 103,2	Energie termică Energie electrică
Energie eoliană	$23000 GWh$	1978,0	Energie electrică
Energie hidroelectrică sub 100 MW	$40000 GWh$ $6000 GWh$	3440,0 516,0	Energie electrică
Biomasă și biogaz	$318 \times 10^6 GJ$	7597,0	Energie termică
Energie geotermală	$7 \times 10^6 GJ$	167,0	Energie termică

*TEP reprezintă tone echivalent petrol



Fig. 1.2. Repartizarea surselor regenerabile pe teritoriul României sursa [3]

Legendă figura 1.2

Reprezentare	Zonă	Sursă de energie regenerabilă
I	Delta Dunării	Energie solară
II	Dobrogea	Energie solară, energie eoliană
III	Moldova	Energie eoliană, biomasă, microhidroelectrică
IV	Munții Carpați	Biomasă, microhidroelectrică
V	Podișul Transilvaniei	Microhidroelectrică
VI	Câmpia de Vest	Energie geotermală
VII	Subcarpații	Biomasă, microhidroelectrică
VIII	Câmpia de Sud	Biomasă, energie geotermală, energie solară

Cea de-a doua posibilitate de rezolvare a problemei energiei, și anume reducerea consumului de energie, în cazul clădirilor se poate realiza prin două modalități, după cum urmează:

- reabilitare termică, în cazul clădirilor existente;
- clădiri eficiente energetic, în cazul clădirilor nou proiectate.

În ambele cazuri menționate mai sus se poate rezolva problema reducerii energie prin realizarea de clădiri eficiente energetic, cu alte cuvinte, prin reabilitarea termică a unei clădiri existente se poate ajunge la o clădire eficientă energetic, rămânând de stabilit dacă această soluție este viabilă și din punct de vedere economic.

Funcție de tipul clădirilor, de sistemul de termoizolare, de sistemul de încălzire precum și de independența energetică (energie convențională), clădirile eficiente energetic se pot clasifica în:

- case pasive;
- clădiri cu consum de energie aproape zero;
- case active.

Clasificarea de mai sus a clădirilor eficiente energetic se referă strict la un anumit concept de clădire, clasificarea putându-se diversifica funcție de tehnologiile de realizare și funcție de materialele utilizate.

1.2. Subiectul și scopul tezei

Subiectul principal al tezei este eficiența energetică a clădirilor, privită atât ca o necesitate precum și ca o obligativitate. Alte subiecte care sunt tratate în teză și care au la bază tot eficiența energetică sunt: normativele și prevederile românești privind calculul la transfer termic, directivele și prevederile Uniunii Europene privind eficiența energetică și modalitatea de adoptare, respectiv, de adaptare a normativelor europene pentru România și pentru condițiile climatice din România.

Ideea principală a tezei constă în studiul aplicării celei de-a 7-a cerință a Regulamentului Parlamentului Uniunii Europene nr.305/2011, anexa 1. Aceasta presupune:

„Construcțiile trebuie proiectate, executate și demolate astfel încât utilizarea resurselor naturale să fie sustenabilă și să asigure în special următoarele:

- (a) reutilizarea sau reciclabilitatea construcțiilor, a materialelor și părților componente, după demolare;
- (b) durabilitatea construcțiilor;
- (c) utilizarea la construcții a unor materii prime și secundare compatibile cu mediul.” [4]

Eficiența energetică a clădirilor reprezintă defapt o aplicare a acestei cerințe, adică o posibilitate de folosire sustenabilă a resurselor naturale.

Astfel că, scopul tezei, pe de-o parte este de a pune bazele unui program privind reducerea consumului de energie pentru clădirile de locuit ținând cont atât de necesitatea și dependența de energie precum și de impactul pe care soluțiile de reducere a consumurilor de energie îl au asupra mediului înconjurător, în prezent și în viitor, iar pe de altă parte, este de a prezenta clădirile eficiente energetic conform standardelor europene și pașii care trebuie urmați pentru proiectarea lor adaptând anumite cerințe la condițiile climatice din România. Prin acestea se dorește a se evidenția lacunele din prevederile normativelor românești cu privire la eficiența energetică, atât pentru clădirile existente cât și pentru clădirile care urmează să se construiască și posibilitatea de îmbunătățire a acestor prevederi. Pentru clădirile existente se dorește a se evidenția starea actuală a acestora din punct de vedere al eficienței energetice și posibilitatea creșterii performanțelor energetice. În cazul clădirilor care urmează să se construiască se evidențiază noi concepte de clădiri cu eficiență energetică ridicată astfel încât să fie îndeplinite cerințele Directivei Europene.

1.3. Definiții

Anvelopa clădirii - Totalitatea suprafețelor elementelor de construcție perimetrice, care delimitează volumul interior (încălzit) al unei clădiri, de mediul exterior sau de spații neîncălzite din exteriorul clădirii [4].

Aria anvelopei clădirii - Suma tuturor ariilor elementelor de construcție perimetrice ale clădirii, prin care are loc transfer termic [16].

Volumul clădirii - Reprezintă volumul încălzit al clădirii, cuprinzând atât încăperile încălzite direct (cu elemente de încălzire), cât și încăperile încălzite indirect (fără elemente de încălzire), dar la care căldura pătrunde prin pereții adiacenți, lipsiți de o termoizolație semnificativă [14].

Flux termic - Cantitatea de căldură transmisă la sau de la un sistem, raportată la timp [5].

Punte termică - Porțiune din anvelopa unei clădiri, în care rezistența termică, altfel uniformă, este sensibil modificată ca urmare a faptului că izotermele nu sunt paralele cu suprafețele elementelor de construcție [5].

Rezistență termică - Diferența de temperatură raportată la densitatea fluxului termic, în regim staționar [5].

Rezistență termică specifică corectată - Reprezintă rezistența termică care se determină la elementele de construcție cu alcătuire neomogenă, ea ține seama de influența punților termice asupra valorii rezistenței termice specifice determinate pe baza unui calcul unidirecțional în câmp curent, respectiv în zona cu alcătuirea predominantă. [16]

Coefficient de transfer termic/Transmitanță termică - Fluxul termic în regim staționar, raportat la suprafața și la diferența de temperatură dintre temperaturile mediilor situate de o parte și de alta a unui sistem. Inversul rezistenței termice [5].

Conductivitate termică - Reprezintă o caracteristică termofizică de bază a materialelor de construcție. Valoarea lui variază funcție de densitatea aparentă, porozitate, umiditate și temperatură (crește odată cu creșterea densității aparente și scade odată cu porozitatea). [5]

Coefficient de asimilare termică - Arată cantitatea de căldură acumulată într-un ciclu de variație în timp a temperaturii de către un material de construcție și depinde de conductivitatea termică a materialului, de căldura specifică, de densitatea aparentă și de perioada timpul în care variază temperatura. [5]

Căldura specifică masică - Reprezintă cantitatea de căldură necesară unității de masă (kg) dintr-un corp pentru a-și modifica temperatura cu un grad. [5]

Factorul de rezistență la permeabilitatea la vapori al unui material este o mărime adimensională care arată de câte ori stratul de material este mai puțin permeabil decât un strat de aer de aceeași grosime. Factorul rezistenței la permeabilitatea la vapori este utilizat la verificarea elementelor de construcție componente ale anvelopei clădirii la irsul de condens interstițial. [5]

Temperatura aerului exterior - Este temperatura aerului dată de termometrul uscat, măsurată conform metodologiei stabilite de Organizația Mondială de Meteorologie. [5]

Temperatura exterioară de proiectare pentru iarnă - Reprezintă temperatura aerului exterior cu o anumită perioadă de revenire. Pentru calcule de dimensionare se utilizează zona climatică realizată pe perioada de iarnă din SR 1907-1:1997. [5] [30]

Sustenabilitate - Calitate a unei activități antropice de a se desfășura fără a epuiza resursele disponibile și fără a distruge mediul, deci fără a compromite

posibilitățile de satisfacere a nevoilor generațiilor următoare. Conferința mondială asupra mediului de la Rio de Janeiro din 1992 a acordat o atenție deosebită acestui concept, care implică stabilirea unui echilibru între creșterea economică și protecția mediului și găsirea de resurse alternative. [31]

Eficiență energetică - Se definește ca o capacitate de a efectua o anumită acțiune cu un consum minim de energie.

TEP-Tone echivalent petrol - Reprezintă o unitate de măsură a energiei și este egală cu energia chimică eliberată prin arderea unei tone de petrol. [32]

Casa pasivă - Reprezintă un concept de clădire care asigură confort interior ridicat prin menținerea temperaturii optime atât pe timpul iernii, cât și pe timpul verii, având un consum de energie de maxim $15 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{an}}$ pentru încălzirea, respectiv, răcirea clădirii și un consum primar total de $120 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{an}}$. [21], [22]

Clădirea cu consum de energie aproape zero - Se poate defini ca *Net Zero Site Energy, Net Zero Source Energy, Net Zero Energy Cost, Net Zero Energy Emissions*.

Cost global - Suma economică dintre eforturile inițiale pentru realizarea unei investiții și cele ulterioare, legate de întreținerea și exploatarea acesteia. [24]. În cazul construcțiilor, costurile inițiale pot consta în: costuri de proiectare, costuri de construcție a unei clădiri noi, costuri de reabilitare a unei clădiri existente și costuri de montare a unor sisteme performante de instalații. Costurile ulterioare pot consta în: costuri de întreținere, costuri pentru reparații curente și costuri pentru înlocuire ori modernizare a unor părți din construcție. [23]

2. PREZENTAREA ȘI EVOLUȚIA NORMATIVELOR ȘI A METODOLOGIEI PRIVIND PERFORMANȚELE ENERGETICE ALE CLĂDIRILOR

2.1. Directivele Europene privind performanțele energetice și Strategia Energetică a României

Aprovizionarea cu energie influențează puternic securitatea, dezvoltarea și bunăstarea statelor membre ale Uniunii Europene. În anul 2012, peste 53% din consumul intern brut de energie provine din import [6]. Pentru majoritatea statelor membre, aprovizionarea nu reprezintă o problemă, fiind caracterizată de stabilitate și continuitate, dovadă a succesului garantat de Uniunea Europeană în acest sens, însă întreruperile temporare ale aprovizionării cu gaze în iernile din 2006 și 2009 determinate de conflictul comercial dintre Rusia și Ucraina au afectat puternic cetățenii statelor membre estice. Acest lucru a reprezentat un semnal de alarmă și a condus la consolidarea securității energetice a Uniunii Europene prin crearea unei politici energetice comune în vederea reducerii numărului statelor membre care depind în mod exclusiv de un singur furnizor. Așadar, asigurarea securității energetice este un obiectiv prioritar al Uniunii Europene. Este nevoie de o strategie puternică la nivel european pentru asigurarea securității energetice, care să creeze, pe termen scurt, rezistența la aceste șocuri și întreruperi ale aprovizionărilor cu energie și, pe termen lung, o dependență redusă de anumiți combustibili, furnizori de energie și rute de aprovizionare cu energie. [6]

În anul 2011, Uniunea Europeană a produs 805 milioane TEP de energie primară, din care 22% din surse regenerabile, producția fiind în continuă scădere în ultimii ani, excepție făcând anul 2010, când s-a înregistrat o creștere a producției de energie cu 2,2%. Această scădere pe termen lung a producției reflectă epuizarea resurselor și/sau faptul că producătorii consideră tot mai neeconomică exploatarea resurselor rămase. Din punct de vedere al producției totale de energie primară, în anul 2011, Uniunea Europeană se afla pe locul 4 în lume, fiind surclasată de China, Statele Unite ale Americii și Rusia. La nivel global, în acel an s-au produs 13201,80 milioane TEP de energie primară. [6]

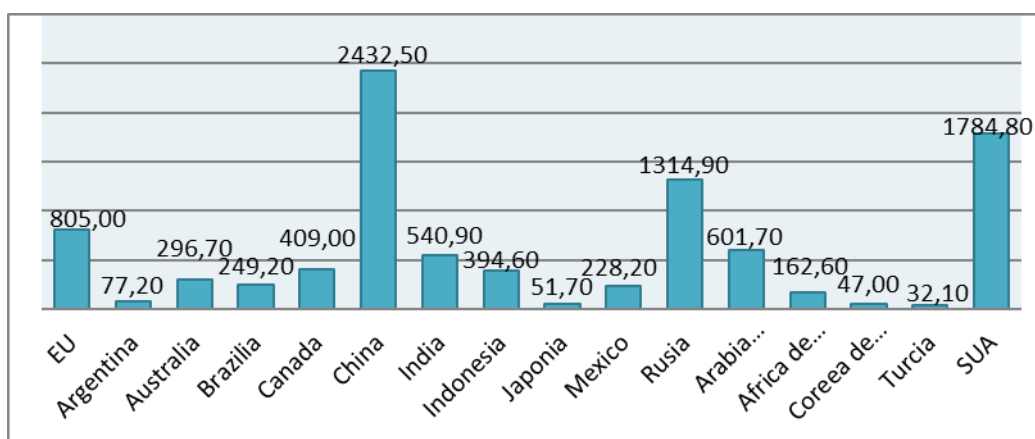


Fig.2.1. Producția de energie primară la nivel global exprimată în milioane TEP, anul 2011

22 Prezentarea și evoluția normativelor și a metodologiei - 2

Consumul brut de energie la nivel mondial, în anul 2011, a fost de 13113 milioane TEP, din care, Uniunea Europeană a consumat 1706 milioane TEP, cu 3,5% mai puțin față de anul precedent. [6]

În prezent, Uniunea Europeană se numără printre cei mai mari importatori de energie din lume alături de Japonia, Coreea de Sud și Turcia; importă 53% din necesarul de energie, iar proiecția este de 70%, în 2030. Dependența de importul de energie se referă la țiței 90%, gaze naturale 66%, combustibili solizi 42% și la combustibil nuclear 40%. În tabelul de mai jos se poate observa dependența Uniunii Europene de energia importată, în perioada 2002-2012 [6].

Tabel 2.1. Cantitatea de energie importată de Uniunea Europeană pe perioada 2002-2012

An/ Resursă	Combustibili Solizi [%]	Țiței [%]	Gaze naturale [%]	Toate resursele [%]
2002	33,3	76,3	50,9	47,5
2003	35,0	78,5	52,0	48,8
2004	38,2	80,7	53,6	50,1
2005	39,4	82,3	57,1	52,2
2006	41,7	83,5	60,3	53,6
2007	41,5	83,5	59,5	52,9
2008	44,9	84,9	61,7	54,7
2009	41,1	84,1	63,4	53,7
2010	39,4	85,1	62,1	52,7
2011	41,7	85,9	67,1	53,9
2012	42,2	88,2	65,8	53,4

În anul 2012, producția de energie primară în Uniunea Europeană a fost de 794,3 milioane TEP, mai mică raportată la anul 2011, de 805 milioane TEP, urmând tendința descendentă din ultimii 10 ani. Raportată la o perioadă mai lungă, producția de energie primară din Uniunea Europeană a fost cu 15,7 % mai mică în 2012 decât cu zece ani în urmă. [6]

În ceea ce privește producția de energie din surse regenerabile, în anul 2012 Uniunea Europeană a produs 177,259 milioane TEP aproape dublu comparativ cu anul 2005, când producția a fost de 97,755 milioane TEP. Aceasta este obținută în felul următor: 5,2% din energie solară, 65,5% din biomasă, 3,2% din energie geotermală, 16,2% din hidroenergie și 10% din energie eoliană. Printre țările cu cea mai mare producție se află Germania, Franța, Suedia, Italia și Spania. La polul opus se găsesc Malta, Cipru, Luxemburg și Irlanda. România figurează cu o producție de 5,242 milioane TEP de energie din surse regenerabile din care 75,4 % din biomasă, 0,4% din energie geotermală, 19,8% din hidroenergie, 4,3% din energie eoliană și 0% din energie solară, în anul 2012. [6]

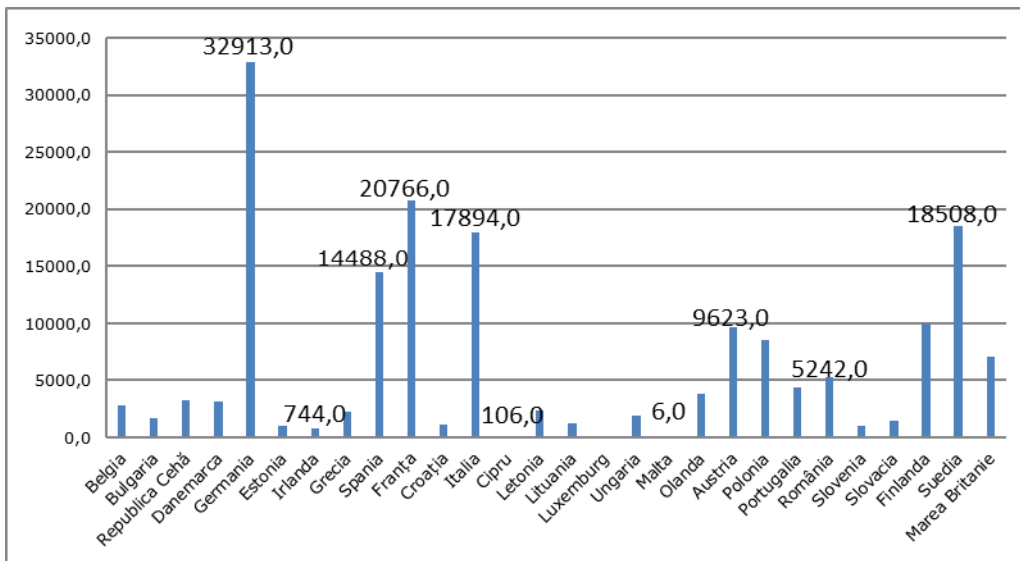


Fig. 2.2. Producția de energie din surse regenerabile a țărilor din UE, anul 2012(mii TEP)

S-a observat o creștere relativ stabilă a producției de energie din surse regenerabile pe perioada 2002-2012, cu o ușoară scădere în 2011. În această perioadă de 10 ani, producția de energie din surse regenerabile a crescut în total cu 81,3 %. În aceeași perioadă de timp, producția din surse primare de energie a cunoscut o continuă scădere, după cum urmează: țiței -53,5 %, gazul natural -35,4 %, combustibilii solizi -20,7 %, iar la energia nucleară s-a produs o scădere mai mică de, 10,9 %. [6]

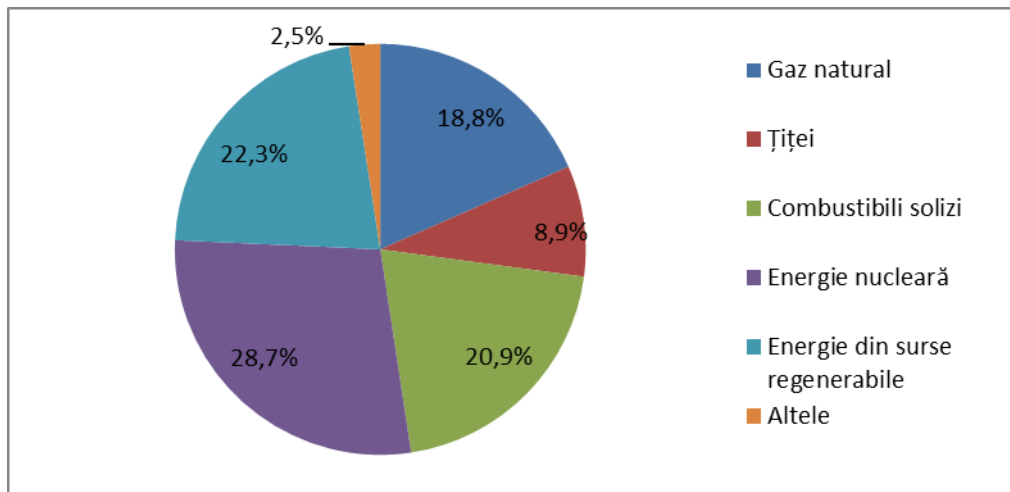


Fig. 2.3. Producția de energie la nivelul UE, anul 2012

Uniunea Europeană tinde să atingă o pondere de 20% de energie din surse regenerabile din consumul total de energie până în 2020, acest obiectiv fiind înșușit

de toate statele membre prin strategii naționale pragmatice menite să găsească modalitatea de a dezvolta producerea energiei din surse regenerabile în fiecare stat. La finele anului 2012, ponderea energiei din surse regenerabile în consumul final brut de energie a fost de 14,1 % pentru întreaga Uniune Europeană. [6] [8]

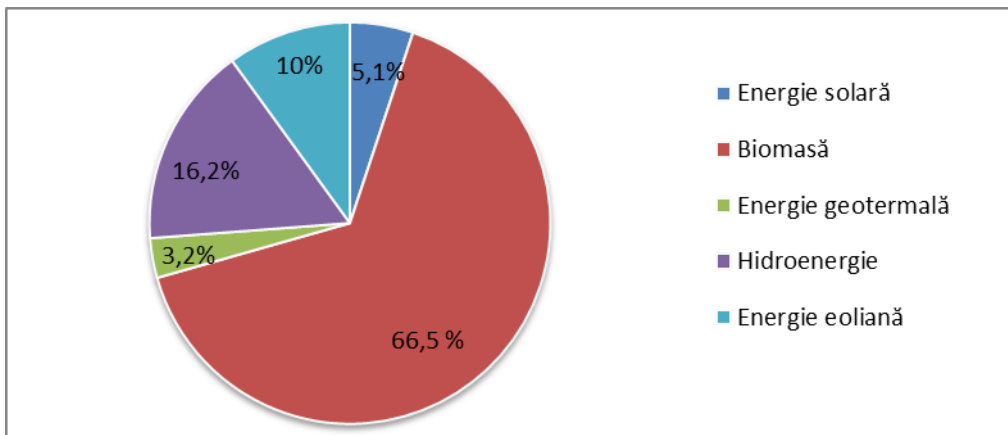


Fig. 2.4. Producția de energie din diferite surse regenerabile a UE, anul 2012

În martie 2007, Uniunea Europeană a elaborat Noua Politică Energetică a Uniunii Europene care cuprinde trei obiective fundamentale – pachete - dintre care, cel de interes major pentru domeniul construcțiilor, pachetul "Energie- Schimbări climatice", cuprinde următoarele obiective sub denumirea generică de Directiva 20/20/20 [6]:

- Reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră cu 20% până în anul 2020, comparativ cu cele din anul 1990;
- Creșterea ponderii surselor regenerabile de energie la 20% din consumul total energetic al UE până în anul 2020;
- Reducerea consumului global de energie primară cu 20% până în anul 2020;
- Creșterea ponderii biocarburanților la cel puțin 10% din totalul conținutului energetic al carburanților utilizați în transport în anul 2020.

Acest pachet legislativ conține patru acte normative complementare:

- Directiva 2009/29/CE - pentru îmbunătățirea și extinderea schemei europene de tranzacționare a certificatelor de emisii de gaze cu efect de seră (EU - ETS);
- Decizia 2009/406/CE - Decizia non-ETS;
- Directiva 2009/28/CE - Directiva privind energiile regenerabile (RES);
- Directiva 2009/31/CE - Directiva privind stocarea geologică a CO2 (CSC)

Deși fiecare dintre aceste subiecte va fi tratat separat de Consiliile Mediu și Energie, se intenționează atingerea unui acord la nivel european asupra pachetului ca un întreg.

Prin directivele enumerate mai sus, se impune încurajarea și facilitarea producerii și utilizării energiei din surse regenerabile pentru a se ajunge la un consum de 20% la nivel european, iar pentru a ajunge la această valoare, fiecare

stat membru impune la nivel națională anumite obiective. Pentru România, procentul care trebuie atins este de 24%. Procentul de 10% de utilizare a carbohidraților este același pentru fiecare țară membră a Uniunii Europene [3].

La data de 1 ianuarie 2007, România a devenit stat membru al Uniunii Europene. Asemenea oricărui stat membru, România a adoptat legislația acesteia, având o serie de drepturi precum și obligații și măsuri de luat în vederea prevenirii și remedierii deficienței în mai multe domenii. Unul dintre aceste domenii și printre cele mai importante, este domeniul economiei de energie.

În calitate de stat membru, România trebuie să îndeplinească cerințele impuse de politica energetică comună a Uniunii Europene, astfel că, reglementările în acest sector ale țării noastre trebuie corelate cu cele existente la nivel european.

În acest scop, s-a elaborat o Strategie Energetică a României realizată inițial pentru perioada de timp 2007 - 2020, ținând cont de necesitățile specifice și de obligațiile internaționale ale României față de Uniunea Europeană, dar și de realizarea scenariului optim de dezvoltare a sistemului energetic național la acel moment. Strategia Energetică a României pentru perioada 2007-2020 a fost aprobată prin Hotărâre de Guvern (HG nr. 1069 din 2007). Pe parcursul derulării procedurii de evaluare de mediu a Strategiei a apărut necesitatea actualizării acesteia. Astfel a fost realizată o primă versiune actualizată, intitulată „Elemente de strategie energetică pentru perioada 2011 – 2035 – Direcții și obiective strategice în sectorul energiei electrice”, ulterior fiind elaborată versiunea actualizată a Strategiei pentru perioada 2011 – 2020.[7]

Strategia Energetică a României reprezintă documentul prin care Ministerul Economiei, Comerțului și Mediului de Afaceri prin Direcția Generală Energie Petrol și Gaze își definește politica de dezvoltare a sectorului energetic. Sectorul energetic include orice activitate legată de: exploatarea cărbunilor, a gazului natural, a țițeiului sau uraniului, exploatarea resurselor regenerabile (puterea vântului, energia apei, energia soarelui, energia geotermală) producerea energiei electrice și a apei calde prin arderea combustibililor fosili sau alte tehnologii, transportul materiilor prime, al energiei și al apei calde [3].

Politica energetică a României se realizează în cadrul schimbărilor și evoluțiilor ce au loc pe plan național și european. În acest context, politica energetică a României trebuie să fie corelată cu documentele similare existente la nivel european pentru a asigura convergența politicii țării noastre cu politica Uniunii Europene în domeniu.

Strategia energetică urmărește îndeplinirea principalelor obiective ale noii politici energie – mediu a Uniunii Europene, obiective asumate și de România[3]:

- Siguranța energetică
 - Creșterea siguranței energetice prin asigurarea necesarului de resurse energetice și limitarea dependenței de resursele energetice de import;
 - Diversificarea surselor de import, a resurselor energetice și a rutelor de transport al acestora;
 - Creșterea nivelului de adecvanță a rețelelor naționale de transport al energiei electrice, gazelor naturale și petrolului
 - Protecția infrastructurii critice;
- Dezvoltare durabilă
 - Creșterea eficienței energetice;
 - Promovarea producerii energiei pe bază de resurse regenerabile

- Promovarea producerii de energie electrică și termică în centrale cu cogenerare, în special în instalații de cogenerare de înaltă eficiență;
- Susținerea activităților de cercetare-dezvoltare și diseminare a rezultatelor cercetărilor aplicabile;
- Reducerea impactului negativ al sectorului energetic asupra mediului înconjurător;
- Utilizarea rațională și eficientă a resurselor energetice primare;
- Competitivitate
 - Dezvoltarea piețelor concurențiale de energie electrică, gaze naturale, petrol, uraniu, certificate verzi, certificate de emisii ale gazelor cu efect de seră și servicii energetice;
 - Liberalizarea tranzitului de energie și asigurarea accesului permanent și nediscriminatoriu al participanților la piață la rețelele de transport, distribuție și interconexiunile internaționale;
 - Continuarea procesului de restructurare și privatizare în sectoarele energiei electrice, termice și al gazelor naturale;
 - Continuarea procesului de restructurare pentru sectorul de lignit, în vederea creșterii profitabilității și accesului pe piața de capital;

Obiectivul general al strategiei energetice presupune obținerea cantității de energie necesară unei calități bune a vieții respectând totodată principiile dezvoltării durabile.

Analizând în parte fiecare obiectiv regăsit în strategia elaborată, reiese motivul pentru care respectivul obiectiv este esențial de atins.

Astfel, siguranța energetică are ca punct de plecare o creștere preconizată a dependenței de import de gaze naturale de la 57% în prezent la 84% în anul 2030 și petrol de la 82% la 93%, în aceeași perioadă.

Dezvoltarea durabilă are la baza faptul că printre principalii producători de gaze cu efect de seră, la nivelul Uniunii Europene, în anul 2007, se află sectorul energetic. În ritmul actual de dezvoltare, până în anul 2030, se așteaptă o creștere cu 5% la nivelul Uniunii Europene, și cu 55% la nivel global. Se dorește o dezvoltare a producției de electricitate din energie nucleară. Energia nucleară reprezintă una dintre cele mai mari surse de energie fără emisii de gaze cu efect de seră. În anul 2007, centralele nucleare asigură o treime din producția de electricitate în Uniunea Europeană.

Competitivitatea presupune stabilirea unor prețuri corecte ale energiei la nivel de piață internă de energie în Uniunea Europeană, stimulând astfel economisirea de energie și atragerea de investiții în acest sector.

Domeniul construcțiilor, fiind responsabil de aproximativ 40% din consumul de energie la nivel european și la nivel de România, a fost și este un domeniu în care legislația și măsurile de eficientizare sunt în continuă schimbare, în vederea obținerii economiei de energie.

Directiva 2002/91/CE privind performanța energetică a clădirilor a avut ca scop promovarea îmbunătățirii performanței energetice a clădirilor în cadrul Uniunii Europene, ținând cont de condițiile climatice din exterior și de specificitățile locale, cât și de cerințele legate de climatul interior și de raportul cost-eficiență [9].

Astfel, directiva menționată mai sus a stabilit cerințe referitoare la metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor, cerințe minime privind performanța energetică a clădirilor noi, aplicarea cerințelor minime privind performanța energetică a clădirilor existente, supuse renovării, certificarea energetică a clădirilor,

inspecția periodică a cazanelor și a sistemelor de climatizare, precum și evaluarea instalațiilor de încălzire cu o vechime mai mare de 15 ani.

Statele membre au aplicat, la nivel național sau regional, o metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor pe baza cadrului general prevăzut în anexă Directivei 2002/91/CE. [9].

În România, după aderarea la Uniunea Europeană, ca răspuns la cerințele europene, în anul 2007 a fost elaborată Metodologia de calcul privind performanța energetică a clădirilor care are la bază pachetul de standarde europene privind performanța energetică a clădirilor, elaborat ca suport pentru aplicarea Directivei 2002/91/CE privind performanța energetică a clădirilor și răspunde cerințelor din Legea nr. 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor [11] [12].

În iulie 2010 a intrat în vigoare Directiva 2010/31/UE privind performanța energetică a clădirilor care abrogă Directiva 2002/91/CE [10].

Astfel, statele membre ale Uniunii Europene trebuie să adopte, la nivel național sau regional, o metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor care trebuie să țină seama de următoarele elemente: caracteristicile termice ale clădirii (capacitate termică, izolare etc.), instalațiile de încălzire și de alimentare cu apă caldă, instalațiile de climatizare, instalația de iluminat, condițiile de climat exterior.

De asemenea, este obligatoriu să se țină seama de condițiile locale de expunere la radiația solară și de posibilitatea utilizării energiei solare în mod pasiv, de iluminatul natural și electricitatea produsă prin cogenerare.

Statele membre trebuie să pună în aplicare, în conformitate cu metodologia de calcul menționată, cerințe minime în materie de performanță energetică, pentru a atinge niveluri optime, din punctul de vedere al costurilor dar și pentru a economisi energie. La stabilirea cerințelor minime, se poate face o distincție între clădirile noi și cele deja existente, precum și între diversele categorii de clădiri.

Clădirile noi trebuie să respecte cerințele stabilite prin strategiile locale stabilite de fiecare țară membră și înainte de începerea lucrărilor de construcție, este necesară efectuarea unui studiu de fezabilitate privind instalarea unor sisteme de alimentare cu energie din surse regenerabile, a unor pompe de căldură, a unor sisteme de încălzire sau de răcire centralizate sau de bloc și a unor sisteme de cogenerare.

Clădirile existente supuse reabilitării sau modernizării, trebuie să îndeplinească, de asemenea, cerințele minime stabilite de fiecare stat membru.

Se pot exclude de la îndeplinirea cerințelor minime: clădirile protejate oficial, clădirile utilizate ca și lăcașuri de cult, construcțiile provizorii, clădirile rezidențiale destinate utilizării pentru o perioadă limitată în cursul unui an, clădirile protejate oficial (de exemplu, clădirile cu valoare istorică), clădirile independente cu o suprafață utilă totală mai mică de 50 m² [11] [12].

Sunt prevăzute cerințe minime de performanță energetică și pentru sistemele de încălzire, sistemele de apă caldă, sistemele de ventilare și climatizare atunci când se instalează sau când se renovează/modernizează.

Pentru elementele de anvelopă se prevăd măsuri de performanță energetică care pot fi distincte pentru clădirile nou construite și pentru cele care se reabilitează/modernizează. Cerințele minime se corelează cu costul acestora, astfel încât să fie eficiență atât energetică, cât și economică.

Este încurajată introducerea sistemelor inteligente de control a energiei și de monitorizare a consumului de energie atunci când o clădire se construiește sau când se reabilitează/modernizează.

Un alt obiectiv important prevăzut de Directiva 2010/31/UE este realizarea clădirilor cu consum 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. Clădirile noi ocupate și deținute de autoritățile publice trebuie să îndeplinească aceleași criterii după 31 decembrie 2018 [10].

Directiva încurajează creșterea numărului de clădiri cu consum de energie aproape zero de prin elaborarea unor planuri naționale, care să conțină:

- aplicarea practică de către statul membru a definiției clădirilor cu consum de energie aproape egal cu zero;

- obiective intermediare privind îmbunătățirea performanței energetice a clădirilor noi, până în 2015;

- informații privind politicile și măsurile financiare adoptate pentru a încuraja îmbunătățirea performanței energetice a clădirilor. [12]

Directiva 2010/31/UE prevede realizarea unui sistem de certificare a performanței energetice a tuturor clădirilor statelor membre. Acesta include, în principal, informații privind consumul de energie al clădirilor și recomandări pentru îmbunătățirea performanței energetice și economice. Certificarea energetică trebuie realizată la toate tranzacțiile imobiliare. Atunci când o clădire se vinde sau se închiriează, Directiva sugerează apariția indicatorilor de performanță energetică în orice mijloc de comunicare al clădirii care se vinde sau se închiriează. În momentul construcției, vânzării sau închirierii unei clădiri sau a unei unități de clădire, acest certificat este arătat potențialului nou locatar sau cumpărător și este înmănat cumpărătorului sau noului locatar. La clădirile cu o suprafață utilă totală de peste de 500 m² ocupate sau deținute de o autoritate publică și clădirile cu o suprafață utilă totală de peste de 500 m² vizitate în mod frecvent de public, este obligatorie afișarea într-un loc vizibil (începând cu 9 iulie 2015, acest prag va fi redus la 250 m²) [12].

Aceste măsuri sunt asigurate în România prin legea 372 din decembrie 2005, republicată în 2013, lege care are ca scop promovarea măsurilor pentru creșterea eficienței performanței energetice a clădirilor, ținându-se cont de condițiile climatice exterioare și de amplasament, de cerințele de confort interior, de nivel optim, din punct de vedere al costurilor, al cerințelor de performanță energetică, precum și pentru ameliorarea aspectului urbanistic al localităților [12].

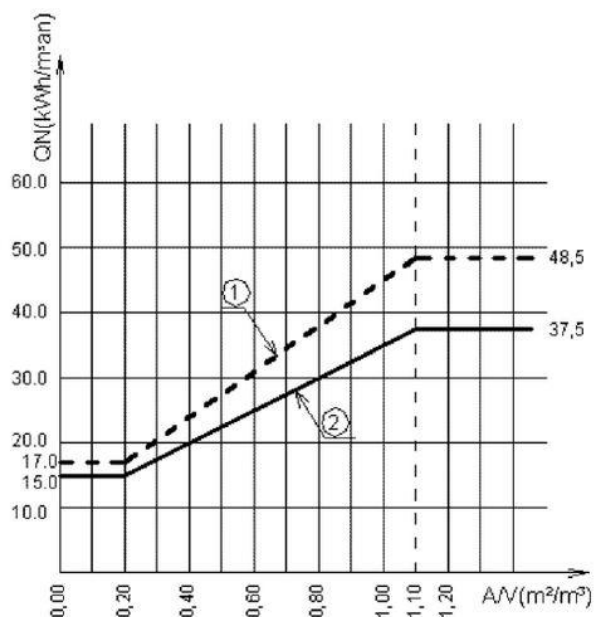
2.2. Prezentarea prevederilor normativelor românești privind performanțele energetice și a metologiei de calcul pentru clădirile de locuit

În prezent, în România, cerințele minime de performanță energetică a clădirilor se stabilesc conform indicativului C107-2005 și a "Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor" – partea I – Anvelopa clădirii, indicativ Mc 001/1-2006.

La clădirile noi, indicativul C107 prevede următoarele cerințe minime care trebuie respectate: [5], [13]

- Nivelul de izolare termică globală corespunzător: $G \leq GN \left(\frac{W}{m^2K} \right)$, unde G este coeficientul global de izolare termică care exprimă pierderile totale de căldură la clădirile de locuit prin transmisie directă și GN – coeficientul global normat de izolare termică; [14]

- Necesarul anual de căldură trebuie să fie mai mic decât necesarul de căldură normat $Q \leq QN2 \left(\frac{kWh}{m^2an} \right)$; [14]



sursa[15]

Fig.2.5. Reprezentarea grafică a necesarului anual de căldură pentru încălzire, normat (QN) la clădiri de locuit

- Rezistențele termice specific corectate ale tuturor elementelor de construcție ale clădirilor, calculate pentru fiecare încăpere în parte trebuie să fie mai mari decât rezistențele termice necesare $R' \geq R'_{nec} \left(\frac{m^2K}{W} \right)$, unde R'_{nec} se calculează funcție de temperaturile interioare; [16]

- Rezistența termică corectată medie pe clădire, a fiecărui element de construcție care alcătuiește anvelopa clădirii este trebuie să fie mai mare sau cel puțin egală cu rezistența termică minimă $R' \geq R'_{min} \left(\frac{m^2K}{W} \right)$, unde R'_{min} are valori

stabilite funcție de fiecare element de anvelopă, valori prezentate și în tabelul 2.1. [16]

- Temperaturile de pe suprafețele interioare ale elementelor de construcție, atât în câmp curent, cât și în dreptul punților termice, trebuie să fie mai mari decât temperatura punctului de roua T_{si} ($T_{si.min}$, $T_{si.colț}$) $\geq \theta_r$ ($^{\circ}C$); [16]

- Cantitatea de apă provenită din condensarea vaporilor în masa elementului de construcție în perioada rece a anului trebuie să fie mai mica decât cantitatea de apă care s-ar putea evapora în perioada rece a anului $m_w < m_v \left(\frac{kg}{m^2}\right)$; [17]

- Creșterea umidității relative masice la sfârșitul perioadei de condens, trebuie sa nu depășească valoarea maximă admisibilă $\Delta W = 100m_w < \Delta W_{adm}$ (%);[17]

TABEL 2.2. Rezistențe termice minime R'_{min} ale elementelor de anvelopă[15]

Nr. Crt.	Elementul de construcție	Clădiri de locuit	
		R'_{min} [$\frac{m^2K}{W}$]	U'_{max} [$\frac{W}{m^2K}$]
1	Pereți exteriori (exclusiv suprafețele vitrate, inclusiv pereții adiacenți rosturilor deschise)	1,80	0,56
2	Tâmplarie exterioară	0,77	1,30
3	Planșee peste ultimul nivel, sub terase sau poduri	5,00	0,20
4	Planșee peste subsoluri neîncălzite și pivnițe	2,90	0,35
5	Pereți adiacenți rosturilor închise	1,10	0,90
6	Planșee care delimiteaza clădirea la partea inferioara, de exterior (la bowindouri, ganguri de trecere etc.)	4,50	0,22
7	Plăci pe sol (peste CTS)	4,50	0,22
8	Plăci la partea inferioara a demisolurilor sau a subsolurilor încălzite (sub CTS)	4,80	0,21
9	Pereti exteriori, sub CTS, la demisolurile sau la subsolurile încălzite	2,90	0,35

În vederea respectării cerințelor normativelor românești privind performanțele energetice și a metodologiei de calcul în cazul clădirilor de locuit trebuie avut în vedere următoarele:

- Condițiile de amplasare
- Conformarea arhitecturală

- Parametrii de calcul termo-higro-energetic
- Dimensionarea termică a elementelor de anvelopă
- Verificarea configurării termice globale
- Verificarea la difuzia vaporilor de apă a elementelor de anvelopă

2.2.1. Condițiile de amplasare

Acestea condiții pot fi luate în considerare doar în cazul construcțiilor care urmează să fie realizate.

Atunci când se alege amplasamentul viitoarei construcții este necesar să se țină cont de următoarele aspecte pentru a valorifica cât mai mult potențialul energetic al acestuia: [13]

-să fie utilizate toate oportunitățile solar pasive pentru încălzirea, răcirea și luminarea naturală a spațiilor interioare;

-să se limiteze suprafețele din amplasament ocupate de parcaje și drumuri de acces;

-să se beneficieze de un câștig maxim de energie solară și să poată fi controlată însorirea nedorită;

-să se poată reduce pierderile de căldură datorate infiltrațiilor de aer;

-să se poată asigura ventilarea naturală.

Performanța energetică a unei clădiri include aspecte privind iluminatul natural, o rezolvare optimă prezentând numeroase beneficii, inclusiv o economie considerabilă de energie prin reducerea necesarului de iluminat artificial, încălzire și răcire. Un spațiu cu iluminat natural corespunzător și cu un sistem de control al iluminatului artificial poate să conducă la obținerea unei economii de energie electrică pentru iluminat între 30 și 70%.

Lumina naturală poate fi accesibilă pentru orice orientare, dar trebuie realizate studii speciale în ceea ce privește dimensiunile suprafețelor vitrate, tipul de sticlă folosit, protecția solară optimă pentru fiecare punct cardinal în parte. Din punct de vedere al strategiei iluminatului natural, orientarea optimă trebuie gândită pentru fiecare funcțiune în parte, ținând cont de caracteristicile fiecărui punct cardinal:

SUD – aport de radiație luminoasă și termică; protecția solară este cel mai ușor de realizat, prin elemente orizontale;

NORD – aport de radiație luminoasă, nu și termică;

EST, VEST – protecție solară mai greu de realizat, datorită unghiurilor variate ale soarelui.

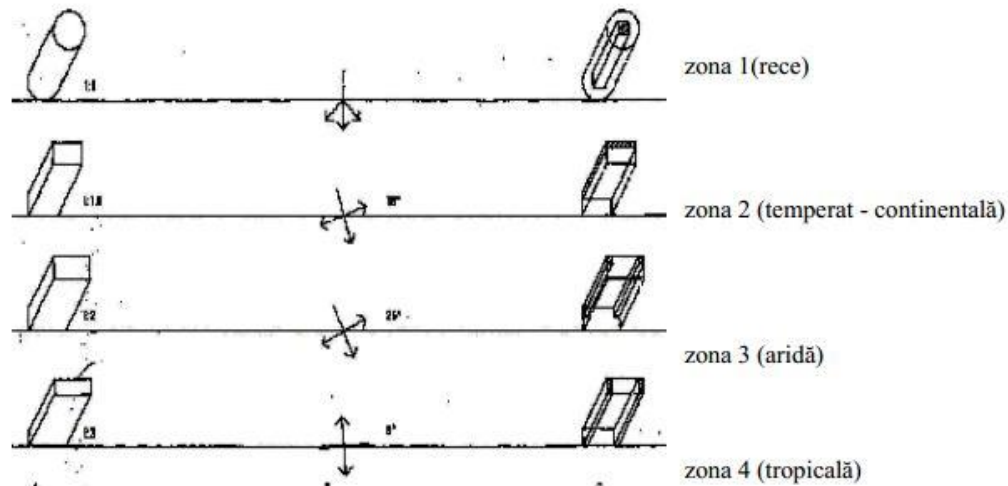


Fig.2.6. Orientarea clădirii în raport cu punctele cardinale și față de vântul dominant, sursa[13]

Recomandarea care se face pentru locuințe, spre exemplu, este evitarea orientării dormitoarelor spre nord. O locuință trebuie amplasată astfel încât, cel puțin una din camerele de locuit să primească radiație solară direct, un anumit număr de ore pe zi, sub anumite unghiuri minime, pe toată perioada anului (NP 057-02). La stabilirea pozițiilor și dimensiunilor tâmplăriei exterioare se va avea în vedere atât orientarea cardinală, cât și orientarea față de direcția vânturilor dominante, ținând seama și de existența clădirilor învecinate. Deși nu se consideră în calcule, ferestrele orientate spre sud au un aport solar semnificativ. [14]

Pentru o clădire multietajată aflată în zona temperat-continentală, indiferent că este vorba de clădiri rezidențiale sau publice, cea mai favorabilă orientare este aceea în care axul lung al clădirii este orientat est-vest în așa fel încât axul transversal perpendicular pe acesta să facă un unghi de 18° spre est față de axul nord-sud. Pe timp de vară se asigură umbrirea fațadei sud-est. Fațadele scurte vor fi orientate spre nord-est, sud-vest și este de preferat ca o fațadă orientată spre vest să nu prezinte ferestre.

2.2.2. Conformarea arhitecturală

Echilibrarea heliotermică – reducerea pierderilor de căldură în sezonul rece și reducerea aportului de căldură în sezonul cald – se realizează în faza de proiectare prin conformarea volumetriei clădirii și prin orientarea sa. Reducerea necesarului de încălzire sau răcire, prin umbrire pe timp de vară și însorire pe timp de iarnă, depinde de compactitatea și forma volumetrică a clădirii, orientarea față de punctele cardinale și de raportul dintre volum și suprafață.

Recomandările pentru creșterea performanței termice a anvelopei sunt:

- Controlul mărimii golurilor, geometria ferestrelor, tipul de etanșizare al tâmplărilor și creșterea performanțelor acestora, selectarea tipurilor de geamuri, se vor utiliza soluții îmbunătățite de tâmplărie exterioară, cu cel puțin 3 rânduri de geamuri sau cu geamuri termoizolante;

- Utilizarea sistemelor de umbrire, optimizarea luminării naturale și controlul strălucirii, reducerea pierderilor de căldură și a câștigului de căldură;
- Optimizarea izolării termice în vederea reducerii consumului de energie necesar pentru încălzirea sau răcirea spațiilor interioare clădirii;
- Utilizarea calității de masă termică a anvelopei clădirii;
- Asigurarea integrității anvelopei clădirii astfel încât să se asigure confortul termic și să se prevină condensul – utilizarea corectă a barierei de vapori și evitarea punților termice;
- Se va urmări reducerea în cât mai mare măsură a punților termice de orice fel, în special în zone de intersecții a elementelor de construcție (colțuri, socluri, cornișe, atice), cât și la balcoane, logii, bowindowi, în jurul golurilor de ferestre, de uși de balcoane, etc. ;
- Utilizarea soluțiilor cu rezistențe termice specifice sporite, utilizarea materialelor termoizolante eficiente (polistiren, vată minerală, etc.) ;
- Se interzice utilizarea tâmplărilor cu tocuri și cercevele din aluminiu fără intreruperea punților termice.
- În cazul unei construcții de formă compactă, pentru optimizarea relației însorire – necesarul de căldură în realizarea confortului interior există un raport optim între lungimea și lățimea în plan a suprafeței construite, care este de 1:1,6.
- La construcțiile civile, la încăperile la care se apreciază că iluminarea nu este riguros legată de producția și destinația încăperii, realizarea condițiilor de iluminare se verifică, în mod aproximativ, funcție de raportul dintre aria ferestrelor încăperilor și aria pardoselii acesteia;
 - Asigurarea normelor de igienă pentru locuințele colective prevăd:
 - Însorirea minimă de 1,5 ore la 21 decembrie pentru cel puțin o cameră, pentru apartamentele cu 2 camere și pentru cel puțin 2 camere pentru apartamentele cu 3 sau 4 camere;
 - În cadrul ansamblului urbanistic se admit maxim 5% apartamente neînsorite.

2.2.3. Parametrii de calcul termo-higro-energetic

2.2.3.1. Elementele componente ale anvelopei clădirilor

Prin anvelopa clădirii înțelegem totalitatea suprafețelor elementelor de construcție perimetrare, care delimitează volumul interior (încălzit) al unei clădiri, de mediul exterior sau de spații neîncălzite din exteriorul clădirii. [16]

Anvelopa unei clădiri este alcătuită dintr-o serie de elemente prin care are loc transfer termic.

Aria anvelopei clădirii – A – este suma tuturor ariilor elementelor de construcție perimetrare ale clădirii, prin care are loc transfer termic, se calculează cu relația

$$A = \sum A_j \quad (\text{m}^2) \quad (2.1)$$

unde A_j reprezintă ariile elementelor de construcție care intră în alcătuirea anvelopei clădirii.

Aria anvelopei se determină având în vedere exclusiv suprafețele interioare ale elementelor de construcție perimetrare, ignorând existența elementelor de

construcție interioare - pereții interiori structurali și nestructurali, precum și planșeele intermediare: [14]

- pe orizontală, pe baza dimensiunilor interioare ale pereților exteriori
- pe verticală, între fața superioară a pardoselii de la primul nivel încălzit, până la tavanul ultimului nivel încălzit.

Volumul clădirii – V - reprezintă volumul încălzit al clădirii, cuprinzând atât încăperile încălzite direct (cu elemente de încălzire), cât și încăperile încălzite indirect (fără elemente de încălzire), dar la care căldura pătrunde prin pereții adiacenți, lipsiți de o termoizolație semnificativă. În acest sens se consideră ca făcând parte din volumul clădirii: cămări, debarale, vestibuluri, holuri de intrare, casa scării, puțul liftului și alte spații comune [14]

$$V = \sum V_j = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (\text{m}^3) \quad (2.2)$$

unde V_j , reprezintă volumul încăperii clădirii care se calculează pe baza ariilor orizontale determinate conform prevederilor de mai sus.

Ca principiu general, suprafețele elementelor de construcție perimetrice care alcătuiesc împreună anvelopa clădirii, se delimitează de mediile exterioare prin fețele interioare ale elementelor de construcție.

Puntea termică - reprezintă o zonă a anvelopei unei clădiri, în care fluxul termic - altfel unidirecțional - este sensibil modificat prin: [16]

- penetrarea parțială sau totală a elementelor de construcție perimetrice, cu materiale având o conductivitate diferită;
- schimbare a grosimii elementului de construcție și/sau
- diferență între ariile suprafețelor interioare și exterioare, așa cum se întâmplă la colțurile dintre pereți, precum și la cele dintre pereți și planșee.

Din punctul de vedere al lungimii lor, punțile termice se clasifică în punți termice cu incluziuni liniare (l) și punți termice cu incluziuni punctuale (ψ). Punțile termice punctuale pot fi independente (agrafe sau ploturi de legătură) sau provenind din intersecția unor punți termice liniare.

Din punctul de vedere al alcătuirii lor, punțile termice se clasifică astfel :

- punți termice constructive, realizate prin incluziuni locale din materiale având o conductivitate diferită;
- punți termice geometrice, realizate ca urmare a unor forme geometrice specifice (colțuri, schimbări ale grosimilor, ș.a.);
- punți termice mixte, având ambele caracteristici de mai sus.

Lungimile punților termice liniare care trebuie în mod obligatoriu să fie luate în considerare la determinarea parametrilor l și ψ sunt, în principal, următoarele:

- intersecția dintre pereții exteriori ai planșeului și planșeul terasă (în zona aticului sau a cornișei); [13]
- intersecția dintre pereții exteriori ai și planșeul de pod (în zona streașinii);
- intersecția dintre pereții exteriori ai și planșeul peste subsolul neîncălzit (în zona soclului);
- intersecția dintre pereții exteriori ai și placa pe sol (în zona soclului);

- colțurile verticale (ieșinde și intrânde) formate la intersecția dintre 2 pereți exteriori ortogonali;
 - punțile termice verticale de la intersecția pereților exteriori cu pereții interiori structurali (ex: stâlpișori din beton armat monolit neprotejați sau protejați, pereții din beton armat adiacenți logiilor, etc.);
 - intersecția pereților exteriori cu planșeele intermediare (în zona centurilor și a consolelor din beton armat monolit, etc.);
 - plăcile continue din beton armat care traversează pereții exteriori la balcoane și logii;
 - conturul tâmplăriei exterioare (la buiandrugi, solbancuri, glafuri verticale).
- Exemple de punți termice

2.2.3.2. Caracteristici higrotermice ale materialelor

Caracteristicile higrotermice ale materialelor de construcție utilizate la evaluarea performanțelor energetice ale clădirilor sunt: [5]

- conductivitatea termică, λ [$\frac{W}{mK}$];
- coeficientul de asimilare termică, s [$\frac{W}{m^2K}$];
- căldura specifică masică, c [$\frac{J}{kgK}$];
- factorul rezistenței la permeabilitate la vapori de apă, μ_D .

Conductivitatea termică este o caracteristică termofizică de bază a materialelor de construcție. Valoarea lui variază funcție de densitatea aparentă, porozitate, umiditate și temperatură (crește odată cu creșterea densității aparente și scade odată cu porozitatea).

Determinarea coeficientul de conductivitate se face pe cale experimentală, în condiții de laborator, iar conductivitatea termică de calcul se stabilește pe baza conductivității termice declarate, avându-se în vedere condițiile reale de exploatare referitoare la temperatura și umiditatea materialului.

Coeficientul de asimilare termică arată cantitatea de căldură acumulată într-un ciclu de variație în timp a temperaturii de către un material de construcție și depinde de conductivitatea termică a materialului, de căldura specifică, de densitatea aparentă și de perioada timpul în care variază temperatura.

Căldura specifică masică reprezintă cantitatea de căldură necesară unității de masă (kg) dintr-un corp pentru a-și modifica temperatura cu un grad.

Factorul de rezistență la permeabilitatea la vapori al unui material este o mărime adimensională care arată de câte ori stratul de material este mai puțin permeabil decât un strat de aer de aceeași grosime. Factorul rezistenței la permeabilitatea la vapori este utilizat la verificarea elementelor de construcție componente ale anvelopei clădirii la irsul de condens interstițial.

2.2.3.3. Parametrii de performanță ai elementelor de anvelopă

Parametrii de performanță ai elementelor de anvelopă sunt:

- Rezistența termică specifică a unui strat omogen;

- Rezistența termică a unui strat cvasiomogen;
- Rezistențele termice superficiale;
- Rezistența termică a stratului de aer;
- Rezistența termică specifică unidirecțională;
- Rezistența termică specifică corectată;
- Rezistența termică specifică medie corectată;
- Rezistența la permeabilitatea la vapori.

Rezistența termică specifică a unui strat omogen

Rezistența termică specifică a unui strat omogen al elementului de construcție se determină cu relația: [16]

$$R_s = \frac{d}{\lambda} \left[\frac{m^2 K}{W} \right] \quad (2.3)$$

Unde, d este grosimea de calcul a stratului, [m] iar λ este conductivitatea termică de calcul a materialului, $\left[\frac{W}{mK} \right]$.

Rezistența termică a unui strat cvasiomogen

Se admite ca, în anumite condiții, să se înlocuiască materialele cu conductivități termice diferite cu un material având o conductivitate termică unică, echivalentă. Exemplu de strat cvasiomogen: zidăriile – alcătuite din cărămizi sau blocuri + mortar, precum și straturile termoizolante din cadrul elementelor de construcție tristrat, prin care trec ancore din oțel inoxidabil de diametre reduse, dispuse uniform pe suprafața elementului de construcție. [16]

Rezistența termică a unui strat cvasiomogen se calculează cu relația:

$$R_s = \frac{d}{\lambda_{ech}} \left[\frac{m^2 K}{W} \right] \quad (2.4)$$

unde:

$$\lambda_{ech} = \frac{\sum(\lambda_j \cdot A_j)}{\sum A_j} \left[\frac{W}{mK} \right] \quad (2.5),$$

λ_j este conductivitățile termice ale materialelor componente, $\left[\frac{W}{mK} \right]$; A_j reprezintă ariile materialelor componente din cadrul stratului cvasiomogen, măsurate în planul stratului (elevație), [m²].

La straturile cvasiomogene alcătuite dintr-un strat termoizolant + ancore metalice de legătură, conductivitatea termică echivalentă se poate determina cu relația:

$$\lambda_{ech} = \lambda + d \cdot n \cdot \chi \left[\frac{W}{mK} \right] \quad (2.6)$$

unde λ este conductivitatea termică a materialului termoizolant, $\left[\frac{W}{mK} \right]$, d este grosimea stratului termoizolant, [m], χ este coeficientul punctual de transfer termic, aferent unei ancore din oțel inoxidabil, care se determină pe baza unui calcul tridimensional al câmpului de temperaturi, $\left[\frac{W}{K} \right]$ și n reprezintă numărul de ancore metalice pe metru pătrat [m⁻²].

Rezistențele termice superficiale

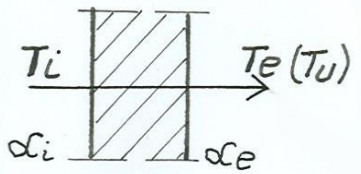
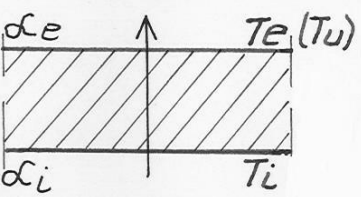
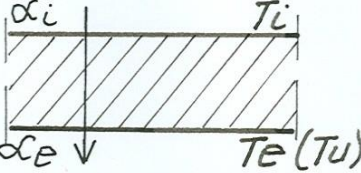
Valorile rezistențelor termice superficiale R_{si} și R_{se} sunt date în tabelul 2.2, funcție de direcția și sensul fluxului termic. [16]

Valorile rezistențelor termice superficiale interioare din tabelul 2.2. sunt valabile pentru suprafețele interioare obișnuite, netratate (cu un coeficient de emisie $e = 0,9$). Valorile aferente suprafețelor verticale, sunt valabile și pentru suprafețele înclinate cu un unghi de cel mult 30° față de verticală, iar cele aferente suprafețelor

orizontale sunt valabile și pentru suprafețele înclinate cu un unghi de cel mult 30° față de orizontală.

Respectivele valori au fost determinate pentru o temperatură interioară evaluată la + 20°C.

TABEL 2.3. Coeficienți de transfer termic superficial $[\frac{W}{m^2 K}]$ și rezistențe termice superficiale $[\frac{m^2 K}{W}]$ sursa[16]

DIRECȚIA ȘI SENSUL FLUXULUI TERMIC	Elemente de construcție în contact cu:		Elemente de construcție în contact cu spații ventilate neîncălzite:	
	α_i / R_{si}	α_e / R_{se}	α_i / R_{si}	α_e / R_{se}
	8 ----- 0,125	24 ----- 0,042 (*)	8 ----- 0,125	12 ----- 0,084
	8 ----- 0,125	24 ----- 0,042 (*)	8 ----- 0,125	12 ----- 0,084
	6 ----- 0,167	24 ----- 0,042 (*)	6 ----- 0,167	12 ----- 0,084

Rezistența termică a stratului de aer

Valorile rezistențelor termice ale straturilor de aer neventilate se iau din tabelul 2.3, funcție de direcția și sensul fluxului termic și grosimea stratului de aer.

Valorile din tabel, din coloana "flux termic orizontal" sunt valabile și pentru fluxuri termice înclinate cu cel mult 30° față de verticală, iar cele din coloanele "flux

termic vertical" sunt valabile și pentru fluxuri înclinate cu cel mult 30° față de orizontală.

Valorile din tabel sunt valabile în următoarele condiții:

- stratul de aer este mărginit de suprafețe paralele și perpendiculare pe direcția fluxului termic, toate suprafețele fiind suprafețe obișnuite, netratate, cu un coeficient de emisie ridicat ($\epsilon > 0,8$);

- stratul de aer are grosimea (pe direcția fluxului termic) de cel mult 10% din oricare din celelalte două dimensiuni, și nu mai mult de 0,3 m;

- nu are loc nici un schimb de aer, atât cu mediul interior, cât și cu cel exterior.

TABEL 2.3. Rezistențele termice ale straturilor de aer neventilate sursa[16]

Grosimea stratului de aer (mm)	Direcția și sensul fluxului termic		
	Orizontal	Vertical	
		ascendent	descendent
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,17	0,16	0,17
25	0,18	0,16	0,19
50	0,18	0,16	0,21
100	0,18	0,16	0,22
300	0,18	0,16	0,23

Pentru valori intermediare se interpolează liniar.

Rezistența termică specifică unidirecțională

Rezistența termică, specifică unidirecțională a unui element de construcție alcătuit din unul sau mai multe straturi din materiale omogene, fără punți termice, inclusiv din eventuale straturi de aer neventilat, dispuse perpendicular pe direcția fluxului termic, se calculează cu relația : [16]

$$R = R_{si} + \sum R_s + \sum R_a + R_{se} \quad \left[\frac{m^2 K}{W} \right] \quad (2.7)$$

Unde R_{si} reprezintă rezistența termică superficială pe suprafața interioară, $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$

$\sum R_s$ reprezintă rezistența termică specifică a tuturor straturilor elementului de închidere exclusiv straturile de aer, $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$; $\sum R_a$ reprezintă rezistența termică specifică

a straturilor de aer ale elementului de închidere, $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$; R_{se} reprezintă rezistența termică superficială pe suprafața exterioră, $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$.

Coeficientul de transfer termic unidirecțional, denumit și transmitanța termică, se determină cu formula:

$$U = \frac{1}{R} \quad \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \quad (2.8)$$

Rezistența termică specifică corectată

Rezistența termică specifică corectată se determină la elementele de construcție cu alcătuire neomogenă, ea ține seama de influența punților termice

asupra valorii rezistenței termice specifice determinate pe baza unui calcul unidirecțional în câmp curent, respectiv în zona cu alcătuirea predominantă. [16]

$$R' = r * R \quad \left[\frac{m^2 K}{W} \right] \quad (2.9)$$

unde R este rezistența termică specifică unidirecțională, $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$, r este coeficient de reducere a rezistenței termice unidirecționale.

$$r = \frac{1}{1 + \frac{l(\psi + \chi)}{A}} \quad (2.10)$$

unde l este lungimea punților liniare de același fel, din cadrul suprafeței A , $[m]$, ψ este coeficientul liniar de transfer termic/transmitanță termică liniară și χ este coeficientul punctual de transfer termic/transmitanță termică punctuală.

Coeficientul de transfer termic corectat se calculează cu relația:

$$U = \frac{1}{R'} = \frac{1}{R} + \frac{\sum(\psi \cdot l)}{A} + \frac{\sum \chi}{A} \quad \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \quad (2.11)$$

Coeficienții specifici liniari și punctuali de transfer termic aduc o corecție a calcului unidirecțional, ținând seama atât de prezența punților termice constructive, cât și de comportarea reală, bidimensională, respectiv tridimensională, a fluxului termic, în zonele de neomogenitate a elementelor de construcție.

Coeficienții au valori pozitive sau negative și ei se introduc în relațiile 2.10 și 2.11 cu semnele lor algebrice.

Semnul (+) reprezintă o reducere a rezistenței termice corectate R' față de rezistența termică unidirecțională R ; semnul (-) are o frecvență mai redusă și semnifică o mărire a valorii R' față de valoarea R . [16]

În fazele preliminare de proiectare, influența punților termice se poate evalua printr-o reducere globală a rezistențelor termice unidirecționale, astfel:

- La pereții exteriori $r = 0.55 \dots 0.80$;
- La terase și planșee sub poduri $r = 0.75 \dots 0.85$;
- La planșee peste subsoluri și sub bowindowi $r = 0.65 \dots 0.75$;
- La rosturi $r = 0.80 \dots 0.90$.

Rezistența termică specifică medie corectată

Rezistența termică specifică medie a unui element de construcție se calculează cu relația:

$$R'_m = \frac{1}{U'_m} = \frac{\sum A_j}{\sum (A_j \cdot U'_j)} = \frac{\sum A_j}{\sum R'_j} \quad \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

(2.12)

Unde U'_j reprezintă transmitanțele termice corectate aferente suprafețelor A_j $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$.

Rezistențele termice medii se pot calcula pentru:

- o încăpere având mai multe suprafețe pentru un același element de construcție, de exemplu o încăpere de colț;
- un nivel al clădirii;
- ansamblul unei clădiri.

În cazul rezistenței termice medii pe un nivel sau pe ansamblul clădirii, valorile U'_j și A_j sunt aferente diferitelor încăperi j .

Transmitanța termică aferentă rezistenței termice medii trebuie să îndeplinească condiția:

$$U'_m \leq U'_{max} \quad \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \quad (2.13)$$

Rezistența la permeabilitatea la vapori

Rezistența la permeabilitatea la vapori se exprimă cu relația:

$$R_v = R_{v1} + R_{v2} + \dots + R_{vn} = \sum_{j=1}^n (d_j * \mu_{Dj}) * M \left[\frac{m}{s} \right] \quad (2.15)$$

unde R_v este rezistența la permeabilitatea la vapori a elementului de construcție, $\left[\frac{m}{s} \right]$; M este coeficientul de difuzie a vaporilor de apă în aer având valoarea de $54 * 10^8 \text{ s}^{-1}$; d_j este grosimea stratului j , [m]; μ_{Dj} este factorul rezistenței la permeabilitatea la vapori a stratului j , [-].

2.2.3.4. Parametrii de calcul exterior

Parametrii de calcul ai mediului exterior utilizați în calculul termo-higro-energetic sunt următorii:

- temperatura aerului exterior, [$^{\circ}\text{C}$];
- temperatura exterioară de proiectare pentru iarnă, [$^{\circ}\text{C}$];
- umiditatea aerului, presiunea vaporilor;
- intensitatea radiației solare, $\left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$;
- viteza vântului de referință, $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$.

Temperatura aerului exterior este temperatura aerului dată de termometrul uscat, măsurată conform metodologiei stabilite de Organizația Mondială de Meteorologie.

Temperatura exterioară de proiectare pentru iarnă este temperatura aerului exterior cu o anumită perioadă de revenire. Pentru calcule de dimensionare se utilizează zona climatică realizată pe perioada de iarnă din SR 1907-1:1997 care prevede 4 zone climatice și prevederile din ancheta publică contract 483/2011 care introduce a 5-a zonă climatică în interiorul zonei 4 (mărginită de Toplița la Nord, Sfântu Gheorghe la Sud, Odorheiul Secuiesc la Vest și Covasna la Est), caracterizată de temperatura convențională de calcul de -25°C :

zona I	$t_{e0} = -12^{\circ}\text{C}$
zona II	$t_{e0} = -15^{\circ}\text{C}$
zona III	$t_{e0} = -18^{\circ}\text{C}$
zona IV	$t_{e0} = -21^{\circ}\text{C}$
zona V	$t_{e0} = -25^{\circ}\text{C}$

Harta de zonare a teritoriului României, din punct de vedere al temperaturilor exterioare convenționale de calcul este prezentată în figura 2.7.

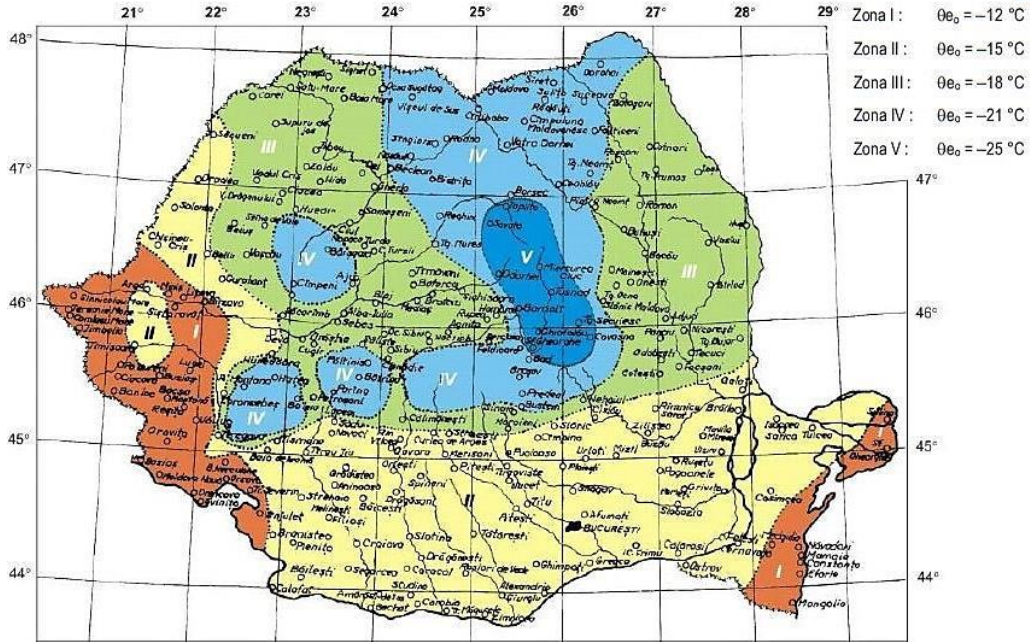


Fig.2.7. Harta de zonare a teritoriului României, din punct de vedere al temperaturilor exterioare convenționale de calcul sursa[18]

Umiditatea aerului este caracterizată de umiditatea absolută și umiditatea relativă a aerului.

Umiditatea absolută a aerului este determinată cu ajutorul relației 2.14

$$U_a = \frac{m_v}{V} \quad \left[\frac{g}{m^3} \right] \quad (2.14)$$

unde m_v reprezintă masa vaporilor de aer, [g], V reprezintă volumul aerului umed, [m³]

Umiditatea absolută de saturație este conținutul maxim de vapori în aer, la o temperatură dată:

$$U_s = \max U_a \quad \left[\frac{g}{m^3} \right] \quad (2.15)$$

Umiditatea relativă a aerului la o temperatură dată este definită de:

$$\varphi = \frac{U_a}{U_s} * 100 \quad [\%] \quad (2.16)$$

Presiunea vaporilor este caracterizată de presiunea parțială și presiunea de saturație a aerului.

Presiunea parțială este presiunea aerului umed la o anumită temperatură și corespunde umidității U_a :

$$p = \frac{T}{289} * U_a \quad (2.17)$$

unde T reprezintă temperatura absolută a aerului, [K].

Presiunea de saturație a aerului corespunde umidității U_s și depinde de temperatura aerului. Cu cât temperatura aerului este mai ridicată, presiunea de saturație este mai mare.

$$\varphi = \frac{U_a}{U_s} * 100 = \frac{p}{p_s} * 100 \Rightarrow p = \frac{\varphi * p_s}{100} \quad (4.18)$$

Umiditatea relativă a aerului exterior este dată și ca raport dintre presiunea vaporilor de apă din aerul umed și presiunea de saturație a vaporilor la aceeași temperatură:

$$\varphi = \frac{p}{p_s} \quad (4.19)$$

unde φ este umiditatea relativă a aerului, [%], p este presiunea vaporilor de apă, [Pa], p_s este presiunea de saturație a vaporilor, corespunzătoare temperaturii T.

Umiditatea relativă a aerului exterior se consideră ca având o valoare medie anuală de 80% și o valoare de 85% în sezonul rece al anului.

Intensitatea radiației solare este fluxul radiant pe suprafață generat de receptarea radiației solare pe plan având o înclinare și orientare oarecare. În funcție de condițiile de receptare, intensitatea radiației solare poate fi: totală, directă, difuză, reflectată, globală.

Viteza vântului de referință este definită ca fiind viteza vântului măsurată la o înălțime de 10 m deasupra nivelului solului, în câmp deschis, fără obstacole în imediata apropiere și se calculează ca valoare medie, pe o perioadă de la 10 minute până la o oră, a valorilor instantanee.

2.2.3.5. Parametrii de calcul ai mediului interior

Temperaturile interioare convenționale de calcul ale încăperilor încălzite, se consideră conform reglementărilor tehnice în vigoare – SR 1907-2/97. [19]

Dacă încăperile au temperaturi de calcul diferite, dar există o temperatură predominantă, în calcule se consideră această temperatură, de exemplu, la clădirile de locuit se consideră $T_i = +20^\circ\text{C}$.

Dacă nu există o temperatură predominantă, temperatura interioară convențională de calcul se poate considera temperatura medie ponderată a tuturor încăperilor încălzite, de la același nivel:

$$T_i = \frac{\sum T_{ij} \cdot A_j}{\sum A_j} \quad (2.20)$$

unde A_j reprezintă aria încăperii j având temperatura interioară T_{ij} .

Temperaturile interioare ale spațiilor și încăperilor neîncălzite se determină exclusiv pe bază de bilanț termic, funcție de temperaturile de calcul ale încăperilor adiacente, de ariile elementelor de construcție care delimitează spațiul neîncălzit, precum și de rezistențele termice ale acestor elemente

$$T_i' = \frac{\sum_i \frac{A_j}{R_j'} T_j + 0,34V \cdot \sum_j n_j \cdot T_j}{\sum_i \frac{A_j}{R_j'} + 0,34V \cdot \sum_j n_j} \quad (2.21)$$

unde T_j' este temperatura aerului din încăperea neîncălzită, [$^\circ\text{C}$]; A_j reprezintă aria tuturor elementelor orizontale și verticale ce mărginesc încăperea analizată, [m^2]; R_j' reprezintă rezistențele termice specifice corectate ale elementelor ce mărginesc încăperea analizată, [$\frac{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{W}}$]; T_j reprezintă temperaturile convenționale de calcul ale aerului din mediile adiacente încăperi alăturate, mediu exterior, [$^\circ\text{C}$]; n_j reprezintă numărul de schimburi de aer cu mediile învecinate [h^{-1}]; V este volumul interior al spațiului neîncălzit, [m^3].

2.2.3.6. Parametrii de confort termic

Senzația termică resimțită de corpul uman, influențată de parametrii mediului - temperatura aerului, temperatura medie de radiație, umiditatea și viteza vântului – dar și de îmbrăcăminte și de activitatea pe care o desfășoară este o mărime subiectivă și se caracterizează prin indicele PMV (predicted mean vote – votul mediu previzibil) și indicele PPD (predicted percentage of discomfort – procentul previzibil de nemulțumiți).

Indicele PMV reprezintă opinia medie a unui grup important de persoane care își exprimă votul privind senzația termică în raport cu mediul înconjurător, pe o scară cu 7 niveluri conform tabelului 2.4, și se determină prin calcul din ecuația de bilanț termic al corpului uman.

TABEL 2.5. Votul mediu previzibil sursa[33]

Nivel	Senzație resimțită
+3	Foarte cald
+2	Cald
+1	Călduț
0	Neutru
-1	Răcoros
-2	Rece
-3	Foarte rece

Indicele PPD reprezintă procentul de persoane susceptibile de a avea senzația de prea rece sau prea cald în raport cu mediul ambiant și furnizează informații despre confortul termic.

Se consideră ca fiind acceptabil pentru confortul uman o ambianță caracterizată de un indice PPD mai mic de 10%, ceea ce corespunde unui indice PMV cuprins între: $-0,5 < PMV < +0,5$

2.2.4. Dimensionarea termică a elementelor de anvelopă

În ceea ce privește performanța termică, energetică și permeabilitatea la aer a elementelor de anvelopă, în normativele în vigoare se prevăd valori diferențiate funcție de tipul clădirii, clădire nouă, respectiv clădire existentă care se reabilitează, dar și funcție de destinația clădirii (clădire pentru locuit, clădire cu altă destinație).

Cerințe de performanță termică, energetică și permeabilitatea la aer sunt:

- Rezistențe termice corectate minime admisibile – din condiții de igienă și confort termic în spațiile locuite/ocupate;
- Transmitanțe termice corectate maxime admisibile – din condiții de igienă și confort termic în spațiile locuite/ocupate;
- Rezistențe termice corectate minime admisibile – din condiții de economisire de energie;

- Transmitanțe termice corectate maxime admisibile - din condiții de economisire de energie;
 - Temperaturi superficiale minime pentru evitarea riscului de condens pe suprafața interioară a elementelor de construcție care alcătuiesc anvelopa clădirii;
 - Debite minime de aer proaspăt.
- Rezistențele termice, pentru clădirile noi, sunt normate astfel:
- Pe considerente de confort higrotermic, în mod indirect, prin limitarea diferențelor de temperatură între temperatura aerului interior și temperatura superficială interioară, medie, aferentă fiecărei încăperi în parte și fiecărui tip de element de construcție;
 - Pe considerente termoenergetice, în mod indirect, prin stabilirea unor valori minime ale rezistențelor termice corectate, medii pe clădire, pentru fiecare tip de element de construcție.

2.2.4.1. Dimensionarea elementelor de anvelopă din considerente igienico-sanitare

Condiția de verificare a nivelului de performanță a elementelor opace de anvelopă în ceea ce privește criteriul pentru îndeplinire a condiției de confort termic, este ca valorile rezistenței termice specifice corectate R' , ale fiecărui element de construcție cu rol de izolare pentru fiecare încăpere în parte, să fie mai mari decât rezistențele termice minime necesare R'_{nec} . [5] [14] [16]

$$R' \geq R'_{nec} \quad \left[\frac{m^2 K}{W} \right] \quad (2.22)$$

Rezistența termică necesară din considerente igienico-sanitare pentru elemente care separă spațiul interior încălzit de mediul exterior, se calculează cu relația: [5]

$$R'_{nec} = \frac{\Delta T}{\alpha_i \cdot \Delta T_{i,max}} \quad \left[\frac{m^2 K}{W} \right] \quad (2.24)$$

unde

ΔT reprezintă diferența de temperatură dintre temperatura interioară și temperatura exterioară conform realității 2.25

$$\Delta T = T_i - T_e \quad (2.25)$$

T_i reprezintă temperatura interioară convențională de calcul pe timpul iernii, care la clădirile de locuit se consideră temperatura predominantă a încăperilor $T_i = +20^\circ C$ [$^\circ C$]; T_e reprezintă temperatura exterioară convențională de calcul pentru perioada rece a anului, în conformitate cu harta de zonare climatică a teritoriului României, pentru perioada rece a anului [$^\circ C$];

α_i reprezintă coeficient de transfer termic superficial $\left[\frac{W}{m^2 K} \right]$; (coeficienți de transfer termic superficiali α_i și α_e se găsesc în tabelul 2.2)

$\Delta T_{i,max}$ reprezintă diferența maximă de temperatură, admisă între temperatura interioară și temperatura medie a suprafețelor interioare la elementele care separă spațiul încălzit de mediul exterior: [5] [14] [16]

$$\Delta T_{i,max} = T_i - T_{sin} \quad (2.26)$$

În vederea determinării rezistenței termice necesare din condiții igienico-sanitare pentru elementele care separă spațiul interior încălzit de un spațiu neîncălzit, se aplică relația 2.27: [5]

$$R'_{nec} = \frac{T_i - T_u}{\alpha_i \cdot \Delta T_{i,max}} \quad \left[\frac{m^2 K}{W} \right] \quad (2.27)$$

unde T_u reprezintă temperatura în spațiul neîncălzit, determinată pe baza unui calcul de bilanț termic [$^{\circ}\text{C}$], iar restul termenilor sunt explicați mai sus.

La elementele de construcție ale încăperilor în care staționarea oamenilor este de scurtă durată (de exemplu casa scării, holurile de intrare în clădirile de locuit, etc.) valorile $\Delta T_{i \max}$ se măresc cu 1 K [16]

Transmitanța termică corectată din considerente igienico-sanitare reprezintă inversul rezistenței termice, necesară din considerente igienico-sanitare:

$$U'_{nec} = \frac{1}{R'_{nec}} \quad \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right] \quad (2.28)$$

Condiția care trebuie respectată este :

$$U' \leq U'_{nec} \quad \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right] \quad (2.29)$$

Relația (2.27) nu se aplică la elementele de construcție vitrate.

2.2.4.2. Dimensionarea elementelor de anvelopă din considerente de economie de energie

Valorile rezistențelor termice minime se impun elementelor anvelopei clădirilor noi și au caracter de recomandare pentru elementele anvelopei clădirilor mai vechi supuse reabilitării/modernizării.

În scopul reducerii consumului de energie în exploatare, rezistența termică corectată, medie pe clădire (R'_m), a fiecărui element de anvelopă, poate fi comparată cu rezistențele termice minime (R'_{min}) prevăzute în normativul C107-2005-COMPLETĂRI, obligatorii pentru toate contractele de proiectare încheiate după 1 ianuarie 2011. Astfel trebuie să fie îndeplinită condiția :[5][14]

$$R'_m \geq R'_{min} \quad \left[\frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \right] \quad (2.30)$$

Rezistența termică medie a unui element de construcție se calculează cu relația:

$$R'_m = \frac{1}{U'_m} = \frac{\sum A_j}{\sum (A_j \cdot U'_j)} = \frac{\sum A_j}{\sum R'_j} \quad \left[\frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \right] \quad (2.31)$$

unde U'_j reprezintă transmitanțele termice corectate aferente suprafețelor A_j [$\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$].

Transmitanța termică aferentă rezistenței termice medii trebuie să îndeplinească condiția:

$$U'_m \leq U'_{max} \quad \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right] \quad (2.32)$$

Atât rezistențele termice minime cât și transmitanțele termice maxime sunt prezentate în tabelul 2.1.

2.2.5. Verificarea configurării termice globale

Configurarea termică globală, în faza incipientă de proiectare a construcției, presupune calculul coeficientului global de izolare termică. Acesta oferă o imagine de ansamblu despre comportarea construcției din punct de vedere termic, mai precis, exprimă pierderile totale de căldură în funcție de concepția inițială a clădirii: configurație, procent de vitrare, modul de alcătuire al elementelor perimetrare, etc.

Pentru clădirile de locuit verificarea izolării termice la nivel global se face cu relația:[14]

$$G \leq GN \quad \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right] \quad (2.33)$$

unde G reprezintă coeficientul global de izolare termică la clădirile de locuit, $[\frac{W}{m^2K}]$ iar G_N reprezintă coeficient global de izolare termică normat, $[\frac{W}{m^2K}]$

Coeficientul global de izolare termică a unei clădiri (G), este un parametru termo-energetic al anvelopei clădirii pe ansamblul acesteia și are semnificația unei sume a fluxurilor (piederilor de căldură realizate prin transmisie directă) prin suprafața anvelopei clădirii, pentru o diferență de temperatură între exterior și interior de la 1K, raportată la volumul clădirii, la care se adaugă cele aferente reîmprospătării aerului interior, precum și cele datorate infiltrațiilor de aer rece. Coeficientul global de izolare termică se evaluează pentru toate tipurile de clădiri de locuit, clădiri de locuit individuale (case unifamiliale, cuplate, înșiruite, tip duplex, etc), clădiri de locuit cu mai multe apartamente, cămine și internate, unități de cazare, hoteluri și moteluri.

Coeficientul global de izolare termică la clădirile de locuit se calculează cu relația:

$$G = \frac{\sum(L_j * \tau_j)}{V} + 0,34 * n \quad [\frac{W}{m^2K}] \quad (2.34)$$

unde L reprezintă coeficientul de cuplaj termic, $[\frac{W}{K}]$; τ reprezintă factorul de corecție a temperaturilor exterioare $[-]$; V , volumul interior, încălzit, al clădirii $[m^3]$; R'_m , rezistența termică specifică corectată, medie, pe ansamblul clădirii, a unui element de construcție $[\frac{m^2K}{W}]$; A , aria elementului de construcție $[m^2]$, având rezistența termică R'_m , 0,34 - reprezintă produsul dintre capacitatea calorică masică și densitatea aparentă a aerului (C107/1-2005, 3.8.) iar n reprezintă viteza de ventilare naturală a clădirii, respectiv numărul de schimburi de aer pe oră $[h^{-1}]$.

Coeficientul de cuplaj termic reprezintă fluxul termic în regim staționar, raportat la diferența de temperatură între două medii care sunt legate între ele din punct de vedere termic, printr-un element de construcție.

Coeficientul de cuplaj termic aferent unui element de construcție se calculează cu relația generală :

$$L = A_j * U'_j = \frac{A}{R'_m} \quad [\frac{W}{K}] \quad (2.35)$$

în care indicele j se poate referi la o suprafață a elementului de construcție, la o încăpere, la un nivel sau la ansamblul clădirii.

Pentru ansamblul mai multor elemente de construcție, valorile coeficientului de cuplaj se pot însuma.

Factorul de corecție a temperaturilor exterioare se calculează cu relația :

$$\tau = \frac{T_i - T_j}{T_i - T_e} \quad [-]$$

(2.36) unde :

T_e reprezintă temperatură exterioară convențională de calcul pentru perioada rece a anului, care se consideră în conformitate cu harta de zonare climatică a teritoriului României

T_i reprezintă temperatură interioară convențională de calcul pe timpul iernii, care la clădirile de locuit se consideră temperatură predominantă a încăperilor: $T_i = 20^\circ C$;

T_u reprezintă temperatura în spațiile neîncălzite din exteriorul anvelopei, determinată pe baza unui calcul al bilanțului termic

T_j reprezintă temperatura în mediul din exteriorul anvelopei care poate fi T_e sau T_u .

Pentru calcule în faze preliminare de proiectare, valorile τ se pot considera:

$\tau = 0,9$ la rosturi deschise și la poduri ;

$\tau = 0,5$	la rosturi închise, la subsoluri neîncălzite și la pivnițe, la camere de pubele, precum și la alte spații adiacente neîncălzite sau având alte destinații;
$\tau = 0,8$	la verande, balcoane și logii închise cu tâmplărie exterioară;
$\tau = 0,9$	la tâmplăria exterioară prevăzută cu obloane la fața exterioară.
$\tau = 1,0$	la elementele de construcție care separă mediul interior T_i de mediul exterior. [14]

La pierderile de căldură prin transfer termic se adaugă pierderile aferente unor condiții normale de reîmprospătare a aerului interior, precum și pierderile de căldură suplimentare, aferente infiltrației în exces a aerului exterior, care poate pătrunde prin rosturile tâmplăriei.

Aceste pierderi, raportate la volumul clădirii V și la diferența de temperatură $\Delta T = T_i - T_e$, au valoarea $0,34 * n$.

Valoarea termenului n se poate aprecia conform tabelului 2.5

TABEL 2.6. Numărul schimburilor de aer pe oră la clădiri de locuit.....sursa[14]

CATEGORIA CLĂDIRII		CLASA DE ADĂPOSTIRE	CLASA DE PERMEABILITATE		
			ridicată	medie	scăzută
Clădiri individuale (case unifamiliale, cuplate sau înșiruite ș.a.)		neadăpostite	1,5	0,8	0,5
		moderat adăpostite	1,1	0,6	0,5
		adăpostite	0,7	0,5	0,5
Clădiri cu mai multe apartamente, cămine, internate, ș.a.	dublă expunere	neadăpostite	1,2	0,7	0,5
		moderat adăpostite	0,9	0,6	0,5
		adăpostite	0,6	0,5	0,5
	simplă expunere	neadăpostite	1,0	0,6	0,5
		moderat adăpostite	0,7	0,5	0,5
		adăpostite	0,5	0,5	0,5

unde,

CLASA DE ADĂPOSTIRE :

neadăpostite Clădiri foarte înalte, clădiri la periferia orașelor și în piețe.

moderat adăpostite Clădiri în interiorul orașelor, cu minimum 3 clădiri în apropiere.

adăpostite Clădiri în centrul orașelor, clădiri în păduri.

CLASA DE PERMEABILITATE :

ridicată Clădiri cu tâmplărie exterioară fără măsuri de etanșare.

medie Clădiri cu tâmplărie exterioară cu garnituri de etanșare.

scăzută Clădiri cu ventilare controlată și cu tâmplărie exterioară prevăzută cu măsuri speciale de etanșare.

2.3. Evoluția normativelor românești privind performanțele energetice ale clădirilor

De-a lungul timpului, normativele privind performanțele energetice ale clădirilor au avut abordări total diferite pentru fiecare normativ în parte.

Normativul după care a fost conceput actualul Normativ C107 și care are ca și abordare fizică construcțiilor a fost STAS 6472-61. Acesta a fost divizat funcție de subiectul pe care îl aborda astfel:

- STAS 6472/2-61 - Fizica construcțiilor- Higrotermică - Parametrii climatici exteriori;
- STAS 6472/3-73 - Fizica construcțiilor termotehnică - Calculul rezistenței la transfer termic și la stabilitate termică;
- STAS 6472/4-73 - Fizica construcțiilor termotehnică - Comportarea elementelor de construcție la difuzia vaporilor de apă;
- STAS 6472/5-73 - Fizica construcțiilor- Higrotermică - Principii de calcul și de alcătuire pentru acoperșuri ventilate;
- STAS 6472/6-74- Fizica construcțiilor - Proiectarea higrotermică a elementelor de construcții cu punți termice;
- STAS 6472/7-74- Fizica construcțiilor - Termotehnică - Permeabilitatea la aer a elementelor și materialelor de construcție;
- STAS 6472/8-75- Fizica construcțiilor - Higrotermică - Dimensionarea termoeconomică a elementelor de construcții. Prescripții generale de proiectare;
- STAS 6472/9-75- Fizica construcțiilor - Proiectarea termotehnică a elementelor de construcții cu punți termice cilindrice;
- STAS 6472/10-81- Fizica construcțiilor - Termotehnică - Transferul termic la contact cu pardoseala.

Primul stas privind terminologia, simbolurile și unitățile de măsură în domeniul "Termotehnica Construcțiilor" a fost STAS 7109 din 1964 și înlocuit în anul 1973.

Toate clădirile proiectate și construite în perioada 1960-1997 au fost verificate din punct de vedere termotehnic și higrotermic conform STAS 6472 și subdiviziunilor acestora. Atât stasul cât și subdiviziunile acestuia au fost modificate de mai multe ori în această perioadă, astfel:

- STAS 6472 din 1961 a fost modificat și înlocuit în 1968;
- STAS 6472/2 din 1968 a fost modificat și înlocuit în 1983;
- STAS 6472/3 din 1973 a fost modificat și înlocuit în 1975, 1984 și 1989 când a devenit Standard de stat privind Calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor, iar în anul 2007 apare prima formă a normativul C107;
- STAS 6472/4 din 1973 a fost modificat și înlocuit în 1981 și 1989;
- STAS 6472/6 din 1974 a fost modificat și înlocuit în 1989;
- STAS 6472/7 din 1974 a fost modificat și înlocuit în 1985;
- STAS 6472/10 din 1981 a fost modificat și înlocuit în 1985.

Primul normativ românesc care tratează izolațiile termice la clădire este normativul C107-82 înlocuit în anul 2002 cu normativul (Indicativ C107/0-02), "Normativ pentru proiectarea și executarea lucrărilor de izolații termice la clădiri". Tot în anul 2002 apare C107/6 - Normativ general privind calculul transferului de masă (umiditate) prin elementele de construcție și C107/7- Normativ pentru proiectarea la stabilitate termică a elementelor de închidere ale clădirilor.

În anul 1997, stasul 6472/3 este modificat și apare prima variantă a Normativului privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor - Indicativ C107 cu cele 5 părți ale lui:

-*Partea 1 - C107/1 din 1997* - Normativ privind calculul coeficienților globali de izolare termică la clădirile de locuit.

-*Partea 2 - C107/2 din 1997* - Normativ privind calculul coeficienților privind calculul coeficienților globali de izolare termică la clădiri cu altă destinație decât cea de locuit.

-*Partea 3 - C107/3 din 1997* - Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor, normativ care înlocuiește STAS 6472/3-89.

-*Partea 4 - C107/4 din 1997* - Ghid privind calculul performanțelor termotehnice ale clădirilor de locuit.

-*Partea 5 - C107/5 din 1997* - Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție în contact cu solul.

Noutățile acestui normativ constau în faptul că se pun bazele tratării și verificării unei clădiri din condiții de economie de energie, astfel încât, o clădire este tratată funcție de gradul de izolare termică globală. Pe lângă rezistențele termice impuse de condițiile igienico - sanitare calculate pentru fiecare element de anvelopă, prin normativul C107 din 1997 se impun rezistențe minime la transfer termic din condiții de economie de energie pentru fiecare element de anvelopă. Aceste rezistențe minime sunt obligatorii pentru clădirile noi și recomandate pentru clădirile existente care urmează să se reabiliteze termic.

Normativul C107 cu toate părțile lui componente este înlocuit în anul 2005 și completat în anul 2010. Modificările și completările se referă, în principal, la rezistențele termice minime din condiții de economie de energie, la valorile coeficienților globali normați de izolare termică și la valoarea necesarului anual de căldură normat pentru încălzire. Acest normativ este în vigoare la ora actuală în România.

Ca și răspuns la cerințele privind performanța energetică a clădirilor - Directiva Europeană 2002/91/CE, în România este adoptată Legea nr. 372/2005 privind performanțele energetice ale clădirilor. Pentru aplicarea acestei legi, conform articolului 4 și pentru respectarea cerințelor Directivei Europene, a fost elaborată "Metodologia de calcul privind performanța energetică a clădirilor" (MC001-2006), prin ordinul 157 din 01.02.2007, aprobat și intrat în vigoare în anul 2007, publicat în monitorul oficial sub numărul 126/21.02.2007. Metodologia are următoarele 6 părți componente:

-*Partea I - Indicativ Mc 001/1-2006* - Anvelopa Clădrii

-*Partea II - Indicativ Mc 001/2-2006* - Performanța energetică a instalațiilor din clădiri.

-*Partea III - Indicativ Mc 001/3-2006* - Auditul și certificatul de performanță a clădirii.

-*Partea IV - Indicativ Mc 001/4-2009* - Breviar de calcul al performanței energetice a clădirilor și apartamentelor.

-*Partea V - Indicativ Mc 001/5-2009* - Model certificat de performanță energetică al apartamentului.

-*Partea VI - Indicativ Mc 001/6-2013* - Parametrii climatici necesari determinării performanței energetice a clădirilor noi și existente, dimensionării instalațiilor de climatizare a clădirilor și dimensionării higrotermice a elementelor de anvelopă ale clădirilor.

3. CLĂDIRI EFICIENTE ENERGETIC ȘI COSTUL GLOBAL

3.1. Conceptul de clădiri eficiente energetic

Clădirile eficiente energetic reprezintă acel concept de clădiri care definește modul în care ar trebui proiectate și construite clădirile la ora actuală.

Conceptul de clădiri eficiente energetic a apărut ca un răspuns la necesitatea reducerii cererii de energie ca urmare a cerințelor Directivelor Europene cu privire la eficiența energetică. Plecând de la ideea că sectorul construcțiilor (îndeosebi clădirile) este responsabil de 40% din consumul total de energie la nivelul global, se constată că acest concept menționat mai sus ar putea reprezenta cea mai bună soluție pentru a reduce consumul de energie din sectorul construcțiilor.

În funcție de aspectele la care se referă, sunt cunoscute mai multe concepte de clădiri eficiente energetic:

- Conceptul de casă pasivă - este conceptul care presupune creșterea performanțelor energetice și reducerea cerințelor de energie prin îmbunătățirea rezistenței termice a elementelor de anvelopă și folosind sisteme performante de instalații pentru încălzire, răcire, apă caldă menajeră și iluminat;

- Conceptul de clădire cu consum de energie aproape zero - este acel concept de clădire eficientă energetic care în plus față de conceptul de casă pasivă trebuie să aibă o sursă proprie de energie regenerabilă pentru a acoperi cât mai mult din energia necesară, necesarul de energie care trebuie să fie acoperit din surse convenționale să fie redus, cât mai aproape de zero, de unde și denumirea de clădire cu consum de energie aproape zero.

- Conceptul de casă activă - este acel concept de clădire prin care se presupune că o clădire trebuie să aibă o sursă proprie de energie regenerabilă care să acopere necesarul de energie al clădirii și, adițional, să aibă și un surplus de energie produsă care să fie furnizată mai departe la alți consumatori externi clădirii.

În prezent, cele mai des întâlnite concepte de clădiri eficiente energetic în Europa sunt conceptul de casă pasivă și conceptul de clădire cu consum de energie aproape zero.

3.2. Casa pasivă

3.2.1. Istoric și generalități

Casa pasivă reprezintă un concept economic și ecologic totodată, ale cărui caracteristici fundamentale sunt eficiența energetică și confortul.

Conceptul a luat naștere din nevoia reducerii emisiilor de dioxid de carbon, o măsură de a aplica cerința sustenabilității așa cum a fost concepută la Conferința Mondială asupra mediului de la Rio de Janeiro din anul 1992. Este demonstrat faptul că în ultimii 50 de ani concentrația de CO₂ din atmosferă a crescut cu aproximativ 30% și este în continuă creștere, fapt care a dus la creșterea temperaturii medii globale și la apariția efectului de seră. Viteza și consecințele acestor schimbări nu pot prevăzute cu exactitate datorită complexității mediului încojurător (Cercetările

de la NASA au evidențiat o creștere a temperaturii la Arctic de aproximativ 1.2°C pe deceniu – mai mare decât temperatura prezisă).

Prof. Dr. Wolfgang Feist, fondatorul și directorul Institutului de Case Pasive de la Darmstadt, propune următoarele soluții pentru problemele de mai sus:

- construcții noi proiectate și executate după standardul de case pasive;
- reabilitarea și consolidarea construcțiilor vechi după standardul de case pasive;
- implementarea unor metode eficiente de exploatare și utilizare a energiei.

Casele pasive fac parte din categoria "clădirilor de energie redusă". Termenul de "casa pasivă" își are originea în faptul că, datorită construcției sale speciale, această clădire este puțin sensibilă din punct de vedere al conformului termic la modificările parametrilor meteorologici. Energia solară, incidentă pe suprafața exterioară a clădirii, care pătrunde în interior prin diferite mecanisme de transfer, la care se adaugă energia generată de locatari, precum și energie generată prin funcționarea aparatului electric sau de altă natură, este, în mod normal, suficientă pentru păstrarea unei temperaturi interioare confortabile pe toată perioada sezonului rece. Din acest mod de a utiliza energia pasivă provine și denumirea de casă pasivă.

Conceptul de casă pasivă primează în rândul conceptelor de eficientizare a energiei în domeniul construcțiilor, prin reducerea efectivă a consumurilor de energie pentru încălzire cu peste 75% față de conceptele standard de case utilizate la ora actuală.

Casa pasivă definește un standard de energie. Arhitectura, tehnologia de construcție și materiale utilizate sunt la alegerea beneficiarului, respectiv a proiectantului.

Prima construcție funcțională, realizată în baza acestui concept a fost, de fapt, nava Fram (1893). Deși nava nu a fost concepută după criteriile casei pasive enunțate de Institutul de case pasive de la Darmstadt, 100 de ani mai târziu, descrierile făcute de Nansen în 'Farthest North', 1897, coincid cu cele ale case pasive moderne:

"...The sides of the ship were lined with tarred felt, then came a space with cork padding, next a deal panelling, then a thick layer of felt, next air-tight linoleum, and last of all an inner panelling. The ceiling of the saloon and cabin...gave a total thickness of about 15 inches. ...The skylight which was most exposed to the cold was protected by three panes of glass one within the nother, and in various other ways. ...The Fram is a comfortable adobe. Whether the thermometer stands at 22° above zero or at 22° below it, we have no fire in the stove. The ventilation is excellent, especially since we rigged up the air sail, which sends a whole winter's cold in through the ventilator; yet in spite of this we sit here warm and comfortable, with only a lamp burning . I am thinking of having the stove removed altogether; it is only in the way." [20]

În 1991, s-a înființat "Developers Society Passive House" și au fost proiectate și executate o serie de locuințe low-energy cu 4 etaje, fiecare având o suprafață utilă de 156 m². S-au montat sisteme de monitorizare de înaltă precizie pentru a se urmări consumurile de energie.

Wolfgang Feist și Bo Adamson au numit inițial acest concept "House without heating" – casă fără încălzire. Denumirea nu e adecvată deoarece casa pasivă necesită un sistem de încălzire, dar nu un sistem convențional.

Din 1991 până în prezent s-au realizat o serie de construcții, atât case unifamiliale, blocuri de locuințe cât și clădiri cu alte destinații.

3.2.2. Definiția și caracteristicile casei pasive

Casa pasivă este definită ca fiind o clădire care asigură confort interior ridicat prin menținerea temperaturii optime atât pe timpul iernii, cât și pe timpul verii, având un consum de energie de maxim $15 \frac{kWh}{m^2 \cdot an}$ pentru încălzirea, respectiv, răcirea clădirii și un consum primar total de $120 \frac{kWh}{m^2 \cdot an}$ [21], [22].

Criteriile care trebuie îndeplinite pentru ca o clădire să se încadreze în conceptul de casă pasivă sunt următoarele:

- Energia consumată pentru încălzire și răcire este limitată la $15 \frac{kWh}{m^2 \cdot an}$ și energia primară pentru încălzire, aerisire, apa caldă și alte utilități este limitată la $120 \frac{kWh}{m^2 \cdot an}$;
- Anvelopa clădirii trebuie să fie închisă etanș. Etanșeitatea anvelopei se testează. Schimburile de aer rezultate, (n_{50}) atunci când în interior se menține presiunea de 50 Pa, nu trebuie să depășească $0.6 h^{-1}$;
- Sistem de ventilație cu recuperare de căldură cu un randament de recuperare a căldurii de cel puțin 75%. Rata de reîmprospătare a aerului: $30 \frac{m^3}{h}$ pe persoană. Necesarul energiei pentru funcționare a sistemului de ventilație nu trebuie să depășească $0.45 \frac{Wh}{m^2}$;
- Pentru asigurarea confortului în casa pasivă, este necesar ca procentajul numărului de ore în care temperatura depășește $25^{\circ}C$ să nu depășească 10% din totalul numărului de ore dintr-un an. [22]

Principalele caracteristici ale unei case pasive sunt:

- Prezintă o rezistență la transfer termic ridicată. Elementele opace: placa peste sol, planșeul peste terasă, pereții exteriori au o valoare a coeficientului de transfer termic mai mică sau egală cu $0,15 \frac{W}{m^2 \cdot K}$. Pentru a se putea obține aceste valori folosind materiale uzuale, grosimea termoizolației este între 25 – 30 cm. Ferestrele au coeficientul termic mai mic sau egal cu $0.8 \frac{W}{m^2 \cdot K}$. Din acest motiv se utilizează ferestre de tip low-e, triplu strat;
- Suprafața vitrată are un factor de transmisie a energiei solare (g) de cel puțin 50 – 55 %;
- Toate spațiile din interiorul casei pasive trebuie ventilate cu ajutorul unui sistem de ventilație cu recuperare de căldură. Aerul umed și viciat este eliminat prin bucătărie și baie, în timp ce aerul proaspăt este furnizat în cantitatea necesară în dormitoare și camere de zi. Conducele transportoare de aer trec printr-un schimbător de căldură astfel încât cea mai mare parte din căldura aerului eliminat este transferată într-un mod pasiv aerului proaspăt;
- Casa pasivă se bazează pe aportul energiei solare, motiv pentru care suprafața vitrată a clădirii se amplasează în mare parte spre sud, iar ferestrele situate înspre vest și est trebuie protejate pe exterior de razele soarelui, pentru ca pe timpul verii efectul radiației solare să fie minimizat;
- Dacă se face o proiectare corespunzătoare, casa pasivă nu necesită un sistem de răcire;

- Sistem solar pentru apa caldă menajeră. Colectoarele solare sau pompele de căldură furnizează energie pentru apa caldă menajera dar și pentru încălzire;
- Utilizarea aparatelor de înaltă eficiență și becuri cu energie redusă. Consumul energiei electrice este redus la minim;
- Forma cât mai compactă a clădirii pentru a crea un "înveliș" termoizolant care să nu permită diferențe mari de fluxuri termice. [22]

3.2.3. Exemple de case pasive recunoscute de către Institutul de Case Pasive

Pentru ca o clădire să fie recunoscută ca fiind casa pasivă, trebuie să fie proiectată și executată respectând procedurile impuse de Institutul de Case Pasive. Astfel, în faza de concept precum și în fiecare etapa de proiectare, pentru clădirea analizată trebuie făcut un bilanț energetic folosind softul PHPP, care este un soft realizat și acreditat de către Institut. În faza de execuție trebuie să se țină cont de fiecare detaliu din proiect și de tehnologia stabilită de către Institut, ba mai mult, se pot folosi doar materiale recomandate și acceptate de către acesta. După finalizarea construcției, o echipă specializată, reprezentantă a Institutului de Case Pasive trebuie să analizeze clădirea și să stabilească în ce măsură au fost respectate cerințele impuse, iar cu ajutorul programului PHPP să stabilească bilanțul energetic pentru clădirea finalizată. În momentul în care se constată ca au fost respectate toate cerințele impuse clădirii, se atașează un certificat prin care se atestă că este o casă pasivă. În imaginile de mai jos sunt prezentate câteva exemple de astfel de clădiri preluate de la Institutul de Case Pasive.

- Clădiri rezidențiale unifamiliale

Casă unifamilială cu structură de zidărie, Ulm, Germania, anul execuției 2005, arhitect Markus Wochner, ID 0806 figura 3.1

Casă unifamilială cu structură din lemn, anul construcției 2004, Ulm, Germania, arhitect Martin Wamsler, ID 0406 figura 3.2;



Fig.3.1. Casă pasivă, ID 0806 sursa[34]



Fig.3.2. Casă pasivă, ID 0406 sursa[34]

- **Cladiri multietajate pentru spații comerciale și locuințe**

Clădirea multietajată 'Am Pinnasberg' cu 19 apartamente, oferă o panoramă superbă către râul Elba datorită fațadei curbe. Anul execuției 2003, Hamburg, Germania, arhitect Plan - R- Architektenburo Joachim Reining, ID 0047;

Clădirea multietajată 'Sophienhof' cu 144 de apartamente și 8 spații comerciale, a fost la vremea respectivă cel mai mare proiect de Casă Pasivă. Anul construcției 2006, Frankfurt, Germania, arhitect FAAG Technik GmbH, Werner Fübler, ID 0882.



Fig.3.3. Clădire multietajată, Hamburg, Germania, ID 0047 sursa[34]



Fig.3.4. Clădire multietajată, Frankfurt, Germania, ID 0882 sursa[34]

3.3. Clădiri cu consum de energie aproape zero

Acest concept de clădiri eficiente energetic este cunoscut sub diferite forme și definiții. Așadar, Zero Energy Building (Zeb), Net-Zero Energy Building (NZEB) și Nearly Zero-Energy Building (nZEB) sunt termeni utilizați pentru a descrie conceptul de clădire cu consum de energie aproape zero.

Termenii Zeb și NZEB sunt similari și ambii definesc clădiri cu energie zero și zero emisii de carbon.

Termen NZEB definește o clădire care are un consum de energie aproape zero, sau un consum mult mai mic decât cel necesar în cazul unei case pasive. Acest "aproape" rezează o valoare subiectivă, care depinde de condițiile economice, sociale și de mediu.

Întrucât clădirile rezidențiale sunt responsabile pentru aproximativ 40% din consumul total de energie din combustibili fosili, acest concept este considerat ca fiind una dintre principalele modalități de reducere a emisiilor de carbon și de realizare a independenței față de combustibilii fosili.

Clădirea construită în conformitatea cu conceptul de clădiri cu consum de energie aproape zero poate fi independentă de rețeaua națională de electricitate prin producerea de energie regenerabilă în incintă și reducerea consumului prin conceperea adecvată a clădirii și folosind tehnologii de construcție eficiente, moderne și sustenabile.

O clădire cu consum de energie aproape zero poate fi definit ca:

- *Net Zero Site Energy* - înseamnă că o clădire trebuie să aibă un consum total anual care să fie acoperit de energie din surse regenerabile de energie și această energie trebuie să fie produsă la fața locului; [35] [36]

- *Net Zero Source Energy* - înseamnă că o clădire produce suficientă energie într-un an pentru a acoperi consumul anual de energie a clădirii; [35] [36]

- *Net Zero Energy Cost* - înseamnă că venitul obținut prin vânzarea energiei provenite de la sursa regenerabilă proprie a unei clădiri către rețeaua națională sau alți consumatori să fie egal sau mai mare decât costul energiei cumpărată din rețeaua de energie electrică; [35] [36]

- *Net Zero Energy Emissions* - înseamnă că o clădire produce o cantitate de energie din surse regenerabile mai mare sau egală cu energia produsă din combustibili fosili. [35] [36]

Conform definițiilor de mai sus, principala caracteristică a tuturor definițiilor este consumul de energie redus. Această caracteristică se obține, în principal, prin reducerea pierderilor de căldură. Astfel, se poate adopta ideea că cea mai simplă posibilitatea de a realiza o clădire cu consum de energie aproape zero este prin adoptarea criteriilor minime ale conceptului de casă pasivă, într-o prima etapă și o găsirea unei surse regenerabile de energie, într-o a doua etapă.

3.4. Costul global

Pe lângă eficiența energetică și reducerea consumurilor de energie, prin sustenabilitate se prevede și stabilirea unui echilibru între creșterea economică și protecția mediului. Eficientizarea energetică a clădirilor și reducerea consumurilor de energie reprezintă o posibilitate de creștere economică. Din acest motiv, Directivele Europene prevăd controlul clădirilor eficiente energetic din punct de vedere al economiei pe termen lung. Cea mai bună metodă de verificare a costurilor pe care le implică o clădire, în timp, este metoda Costului pe ciclul de viață (Life Cycle Cost - LCC). Prin această metodă se urmărește controlul costurilor pe care le presupune o clădire pe ciclul ei de viață și nu doar costurile inițiale de proiectare și construire. În această formă, se poate prezenta comparativ care sunt costurile de întreținere ale unei clădiri eficiente energetic și ale unei clădiri la care nu se prevăd soluții speciale de reducere a consumurilor de energie.

În anul 2006 Uniunea Europeană a decis că trebuie puse bazele unui proiect în vederea realizării unei metodologii de calcul a costului pe ciclul de viață a construcțiilor, o metodologie comună care să fie valabilă pentru toate statele membre ale Uniunii Europene. Pentru realizarea acestui proiect, Uniunea Europeană l-a numit pe Davis Langdom, care în anul 2007 a prezentat proiectul „*Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology*”, prin care a scos în evidență faptul că metodologia de calcul a costurilor pe ciclul de viață al construcțiilor are ca scop principal eficientizarea domeniului construcțiilor prin gestionarea cât mai eficientă a resurselor financiare atât în activitatea de construire cât și pentru întreținerea construcțiilor. Privit din punct de vedere financiar, costul pe ciclul de viață reprezintă o modalitate de a aduce la cunoștința lumii importanța de a privi investiția într-o construcție ca și o investiție pe termen lung, pe întreaga durată de viață a construcției. [37]

Metodologia LCC poate fi aplicată pentru orice activitate care are legătură cu o construcție, și anume: se poate aplica la faza deciziei de investire într-o construcție, în faza de reabilitare sau renovare a unei construcții, în faza de achiziționare și implementare a unor echipamente, etc. Conform acestei metodologii, metoda LCC se poate aplica dacă se respectă următoarele reguli:

“- obiectivul de investiție este studiat pe întreaga sa durată de viață, de la luarea deciziei de a investi până la scoaterea din funcțiune,

- costul pe ciclul de viață ajută la fundamentarea deciziei de a investi prin comparația între două sau mai multe variante, între care se alege aceea cu costul global minim pe întreg ciclul de viață,

- metodologia costurilor pe ciclul de viață se aplică numai la proiecte cu aceeași funcționalitate (clădiri rezidențiale, cultural-administrative, proiecte de construcții inginerești).” [37]

Conform acestei metodologii, verificarea costului pe ciclul de viață, se realizează parcurgând o serie etape, conform fig. 3.5, etape care sunt realizate sub forma a 15 pași.

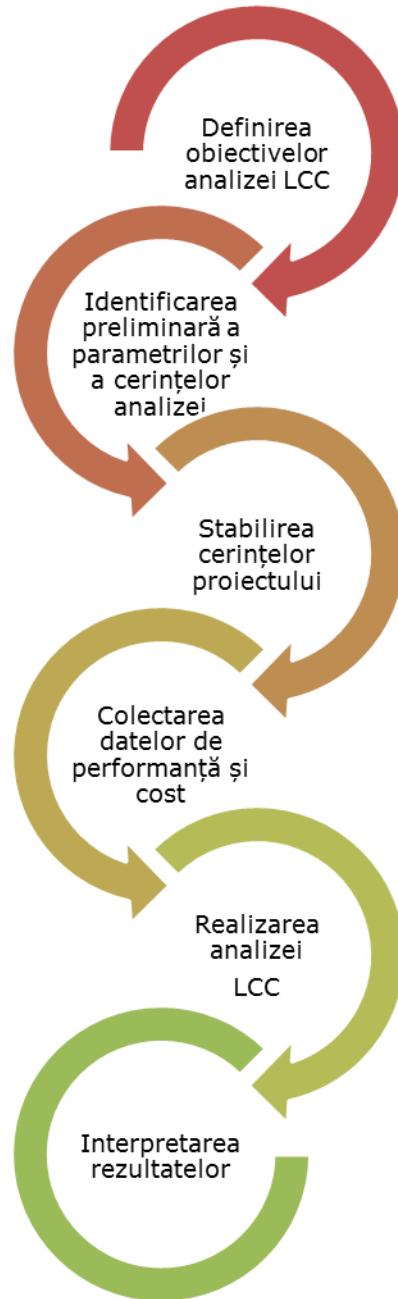


Fig.3.5. Etapele realizării costului global..... sursa [37]

Tab.3.1. Pașii costului pe ciclul de viață conform Metodologiei Europene sursa [37]

Pași	Realizări
1. Identificarea scopului principal al analizei LCC	- exprimarea scopului analizei; - înțelegerea aplicării corespunzătoare LCC și rezultatele care decurg.
2. Identificarea scopului inițial analizei	Înțelegerea - scări de aplicație a LCC; - stadiile unde va fi aplicat LCC; - rezultate și informații relevante; - cerințele specifice clienților.
3. Identificarea posibilităților de extindere a analizei de sustenabilitate a LCC	Înțelegerea - legătura dintre sustenabilitate și LCC; - rezultatele analizei de sustenabilitate introduse în procesul LCC; - care din rezultatele LCC vor alimenta ;sustenabilitatea obiectelor.
4. Identificarea perioadei de analiză și metodele economice de evaluare	- identificarea perioadei de analiză și a factorilor care o determină; - identificarea tehnicilor corespunzătoare pentru evaluarea opțiunilor de investiții.
5. Identificarea nevoilor de analiză suplimentară (risc, incertitudine și sensibilitate)	- completarea evaluărilor preliminare de risc și incertitudine; - necesitatea evaluării unui plan de management al riscului; - decizia de stabilire a căror proceduri de evaluare a riscului ar trebui aplicate.
6. Identificarea proiectului și evaluarea cerințelor	- definirea scopului proiectului și caracteristicilor cheie ale bunurilor; - definirea exigențelor proiectului; - definirea performanțelor relevante și a cerințelor de calitate; - aprobarea bugetului proiectului și graficul de execuție.
7. Identificarea opțiunilor care vor fi incluse în LCC și costurile care vor fi considerate	- identificarea acelor elemente ale bunului care vor face parte din subiectul analizei LCC; - alegerea uneia sau a mai multor opțiuni pentru fiecare elemente ce va fi analizat; - identificarea costurilor ce vor fi incluse.
8. Culegerea datelor de cost și timp ce vor fi folosite în analiza de LCC	Identificarea - tuturor costurilor relevante pentru analiza LCC; - valoarea fiecărui cost; - costurile ce pot fi aplicate; - date de întreținere și utilizare pentru toată durata de viață.
9. Verificarea valorilor parametrilor	- aprobarea perioadei de analiză;

financiari și perioadei de analiză	- aprobarea valorilor parametrilor financiari corespunzători; - luarea în considerare a taxelor; - aplicarea parametrilor financiari cu scăderea costurilor.
10. Revizuirea strategiei de risc și realizarea analizelor preliminare de risc și incertitudine	- planificarea verificării riscurilor identificare; - analiza calitativă a riscurilor; - scopul și extinderea cantitativă a riscului.
11. Evaluarea economică	- analiza LCC îndeplinită; - rezultatele înregistrate pentru utilizare la pasul 14.
12. Continuarea analizei detaliate de risc și incertitudine (dacă e necesar)	- analiza cantitativă a riscului; - interpretarea rezultatelor.
13. Analiza de senzitivitate (dacă este necesar)	- analiza de senzitivitate angajată; - interpretarea rezultatelor.
14. Interpretarea și prezentarea rezultatelor inițiale în formatul curent	- rezultatele inițiale prevăzute și interpretate; - rezultatele prezentate folosind formatele corespunzătoare; - necesitatea de iterații suplimentare LCC identificate.
15. Prezentarea rezultatelor finale în format cerut și pregătirea unui raport final	- publicarea raportului final; - un set complet de documente în conformitate cu ISO 15686/3.

Costul pe ciclul de viață este caracterizat de: [23], [37] [51]

- *Costurile investiției inițiale (I)*. Această categorie de costuri cuprinde totalitatea plăților necesare realizării clădirii până în momentul ocupării și intrării în funcțiune. Această categorie de costuri include atât costurile construcției în sine (materiale, manoperă, echipamente, mobilier, instalații etc) cât și costurile de proiectare, taxe, autorizații etc.

- *Costurile ulterioare (Cit)*. În această categorie sunt incluse următoarele costuri: costuri de întreținere (mentenanță), costuri de exploatare (energie, apă, servicii etc), reparații curente, reparații capitale, înlocuiri. Această enumerare de costuri nu este limitativă și nu este obligatorie pentru toate cazurile.

- *Perioada de analiză (n)*. Perioada de timp relevantă pentru care sunt evaluate costurile clădirii. Perioada de analiză este determinată de investitor. Perioada de calcul poate să fie mai mică decât durata de viață a clădirii. Decizia cu privire la perioada de analiză are în vedere durata de funcționare tehnică a elementelor clădirii. Totodată, perioada de analiză poate fi determinată de ciclul de renovare al clădirii, care reprezintă perioada de timp după care clădirea este supusă la o serie de lucrări majore de renovare și de îmbunătățire de ansamblu. Ciclurile de renovare diferă de la un tip de clădire la altul dar nu sunt aproape niciodată mai mici de 20 de ani . [23], [37]

- *Data reper*. Momentul sau data reper reprezintă momentul stabilit pentru exprimarea costurilor consemnate la momente diferite de timp în costuri echivalente. Acesta poate fi: momentul luării deciziei (analizei), momentul începerii execuției, momentul dării în exploatare, momentul scoaterii din uz. Alegerea unuia

dintre aceste momente are efect asupra sensului actualizării și a tipului factorilor de actualizare. [23], [37]

- *Rata de actualizare ($a\%$)*. În acest caz, prin rata de actualizare se înțelege rata folosită în calculul costului global pentru determinarea valorii prezente a sumelor de bani plătite (câștigate) în viitor. Rata de actualizare nu ia în considerare doar valoarea în timp a banilor ci și riscul sau imprevizibilitatea fluxurilor de numerar viitoare. După unii autori aceasta este determinată de mai mulți factori printre care: rata dobânzii, rata profitului, ritmul de creștere a venitului național și poate fi asimilată cu acestea [19]. Alegerea nivelului acestei rate este o problemă delicată întrucât în funcție de valoarea acesteia rezultatele pot fi cu mult diferite. La nivel european a fost elaborat un ghid intitulat „Guide to Cost-Benefit Analysis of investment projects” (Ghidul pentru ANALIZA COST-BENEFICIU a proiectelor de investiții). Comisia Europeană recomandă prin acest ghid folosirea unei rate de actualizare de 5% în termeni reali.

- *Rata de escaladare a prețurilor ($e\%$)*. Majoritatea bunurilor și serviciilor au prețuri care nu se modifică la aceeași rată cu inflația. Ratele de escaladare a prețurilor pot fi nominale atunci când includ inflația și reale atunci când nu includ inflația. Ratele anuale de creștere a prețurilor pot fi deduse din statisticile privind evoluția prețurilor, elaborate atât la nivel național cât și la nivel european. Ratele de creștere a prețurilor pot avea o evoluție imprevizibilă în sensul că prețurile pot să scadă, să crească sau să rămână constante. Din acest motiv e important să se facă o analiză de sensibilitate folosind mai multe scenarii posibile.

Conform elementelor componente, costul pe ciclul de viață în cazul clădirilor este clasificat în funcție de obiectivul vizat, așa cum este prezentat și în figura 6.3. Pentru România, costul pe ciclul de viață se regăsește sub forma costului global.

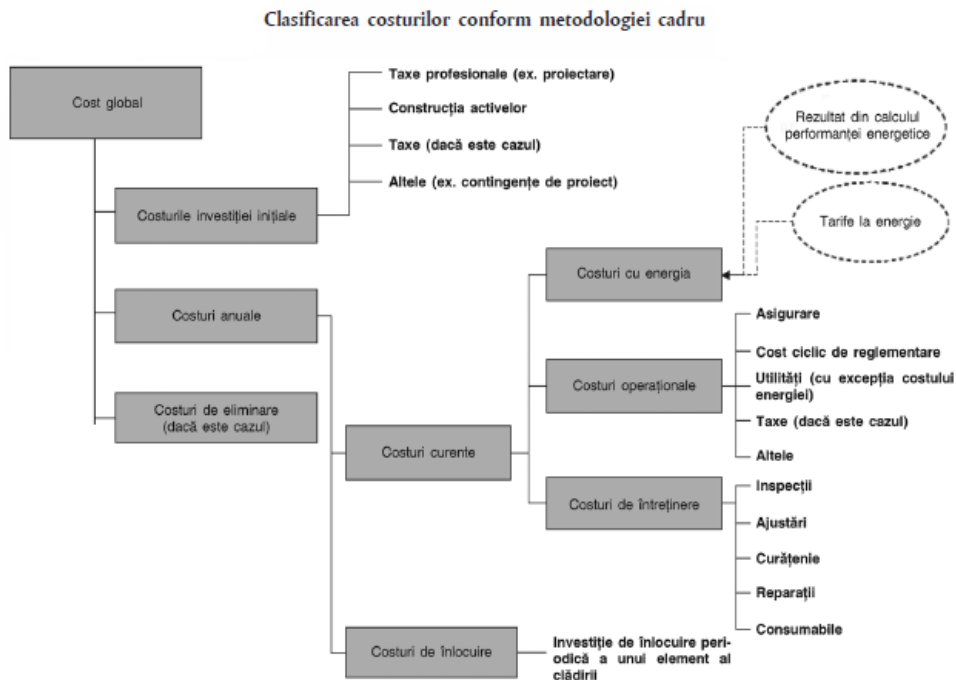


Fig.3.6. Clasificarea costurilor componente ale costului global

În România, prin INCERC București a fost realizat un *Îndrumător al costului global*, în vederea analizării unei clădiri din punct de vedere al costului pe care îl presupune. [23] [51]

Costul global se definește ca fiind suma economică dintre eforturile inițiale pentru realizarea unei investiții și cele ulterioare, legate de întreținerea și exploatarea acesteia. [24]. În cazul construcțiilor, costurile inițiale pot consta în: costuri de proiectare, costuri de construcție a unei clădiri noi, costuri de reabilitare a unei clădiri existente și costuri de montare a unor sisteme performante de instalații. Costurile ulterioare pot consta în: costuri de întreținere, costuri pentru reparații curente și costuri pentru înlocuire ori modernizare a unor părți din construcție.

Ca și expresie matematică, costul global reprezintă suma costurilor relevante aferente investiției respective pe o anumită perioadă de timp, exprimate în valori echivalente la un moment dat, expresie care poate fi reprezentată prin relația 3.1.

$$CG = I + \sum_i \sum_{t=0}^n (C_{it} \cdot F_{it}) \quad (3.1)$$

unde CG reprezintă costul global; I- costurile inițiale, C_{it} - costurile ulterioare, F_{it} - factorii de actualizare a costurilor, t- perioada pentru care se realizează costul global, n- durata de viață a construcției.

În formula de calcul a costului global intră și factori de actualizare, factori care reprezintă coeficienți de corectare a costurilor consemnate la momente diferite ale perioadei de analiză, pentru a face posibilă echivalarea lor în raport cu un moment stabilit și însumarea economică a acestora. Există 7 factori de actualizare, care se diferențiază funcție de tipul costului ulterior, și anume:

F1 - se folosește pentru costuri consemnate anterior datei reper;

F2 - se folosește pentru costuri consemnate ulterior datei reper;

F3 - se folosește pentru sumele distribuite uniform pe perioada n, cunoscând valoarea inițială;

F4 - se folosește pentru valoarea inițială cunoscând sumele distribuite uniform;

F5 - se folosește pentru sumele distribuite uniform pe perioada n, cunoscând valoarea finală;

F6 - se folosește pentru valoarea finală cunoscând sumele distribuite uniform;

F7 - se folosește pentru valoarea inițială cunoscând că sumele sunt neuniforme.

Factorii de actualizare se pot calcula funcție de rata de actualizare (a) și rata de escaladare a prețurilor (e) sau se pot folosi factorii de actualizare prestabiliți conform metodologiei.

Modul în care se calculează fiecare factor de actualizare este prezentat în Anexa 1.

Pentru realizarea costului global în vederea evidențierii rezultatelor reabilitării termice a unei clădiri este recomandat să se folosească F7 și o durată de viață de cel mult egală cu durata materialelor folosite pentru reabilitare termică și a sistemelor de instalații utilizat.

4. PRINCIPII ȘI PARTICULARITĂȚI PRIVIND PROIECTAREA CLĂDIRILOR EFICIENTE ENERGETIC

4.1. Casa pasivă

Definiție și principalele caracteristici conform definiției

O casă pasivă poate fi definită în mai multe moduri dar toate definițiile sunt cuprinse în următoarea definiție: "Casa pasivă este definită ca fiind o clădire care asigură confort interior ridicat prin menținerea temperaturii optime atât pe timpul iernii, cât și pe timpul verii, având un consum de energie de maxim 15 kWh/m²an pentru încălzirea, respectiv, răcirea clădirii și un consum primar total de 120kWh/m²an". [22] [24]

Așadar, casa pasivă se poate defini prin trei caracteristici:

- consum de energie pentru încălzire și răcire de maxim 15kWh/m²an;
- consum primar total de 120 kWh/m²an;
- confort interior ridicat.

Plecând de la aceste trei caracteristici enunțate în definiție și de la termenul "pasiv" din denumirea acestui concept, o casă pasivă are 4 elemente de bază care o caracterizează:

- izolare termică foarte bună;
- formă geometrică care să permită câștigurile solare;
- capacitatea de a valorifica căldura pasivă (aporturile solare, aporturile de la aparatura electrocasnică și aporturile de căldură de la locuitorii casei);
- sistem de ventilare cu recuperare de căldură care să asigure în permanență rația de aer proaspăt. Acest sistem este necesar, pe de-o parte, din cauza energiei pasive, iar pe de altă parte, datorită faptului că o ventilare naturală prin deschiderea geamurilor presupune pierderi mari de căldură;
- aparatură casnică și iluminat interior cu consum redus de energie.

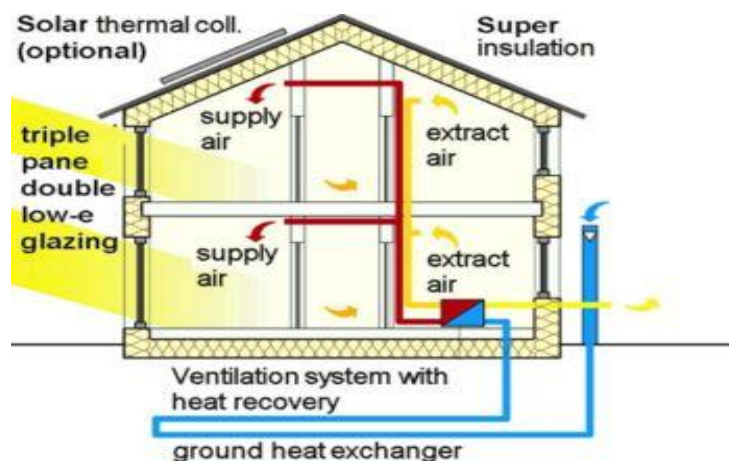


Fig.4.1. Conceptul de casă pasivă - prezentarea a 3 elemente de bază sursa[22]

Principiile de bază privind proiectarea unei case pasive

Unul dintre cele mai cunoscute principii de proiectare a unei case pasive este principiul bazat pe 5 etape întocmit de Are Rødsjøl de la Banca Pentru Locuințe Norvegiană și Tor Helge Dokka de la SINTEF BYGGFORSK. [25]

Etapele acestui principiu sunt următoarele:

Etapa 1: Reducerea pierderilor termice prin învelișul clădirii. Utilizarea ferestrelor cu valori ale coeficientului de transfer termic – U sub $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, utilizarea în construcția clădirii a unui strat continuu de etanșare pentru a obține un înveliș ermetic și instalarea unui sistem de ventilație echilibrat, cu un grad ridicat de eficiență în recuperarea căldurii ($\eta > 75\%$).

Etapa 2: Minimalizarea necesarului de electricitate prin instalarea unor ventilatoare, pompe, aparate și sisteme ușoare care sunt energetic eficiente. Prin aceasta se reduce consumul de electricitate, iar pe timp de vară se reduce, de asemenea, riscul atingerii unor temperaturi de interior excesive datorate câștigurilor interne de căldură.

Etapa 3: Utilizarea energiei solare atât pentru câștigurile solare pasive în sezonul cald prin ferestre cu ajutorul amplasării optime a lor, cât și ca sursă pentru producerea apei calde de consum și pentru producerea locală de electricitate prin instalarea unor elemente fotovoltaice.

Etapa 4: Măsurarea consumului total de energie și a comportamentului energetic și, în același timp, vizualizarea de către locatari a consumului de energie pentru încălzirea spațiului, apa caldă de consum și consumul de electricitate într-un mod ușor și transparent.

Etapa 5: Alegerea sursei de energie ca o ultimă etapă, atunci când toate celelalte măsuri sunt stabilite. Acest fapt permite adecvarea sistemului energetic fiecărui proiect specific și necesarului scăzut solicitat pentru încălzire. Aici are de asemenea o semnificație deosebită optimizarea realizată între sursa de energie și sistemul de distribuție al energiei din cadrul clădirii. [25]

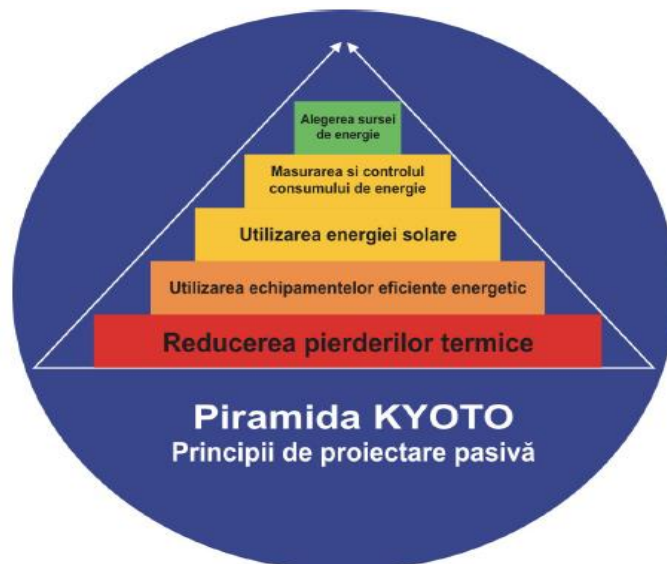


Fig.4.2. Piramida Kyoto cu principiile de proiectare pasivă

sursa[26]

Acest principiu de proiectare a unei case pasive, ținând cont de schimbările climatice din ultima perioadă și de condițiile economice, îl putem adapta astfel:

Etapa 1- Găsirea unei soluții de termoizolare astfel încât pierderile de căldură să fie aproape zero. Acest proces trebuie realizat pentru fiecare element de anvelopă fără să fie impuse rezistențe minime la transfer termic, astfel încât prin termoizolarea fiecărui element de anvelopă să se creeze o izolare termică ermetică, crearea unei așa zise "casă termos". Găsirea unui sistem de ventilare cu recuperare de căldură (pentru a respecta cerințele Institutului de Case Pasive, trebuie ca eficiența recuperării de căldură să fie peste 75%) astfel încât să se facă schimbul de aer cu exteriorul fără să scadă confortul termic interior. [42]

Etapa 2- Instalarea unei pompe de căldură (alegerea pompei de căldură trebuie făcută ținând cont de eficiența ei funcție de condițiile climatice exterioare) care să funcționeze atunci când temperatura din interiorul clădirii scade sub pragul de confort termic.

Etapa 3- Instalarea unui panou solar sau a unui sistem de panouri solare pentru acoperirea întregului necesar de apă caldă menajeră.

Etapa 4- Monitorizarea în timp a consumurilor de energie în condițiile de confort termic. Monitorizarea să aiba ca scop adaptarea sistemului de instalații sau schimbarea lui, dacă este cazul, pentru o eficientizare economică.

Etapa 5- Parcurgând primele 4 etape, singura energie adecvată este energia electrică. Sursa de energie electrică în cazul de față, dacă se respectă întocmai primele 4 etape, poate să fie rețeaua națională de energie electrică.

Particularități privind proiectarea unei case pasive

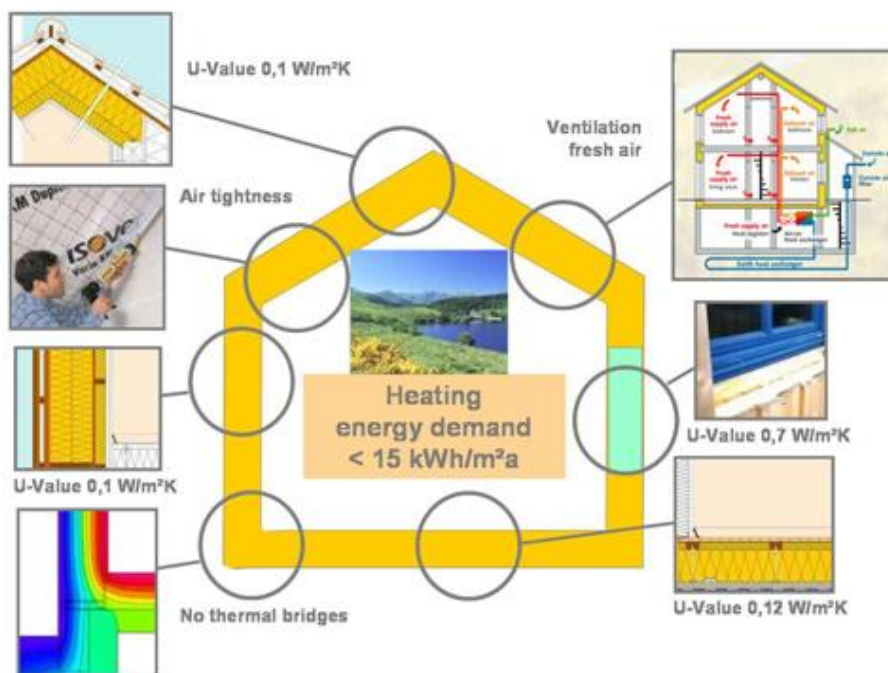


Fig.4.3.Principalele particularități ale unei case pasive

sursa[27]

Pentru proiectarea casei pasive trebuie ținut cont de următoarele:

- orientarea clădirii;
- forma geometrică a clădirii;
- anvelopa;
- eliminarea punților termice;
- etanșeitarea clădirii;
- sistemul de ventilare cu recuperare de căldură.

- **Orientarea clădirii**

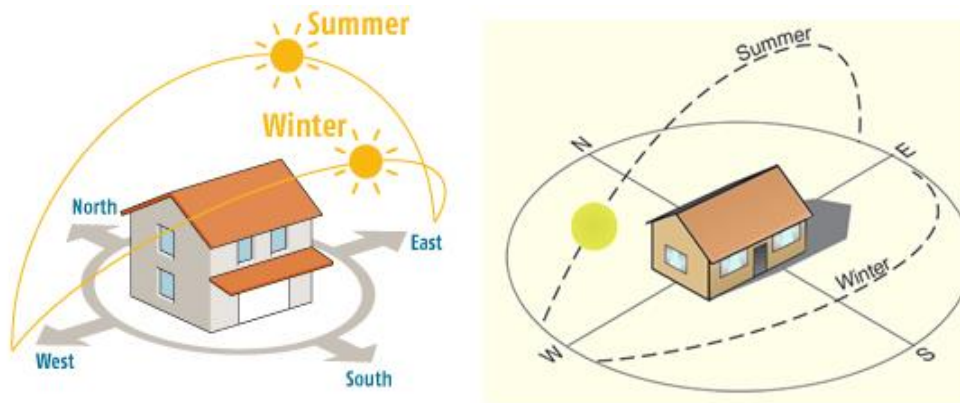


Fig.4.4. Poziția soarelui funcție de sezon sursa[22] [28]

Clădirea trebuie să fie orientată către sud și să nu prezinte umbri, se optează pentru ferestre mari înspre sud pentru utilizarea pasivă a energiei solare și, pe cât posibil, lipsa ferestrelor înspre nord. Trebuie să se aibă în vedere reducerea umbririi în perioada rece a anului pentru a facilita aporturile solare și crearea posibilității umbririi în perioada caldă a anului pentru a nu se produce supraîncălzirea spațiului interior. Astfel, este indicat ca înaintea alegerii amplasamentului, să se realizeze un studiu de însorire, să se țină cont de poziția soarelui în perioada de iarnă și în perioada de vară.

- **Forma geometrică a clădirii**

Clădirea trebuie să prezinte o formă geometrică cât mai compactă pentru a evita crearea de punți termice geometrice care conduc la creșterea necesarului de energie pentru căldură. Se recomandă evitarea elementelor în consolă precum și a zonelor cu intrânduri și ieșinduri. Deasemenea, raportul dintre volumul spațiului încălzit și aria anvelopei are un efect destul de mare asupra necesarului de căldură, recomandându-se reducerea cât de mult posibil a acestui raport.

- **Anvelopa clădirii**

Cel mai important element la o casă pasivă este anvelopa clădirii. Reducerea necesarului de energie pentru încălzire se poate realiza doar dacă se reduc pierderile prin anvelopă, astfel că, după ce s-a ales orientarea și forma clădirii trebuie calculată anvelopă clădirii în vederea eliminării pierderilor de căldură. Pe lângă faptul că suprafața anvelopei clădirii trebuie redusă cât mai mult posibil, conform Institutului de Case Passive, trebuie creată o izolare termică continuă a acesteia.

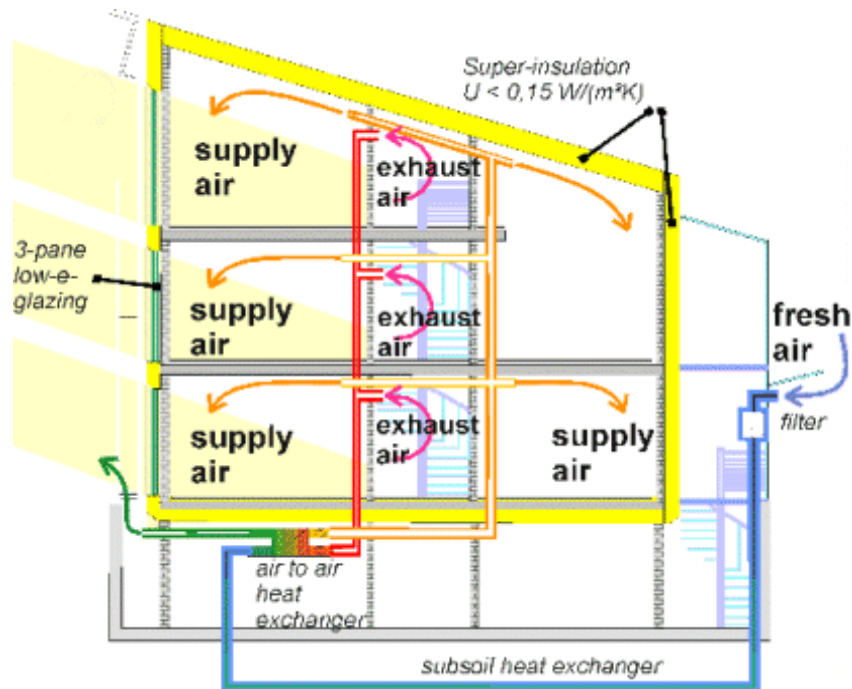


Fig.4.5. Termoizolarea continua a anvelopei sursa[22]

Funcție de poziția elementului de anvelopă și de direcția fluxului termic, pentru fiecare element de anvelopă se calculează termoizolația necesară astfel încât să se creeze o termoizolare continuă, izolându-se în acest fel și zona de fundații (figura 4.5).



Fig.4.6. Termoizolarea zonei de fundații sursa[29]

Deși conform Standardul de Case Pasive, nu există valori prestabilite ale transmitanțelor elementelor de anvelopă, standardul german de case pasive prevede cerințe minime ale acestora, ele putând fi modificate funcție de climat. Acestea sunt calculate pentru condițiile climatice ale Germaniei. Conform acestora, elementele opace: placa pe sol, planșeul peste terasă, pereții exteriori trebuie să aibă o valoare a coeficientului de transfer termic mai mică sau egală cu $0,15 \frac{W}{m^2 K}$.

Pentru a se putea obține aceste valori folosind materiale uzuale, grosimea termoizolației este între 25 – 30 cm.

Pentru elementele opace se pot găsi soluții astfel încât să fie rezolvată problema pierderilor de căldură prin acestea. Problema cea mai importantă a anvelopei o reprezintă ferestrele. Pentru ferestre se pune problema orientării și montării acestora. Institutul de case pasive recomandă ferestre cu geamuri triplu strat și tocuri izolate. [38] [39]

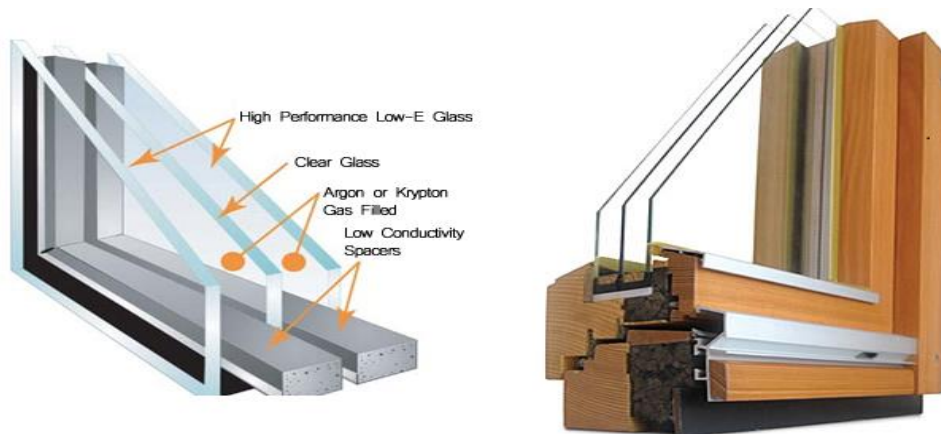


Fig.4.7. Fereastră recomandată de Institutul de Case Pasive sursa[26]

Conform normativului german de case pasive, ferestrele trebuie să prezinte un coeficient termic mai mic sau egal cu $0.8 \frac{W}{m^2 K}$, din acest motiv se utilizează ferestre de tip low-e, triplu strat. În faza de proiectare, pentru ca o casă să fie acceptată ca și casă pasivă, trebuie ca ferestrele să satisfacă condițiile impuse de Institutul de case pasive. Acestea trebuie să fie și bune izolatoare termice dar să și permită razelor solare să pătrundă în încăperea (figura4.6). [38] [39]

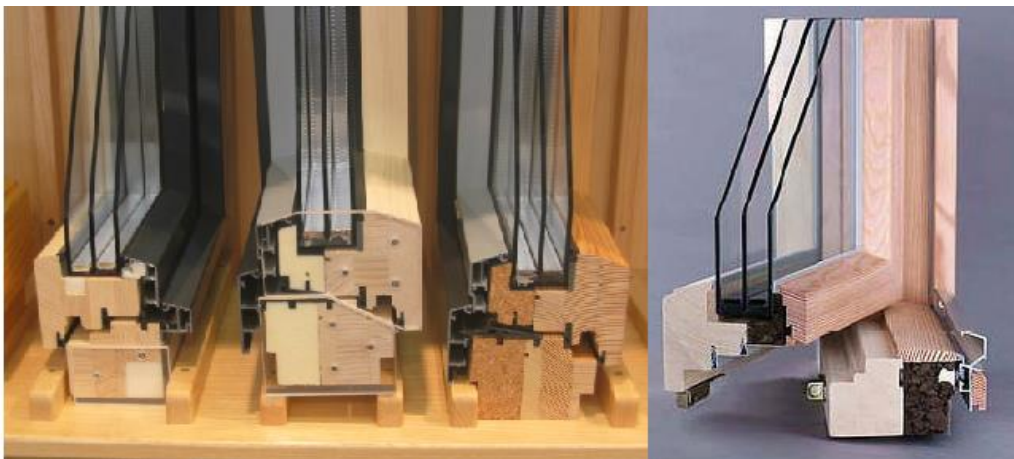


Fig.4.8. Tocuri de fereastră izolate termic sursa[26]

Pe lângă calitatea tipului de ferestre, trebuie avută în vedere și calitatea montării lor. Astfel, pentru a elimina punțile termice și pentru a muta zona rece din dreptul ferestrei mai înspre exterior, este recomandat ca fereastra să fie montată în dreptul termoizolației și nu în dreptul elementului de rezistență. De asemenea, se recomandă acoperirea tocului ferestrei cu termoizolație.



Fig.4.9. Exemplu montare ferestre

sursa[29]

- Eliminarea punților termice

Dimensionarea elementelor de anvelopă nu este suficientă pentru reducerea pierderilor de căldură. Trebuie considerate și punțile termice. Institutul de Case Pasive recomandă eliminarea punților termice. Efectele punților termice sunt destul de reduse datorită grosimii termoizolației dar acesta nu trebuie neglijat întrucât cu cât consumul de energie este mai mic, cu atât efectul punților termice este mai mare. Astfel, primul pas pentru evitarea efectului negativ al acestora este identificarea lor.

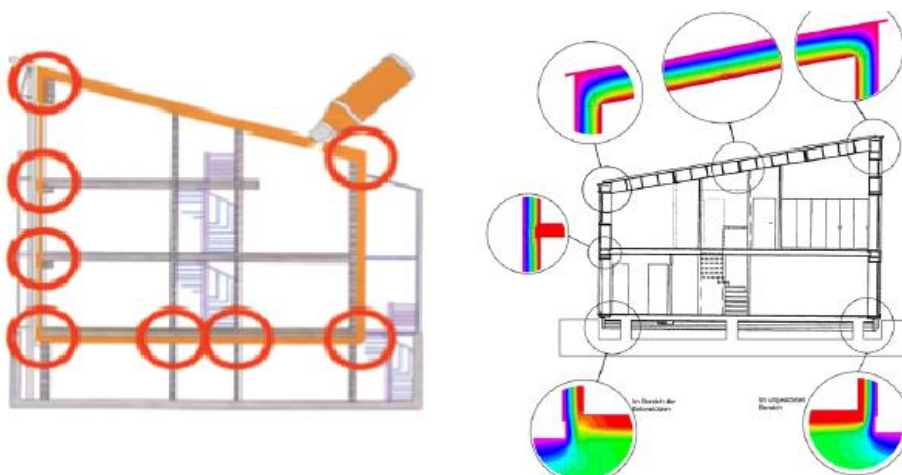


Fig.4.10. Identificarea punților termice

sursa[26]

Grosimea termoizolației, montarea ferestrelor în termoizolație, continuitatea termoizolației pe toată clădirea, termoizolarea fundațiilor etc, reprezintă o parte din modalitățile eliminării punților termice. Funcție de fiecare structură în parte se identifică zonele în care se presupune a se afla punți termice și se găsește soluția adecvată pentru eliminarea lor.

- **Etanșeitatea clădirii**

Pentru o casă pasivă, datorită sistemului de termoizolare și datorită folosirii energiei pasive, schimbul de aer trebuie să se facă controlat. Din acest motiv, o altă cerință esențială de care trebuie ținut cont atunci când se proiectează o casă pasivă este etanșeizarea spațiului interior, pentru a nu se produce schimbul de aer în nici un fel cu exteriorul prin elementele de anvelopă.

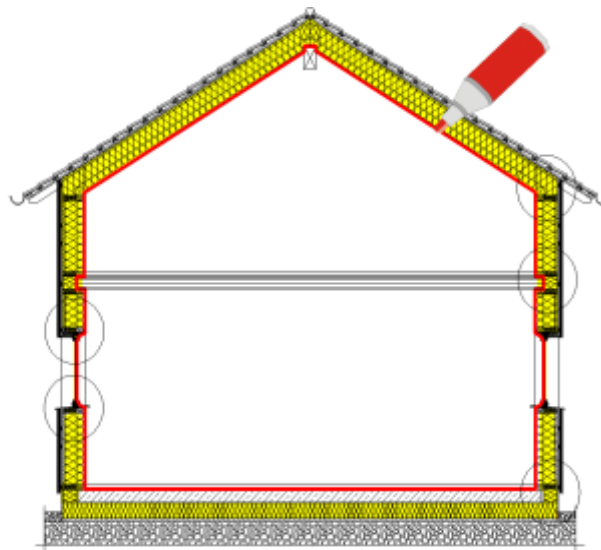


Fig.4.11. Etanșeizarea casei pasive

sursa[26]

O atenție deosebită pentru etanșeizarea casei pasive trebuie acordată zonelor de ferestre și zonelor în care anumite cabluri sau conducte străpung elementele de anvelopă.



Fig.4.12. Exemplu de etanșeizare a ferestrelor și a zonei de străpungere a conductelor
sursa[26]

- **Sistemul de ventilare cu recuperare de căldură**

Datorită faptului ca ventilarea spațiilor interioare trebuie să se facă într-un mod organizat, ventilare naturală nefiind recomandată deoarece ar reduce efectele elementelor de anvelopă și totodată confortul termic interior, toate spațiile din interiorul casei pasive trebuie ventilate cu ajutorul unui sistem de ventilare cu recuperare de căldură. Cu ajutorul sistemului de tuburi metalice etanșe, aerul umed și viciat este eliminat prin bucătărie și baie, în timp ce aerul proaspăt este furnizat în cantitatea necesară în dormitoare și camere de zi. Conducele transportoare de aer trec printr-un schimbător de căldură astfel încât cea mai mare parte din căldura aerului eliminat este transferată într-un mod pasiv aerului proaspăt. Acest sistem de ventilare trebuie să aibă o funcționare continuă pentru a putea face în permanență schimbul aerului viciat din interiorul încăperii.

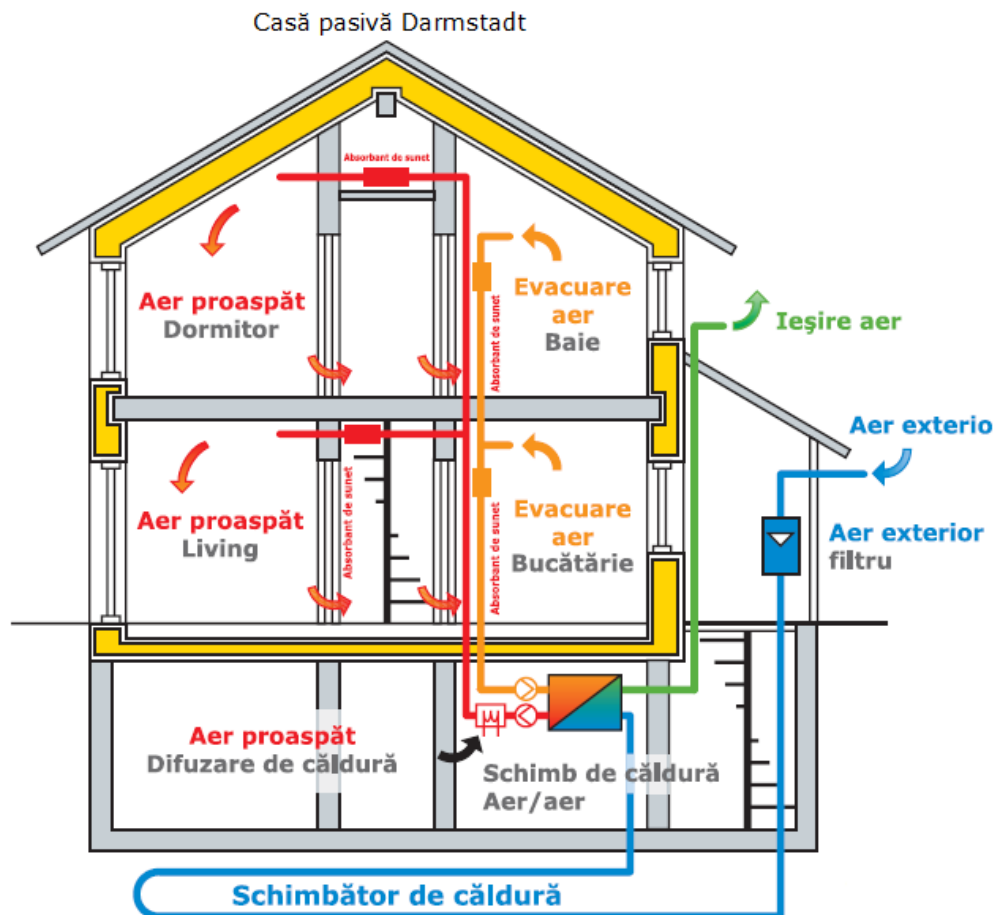


Fig.4.13. Principiul de funcționare a sistemului de ventilare cu recuperare de căldură
sursa[26]

Schimbul natural de aer prin deschiderea ferestrelor, pe de-o parte, ar reduce efectele termoizolației anvelopei, iar pe de altă parte ar reduce sau mări temperatura din interiorul încăperii fără a avea un control asupra acesteia. Acest sistem de ventilare cu funcționare continuă mai are avantajul că poate elimina aerul

poluat care produs de la materialele de construcție, surplusul de umiditatea, mirosurile etc.

Este obligatoriu ca sistemul de ventilare să fie cu recuperare de căldură, pentru a nu înlocui aerul interior viciat cu aer curat având aceeași temperatură ca și temperatura exterioară. Din acest motiv este necesar un sistem de ventilare cu recuperare de căldură cu un randament de cel puțin 75%, pentru a introduce în interior aer curat având temperatura cât mai apropiată de temperatura interioară

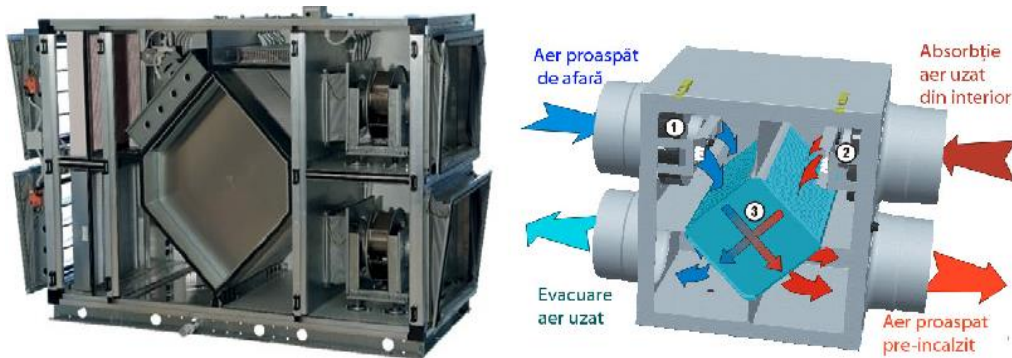


Fig.4.14. Exemplu sistem de ventilare cu recuperare de căldură [40]

Pentru proiectarea și îndeosebi pentru atestarea unei clădiri ca și casă pasivă, Institutul de case pasive de la Darmstadt a realizat un program de verificare a bilanțului energetic și a criteriilor casei pasive. Acest program se numește Passive House Planning Package (PHPP) și are ca scop, într-o primă etapă, de a stabili în mod particular detaliile necesare atingerii conceptului de casă pasivă pentru construcția proiectată, iar într-o a doua etapă, de a verifica dacă respectiva construcție îndeplinește sau nu criteriile casei pasive.

4.2. Casa cu consum de energie aproape zero

Prin denumire, o casă cu consum de energie aproape zero este cea casă care folosește foarte puțină energie (o cantitate aproape egală cu zero) de la rețeaua națională sau din resurse convenționale. Acest lucru se poate întâmpla doar dacă necesarul de energie este redus și/sau există o sursă de energie regenerabilă care să acopere necesarul de energie. Deoarece, o casă tradițională are un necesar de căldură de peste $200 \frac{kWh}{m^2 \cdot an}$, este imposibil de realizat o sursă regenerabilă de energie care să acopere acest necesar fără să implice costuri foarte mari. Pe lângă costurile foarte mari, dacă vorbim de surse de energie regenerabile adaptabile la o singură clădire (panouri solare fotovoltaice) este nevoie și de o suprafață foarte mare de instalare (cel puțin $500 m^2$ pentru o singură clădire – panouri solare fotovoltaice cu puterea instalată de 250 W).

Prin urmare, o casă cu consum de energie aproape zero se poate realiza cel mai ușor aplicând criteriile minime de la conceptul de casă pasivă la care se poate adăuga o sursă regenerabilă de energie. Casa pasivă are nevoie de maxim $15 \frac{kWh}{m^2 \cdot an}$ pentru încălzirea, respectiv, răcirea clădirii și un consum primar total de maxim $120 \frac{kWh}{m^2 \cdot an}$.

Dacă la aceste cerințe ale casei pasive se adaugă și o sursă regenerabilă de energie, se poate realiza cu ușurință o casă cu consum de energie aproape zero.

În cazul de față, principiul bazat pe 5 etape întocmit de Are Rodsjo de la Banca Pentru Locuințe Norvegiană și Tor Helge Dokka de la SINTEF BYGGFORSK este mult mai adecvat pentru acest concept de casă decât pentru casa pasivă.

Pentru proiectarea unei case cu consum de energie aproape zero folosind această ipoteză prin care acesta este o casă pasivă care are o sursă regenerabilă de energie, trebuie să se țină cont de următoarele:

- orientarea clădirii;
- forma geometrică a clădirii;
- anvelopa;
- eliminarea punților termice;
- etanșeitarea clădirii;
- sistemul de ventilare cu recuperare de căldură;
- sursa regenerabilă de energie.

Primele 6 caracteristici de care trebuie să se țină cont sunt prezentate la punctul 4.1. De menționat este faptul că anumite imperfecțiuni care pot să apară la primele 2 caracteristici, pot să fie neglijate dacă pierderile de energie pot fi acoperite de sistemul regenerabil de energie. Totuși, aceste imperfecțiuni nu trebuie să prezinte un aport foarte mare asupra pierderilor de energie deoarece pot influența puternic consumul total de energie, conducând la un consum de energie destul de mare și casa să nu se mai apropie de zero.



Fig.4.15. Exemplu de montare a panourilor solare

4.3. Studiu de caz privind clădirile eficiente energetic

Pentru a întâmpina cerințele Directivelor Europene cu privire la reducerea consumurilor de energie, Universitatea Politehnica Timișoara, prin Departamentul de Construcții Civile și Instalații au pus bazele unui studiu cu privire la eficiența energetică a clădirilor care se vor construi în România, dar mai ales a celor construite în Timișoara și în împrejurimi. Astfel, sub îndrumarea profesorului STOIAN Valeriu, a arhitectului STOIAN Dan, în anul 2010 s-a demarat un proiect, care s-a finalizat prin construirea unei clădiri rezidențiale de tip duplex în localitatea Dumbrăvița, la 2 km distanță de Timișoara, respectând criteriile de casă pasivă emise de Institutul de Case Pasive de la Darmstadt (figura 4.16). Finalizarea construcției precum și studiile pentru această casă au fost realizate prin programul HURO/1001/221/2.2.3. Proiect de Colaborare între Universitatea Politehnica Timișoara și ArchEnerg Cluster(SolarTech Nonprofit PLC).



Fig.4.16. Casa rezidențială tip duplex Dumbrăvița - Casa pasivă

4.3.1. Casa pasivă Dumbrăvița

4.3.1.1. Descrierea funcționalității și a structurii de rezistență

Din punct de vedere al anvelopei, al formei clădirii, al tehnologiei de termoizolare, al orientării clădirii și al tipului de ferestre, clădirea rezidențială de tip duplex prezentată în figura 4.16, este o casă pasivă. Această casă este folosită pe post de casă experiment în vederea stabilirii condițiilor de proiectare, execuție și

întreținere a clădirilor eficiente energetic în România. Din acest motiv cele două părți ale duplexului (apartamente) au fost dotate cu sisteme de instalații diferite, astfel încât, o parte este folosită ca și casă pasivă iar cealaltă parte a fost îmbunătățită și este folosită ca și clădire cu consum de energie aproape zero. [43]

Casa pasivă pe care o studiem în continuare este partea duplexului orientată înspre sud-vest, figura 4.17. Această parte a fost dotată cu echipamente corespunzătoare unei case pasive.



Fig.4.17. Delimitarea celor două părți ale duplexului

Din punct de vedere arhitectural, s-a ales o formă compactă a clădirii, pentru a avea cât mai puține intrânduri și ieșinduri în vederea eliminării punților termice. Orientarea clădirii s-a ales astfel încât să nu existe suprafețe vitrate pe direcția nord. Clădirea are un regim de înălțime P+1. Înălțimea de nivel este de 2.95 m pentru parter și 2.90 m pentru etajul 1, iar înălțimea liberă a spațiilor interioare este de 2.50 m. Circulația pe verticală se realizează cu ajutorul scării, alcătuită dintr-o singură rampă cu lățimea de 1 m.

Compartimentarea și suprafețele casei pasive sunt prezentate în tabelul 4.1, figura 4.18, figura 4.19 și figura 4.20. [44] [46]

TABEL 4.1. Compartimentarea casei pasive

PARTER		ETAJ	
Funcțiune încăpere	Suprafața utilă (m ²)	Funcțiune încăpere	Suprafața utilă (m ²)
Bucătărie	14,50	Baie	7,15
Spațiu tehnic	7,55	Dormitor matrimonial	14,78
Hol	14,93	Birou	18,57
Cameră de zi	32,06	Dormitor copii	14,16
		Dormitor copii	14,44
TOTAL	71,13	TOTAL	69,10
ARIE UTILA TOTALA		140,40 m ²	
ARIE CONSTRUITĂ DESFĂȘURATĂ		186,30 m ²	

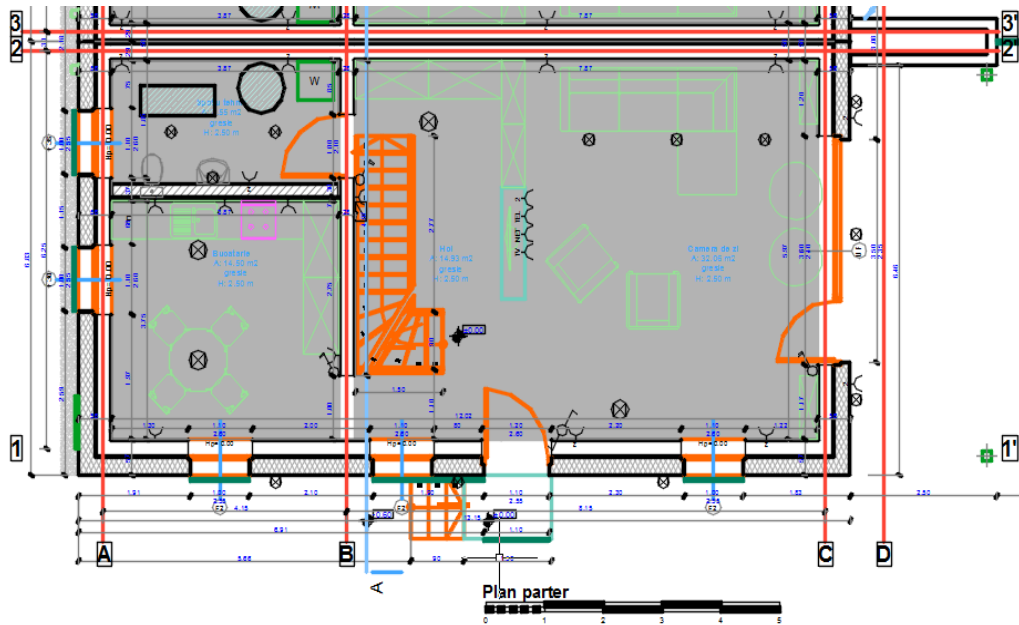


Fig.4.18. Plan parter casa pasivă sursa[41]

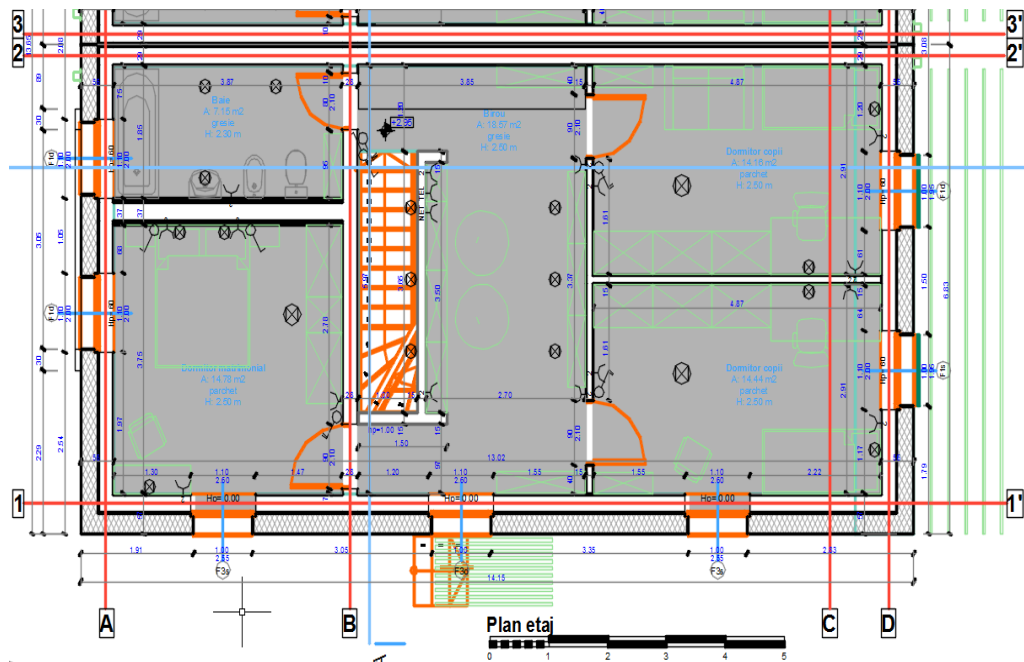


Fig.4.19. Plan etaj casa pasivă sursa[41]

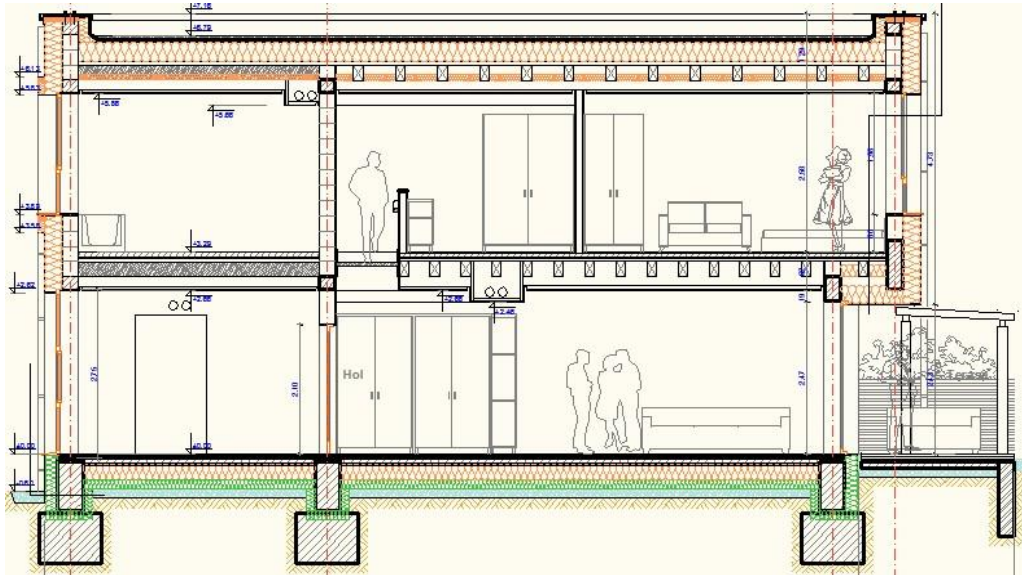


Fig.2.20. Secțiune verticală casa pasivă

sursa[41]

Descrierea structurii de rezistență

Structura de rezistență a casei pasive este următoarea:

- Fundații izolate cu bloc de beton simplu de clasa C16/20 și cuzinet de beton clasa C20/25 armat, legate cu grinzi de fundare. Cota de fundare este de -1.50 m față de cota terenului natural și -2.10 m față de cota ± 0.00 a clădirii. S-a ales acest sistem de fundare, respectiv, fundații izolate legate cu grinzi de fundare cu scopul de a reduce punțile termice;

- Placa pe sol este realizată din beton clasa C20/25 de grosime de 100 mm, slab armată cu plasă sudată $\Phi 8/10$ și are la bază un strat de pietriș de 300 de mm, fiind izolată la partea inferioară cu polistiren extrudat de 50 mm și la partea superioară cu polistiren expandat de 400 mm;

- Structura verticală de rezistență este realizată din zidărie confinată alcătuită din pereți structurali din blocuri ceramice cu goluri verticale POROTHERM 25 (375 X 250 X 238) și stâlpișori și centuri 250 X 250 mm din beton armat clasa C20/25.

- Planșeele au structură multistrat formată din grinzi principale de lemn cu dimensiunea de 150X250 mm și deschiderea de 6,25 m, respectiv de 4,15, având distanța interax de 700 mm și placă de beton armat clasa C20/25, armat cu plase sudate. Grinzile de lemn rezemă pe centurile zidăriei confinate;

- Scara de acces la etaj este realizată din trepte portante din lemn rezemate pe grinzi de vang confecționate din profile metalice. Prinderea la baza s-a făcut cu ajutorul unei plăci metalice înglobate în placa de beton armat, iar la partea superioară cu ajutorul unor profile metalice prinse pe grinzile de lemn. [44] [45]

4.3.1.2. Descrierea elementelor de anvelopă, a sistemului de instalații și a detaliilor specifice casei pasive

a) Elementele de anvelopă

Pereți

Pentru respectarea criteriilor casei pasive referitoare la valoarea coeficientului termic de $0.15 \frac{W}{m^2 K}$ pentru elementele opace verticale și pentru a ajunge la un consum de maxim $15 \frac{kWh}{m^2 an}$ s-a realizat o izolare termică suplimentară comparativ cu izolarea termică obișnuită a clădirilor de locuit. Astfel, sistemul de izolare utilizat la pereții exteriori este format dintr-un strat de polistiren expandat cu grosimea de 300 mm, având o conductivitate termică mai scăzută față de polistirenul uzual. Panourile de polistiren sunt aplicate pe zidărie cu ajutorul unui strat de adeziv și fixate cu ajutorul ancorelor mecanice. Pentru a reduce cât mai mult punțile termice, ancorele mecanice au fost înglobate în totalitate în stratul de polistiren (figura 4.21). [41] [44] [45]

Ferestre și uși exterioare

Conform standardului de casă pasivă, suprafața vitrată, atât ferestrele cât și ușile exterioare trebuie să aibă un coeficient de transfer termic, U, de maximum $0,8 \frac{W}{m^2 K}$. În vederea respectării acestei condiții, au fost luate măsuri speciale referitoare la tipul elementelor de vitraj și la tehnologia de montare a acestora. S-au folosit ferestre și uși cu geam triplu stratificat, foaia de geam exterioară fiind Low-e, iar spațiul dintre ele este umplut cu argon. Tâmplăria este din PVC cu 7 camere. Pentru a evita formarea punților termice, elementele vitrate au fost montate pe fața exterioară a elementelor verticale și fixate cu ajutorul profilelor metalice, tâmplăria fiind acoperită în întregime cu termoizolația elementelor verticale (figura 4.21). Prinderea elementelor vitrate cu dispozitive metalice nu este cel mai indicat mod de prindere, întrucât metalul are o conductivitate termică de $58 \frac{W}{m^2 K}$. Din acest punct de vedere, utilizarea unor dispozitive de prindere din materiale plastice ar fi mai indicat, deoarece au o conductivitate termică mult mai scăzută.



Fig.4.21. Detalii de fixare tâmplărie exterioară și termoizolare pereți exteriori sursa[28]

Placa pe sol

Placa pe sol prezintă o stratificație diferită comparativ cu stratificația plăcii pe sol la clădirile obișnuite. Pentru obținerea unui coeficient termic mai mic sau egal cu $0.10 \frac{W}{m^2 K}$, a fost necesară o termoizolare suplimentară a plăcii din beton armat.

A fost dispus un strat de polistiren expandat cu grosimea de 40 de mm peste placa de beton armat. Pentru eliminarea punților termice, ca sistem de fundare s-a ales un sistem alcătuit din fundații izolate legate cu grinzi de fundare. Pentru a nu exista întreruperi ale termosistemului, la partea inferioară a plăcii pe sol, în zona de rezemare a pereților pe grinzile de fundare, s-au folosit materiale izolatoare cu rigiditate ridicată, iar în zona de soclu, pereții exteriori au fost izolați atât la interiori cât și la exterior cu polistiren expandat care acoperă și fundațiile, astfel a fost realizată o termoizolare completă a plăcii pe sol și a fundațiilor. Figura 4.22



Fig.4.22. Termoizolarea plăcii pe sol și a zonei de soclu sursa[28]

Acoperișul terasă necirculabilă

Acoperișul este de tip terasă necirculabilă, cu o pantă de scurgere a apelor meteorice de 2%. S-a ales acest sistem de acoperiș pentru atât pentru minimizarea punților termice, cât și pentru asigurarea compactității clădirii. Termoizolarea terasei s-a realizat cu 425 mm polistiren expandat. Pentru continuitatea termosistemului, s-a realizat izolarea termică a aticului, pe fața interioară și la partea superioară prin continuarea pe verticală a stratului de polistiren de la nivelul terasei, iar pe fața exterioară, prin continuarea termoizolației pereților, astfel prin această metodă s-au eliminat punțile termice de la nivelul acoperișului. În figura 4.23 se poate observa modalitatea prin care s-a realizat această termoizolare la acoperiș.



Fig.4.23. Termoizolarea terasei sursa[28]

Planșeul în consolă

Etajul este în consolă, motiv pentru care ca și element de anvelopă este și planșeul peste parter în consolă. Planșeul peste parter este alcătuit, din punct de vedere structural, din grinzi de lemn cu dimensiunea de 150X250 mm și placă de beton armat cu grosimea de 60 mm. Partea de planșeu aflată în consolă prezintă o alcătuire diferită, și anume, placa de beton armat cu grosimea 60 mm reazemă pe centurile de beton armat aflate în consolă (250X250 mm) ale zidăriei confinate. Spațiul gol dintre centuri este umplut cu polistiren expandat cu grosimea de 250 mm, iar pentru asigurarea unei bune termoizolații și pentru a închide ermetic zona de îmbinare dintre perete și planșeu, stratul de polistiren expandat de 30 de cm aplicat pe elementele verticale structurale se continuă pe orizontală la partea exterioară a planșeului aflat în consolă.

b) Sistemele de instalații

Sistemul de ventilare

În ceea ce privește ventilarea casei pasive, aceasta este necesară, în primul rând datorită considerentelor de ordin „igienic” (asigura evacuarea substanțelor nocive provenite de la materiale de construcție, lacuri și vopsele, adezivi, mochete, mobile, fum de țigara, produse de „întreținere”, mirosuri, etc...). Deasemenea, introducerea continuă de aer proaspăt împiedică atingerea unei concentrații prea mari de CO₂. Ventilarea permite în același timp evitarea problemelor legate de umiditate care pot conduce la afectarea sănătății ocupanților și degradarea prin condens a elementelor de construcție. Avantajul utilizării unui sistem de ventilare se traduce prin confortul cotidian asigurat, aerul proaspăt introdus permanent în interior, disiparea rapidă a mirosurilor, concentrația de praf mult mai redusă, etc. Evitarea deschiderii ferestrelor pentru aerisire permite, de asemenea, reducerea nivelului de zgomot perceput de la exteriorul clădirii. Pe timpul verii, ventilarea contribuie la disiparea căldurii care se acumulează pe timpul zilei în interiorul clădirii. Într-o casă obișnuită, pierderea de căldură datorată ventilării poate atinge valori de 20...30 $\frac{kWh}{m^2 \cdot an}$. În casa pasivă, datorită recuperării de entalpie, pierderea de căldură atinge valori mult mai reduse 2...7 $\frac{kWh}{m^2 \cdot an}$. [41]

Sistemul de ventilare utilizat în cadrul casei pasive este un sistem de ventilație mecanic de tip dublu flux cu recuperare de căldură.

Pentru a controla sensul mișcării aerului, alimentarea cu aer proaspăt se face în încăperile „uscate” (sufragerie, dormitoare), iar evacuarea aerului viciat se face acolo unde poluarea aerului este mai mare, adică în zonele „umede” (bucătărie, baie) sau de serviciu (holuri). Între încăperile cu dispozitive de introducere și cele cu dispozitive de evacuare, aerul circula prin intermediul „deschiderilor de transfer” poziționate la nivelul ușilor sau pereților. Diferența de presiune între zonele „uscate” care se afla în suprapresiune și zonele umede (în depresiune) asigură un debit de aer permanent în sensul dorit de circulație al aerului. Astfel, se evită ca mirosurile neplăcute să fie preluate din bucătărie sau din baie către sufragerie sau dormitoare. Randamentul dispozitivului de recuperare a căldurii este de 76 %.

Debitul de aer de ventilare asigură la nivelul întregii construcții 0.6/h⁻¹ schimburi de aer. Conductele de aer prin care aerul circulă în interiorul casei sunt izolate corespunzător, astfel încât să se reducă la maxim pierderile de căldură și nivelul de zgomot. Pe timp de vară, când nu se mai pune problema recuperării de căldură se folosește sistemul by-pass. [41]

Sistemul permite refularea aerului la o temperatură de 20°C în condițiile în care aerul interior este la o temperatură de 22°C, iar aerul exterior la o temperatură de -10°C.

Sistemul de încălzire a aerului interior și sistemul de încălzire a apei menajere

Necesarul de energie pentru încălzirea unei case pasive este extrem de redus în comparație cu construcțiile obișnuite.

În cazul casei pasive studiate, s-a folosit un sistem cu panouri solare pentru încălzirea apei menajere și pompă de căldură aer-apă pentru încălzirea aerului interior. Aceasta, reprezintă o soluție compactă ce combină producția de apă caldă menajeră, ventilarea și încălzirea (preîncălzirea aerului refulat). Principiul de funcționare este următorul: pompa de căldură este cuplata cu sistemul de ventilație cu recuperare de căldură explicat mai sus; pompa de căldură transferă căldura reziduală din aerul viciat către rezervorul de apă caldă menajeră; un schimbător de căldură suplimentar între apa caldă menajeră și aerul refulat asigură încălzirea.

Ca sursă suplimentară de energie pentru situațiile în care pompa de căldură nu satisface în totalitate necesarul de încălzire și apă caldă menajeră se folosesc rezistențele electrice.



Fig.4.24. Camera tehnică și panoul solar montat pe acoperiș sursa[28]

c) Detaliile specifice casei pasive

Particularitățile specifice casei pasive constă în:

- eliminarea pierderilor de căldură prin ventilare la nivelul anvelopei;
- eliminarea punților termice;
- facilitarea aperturilor de căldură exterioare;
- facilitarea posibilității schimbării aerului interior viciat cu aer proaspăt.

Eliminarea pierderilor de căldură prin ventilare s-a realizat prin termoizolarea elementelor de anvelopă, etapă descrisă la punctul 6.1.1.2.a), prin ferestre și uși cu geam triplu stratificat, foaia de geam exterioară Low-e, cu spațiul dintre ele umplut cu argon și prin eliminarea punților termice.

Termoizolația aplicată elementelor de anvelopă și forma compactă pe care o are clădirea rezolvă în mare parte eliminarea punților termice. Pentru punțile termice punctuale s-a ales înglobarea diblurilor în polistiren, astfel încât acest aport negativ al diblurilor să devină nesemnificativ. La nivelul fundațiilor și al plăcii pe sol s-a ales

termoizolarea fundațiilor atât pe fața interioară cât și pe fața exterioară (figura 4.22), termoizolarea plăcii pe sol cu un strat de 400 mm de polistiren expandat și termoizolarea zonei de legătură dintre fundații și pereții de rezistență.

O altă caracteristică foarte importantă pentru casa pasivă constă în folosirea cât mai eficient posibil a aporturilor solare printr-o orientare adecvată. În cazul de față, ferestrele și ușile exterioare sunt pe fațadele dinspre sud-vest și sud-est, ceea ce oferă un aport solar ridicat în sezonul rece.

Sistemul de ventilare reprezintă cea mai importantă componentă a unei case pasive în vederea asigurării unui confort termic și igienic ridicat. Sistemul de ventilare al case analizate prezintă un randament de 76% (vezi punctul 4.3.1.2.b)).

4.3.1.3. Bilanțul energetic și monitorizarea casei pasive

a) Bilanțul energetic

Faza de proiectare

Pentru a putea stabili în ce măsură se îndeplinesc criteriile de casă pasivă, în faza de proiectare a fost realizat bilanțul energetic utilizând programul PHPP, program realizat de către Institutul de Case Pasive în scopul verificării criteriilor de casă pasivă.

Calculul a fost realizat ținând cont de următoarele:

- caracteristici geometrice conform tabelului 4.2;

TABEL 4.2. Caracteristicile geometrice ale casei pasive

Nr. crt.	Dimensiunea caracteristică	Valoare	u.m.	
1	Aria plăcii pe sol	81,57	m ²	
2	Aria terasei	88,15	m ²	
3	Aria pereților exteriori opaci	sud-vest	37,15	m ²
		sud-est	27,72	m ²
		nord-vest	35,72	m ²
4	Aria ferestrelor și a ușilor exterioare	sud-vest	15,70	m ²
		sud-est	12,70	m ²
		nord-vest	9,70	m ²
5	Aria planșeului în consolă	6,30	m ²	
6	Aria anvelopei	314,71	m ²	
7	Volumul interior încălzit	408,90	m ³	
8	Aria utilă încălzită	141,10	m ²	
9	Aria construită	186,30	m ²	

- caracteristici termo-tehnice conform tabelului 4.3;

TABEL 4.3. Caracteristicile termotehnice ale casei pasive

Nr. crt.	Elementul de anvelopă	Rezistenței la transfer termic m^2K / W	Transmitanța W/m^2K
1	Placa pe sol	11,50	0,087
2	Terasa	12,99	0,077
3	Pereți exteriori opaci	10,00	0,100
4	Fereastre exterioare	1,10	0,900
5	Planșeu în consolă	9,70	0,103

- existența sistemului de ventilare cu recuperare de căldură;
- aporturile solare și aporturile interioare;
- temperatura interioară este de 20°C;
- temperatura exterioară de calcul este -15°C conform zonei climatice II.

În urma verificării consumurilor cu ajutorul programului PHPP, s-a ajuns la concluzia ca sunt satisfăcute criteriile de casă pasivă în ceea ce privește consumul de energie pentru încălzire, respectiv, răcire. Din rezultatele prezentate în figura 4.25. reiese faptul că pentru casă pasivă s-a ajuns la un necesar total de energie de 66 kWh/m²an. Dacă se ține cont de faptul că întreaga energie este energie electrică iar conform SR EN 15603 din 2008, factorul de conversie pentru energie electrică are valori între 2,5 și 2,8, rezultă faptul că necesarul total de energie primară este de între 165 și 184,80 kWh/m²an, ceea ce nu satisface criteriul casei pasive cu privire la consumul total de energie primară.

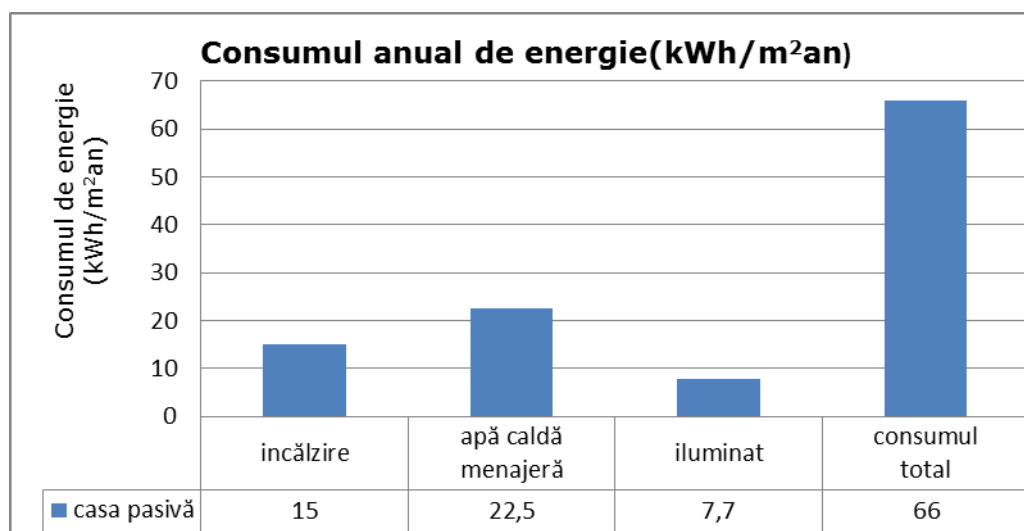


Fig.4.25. Consumul de energie obținut cu programul de calcul PHPP

În paralel cu verificarea necesarului de energie folosind programul de calcul PHPP, am realizat verificarea consumurilor de energie conform metodologiei românești, folosind programele de calcul AX3000, Doset-Pec și AllEnergy. Calculul s-

a realizat cu aceleași caracteristici folosite și în cazul calcului cu programul PHPP, diferite fiind valorile rezistențelor la transfer termic, întrucât, conform normativului românesc, în calcul se folosesc valorile corectate ale rezistențelor termice, care rezultă în urma aplicării coeficienților de reducere, funcție de punțile termice. Astfel, în faza de proiectare, la calculul cu programele Doset-Pec și AllEnergy s-a ținut cont și de efectele eventualelor punți termice. În programul AX3000 nu s-a ținut cont de efectele punților termice, deoarece pentru introducerea caracteristicilor geometrice s-a realizat clădirea tridimensional, programul ținând cont automat de dimensiunile necesare.

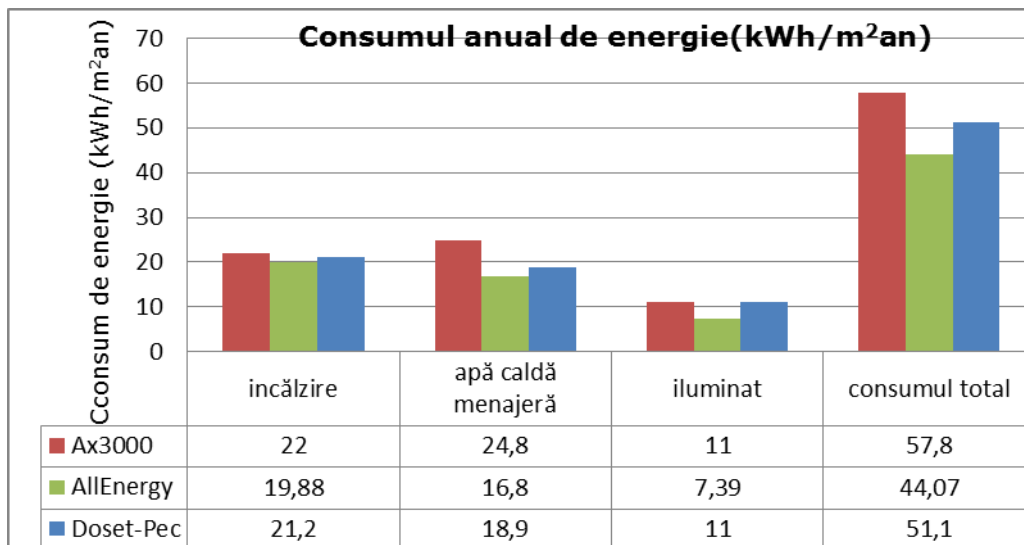


Fig.4.26. Consumul de energie obținut cu programele de calcul conforme metodologiei românești

Rezultatul bilanțului energetic obținut cu ajutorul programelor de calcul după metodologia de calcul românească este prezentat în figura 4.26. Se poate observa că nu este îndeplinită condiția de consum maxim de energie pentru încălzire impusă la o casă pasivă. Acest rezultat se poate datora diferențelor destul de mari de temperatură între sezonul cald și sezonul rece, respectiv de durata pentru care este nevoie de încălzire conform normativului românesc.

Așa cum se poate observa și în figura 4.27 diferențele mari între rezultatele obținute cu programele conforme cu metodologia românească și programul PHPP care este conform cerințelor impuse de către Institutul de Case Passive, apar între consumurile de energie pentru încălzire. Acestea se datorează în mare parte temperaturilor de calcul folosite de către programele de calcul. În cazul programului PHPP, temperatura de calcul de -15°C nu poate fi luată ca și temperatură minimă, programul calculându-și automat temperaturile funcție de coordonatele geografice. Cel mai apropiat rezultat, dar care este și el mai mare cu aproximativ 30% față de rezultatul obținut cu PHPP este cel obținut cu programul AX3000 (vezi figura 4.28). Diferențele dintre rezultatele obținute cu cele 3 programe conforme metodologiei românești, care se pot vedea și în figura 6.14 se datorează faptului că în cazul programelor AllEnergy și Doset-Pec sunt luate în considerare și efectele punților termice. În figura 4.29 sunt prezentate consumurile de energie procentual, care pot apărea datorită efectelor negative ale punților termice.

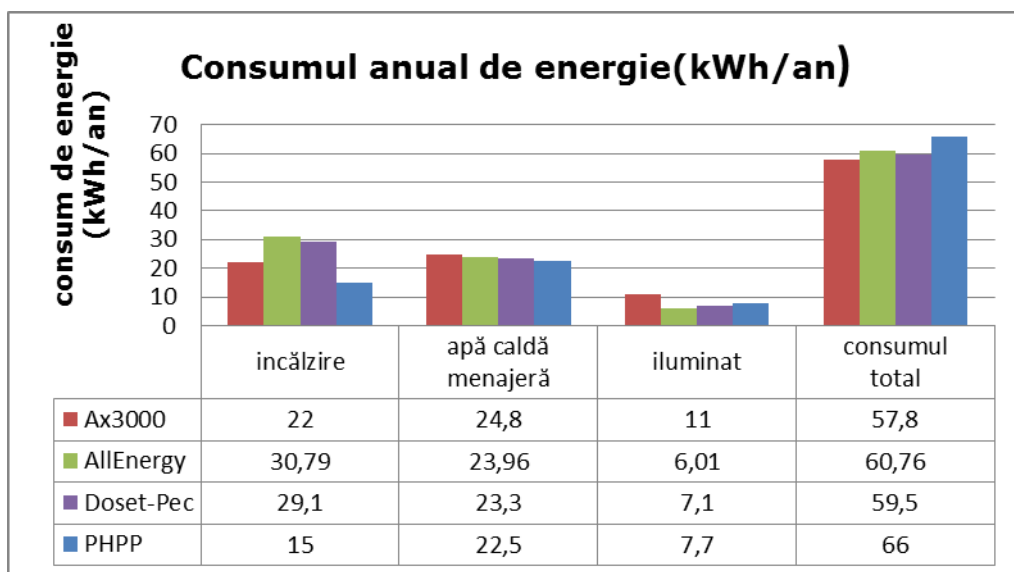


Fig.4.27. Consumul de energie în faza de proiectare

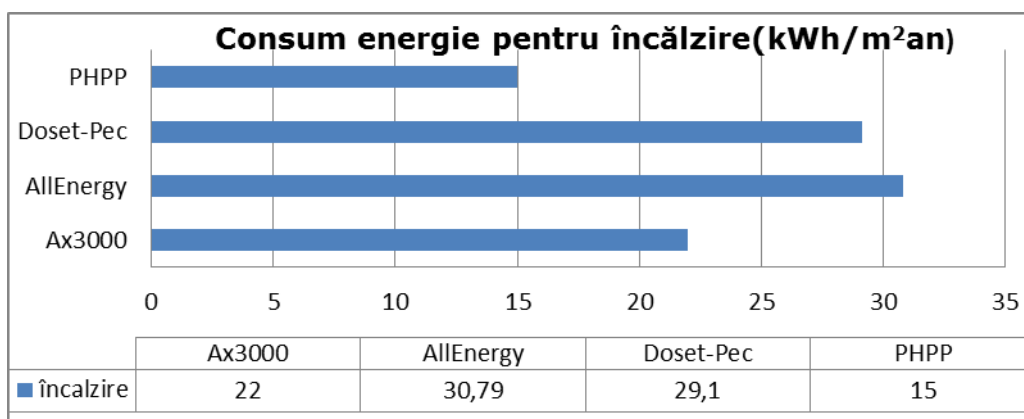


Fig.4.28. Consumul de energie pentru incalzire în faza de proiectare

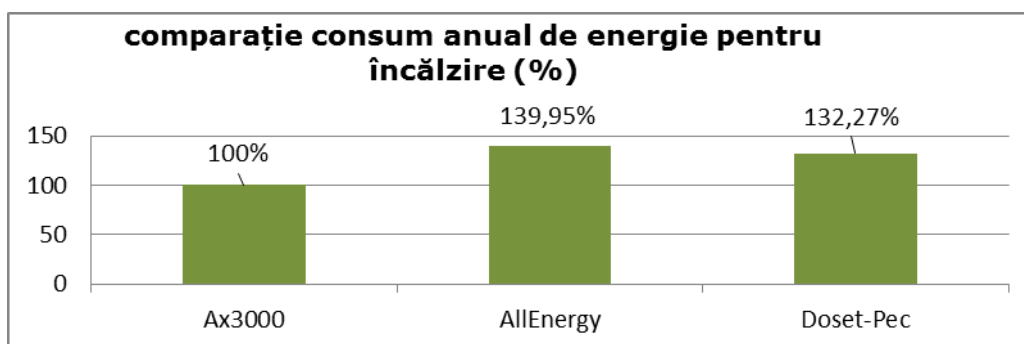


Fig.4.29. Comparație procentuală între consumul pentru incalzire cu programele de calcul conforme metodologiei românești

Faza de exploatare

Pentru a putea stabili conform normativelor românești consumul de energie pentru casa pasivă, după finalizarea lucrărilor s-a realizat un bilanț energetic ținând cont de faptul că această casă este locuită de 3 persoane. Pentru realizarea bilanțului energetic s-au utilizat programele PHPP, AllEnergy, Dosec-Pec și a fost realizat un bilanț energetic printr-o procedură creată conform metodologiei Mc001 în softul de calcul MathCad pentru a putea verifica fiecare termen care are aport asupra rezultatului final. Calculul s-a realizat utilizând aceleași caracteristici prezentate la faza de proiectare întrucât toate caracteristicile prevăzute în proiect sunt respectate. În plus, față de calculul realizat în faza de proiectare, în faza actuală s-a exclus efectul punților termice deoarece așa cum se poate observa și în figura 4.30, au fost eliminate punțile termice prin aplicarea metodelor descrise la punctul 4.3.1.2.c). Analizând figura 4.30, se constată că pierderile de căldură sunt prin ferestre, existând deasemenea și un punct în care se afla tubul de aerisire, astfel că punțile termice au fost eliminate aproape în întregime.

Verificarea bilanțului energetic conform metodologiei românești s-a realizat după o perioadă de câteva luni de la locuirea casei, astfel că în calcule s-a folosit o temperatură interioară de 21,5 °C întrucât aceasta era temperatură considerată de către locatarii casei ca fiind temperatura interioară de confort.

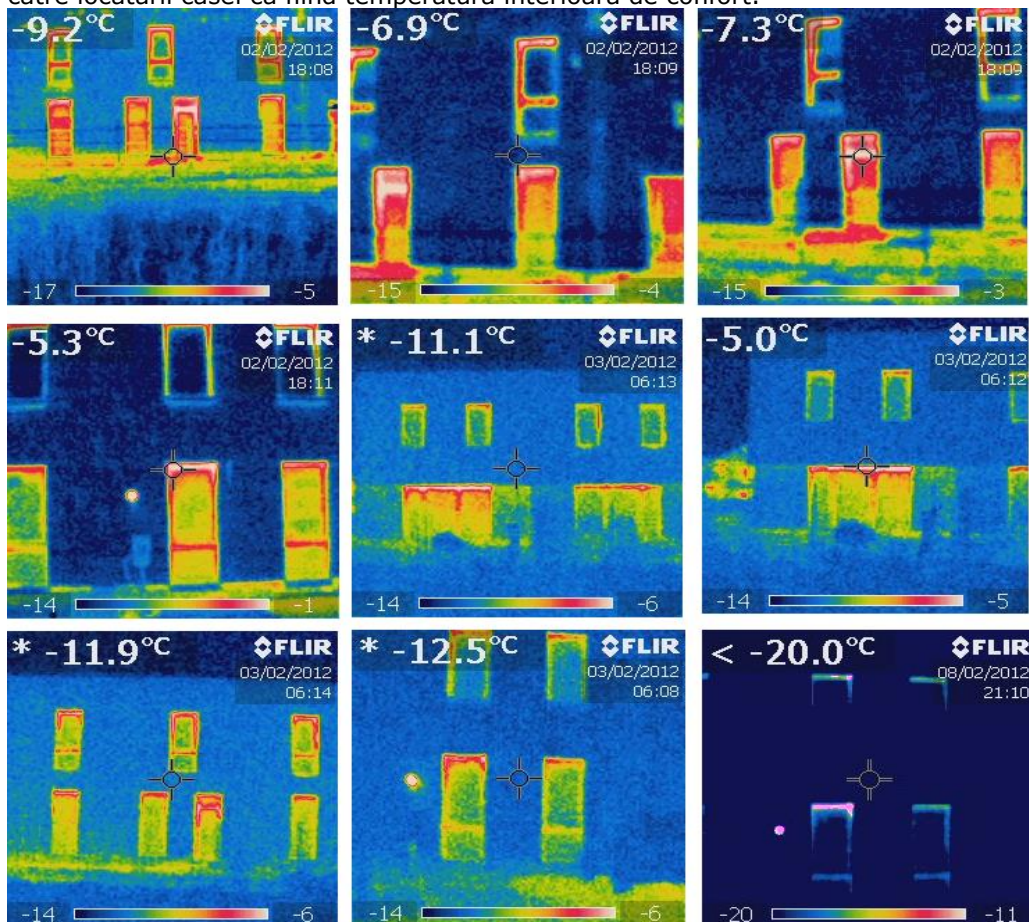


Fig.4.30. Termografierea casei pasive

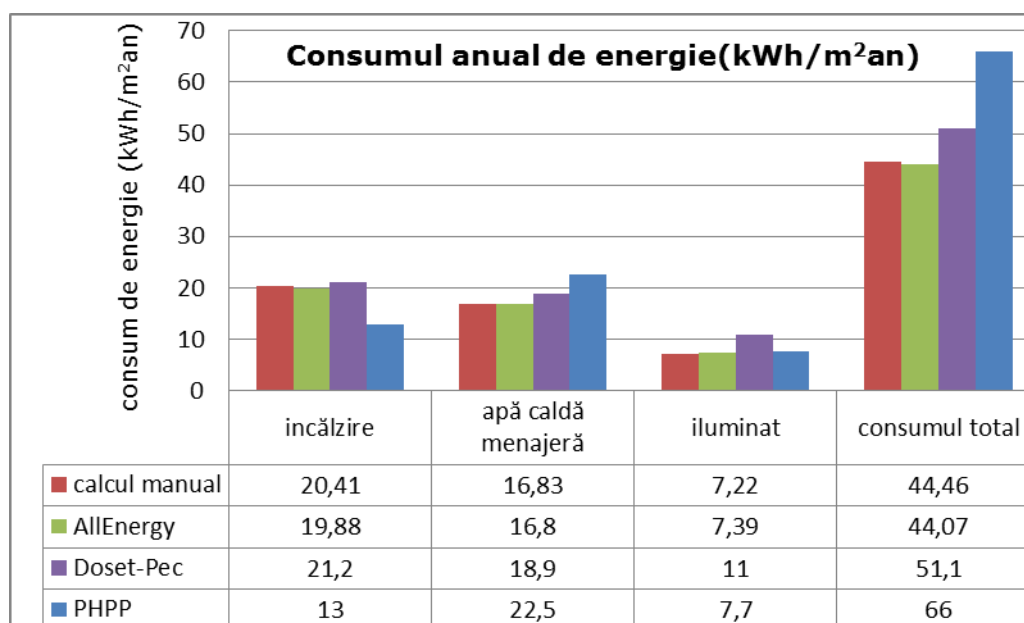


Fig.4.31. Consumul de energie în faza de exploatare

Conform rezultatelor prezentate în figurile 4.31 și 4.32, realizând calculul bazat pe metodologia românească, clădirea analizată nu îndeplinește criteriile de casă pasivă în ceea ce privește consumul maxim de energie pentru încălzire sau răcire. Conform programului PHPP acest criteriu este îndeplinit. Diferențele consumului de energie între cele obținute cu ajutorul programelor de calcul conforme metodologiei românești și PHPP se datorează temperaturii interioare de calcul folosite. Conform recomandărilor Institutului de Case Pasive de la Darmstadt, pentru verificarea bilanțului energetic, se folosește o temperatură interioară de 20°C, pentru programele realizate după metodologia de calcul românească s-a folosit o temperatură de 21°C, temperatura măsurată în interiorul casei. Criteriul consumului total de energie primară este îndeplinit dacă se ține cont de valorile obținute cu programele de calcul românești și de faptul că factorul de conversie a energiei electrice are valori între 2,5 și 2,8; consumurile de energie primară fiind cuprinse între 88 și 102 kWh/m²·an.

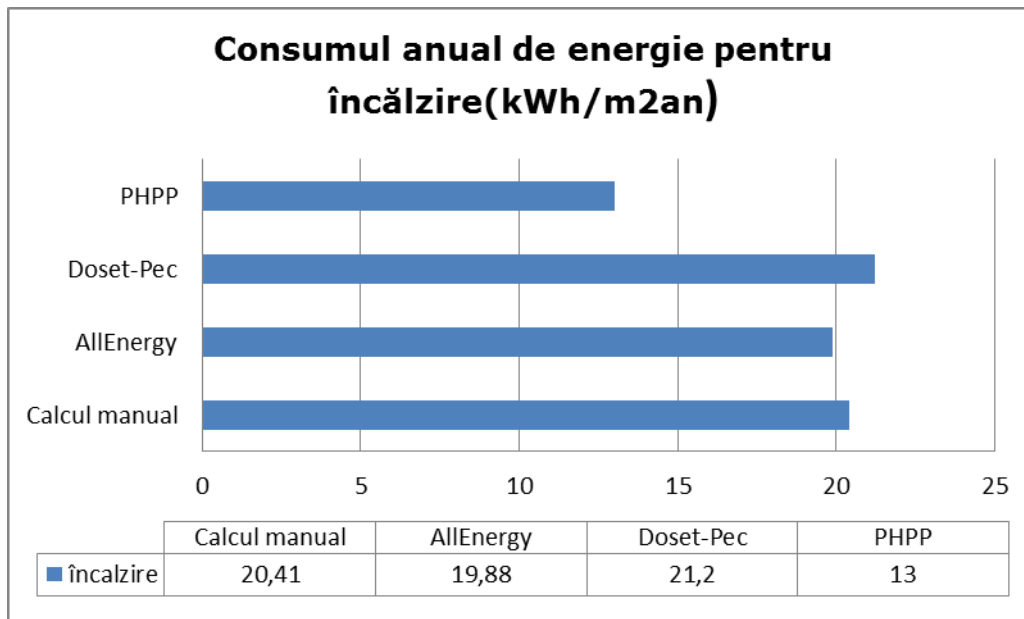


Fig.4.32. Consumul de energie pentru încălzire în faza de exploatare

Monitorizarea casei pasive

Bilanțul energetic obținut cu diferite programe de calcul sunt doar valori teoretice, valori care sunt luate în considerare pentru a stabili dacă o clădire este sau nu casă pasivă. Pentru a putea verifica în ce măsură aceste rezultate teoretice sunt reale, pentru a putea studia eficiența energetică și confortul unei astfel de clădiri la condițiile climatice exterioare din România și mai ales pentru a putea valida soluții și modalități prin care casa pasivă poate fi implementată ca și clădire rezidențială în România, a fost instalat un sistem de monitorizare a consumurilor de energie și a parametrilor de confort interior. Astfel, după ce am montat mai mulți senzori de temperatură în interiorul casei, în exteriorul casei precum și pe grosimea unui perete exterior, senzori de umiditate, senzori de dioxid de carbon și senzori de măsurat consumul de energie consumat, arhitectul Dan Stoian a adaptat un sistem de monitorizare astfel încât informațiile provenite de la acești senzori să fie salvate și să fie încărcate pe o platformă web pentru a putea fi urmărite în permanență online. Schema sistemului de monitorizare este prezentată în figura 4.33. Sistemul de monitorizare și monitorizarea propriu-zisă a fost realizată prin programul HURO/1001/221/2.2.3. Proiect de Colaborare între Universitatea Politehnica Timișoara și ArchEnerg Cluster(SolarTech Nonprofit PLC). [47] [48] [49] [50]

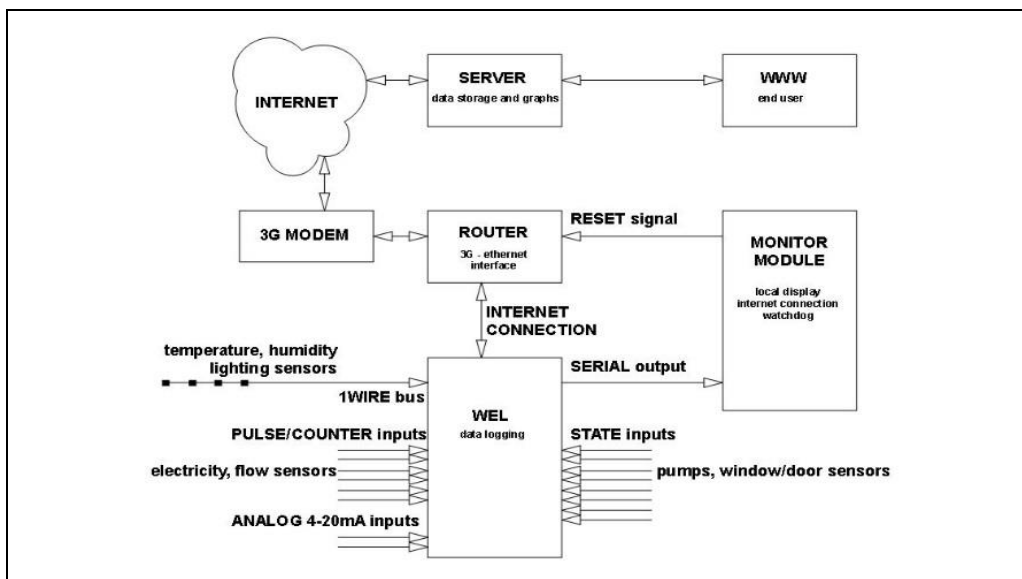


Fig.4.33. Schema sistemului de monitorizare [47]

Site-ul <http://www.sdac.ro/site/archives/796> este site-ul în care sunt afișate informațiile provenite de la senzorii montați la casa pasivă. Tot pe acest site, așa cum se vede și în figura 4.34 sunt informații despre sistemul de instalații, schema sistemului de instalații, tipul de senzori montați, poziționarea senzorilor și perioada în care sunt monitorizate informațiile.

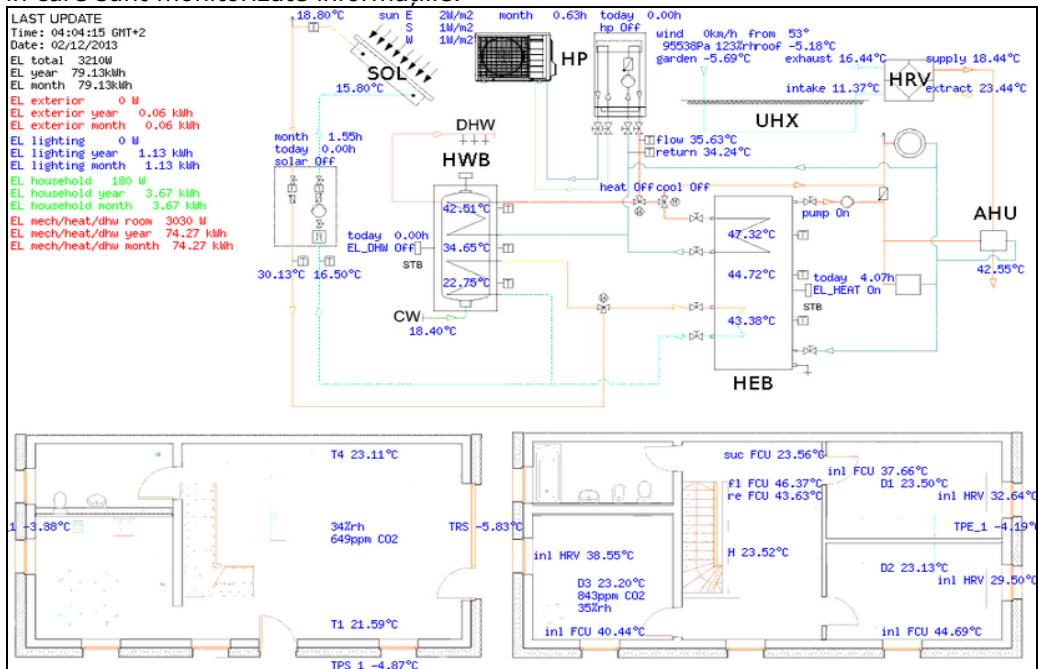


Fig.4.34. Sistemul de monitorizare așa cum apare pe platforma online sursa[28]

În ceea ce mă privește, pe lângă montarea senzorilor, m-am ocupat de studiul privind evoluția temperaturilor și centralizarea datelor cu privire la consumurile de energie. Am montat senzori de temperatură pe grosimea unui perete exterior pentru a studia care este efectul grosimii polistirenului asupra temperaturii, în comparație cu grosimea peretelui de zidărie. Astfel, cum se poate observa în figura 4.35, pe grosimea polistirenului au fost montați 6 senzori de temperatură la o distanță de 75 mm, deasemenea a fost montat un senzor la mijlocul blocului de porotherm și un senzor pe fața interioară a blocului de polistiren (TPS_1- pe exteriorul peretelui, TPS_2 la 75 mm față de exterior, TPS_3 la 150 mm față de exterior, TPS_4 la 225 mm față de exterior, TPS_5 la 300 mm față de exterior, la intersecția dintre polistiren și blocul de porotherm, TPS_6 la mijlocul blocului de porotherm, la 425 față de exterior, TPS_7 pe fața interioară a blocului de porotherm iar T1 este un senzor în interiorul casei.

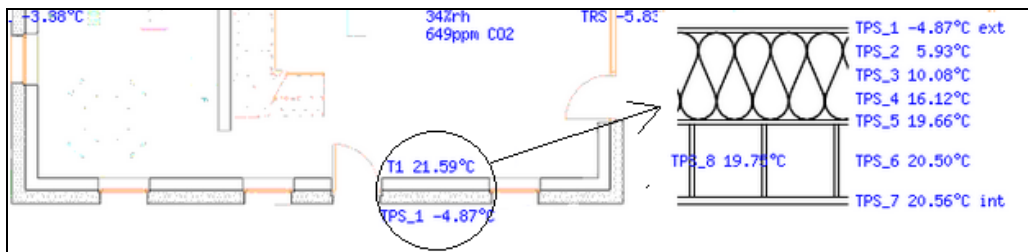


Fig.4.35. Temperaturile monitorizate pe grosimea peretelui, în exteriorul casei și în interiorul casei

Analizând evoluția temperaturilor pe grosimea peretelui exterior se constată că diferența de temperatură dintre fața caldă și fața rece a polistirenului este de aproximativ 24°C în condițiile în care diferența de temperatură între fața rece și fața caldă a blocului de porotherm este de maxim 2°C. Așa cum se poate vedea în figura 4.36, evoluția temperaturii este aproape liniară pe întreaga grosime a polistirenului.

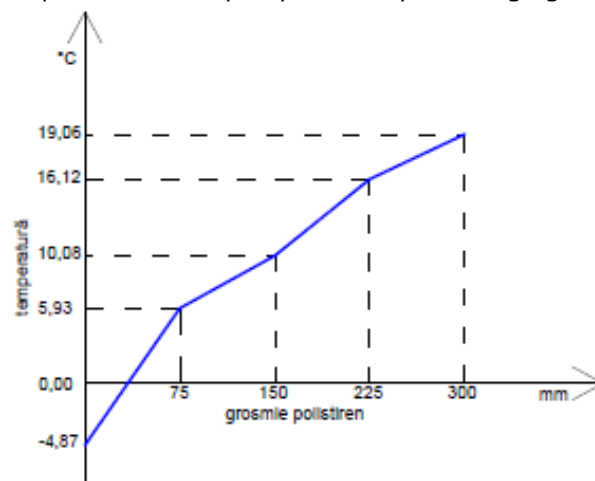


Fig.4.36. Temperaturile monitorizate pe grosimea polistirenului

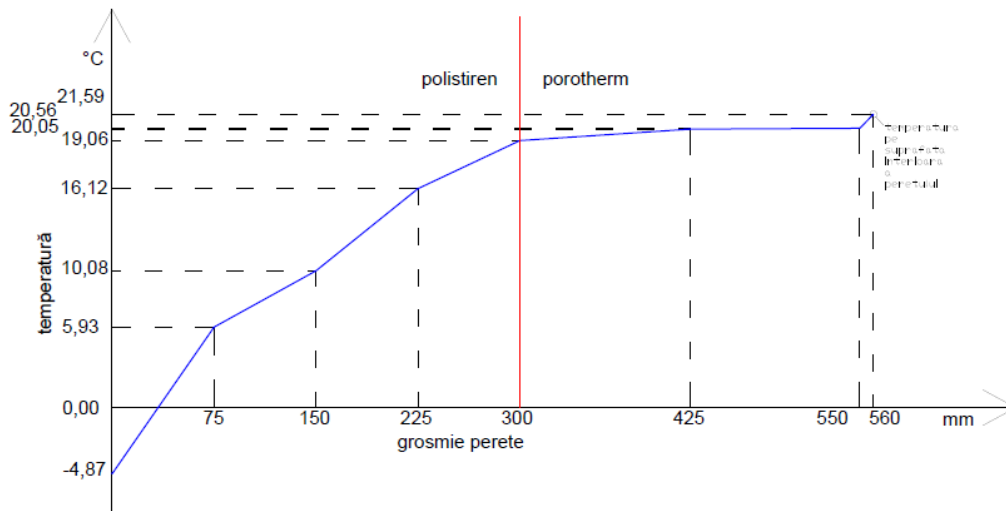


Fig.4.37. Temperaturile monitorizate pe grosimea peretelui

Din figura 4.37 reiese că termosistemul realizat la casa pasivă are un aport semnificativ în evoluția temperaturii din interiorul clădirii. Făcând o comparație între evoluția temperaturilor pe grosimea polistirenului și grosimea blocului de porotherm ajungem la concluzia că pierderile de căldură prin peretele casei sunt eliminate aproape în întregime. Pentru a stabili ce efect are schimbarea temperaturii asupra consumului de energie, am realizat o centralizare a consumurilor totale de energie în care sunt incluse și consumurile pentru încălzire pentru luna decembrie 2013 în comparație cu evoluția temperaturii din exteriorul clădirii și temperatura din interiorul clădirii. Așa cum se poate vedea în figura 4.38, temperatura interioară se menține aproape constantă la 22 °C, deși temperatura exterioră are o variație de peste 3 °C de la o zi la alta. În data de 11 decembrie temperatura exterioră scade cu 6 °C față de ziua anterioară, cu toate acestea, temperatura interioară rămâne constantă. Acest lucru este datorat, pe de-o parte izolației termice, iar pe de altă parte sistemului de încălzire cu care este dotată casa pasivă. Consumul de energie în această zi crește cu aproximativ 500 Wh față de ziua anterioară. Această creștere nu este una semnificativă ținând cont de diferența mare de temperatură între cele două zile și de faptul că pentru o clădire rezidențială de aceleași dimensiuni construită conform normativului C107, consumul de energie pentru lunile reci (decembrie, ianuarie, februarie) poate să ajungă și la 40000 Wh/zi.

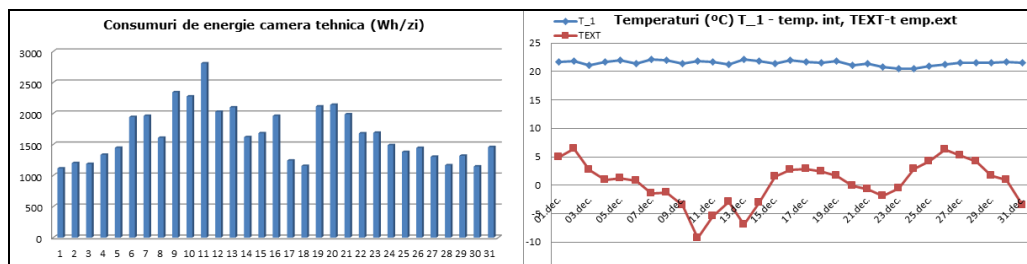


Fig.4.38. Evoluția consumurilor de energie raportată la evoluția temperaturilor

Dupa centralizarea datelor monitorizate cu privire la consumurile de energie pentru anul 2014 se constată ca pentru încălzire s-a consumat aproximativ 20kWh/an și un consum total primar de energie de 46,80kWh/m², valori care se regăsesc comparativ și în figura 4.39

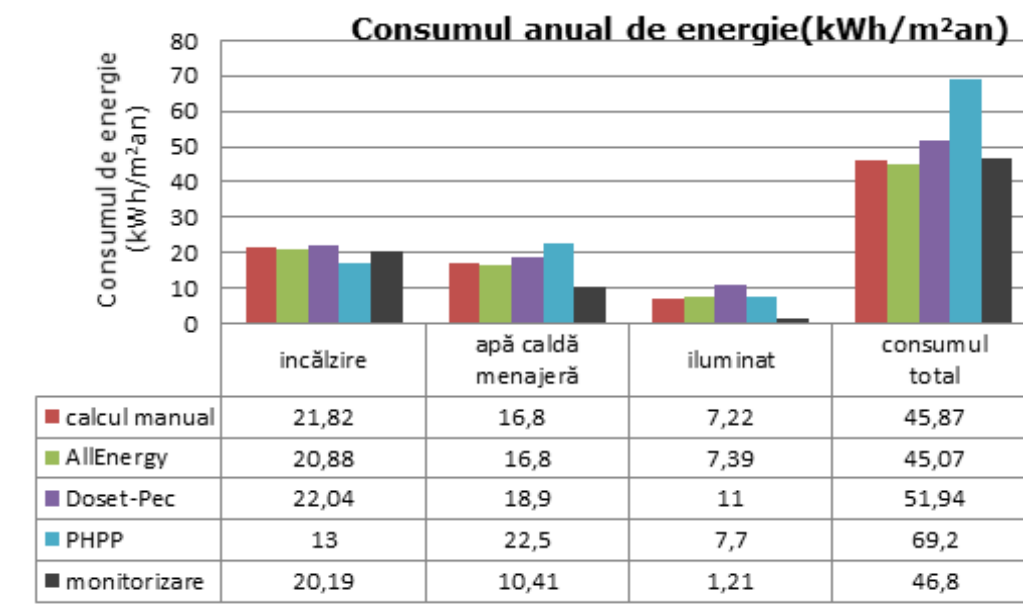


Fig.4.39. Consumul de energie pentru casa pasivă

Bilanțul energetic s-a realizat folosind ca și temperatură interioară de calcul 21,50 °C, iar în cazul verificării cu ajutorul procedurii create în MathCad s-a redus perioada în care este nevoie de încălzire de la 197 de zile la 170 de zile. Această perioadă de încălzire stabilită conform datelor monitorizate s-a putut introduce doar în procedura de calcul realizată, acest fiind și principalul motiv pentru care s-a realizat procedura. Se poate constata că rezultatele obținute cu ajutorul programelor de calcul după Metodologia Mc001 și rezultatele obținute cu procedura de calcul sunt foarte apropiate de cele obținute în urma monitorizării. Diferențele dintre valorile obținute cu ajutorul programului PHPP și valorile din monitorizare sunt destul de mari datorită faptului că pentru calculul cu PHPP s-a folosit o temperatură interioară de 20°C (conform cerințelor Institutului de Case Pasive) iar datele climatice exterioare s-au obținut pe baza zonei geografice și nu statistic sau funcție de zona climatică. Între valorile obținute cu ajutorul programelor de calcul după metodologia românească și cele obținute în urma monitorizării, nu există diferențe majore, întrucât în calcule s-a folosit temperatura interioară de 21,5°C. De aici se poate trage concluzia că pentru proiectarea unei case pasive nu este suficientă temperatura de 20°C ca și temperatură de confort. Această temperatură de 20°C este o temperatură care se poate regăsi și în stasul românesc 1907. Astfel, ca și recomandare, atât pentru proiectarea unei clădiri noi cât și pentru verificarea consumului unei clădiri existente, să se țină cont de faptul ca temperatura de confort este de peste 21°C.

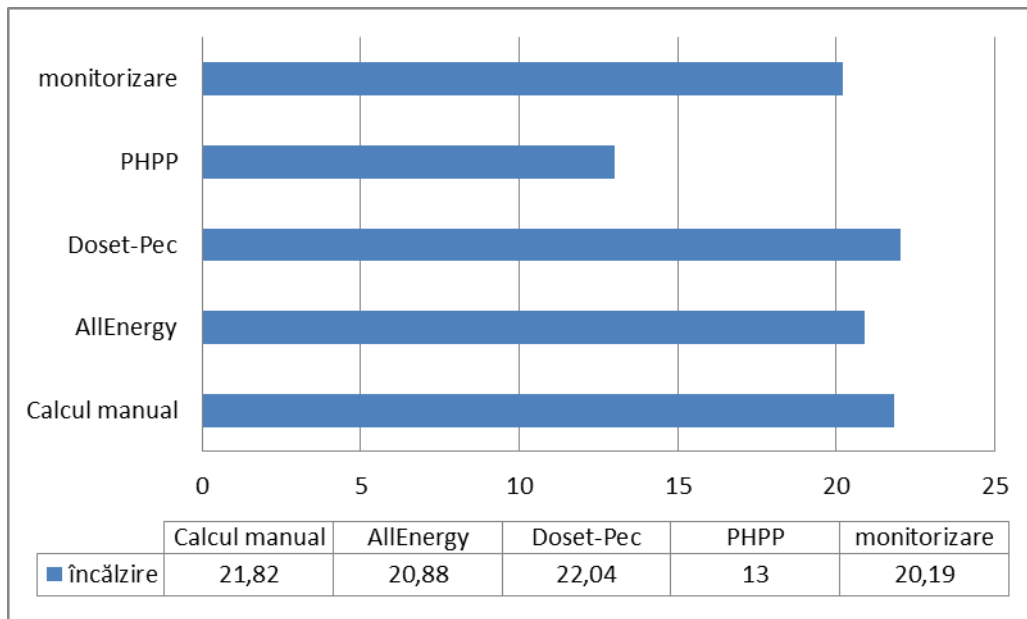


Fig.4.40. Consumul de energie pentru încălzire la casa pasivă

4.3.2. Casa cu consum de energie aproape zero

Ca și clădire de studiu în acest context o reprezintă cealaltă parte a duplexului (partea dinspre nord-est) a casei rezidențiale construite în Dumbravița (figura 6.2). Această parte a clădirii a fost realizată în așa fel încât să fie clasificată ca și casă cu consum de energie aproape zero. Între această parte, casă cu consum de energie aproape zero și cealaltă parte, casă pasivă nu există nici un fel de diferență în ceea ce privește conformarea clădirii, suprafața utilă și suprafața construită, suprafețele elementelor de envelopă, stratificația elementelor de envelopă și tipul ferestrelor, așa cum se poate observa în figura 4.41

Îmbunătățirile aduse casei pasive precum și studiile efectuate asupra casei cu consum de energie aproape zero au fost parțial suportate de un Grant Național, proiect numărul PN-II-PT-PCCA-2013-3.2-1214-Contract 74/2012, grant obținut de profesorul universitar Daniel DAN, care este și directorul acestuia.

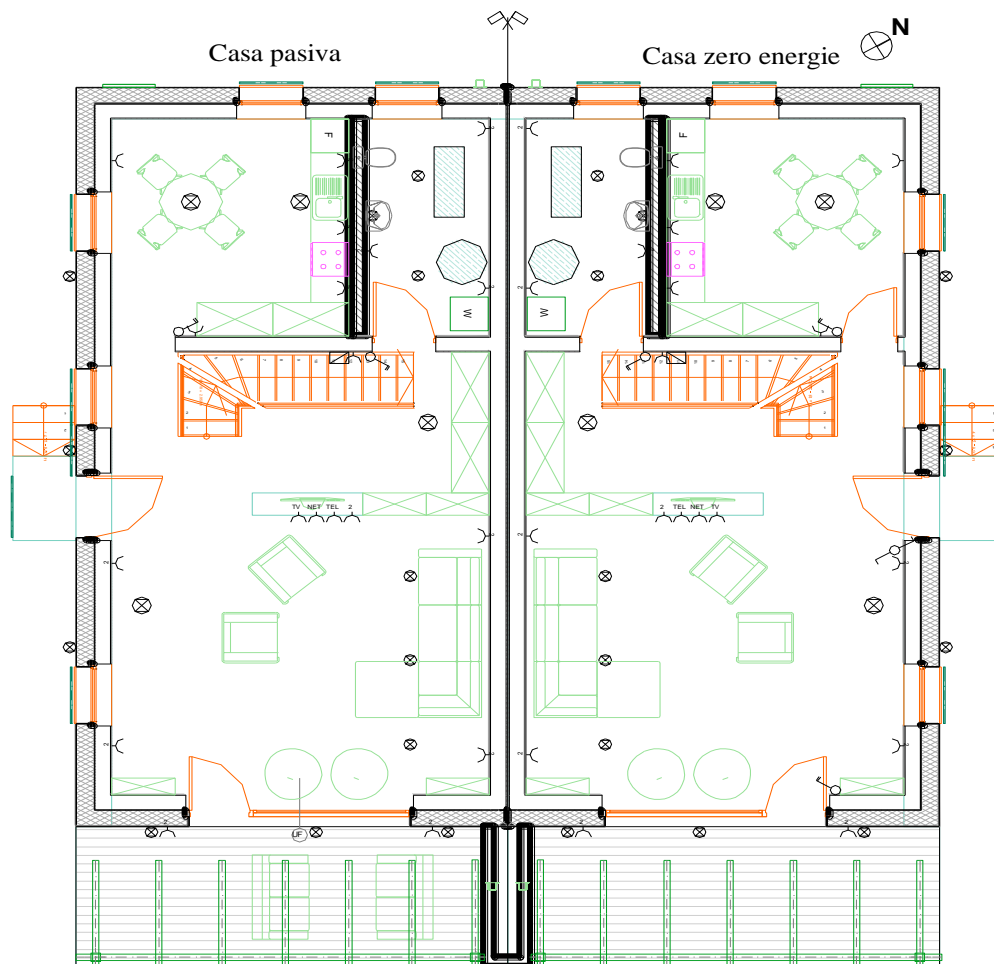


Fig.4.41. Plan parter clădire rezidențială Dumbravița, casa pasivă - stânga și casa cu consum de energie aproape zero – dreapta sursa[28]

Diferențele între cele două clădiri constau în orientarea față de punctele cardinale, sistemul de instalații și faptul că la casa cu consum de energie aproape zero a fost montat un sistem de panouri fotovoltaice pentru a putea acoperi pe cât posibil consumul de energie din energie produsă din surse regenerabile, conform definiției casei cu consum de energie aproape zero și a prevederilor directivelor Europene.

Caracteristicile geometrice și termotehnice ale acestei clădiri sunt identice cu cele ale casei pasive, doar că elementele de anvelopă sunt orientate diferit ca urmare a faptului că această clădire este în oglindă față de casa pasivă.

Sistemul de instalații este compus din aceleași componente ca și la casa pasivă doar că pompa de căldură aer-apă care este la casa pasivă a fost schimbată cu o pompă de căldură sol-apă, fiind o pompă mai adecvată pentru zona climatică II iar spre deosebire de casa pasivă, pentru încălzire și apă caldă menajeră este folosit un singur boiler. În figura 4.42 este prezentată camera tehnică a casei cu consum de energie aproape zero, unde se poate vedea pompa de căldură, unitatea de ventilare cu recuperare de căldură, boilerul de apă, pompa de circuit solar precum și unitatea de monitorizare date.

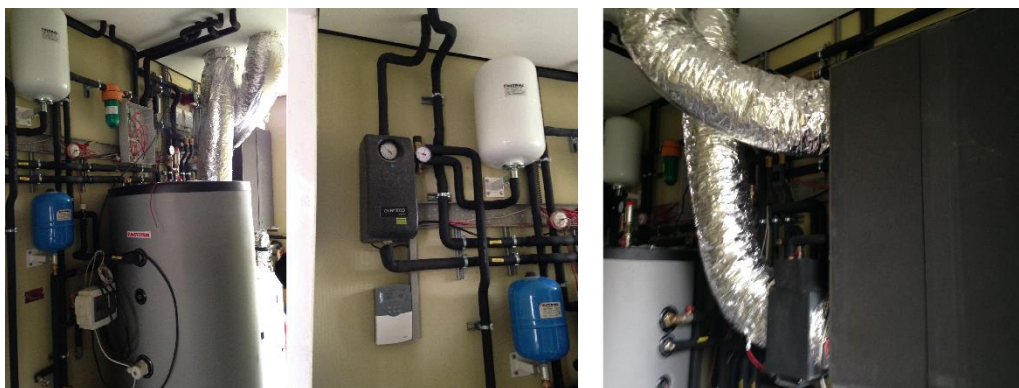


Fig.4.42. Camera tehnică cu sistemul de instalații de la casa cu consum de energie aproape zero sursa[28]

Ca și în cazul casei pasive, folosindu-ne de faptul că toate valorile geometrice și cele termotehnice sunt identice cu cele de la casa pasivă, diferind doar orientarea, a fost realizat un bilanț energetic pentru a stabili care este consumul aproximativ de energie. Astfel, în urma calculelor realizate cu ajutorul programului PHPP a rezultat că această casa cu consum de energie aproape zero are un necesar de energie pentru încălzire de 17 kWh/m²an (figura 6.27). Această diferență dintre cele două tipuri de clădiri se datorează doar orientării diferite. Calculul s-a realizat ca și în cazul casei pasive folosindu-ne de faptul că punțile termice nu au nici un efect asupra rezistențelor la transfer termic. Dacă diferența necesarului de căldură, datorată orientării clădirii dintre cele două case este de peste 30% pe baza rezultatelor cu PHPP, conform metodologiei românești, diferența este de maxim 5%, de unde putem trage concluzia că bazându-ne pe rezultatele din PHPP, pentru o casă pasivă, orientarea are un aport semnificativ asupra consumului de energie, de unde se poate explica și diferențele între rezultatele obținute pe baza normativului românesc și cele obținute cu programul PHPP.

Diferențele necesarului de energie pentru încălzire (figura 4.43) între programele de calcul după metodologia românească, calcul manual și programul PHPP sunt destul de mici față de diferențele din cazul casei pasive.

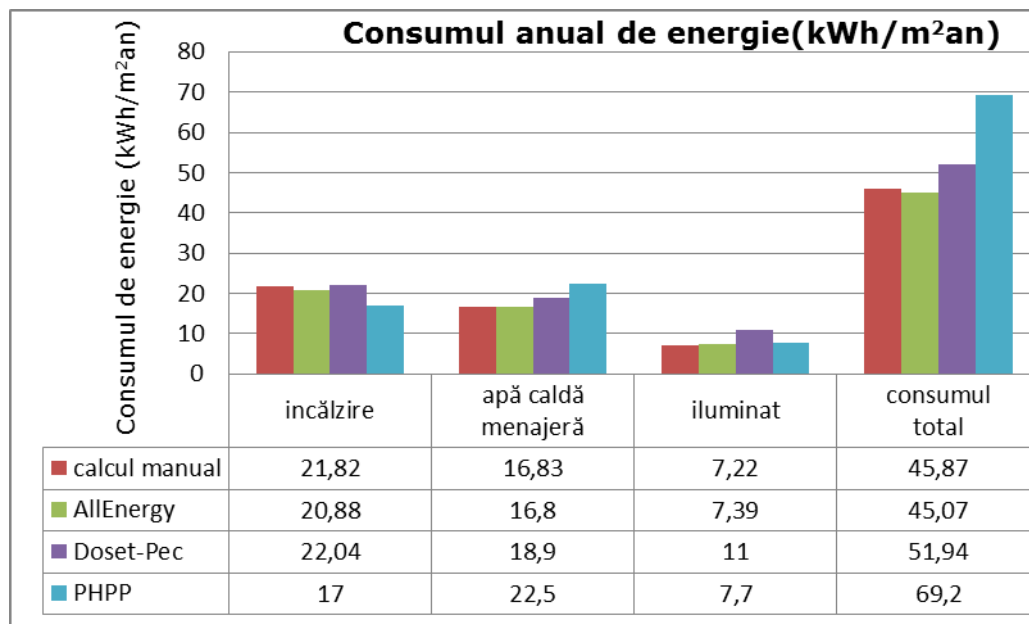


Fig.4.43. Consumul de energie pentru casa cu consum de energie aproape zero

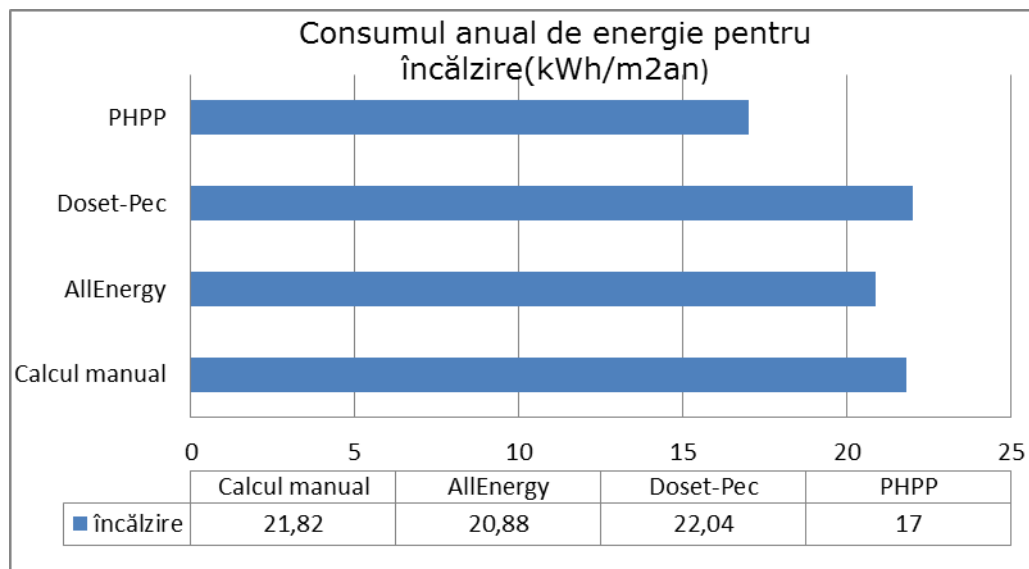


Fig.4.44. Consumul de energie pentru încălzire la casa cu consum de energie aproape zero

Prin definiție, casa cu consum de energie aproape zero se referă faptul că o parte foarte mare din necesarul de energie este acoperit din energie produse din surse regenerabile. Pentru a nu fi nevoie de o cantitate foarte mare energie regenerabilă produsă, s-a recurs la adaptarea casei pasive astfel încât să ajungă la standardul de casă cu consum de energie aproape zero sau chiar zero întrucât necesarul de căldură pentru acest tip de case este foarte redus. Pentru acesta, pe baza consumului de energie electrică monitorizat la casă pasivă s-a stabilit că pentru a putea acoperi necesarul de energie la această parte a duplexului este nevoie de aproximativ 6500 kWh anual. O modalitate accesibilă ținând cont de necesarul mic de energie este utilizarea panourilor solare fotovoltaice. Această soluție este cea mai potrivită din punct de vedere al spațiului de montare, deoarece se poate acoperi necesarul de energie doar folosind acoperișul casei ca și suport pentru panouri. Pe acoperiș a fost un spațiu disponibil de 13,00x6,00 m ceea ce permis montarea a 22 de panouri solare fotovoltaice cu o putere instalată de 240 W/panou. [45]



Fig.4.45. Panourile solare fotovoltaice instalate pe acoperiș sursa[28]

Aceste panouri solare fotovoltaice au capacitatea de a produce energie de aproximativ 6900 kWh/an în condiții meteorologice favorabile, ceea ce înseamnă că energia produsă acoperă necesarul stabilit inițial, motiv pentru care a fost montat și un contor bidimensional pentru a putea furniza surplusul în rețeaua națională de energie electrică.

Pentru a putea stabili în ce măsură această metodă de adaptare a unei case pasive reprezintă o soluție viabilă și eficientă precum și pentru a stabili dacă acest concept de casă cu consum de energie aproape zero reprezintă un progres al conceptului de casă pasivă, datele teoretice și datele pe care le-am estimat pentru

producția și consumul de energie trebuie validate printr-o contorizare practică.

Așadar, printr-un program de cercetare condus de către profesorul Daniel DAN, s-a montat un sistem de monitorizare pe această casă. Sistemul se aseamăna foarte mult cu sistemul de monitorizare de la casa pasivă, procesul de monitorizare putând fi urmărit în permanență ca și la casa pasivă la adresa <http://www.sdac.ro/site/archives/1199>. Există mici modificări, și anume, la casa cu consum aproape zero de energie trebuie monitorizată și energia produsă de panourile solare fotovoltaice, deci apar mai mulți senzori. Schema sistemului de monitorizare precum și poziționarea senzorilor așa cum se poate vedea și la adresa mai sus menționată, este prezentată în figura 4.46.

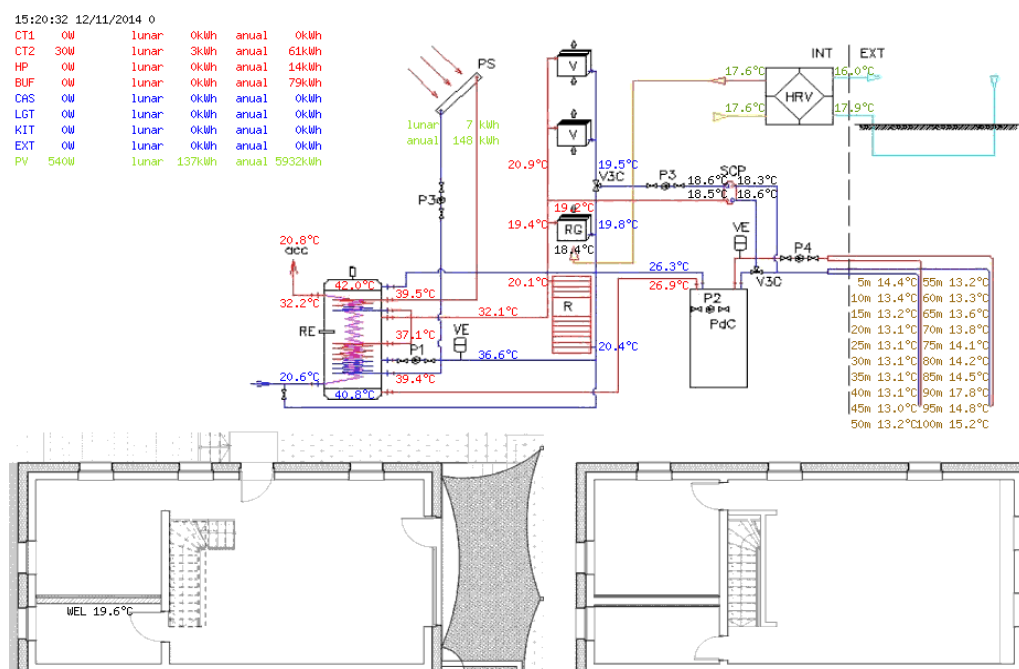


Fig.4.46. Schema sistemului de monitorizare la casa cu consum de energie aproape zero sursa [28] [47]

Deși sistemul de monitorizare este instalat de peste un an, casa încă nu este locuită, motiv pentru care nu s-au înregistrat consumuri de energie pentru o perioadă mai lungă de timp, ci doar consumuri de energie datorată lucrărilor de finisaje și de instalații din interiorul clădirii și deci, nu se poate realiza încă o centralizare a rezultatelor pentru a se prezenta comparativ cu datele teoretice.

Singurele date care au fost monitorizate pe o perioadă de un an (anul 2014) este energia produsă de panourile solare fotovoltaice de aproximativ 6179,93kWh [29], ceea ce înseamnă că nu s-a atins țelul stabilit în proporție de 100%, dar foarte aproape.

Așa cum se prezintă casa cu consum de energie aproape zero analizată, ea respectă întocmai principiul de proiectare a unei case pasive bazat pe 5 etape. Astfel că pentru această casă, piramida Kyoto este completă.

5. REABILITAREA TERMICĂ A CLĂDIRILOR EXISTENTE. SOLUȚII DE REDUCERE A CONSUMURILOR DE ENERGIE DIN SURSE CONVENȚIONALE

5.1. Generalități privind reabilitarea termică a clădirilor existente

Cea de-a doua soluție de reducere a consumului de energie pentru domeniul construcțiilor o reprezintă reabilitarea termică a construcțiilor existente. Aceasta abordare este privită din două perspective, în primul rând este privită ca o soluție de reducere a costurilor pentru întreținere, iar în al doilea rând este privită ca o soluție de reducere a necesarului de energie pentru întreținere și implicit ca o rezolvare parțială și de moment a problemei diminuării surselor convenționale de energie (prin întreținere, în cazul de față ne referim la încălzire, apă caldă menajeră și climatizare). Această abordare de reducere a consumului de energie, dacă este privită din perspectiva reducerii necesarului de energie pentru întreținere este absolut necesară, neputând fi luată doar ca și o opțiune.

Conform Recensământul Populației și Locuințelor din 2011, în România, 20.121.614 de persoane locuiesc în aproximativ 8.500.000 locuințe, respectiv 5.100.000 clădiri de locuit. Privind aceste date ale recensământului putem trage o primă concluzie, și anume, în România, în prezent, există aproximativ 5 milioane de clădiri care necesită o revizuire privind consumul de energie pentru întreținere. Majoritatea dintre acestea necesită, deasemenea, și o reabilitare termică datorită faptului că, deși considerând că toate aceste clădiri au fost proiectate și construite respectând cerințele Normativelor și a Metodologiei privind performanțele energetice ale clădirilor în vigoare la data construirii, pe de-o parte, aceste normative au fost schimbate, dacă vorbim de o perioadă de construire de până în 1989 sau îmbunătățite, dacă vorbim de perioada de după 1989 sau chiar 2011, iar pe de altă parte materialele termoizolante și nu numai, și-au pierdut proprietățile. Plecând de la datele recensământului din 2011 și folosind un consum mediu de energie de 200 kWh/m²an pentru încălzire și un consum total de energie de 280 kWh/m²an, se poate estima că pentru încălzirea tuturor locuințelor din România este necesar aproximativ 76,50 TWh/an de energie, ceea ce înseamnă un consum mediu, respectiv, o putere instalată de 8733 MW. Energia totală din toate spațiile de locuit din România este de 107 TWh/an, ceea ce înseamnă un consum de 12226 MW.

Trebuie precizat faptul că aceste consumuri sunt estimative, bazate pe o medie de consum de energie de 200 kWh/m²an pentru încălzire, un consum total de 280 kWh/m²an pentru un spațiu de locuit și un număr total de 5.100.000 clădiri conform Recensământului din 2011. Dacă toate aceste clădiri ar fi reabilite termic și ar respecta cerințele minime prevăzute în prezent de "Normativul privind performanțele energetice ale clădirilor", consumul de energie pentru încălzire pentru întreg teritoriul României s-ar reduce la aproximativ 4300 MW iar consumul total de energie al tuturor spațiilor de locuit ar fi de maxim 7200 MW.

Consumurile de energie electrică precum și producția de energie electrică din diferite surse pentru întreg teritoriul României este monitorizat în permanență de către "Sistemul Energetic Românesc" și poate fi consultat pe site-ul

<http://version1.sistemulenergetic.ro/>. În figura 5.1 este ilustrat modul în care cei de la Sistemul Energetic monitorizează consumul de energie electrică și producția de energie funcție de diferite tehnologii și surse de producere. [52]

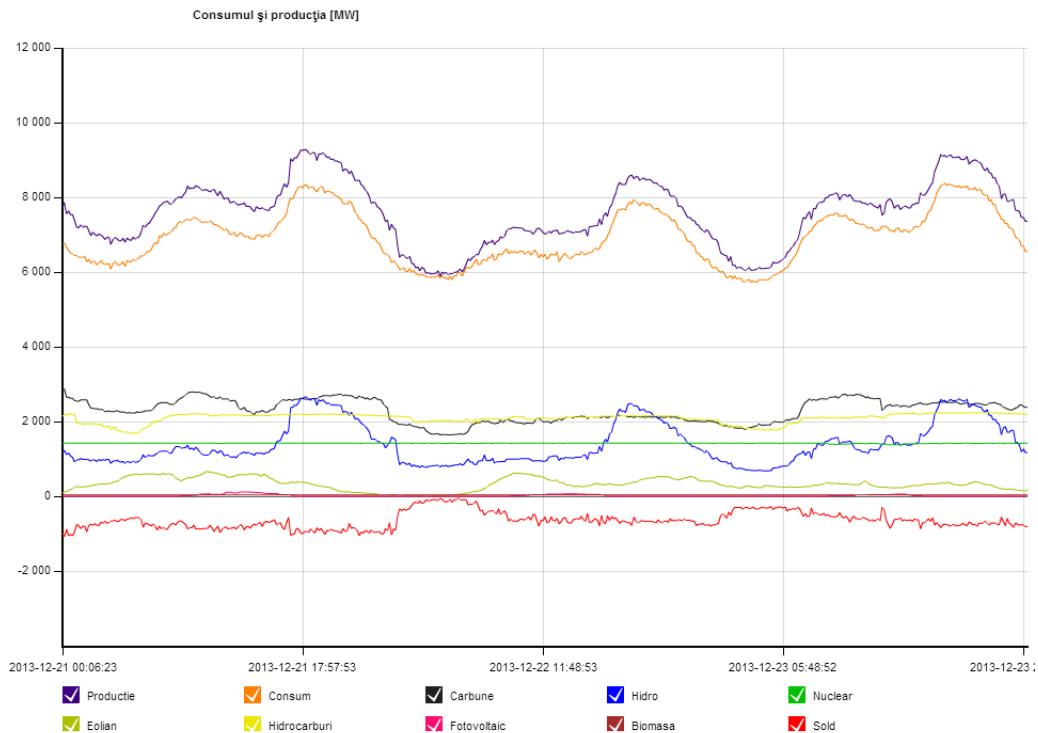


Fig.5.1. Grafic privind situația consumului și a producției de energie electrică pe teritoriul României. Grafic preluat de pe site-ul <http://version1.sistemulenergetic.ro/>. Sursa [52]

Conform datelor preluate din graficele și tabele publice puse la dispoziție de cei de la Sistemul Energetic pe site-ul <http://version1.sistemulenergetic.ro/>, consumul mediu de energie electrică pentru intervalul ianuarie-noiembrie 2014, a fost de 6289 MW, iar producția medie de energie electrică pentru aceeași perioadă a fost de 7132 MW. Consumurile de energie electrică reprezintă consumurile totale din România, din care consumurile totale de energie pentru clădirile de locuit reprezintă aproximativ 25%, adică 1600 MW.

În figura 5.2 este prezentată o comparație între energie electrică produsă în România la ora actuală și energia totală consumată în cazul clădirilor de locuit pentru întreg teritoriul României. Din aceste date și din estimările de energie consumată, realizate pentru clădirile de locuit se constată că, la nivelul României, consumul total de energie pentru clădirile de locuit este cu mult mai mare decât energia electrică produsă în intervalul ianuarie-noiembrie 2014, 1600 MW fiind acoperiți din energia electrică iar restul de 10626 sunt acoperiți din alte tipuri sau surse de energie. [68] [69]

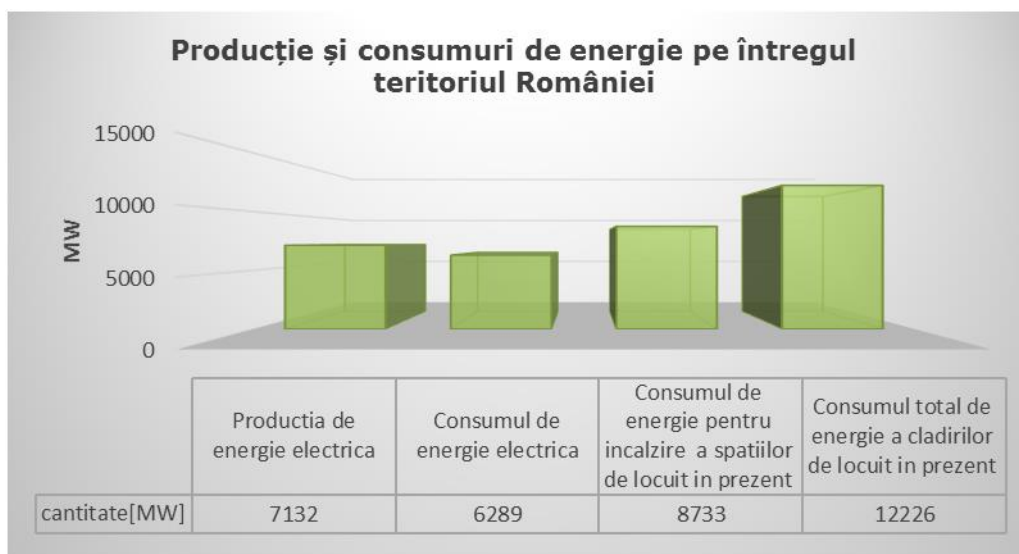


Fig.5.2. Grafic privind situația consumului și producției de energie electrică precum și consumurile de energie a clădirilor de locuit pe teritoriul României.

Tot din aceste date și din ipoteza în care toate aceste clădiri sunt reabilite termic, ajungându-se la un consum de energie pentru încălzire pentru întreg teritoriul României la aproximativ 4300 MW și un consum total de energie al tuturor spațiilor de locuit de maxim 7200 MW, s-ar putea acoperi întreg consumul de energie al tuturor clădirilor de locuit din România, sau cel puțin consumul de energie pentru încălzirea spațiilor, doar din energia electrică produsă în România.

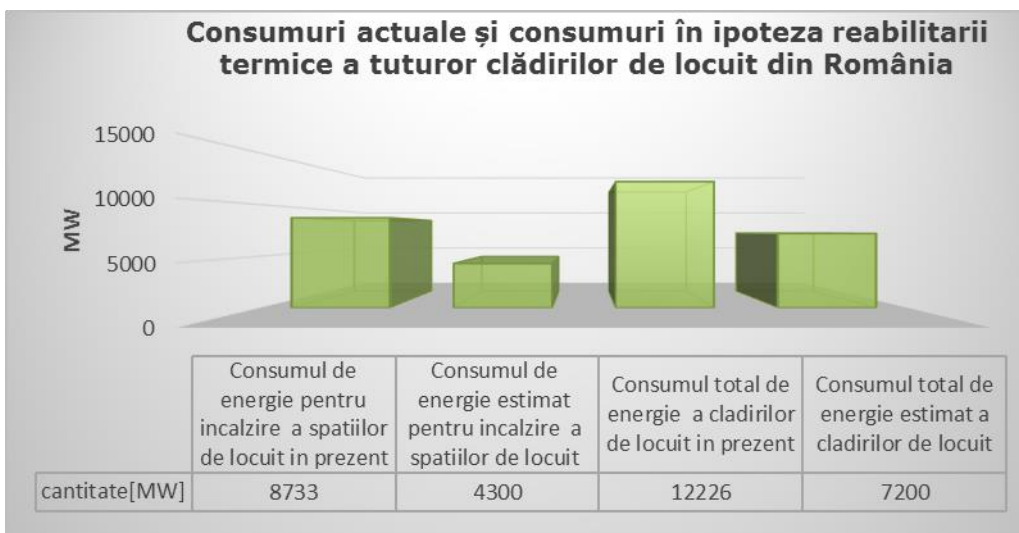


Fig.5.3. Consumurile actuale și consumurile în ipoteza reabilitării termice a clădirilor de locuit pentru întreg teritoriul României.

În ipoteza în care toate clădirile de locuit sunt reabilite termic respectând cerințele minime prevăzute de normativul C107- *NORMATIV PRIVIND CALCULUL TERMOTEHNIC AL ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE ALE CLĂDIRILOR*, consumurile de energie pentru încălzire precum și consumurile totale de energie pentru clădirile de locuit în România, se reduc cu aproximativ 50% față de consumurile înregistrate la ora actuală, așa cum este prezentat și în figura 5.3.

Reabilitarea termică a clădirilor existente presupune îmbunătățirea rezistențelor termice a tuturor elementelor de anvelopă și schimbarea instalațiilor existente sau curățarea și îmbunătățirea acestora. Prin respectarea cerințelor minime prevăzute în normativul C107 - *NORMATIV PRIVIND CALCULUL TERMOTEHNIC AL ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE ALE CLĂDIRILOR*, în cazul de față se înțelege termoizolarea elementelor de anvelopă în vederea respectării rezistențelor termice minime corectate (valori prezentate în capitolul 2 tabelul) și îmbunătățirea sistemului de instalații.

Aceasta reabilitare, care are ca efect reducerea consumului total de energie cu 50%, oferă posibilitatea ca întreaga energie necesară pentru clădirile de locuit să fie energie electrică mai ales că în conformitate cu datelor furnizate de Comisia Europeană și prezentate pe <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home>, începând din anul 2009 există o astfel de tendință de reduce a energiei provenită din combustibili fosili, date prezentate și figura 5.4. [53]

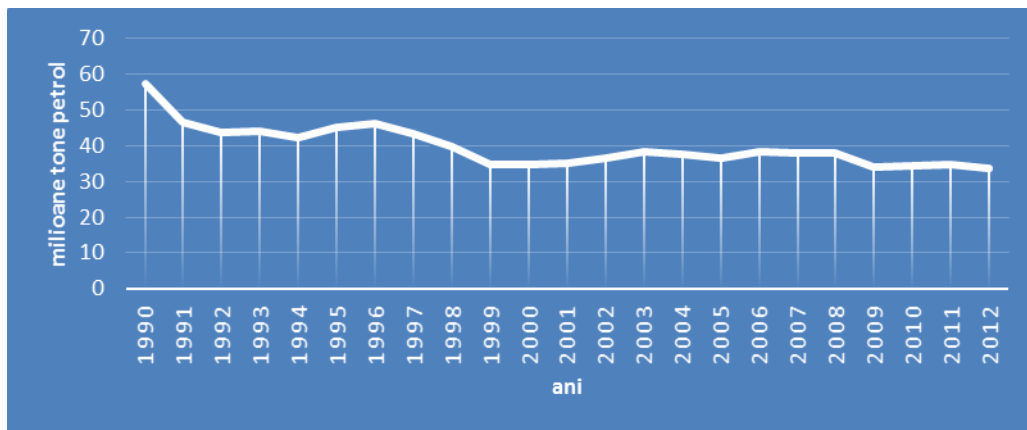


Fig.5.4. Grafic privind situația consumului de energie provenită din combustibili fosili în România.

În aceste condiții, România este capabilă să acopere necesarul de energie pentru clădirile de locuit cu energie electrică produsă în România, fără să mai depindă de alte state, prin îmbunătățirea sistemului energetic și prin eficientizarea sistemelor de producere a energiei electrice. În figura 5.5 este prezentată situația producției și consumului de energie electrică raportată la estimarea consumului de energie a clădirilor de locuit în ipoteza reabilitării termice

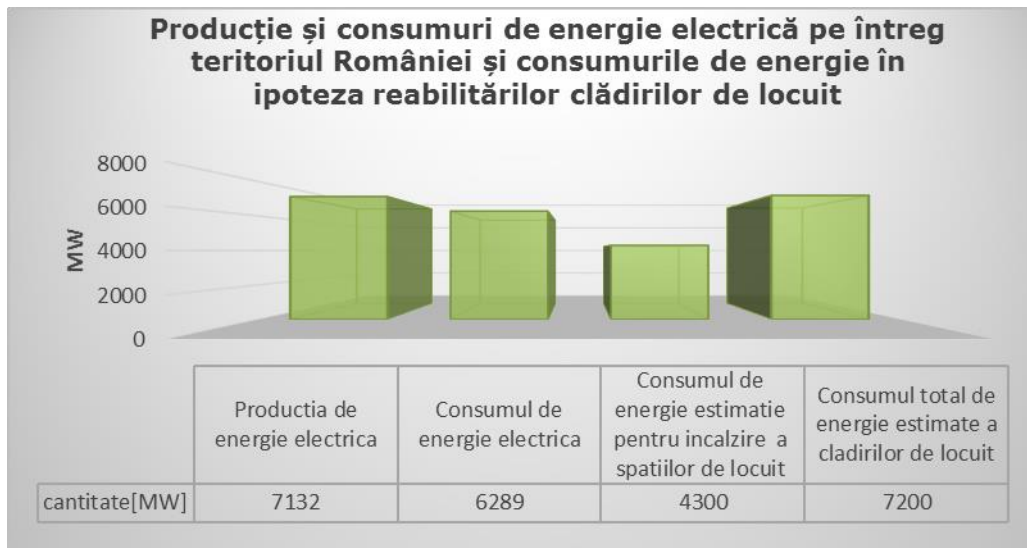


Fig.5.5. Grafic privind situația consumului și producției de energie electrică și consumurile de energie în ipoteza reabilitării termice a clădirilor de locuit.

5.2. Clasificarea clădirilor existente din punct de vedere al posibilității de reabilitare termică

În vederea reabilitării termice a clădirilor existente trebuie să existe o clasificare a acestora pentru a se putea stabili tipurile de intervenții necesare. Clasificarea trebuie să scoată în evidență tipul elementelor de anvelopă precum și rezistența termică a acestora, astfel criteriile de clasificare pot fi următoarele:

- Clasificare funcție de anul în care clădirea a fost construită;
- Clasificare funcție de categoria clădirii;
- Clasificare funcție de structura verticală de rezistență;
- Clasificare funcție de tipul acoperișului;
- Clasificare funcție de materialele elementelor de anvelopă.

Clasificarea clădirilor de locuit funcție de anul în care au fost contruite.

Această abordare este necesară în vederea stabilirii structurii de rezistență, a modului în care au fost termoizolate elementele de anvelopă și a vechimii pe care o au materialele. Funcție de acest criteriu, clădirile de locuit se pot clasifica astfel:

- clădiri construite înainte de anul 1920;
- clădiri construite în perioada 1920-1960;
- clădiri construite în perioada 1960-1989;
- clădiri construite în perioada 1989-2003;
- clădiri construite în perioada 2003-2010.

Clasificarea clădirilor de locuit funcție de categoria clădirii.

Funcție de categoria clădirii, normativul C107 face o clasificare în vederea stabilirii numărului de schimburi de aer pe oră. Aceasta clasificare are ca scop, pe lângă cel prevăzut de normativul C107, stabilirea consumului de energie pentru clădire raportat la numărul persoanelor care locuiesc în acea clădire. Clasificarea se poate face în modul următor:

- clădiri individuale - care pot fi case individuale, înșiruite sau cuplate;

-cladiri colective, care pot fi clădiri cu mai multe apartamente, cămine, internate.

Clasificarea clădirilor de locuit funcție de structura verticală de rezistență.

- clădiri cu structură în cadre din beton armat
- clădiri cu schelet metalic
- clădiri cu structură în cadre din lemn
- cladiri cu pereți structurali din beton armat
- clădiri cu pereți structurali din zidărie
- clădiri cu pereți structurali din zidărie confinată cu centuri și stâlpișori din beton armat.

Clasificarea clădirilor de locuit funcție de tipul acoperișului.

- clădiri cu acoperiș tip terasa circulabilă sau necirculabilă;
- clădiri cu acoperiș tip șarpantă;
- clădiri cu acoperiș tip mansardă.

Clasificarea clădirilor de locuit funcție de materialele elementelor de envelopă.

- clădiri cu închideri din zidarie;
- clădiri cu închideri din lemn;
- clădiri cu închideri din panouri de beton;
- clădiri cu închideri din panouri metalice.

Trebuie precizat faptul că aceste clasificări prezentate mai sus nu cuprind toate tipurile de clădiri de locuit, ci au rolul de a oferi informații preliminare atunci când se pune problema reabilitării termice a unei clădiri, ajutând la modul de abordare a posibilității de reabilitare termică.

5.3. Reabilitarea termică a clădirilor colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat

5.3.1. Generalități privind clădirile colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat

Potrivit Recensământului Populației și Locuințelor din 2011, din totalul populație României de 20,121,641 de locuitori, 54% locuiesc în mediul urban. România are o suprafață de 237,500 km² din care zonele urbane reprezintă aproximativ 10%, concluzia fiind că densitatea populației este de 153 persoane/km² în zona urbană, iar densitatea populației din România este de 92 de persoane/km².

În mediul urban, mai mult de 60% din locuitori trăiesc în clădiri colective. Majoritatea clădirilor colective sunt clădiri cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat care au fost construite între 1962 și 1992. Se estimează că România are aproximativ 57000 clădiri colective cu structură de rezistență din panourilor mari prefabricate din beton armat. [54]

Conform acestor date, am considerat că pentru a putea prezenta modalitățile și tehnologiile de reabilitare termică, cel mai potrivit ar fi să iau în

considerare clădirile colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat, clădiri care se regăsesc în toate orașele importante din România și mai ales în Timișoara.

Am ales orașul Timișoara pentru studiul reabilitării termice a clădirilor colective datorită numărului mare de astfel de clădiri și datorită faptului că am avut acces la informațiile necesare cu privire la aceste clădiri.

Timișoara este unul dintre cele mai importante orașe din partea de vest a țării, fiind al treilea oraș ca mărime și ca dezvoltare economică din România. Recensământul Populației și Locuințelor din 2011 prevede că orașul Timișoara are aproximativ 127841 locuințe private. Aceste locuințe sunt, în general, case și apartamente în diferite tipuri de clădiri colective de locuit. Clădirile colective din Timișoara reprezintă aproximativ 60% din numărul total de locuințe. Chiar dacă Timișoara este considerat un oraș modern, majoritatea clădirilor datează din 1962. Aceste clădiri sunt în proporție de 90% clădiri cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat. Acestea au fost construite în perioada comunistă, mai precis între 1962 și 1992. În acea perioadă, se dorea construirea unui număr cât mai mare de locuințe într-un timp cât mai scurt. În acest scop, s-a optat pentru utilizarea elementelor prefabricate. Prin urmare, toate clădirile colective construite în timpul 1965-1992 sunt clădiri cu structură de rezistență din panourilor mari prefabricate din beton armat.

Conform planurilor de situație din anii 1972, 1975, 1978, 1981 și 1985, în Timișoara s-au construit aproximativ 3640 de clădiri cu structura verticală cu panouri prefabricate din beton armat din care în jur de 3500 de clădiri cu structura verticală cu panouri prefabricate din beton armat cu 5 niveluri. Numărul clădirilor a fost stabilit cu ajutorul planurilor de situație și a fost verificat prin numărarea clădirilor la fiecare stradă. Verificarea prin numărare a fost făcută doar pentru aproximativ 80% din numărul total de străzi, numărul de 3500 de astfel de clădiri fiind un număr estimat, iar eroarea poate fi undeva între 15-25 clădiri.

Clădirile au fost construite folosind proiecte tip, care au fost dezvoltate de IPCT (Institutul de proiectare, cercetare și tehnica de calcul în construcții) și utilizate în toate orașele din România, fiind adaptate pentru diferite condiții impuse de către fiecare oraș.

În Timișoara, proiectul tip, IPCT a fost modificat și adaptat de către IPROTIM (Institutul de proiectare Timiș).

Planurile de situație după care a fost stabilit stocul de clădiri cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat în Timișoara a fost au fost realizate de IPROTIM. Aceste planuri au fost găsite în arhiva IPROTIM. Datorită timpului și a condițiilor precare în care au fost ținute, unele date cu privire la informațiile legate de amplasament și de tipul structurii nu s-au putut desluși, îngreunând astfel identificarea tuturor clădirilor. În figura 5.6, este prezentat un exemplu de astfel de planuri găsite în arhivă IPROTIM. [57] [58]



Fig.5.6. Planul de situație cu clădirile de locuit din Timișoara

5.3.2. Clădirile colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat construite în Timișoara

Conform planurilor de situație găsite în arhivă IPROTIM, în Timișoara au fost adoptate trei tipuri de proiecte tip: T744-IPCT, T770-IPCT și T1340-IPCT.

Primul proiect tip care a fost identificat în Timișoara este proiectul T744-IPCT, utilizat între anii 1962 și 1977. Proiectul T744-IPCT a fost realizat luând în considerare doar sarcinile verticale, din acest motiv panourile prefabricate au fost relativ prea mari și procentul de armare prea mic. [55] [56]

Al doilea proiect tip, T770-IPCT, a apărut ca un răspuns la cutremurul din 1977. Astfel, configurația structurii a fost modificată, iar dimensiunile panourilor prefabricate au fost reduse. A fost pentru prima dată când panourile și clădirile, în general, au fost clasificate în funcție de risc seismic. [55] [56]

Al treilea proiect tip, T1340-IPCT, este considerat a fi o combinație între T744-IPCT și T770-IPCT. Configurația panourilor prefabricate a fost similară cu a panourilor prefabricate ale proiectului T744 IPCT dar cu o grosime mai mare. Acest proiect a fost ultima încercare a clădirilor cu structură de rezistență din panourilor mari prefabricate din beton armat în Timișoara. [55] [56]

În plus, față de aceste trei proiecte tip adoptate de IPROTIM și utilizate în Timișoara, au existat o serie de alte proiecte, numite proiecte tip speciale. Proiectul special cel mai utilizat a fost proiectul T863-IPCT. Singura diferență dintre acest proiect și celelalte trei descrise mai sus, este tipologia secțiunii. Proiectul T863-IPCT este cunoscut ca și o clădire cu structură de rezistență din panourilor mari prefabricate din beton armat cu apartamente și camere foarte mari. Au fost folosite panouri de mari dimensiuni, cele mai multe dintre ele cu o lungime de 4,40 m în timp ce pentru celelalte trei proiecte, cele mai mari panouri au avut o lungime doar de 4,00 m, cu excepția T770 IPCT din 1977 pentru care panourile interioare au avut o lungime de 5,10 m. [55] [56]

Toate proiectele tip sunt împărțite în diferite tipologii cu diferite secțiuni, funcție de cererile pentru fiecare domeniu. Prin urmare, un proiect tip, are zece sau mai multe tipologii diferite. Tipologiile sunt numite "Pb" sau "Db".

Așa cum a fost menționat mai sus, în Timișoara au fost trei tipuri de proiecte tip prevalente, dar în funcție de tipologie, în Timișoara sunt mai mult de 50 de secțiuni diferite, 15-20 tipologii pentru fiecare proiect tip.

În vederea stabilirii necesității de reabilitare termică și a soluțiilor de intervenție asupra elementelor de anvelopă ale clădirilor trebuie realizat auditul energetic, respectiv, bilanțul energetic al clădirii. Pentru evaluarea bilanțului energetic primul pas este evaluarea caracteristicilor geometrice: dimensiunile anvelopei, suprafața spațiului încălzit și caracteristicile termotehnice ale anvelopei. Bilanțul energetic trebuie realizat în conformitate cu prevederile normativului C107 și a Metodologiei Mc001, care presupun că suprafețele elementelor anvelopei trebuie calculate ținând cont de dimensiunile interioare ale acestora.

Cele mai reprezentative tipologii funcție de proiectul tip sunt:

- **Pentru proiectul tip, T744-IPCT, tipologia DB1.** [60] Această tipologie a fost frecvent utilizată pentru T744-IPCT. Deși a fost concepută în 1962, aceasta a fost schimbată de mai multe ori și folosită până în 1980. Este tipologia de bază a proiectului tip T744-IPCT, fiind considerată "scheletul" acestui proiect. Acest tip de construcție prefabricată este o structură cu 5 etaje și un subsol tehnic neîncălzit. Acoperișul este de tip terasă necirculabilă. Clădirea are 4 apartamente pe fiecare etaj, 3 apartamente cu 2 camere și 1 apartament cu 3 camere, cu excepția parterului, care prezintă 4 apartamente cu 2 camere. În figura 5.7 este reprezentată secțiunea standard a acestei tipologii.



Fig.5.7. Proiectul tip T744-IPCT Db1. De la stânga la dreapta, plan etaj, plan parter și secțiune verticală.

Elementele de anvelopă sunt concepute astfel:

- Pereții exteriori sunt din panouri prefabricate. Panoul este compus din trei straturi diferite. Stratul interior este stratul structural, având 110 mm grosime din beton armat, al doilea strat, stratul mijlociu al panoului este de izolație termică având 100 mm grosime din BCA, iar al treilea strat, cel exterior, este de protecție cu o grosime de 60 mm din beton armat.

- Acoperișul este de asemenea din panouri prefabricate și este compus din 5 sau mai multe straturi. Cele mai importante sunt: stratul de rezistență de 130 mm grosime din beton armat, stratul având rol de izolare termică de 100 mm grosime din BCA și stratul de pantă de 40 mm grosime din beton.

- Planșeului peste subsolul tehnic neîncălzit este compus doar din două straturi, un strat de 130 mm grosime din beton armat și un strat de 20 mm parchet.

Rezistența la transfer termic și coeficientul de transfer termic pentru fiecare element de anvelopă a proiectului tip T744-IPCT Db1 așa cum a fost conceput, sunt prezentate în tabelul 5.1.

TABEL 5.1. Caracteristicile termotehnice ale proiectului tip T744-IPCT Db1

Elementul de anvelopă	R [m ² K /W]	U [W/m ² K]
Perete exterior	0,450	2,222
Acoperișul terasă	0,620	1,612
Planșeul peste subsolul tehnic	0,297	3,367
Ferestrele și ușile exterioare	0,380	2,631

- **Pentru proiectul tip, T770-IPCT, tipologia Pb 4.** În mod normal, prima tipologie pentru T770-IPCT a fost Pb1, dar aceasta nu a fost construită în Timișoara. Acest tip de proiect a fost conceput, proiectat și adoptat după cutremurul din 1977. Tipologia cea mai reprezentativă este Pb4.

Ca și T744-IPCT Db1, acest tip de construcție prefabricată este o structură cu 5 etaje și un subsol tehnic neîncălzit. Acoperișul este tip terasă necirculabilă. Clădirea are 4 apartamente pe fiecare etaj, 4 apartamente cu 3 camere cu excepția parterului care are 3 apartamente, 2 apartamente cu 3 camere și un apartament cu 4 camere. În figura 5.8 este reprezentată secțiunea standard a acestei tipologii.

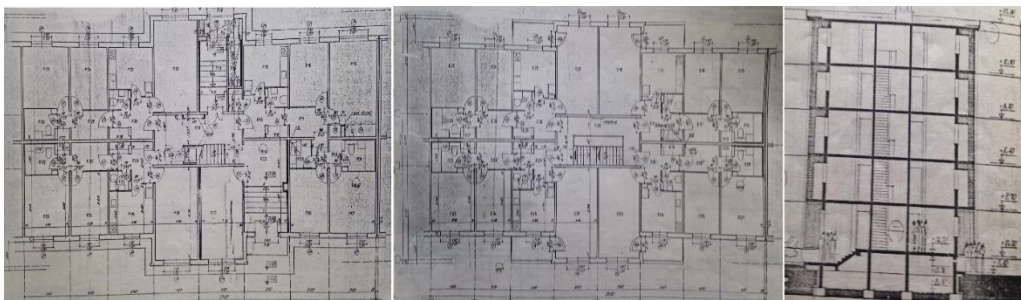


Fig.5.8. Proiectul tip T770IPCT Pb4. De la stânga la dreapta, plan parter, plan etaj și secțiune verticală.

Elementele de anvelopă sunt concepute astfel:

- Pereții exteriori sunt din panouri prefabricate. Panoul este compus din trei straturi diferite. Stratul interior este stratul structural cu grosime de 125 mm

din beton armat, al doilea strat, situat în mijloc, este stratul de izolație termică cu grosime de 85 mm din polistiren iar al treilea strat este stratul exterior de protecție cu grosime de 60 mm din beton armat.

- Acoperișul este de asemenea din panouri prefabricate și este compus din 5 sau mai multe straturi. Cele mai importante sunt: stratul de rezistență de 130 mm grosime din beton armat, stratul având rol de izolare termică de 100 mm grosime din BCA și stratul de pantă de 40 mm grosime din beton.

- Planșeului peste subsolul tehnic neîncălzit este compus doar din două straturi, un strat de 130 mm grosime din beton armat și un strat de 20 mm parchet.

Rezistența la transfer termic și coeficientul de transfer termic pentru fiecare element de anvelopă a proiectului tip T770-IPCT Pb4 așa cum a fost conceput, sunt prezentate în tabelul 5.2 [61] [63]

TABEL 5.2. Caracteristicile termotehnice ale proiectului tip T744-IPCT Db1

Elementul de anvelopă	R [m ² K /W]	U [W/m ² K]
Perete exterior	0,979	1,021
Acoperișul terasă	0,620	1,612
Planșeul peste subsolul tehnic	0,297	3,367
Ferestrele și ușile exterioare	0,380	2,631

- **Pentru T1340-IPCT, cea mai des folosită tipologie a fost proiectul tip propriu-zis.** Acest tip de proiect nu a fost folosit foarte des în Timișoara. Clădirile realizate după această tipologie sunt cunoscute ca și clădiri de colț, deoarece proiectul este o combinație între T744 și T770 folosit pentru a închide un șir de blocuri la colțul străzii. Configurația interioară (apartamente și casa scării) este identică cu cea a proiectului tip T770, dimensiunea panourilor sunt egale cu panouri dimensiune T744 iar straturile panourilor sunt aproape similare cu straturile panoului proiectului tip T770. [62]

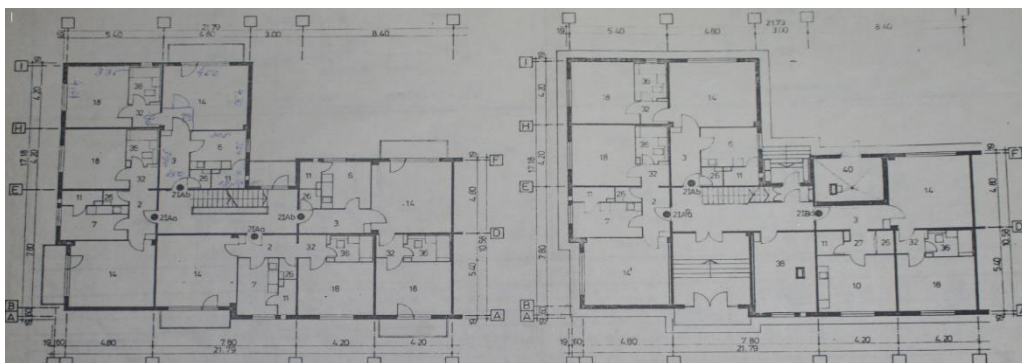


Fig.5.9. Proiectul tip T1340-IPCT. De la stanga la dreapta, plan etaj, plan parter.

Ca și celelalte tipuri de proiecte, T1340-IPCT este, de asemenea, o structură cu 5 etaje, plus un subsol tehnic neîncălzit. Acoperișul este de tip terasă necirculabilă. Clădirile realizate conform acestui tip de proiect nu au o configurație regulată în plan.

Clădirea are 4 apartamente cu 2 camere pe fiecare etaj cu excepția parterului unde sunt doar 3 apartamente cu 2 camere fiecare, o cameră folosind pe

post de birou sau uscătorie. În figura 5.9 este reprezentată secțiunea standard a acestei tipologii.

Elementele de anvelopă sunt concepute astfel:

- Pereții exteriori sunt din panouri prefabricate. Panoul este compus din trei straturi diferite. Stratul interior este stratul structural, cu grosime de 125 mm din beton armat, al doilea strat sau stratul mijlociu al panoului este stratul de izolație termică cu 80 mm grosime din vată minerală iar al treilea strat, cel exterior, este de protecție cu grosime de 60 mm din beton armat.

- Acoperișul este de asemenea din panouri prefabricate și este compus din 5 sau mai multe straturi. Cele mai importante sunt: stratul de rezistență de 130 mm grosime din beton armat, stratul având rol de izolare termică de 100 mm grosime din BCA și stratul de pantă de 40 mm grosime din beton.

- Planșeului peste subsolul tehnic neîncălzit este compus doar din două straturi, un strat de 130 mm grosime din beton armat și un strat de 20 mm parchet.

Rezistența la transfer termic și coeficientul de transfer termic pentru fiecare element de anvelopă a proiectului tip T1340-IPCT așa cum a fost conceput este prezentat în tabelul 5.3 [62]

TABEL 5.3. Caracteristicile termotehnice ale proiectului tip T1340-IPCT

Elementul de anvelopă	R [m ² K /W]	U [W/m ² K]
Perete exterior	1,140	0,877
Acoperișul terasă	0,620	1,612
Planșeul peste subsolul tehnic	0,297	3,367
Ferestrele și ușile exterioare	0,380	2,631

5.3.3. Bilanțul energetic al clădirilor colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat - Studiul teoretic bazat pe proiectele tip folosite în Timișoara

În vederea stabilirii soluțiilor de reabilitare termică trebuie realizat un bilanț energetic. Bilanțul energetic presupune determinarea necesarului de energie ținând cont de sistemele de instalații utilizate și de anvelopa clădirii. [64] [65] [66]

Primul pas în stabilirea bilanțului energetic al clădirilor colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat din Timișoara este acela de a stabili bilanțul energetic pentru clădirile construite folosind proiectele tip, în ipoteza respectării detaliilor, stratificațiilor, materialelor și a tehnologiei de montaj prevăzute în proiectul tip. În această idee a fost realizat bilanțul energetic a 3 clădiri ipotetice, una conformă cu proiectul tip T744-IPCT Db1, una conformă cu proiectul tip T770-IPCT Pb4 și una conformă cu proiectul tip T1340-IPCT.

Ipotezele de calcul pentru stabilirea bilanțului energetic sunt:

- casa scării este încălzită;
- fațadele principale ale clădirilor sunt orientate înspre vest;
- rezistențele termice ale elementelor de anvelopă sunt rezistențele termice corectate care depind de coeficientul de reducere funcție de punțile termice și de coeficientul de majorare a conductivității termice funcție de vechime;
- indicele de locuire este de 0,077 sau echivalentul a 2 persoane/apartament;

- temperatura interioară de calcul este 20°C;
 - temperatura exterioară pentru perioada de încălzire este -15°C conform zonei climatice II.

Pentru realizarea bilanțului energetic a fost folosit programul de calcul energetic Doset-PEC. Suprafețele elementelor de anvelopă precum și celelalte caracteristici geometrice ale clădirilor analizate folosite pentru bilanțul energetic sunt prezentate în tabelul 5.4. Rezistențele termice corectate ale tuturor elementelor de anvelopă sunt centralizate în tabelul 5.5.

TABEL 5.4. Caracteristicile geometrice ale clădirilor studiate

Nr. crt.	Dimensiunea caracteristică	Proiect tip T744,Db1	Proiect tip T770, Pb4	Proiect tip T1340	u.m.	
1	Aria planșeului peste subsolul tehnic	254,28	331,00	255,00	m ²	
2	Aria terasei	254,28	338,70	255,00	m ²	
3	Aria pereților exteriori opaci	vest	251,73	303,68	225,08	m ²
		est	274,23	339,20	224,54	m ²
		sud	62,48	137,18	135,25	m ²
		nord	62,48	137,18	174,25	m ²
4	Aria ferestrelor și ușilor exterioare	vest	110,34	129,48	80,34	m ²
		est	87,84	113,01	80,88	m ²
		sud	20,50	36,72	39,00	m ²
		nord	20,50	36,72	0	m ²
5	Aria anvelopei	1398,66	1902,87	1469,34	m ²	
6	Volumul interior încălzit	3436,98	4435,40	3279,30	m ³	
7	Aria utilă încălzită	1271,42	1685,80	1275,00	m ²	
8	Aria construită	1371,00	1978,77	1392,40	m ²	

TABEL 5.5. Rezistențele termice corectate ale elementelor de anvelopă

Nr. crt.	Elementul de anvelopă	Proiect tip T744,Db1	Proiect tip T770, Pb4	Proiect tip T1340	u.m.
1	Planșeu peste subsolul tehnic	0,250	0,250	0,250	m ² K /W
2	Terasă	0,496	0,496	0,496	m ² K /W
3	Pereți exteriori opaci	0,315	0,685	0,798	m ² K /W
4	Ferestre exterioare	0,390	0,390	0,390	m ² K /W

112 Reabilitarea termică a clădirilor existente. Soluții de reducere a consumurilor-5

Folosind valorile din tabelele prezentate mai sus ca și date de intrare în programul Doset-Pec, s-a obținut necesarul de energie pentru clădirile analizate, prezentat eșalonat pe tip de clădire și pe fiecare tip de consumator în tabelul 5.6.

TABEL 5.6. Necesarul de energie obținut în urma calcului bilanțului energetic

Nr.	Proiect tip	Încălzire [kWh/m ² an]	Apă caldă menjeră [kWh/m ² an]	Iluminat [kWh/m ² an]	Consumul total de energie [kWh/m ² an]
1	T744-IPCT, Db1	281,40	75,40	11,00	367,80
2	T770-IPCT, Pb4	232,60	66,5	11,00	310,10
3	T1340-IPCT	214,70	71,80	11,00	297,50

Se observă că diferențele între cele 3 proiecte tip apar la necesarul de energie pentru încălzire. Calculul a fost realizat pentru toate cele 3 clădiri folosind aceleași condiții climatice exterioare, aceleași temperaturi interioare, același indice de locuire, aceleași orientări geografice și aceleași randamente ale sistemului de încălzire. Ținând cont de toate acestea putem concluziona că diferențele care apar între cele 3 tipuri de clădiri se datorează conformării clădirii și rezistențelor termice ale elementelor de anvelopă. Datorită conformării clădirii, diferențele pot să fie de maxim 10%, ceea ce înseamnă că elementele de anvelopă au cel mai mare aport asupra consumului total de energie.

Așa cum a fost descris mai sus, acoperișul terasă, planșeul peste subsolul neîncălzit și ferestrele exterioare au aceleași rezistențe termice, iar singurele elemente de anvelopă diferite ca și rezistență termică sunt pereții exteriori opaci.

5.4. Metode de reducere a consumurilor de energie la clădirile colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat

Pentru orașul Timișoara, clădirile cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat sunt reprezentate de către cele 3 proiecte tip, diversificate la rândul lor funcție de perioada în care au fost realizate și funcție de zona în care sunt amplasate respectiv de posibilitatea integrării blocului în zona respectivă. [67]

În vederea stabilirii posibilelor intervenții de reabilitare termică la clădirile cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat, s-au folosit ca și clădiri pilot, clădirile realizate după proiectele tip standard, prezentate mai sus la punctul 5.3.2.

Reabilitarea termică a acestor tipuri de clădiri așa cum se prezintă ele la ora actuală se poate realiza prin:

- Termoizolarea fațadelor;
- Termoizolarea soclului;
- Termoizolarea planșeului peste subsol;
- Termoizolarea terasei;
- Schimbarea ferestrelor exterioare;
- Schimbarea sau îmbunătățirea sistemelor de instalații.

5.4.1. Metode de reabilitare termică utilizate în prezent la clădirile colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat

Până în prezent, reabilitarea termică a clădirilor cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat din Timișoara a fost realizată din două motive:

- s-a realizat mansardarea clădirilor, ceea ce presupune prin cerința de autorizare și reabilitarea termică;
- în scopul renovării fațadelor blocului, implicit reducerii consumurilor de energie pentru încălzire.

Peste 20% dintre blocurile din Timișoara au fost mansardate, motiv pentru care primăria solicită și reabilitarea termică a blocului folosind ipoteza că odată mansardat, clădirea poate fi asociată ca și o clădire nouă (mansarda fiind o clădire nouă) ceea ce implică respectarea cerințelor normativului C107 și a legilor în vigoare (legea 372/2005 și republicată în 2013).

La cerința locatarilor/proprietarilor blocurilor, la un număr foarte redus de blocuri din Timișoara (sub 5%) a fost realizată termoizolarea fațadelor.

Analizând construcțiile din Timișoara care au fost deja reabilitate termic am constat că intervențiile de reabilitare termică, atât în cazul mansardării, cât și în cazul renovării, constă în termoizolarea fațadelor și schimbarea ferestrelor exterioare. În cazul mansardării, trebuie avut în vedere că mansarda constituie în sine o măsură de protecție a terasei, schimbând acoperișul din acoperiș tip terasă în acoperiș mansardă. Termoizolarea fațadelor este realizată cu polistiren expandat cu

114 Reabilitarea termică a clădirilor existente. Soluții de reducere a consumurilor-5

o grosime de 80 mm sau 100 mm. Ferestrele existente sunt înlocuite cu ferestre cu tâmplarie din PVC și geam termoizolant.

Din datele preluate de la mai mulți producători de polistiren expandat am constatat că cel mai des folosit polistiren este cel cu densitatea aparentă de 12,03 Kg/m³ sau de 14,10 Kg/m³ și cu o conductivitate termică de 0,040 W/mK. Ferestrele schimbate sunt în general ferestre din PVC cu geam termopan cu o rezistență termică de 0,625 m²K/W.

TABEL 5.7. Rezistențele termice corectate ale pereților exteriori opaci

Nr. crt.	Proiect tip	Element netermoizolat m ² K /W	Element termoizolat cu 80 mm polistiren m ² K /W	Element termoizolat cu 100 mm polistiren m ² K /W
1	T744-IPCT, Db1	0,315	1,815	2,190
2	T770-IPCT, Pb4	0,685	2,185	2,560
3	T1340-IPCT	0,798	2,298	2,673

Termoizolarea fațadelor cu 80 mm sau 100 mm de polistiren expandat satisface cerințele prevăzute în normativul C107 cu privire la rezistența termică a pereților exteriori opaci.

Folosind ca și notații următoarele: **varianta de bază (VB)** - clădirea construită după proiectul tip în varianta nereabilitată termic; **varianta 1 (V1)** - clădirea reabilitată termic prin termoizolarea termică a pereților exteriori cu 80 mm polistiren expandat și schimbarea ferestrelor; **varianta 2 (V2)** - clădirea reabilitată termic prin termoizolarea termică a pereților exteriori cu 100 mm polistiren expandat și schimbarea ferestrelor, am realizat un bilanț energetic pentru a stabili ce efecte măsurile actuale de reabilitare termică aduc asupra consumurilor de energie pentru încălzire.

TABEL 5.8. Consumul de energie pentru încălzire în varianta nereabilitată termic și în variantele reabilite termc la ora actuală în Timișoara

Nr. crt.	Proiect tip	Varianta de bază [kWh/m ² an]	Varianta 1 [kWh/m ² an]	Varianta 2 [kWh/m ² an]
1	T744-IPCT, Db1	281,90	128,80	124,10
2	T770-IPCT, Pb4	232,60	141,70	133,80
3	T1340-IPCT	214,70	143,20	139,10

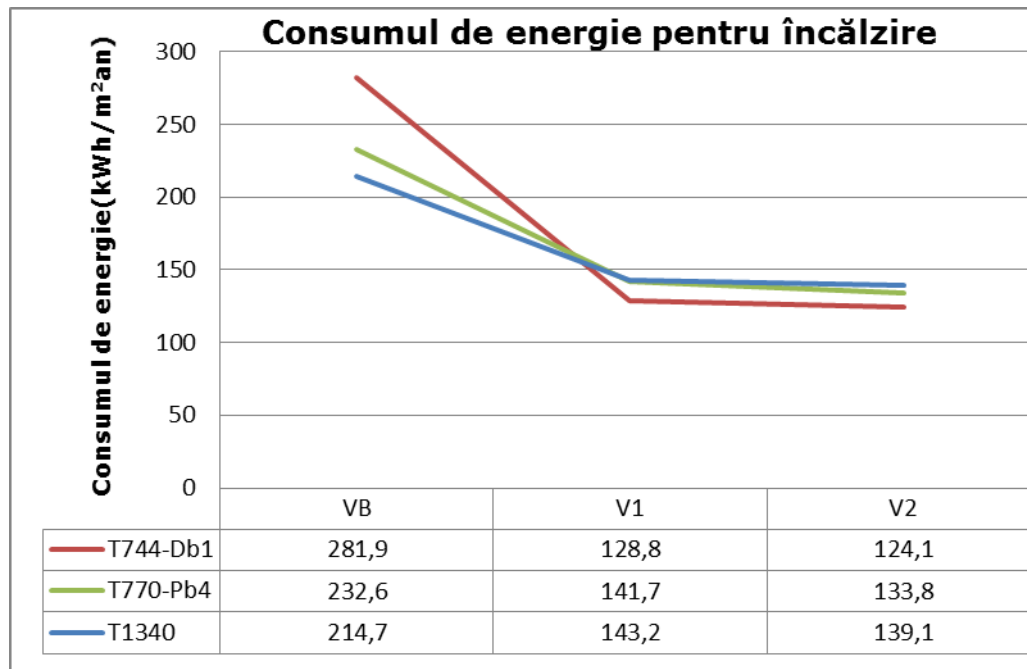


Fig.5.10. Diagrama cu prezentarea comparativă a consumurilor de energie pentru încălzire în varianta nereabilitată termic și în variantele reabilitate termic la ora actuală în Timișoara

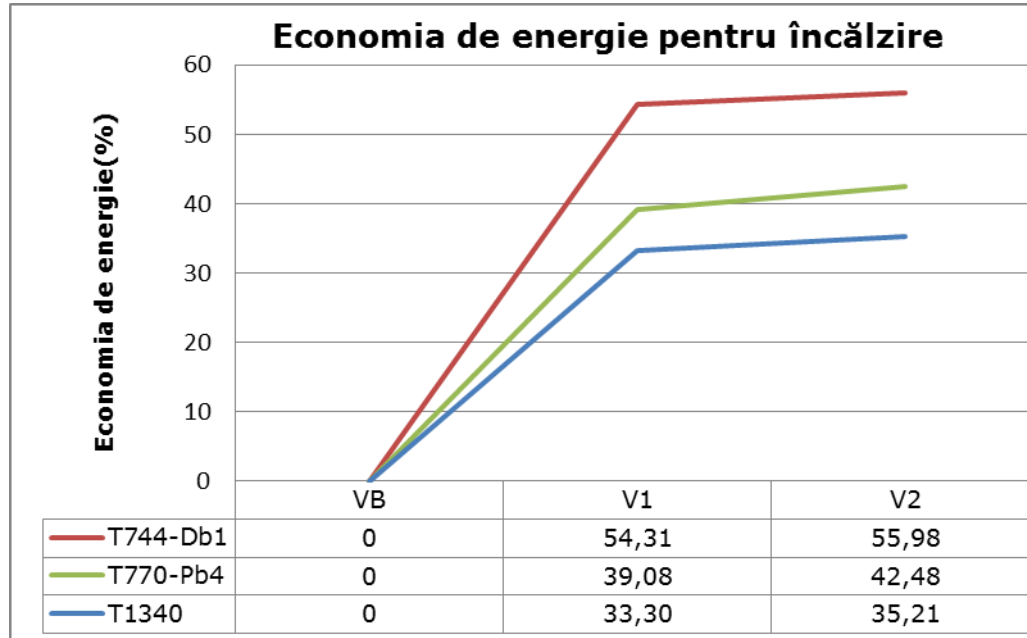


Fig.5.11. Economia de energie pentru încălzire în variantele reabilitate termic la ora actuală în Timișoara

În urma centralizării rezultatelor, care sunt prezentate în tabelul 5.9 și în figura 5.10 se constată că reabilitarea termică prin termoizolarea fațadelor și schimbarea ferestrelor existente cu ferestre având o rezistență termică de $0,625 \text{ m}^2\text{K/W}$, nu satisfac condițiile recomandate în normativul C107 în ceea ce privește necesarul anual de căldură. Aceste variante de reabilitare termică aplicate deja în Timișoara au un efect mai mare asupra consumurilor de energie pentru încălzire la blocurile construite pe baza proiectului tip T44 deoarece rezistența termică a pereților acestui tip de bloc este foarte mică în varianta nereabilitată, suprafața acoperișului este mult mai mică la acest tip de bloc decât la celelalte două tipuri și suprafața ferestrelor este mai redusă. Cel mai dezavantajat proiect tip în contextul reabilitării folosind cele două variante este proiectul T1340 întrucât aceste variante nu rezolvă problema punților termice datorate formei clădirii.

Se constată că aceste variante de reabilitare termică folosite în Timișoara până în prezent reprezintă o soluție de reducere de până la 56% a consumului de energie pentru încălzire (vezi figura 5.11), dar nu este o soluție sustenabilă ori viabilă atunci când se pune problema aplicării Directivelor Europene pentru eficiența energetică.

5.4.2. Metode posibile de reabilitare termică la clădirile colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat

Conform normativului C107 și a Metodologiei Mc001, reabilitarea termică a blocurilor se poate realiza în diferite variante funcție de tipul de structură, funcție de rezistențele termice ale fiecărui element de envelopă, funcție de vechimea clădirii și a materialelor utilizate și funcție de tipul instalațiilor și starea tehnică a acestora.

Folosind această posibilitate, am realizat următoarele soluții de reabilitare termică a celor trei tipuri de blocuri:

- **Soluția 1(S1)** - reabilitarea termică doar a planșeului peste subsol astfel încât rezistența termică corectată a acestuia să fie de $2,90 \text{ m}^2\text{K/W}$, prin care se respectă rezistența minimă corectată din condiția de economie de energie conform C107;

- **Soluția 2(S2)** - reabilitarea termică doar a terasei astfel încât rezistența termică corectată a acestuia să fie de $5,00 \text{ m}^2\text{K/W}$, prin care se respectă rezistența minimă corectată din condiția de economie de energie conform C107;

- **Soluția 3(S3)** - reabilitarea termică a planșeului peste subsol și a terasei astfel încât rezistența termică corectată a planșeului peste subsol să fie $2,90 \text{ m}^2\text{K/W}$ iar rezistența termică a terasei să fie $5,00 \text{ m}^2\text{K/W}$;

- **Soluția 4(S4)** - reabilitarea termică a pereților exteriori astfel încât rezistența termică corectată a acestora să fie de $1,80 \text{ m}^2\text{K/W}$;

- **Soluția 5(S5)** - reabilitarea termică a plăcii peste subsol, a terasei și a pereților exteriori, astfel încât rezistența termică corectată a planșeului peste subsol să fie $2,90 \text{ m}^2\text{K/W}$, rezistența termică a terasei să fie $5,00 \text{ m}^2\text{K/W}$, iar rezistența termică a pereților să fie $1,80 \text{ m}^2\text{K/W}$;

- **Soluția 6(S6)** - reabilitarea termică a tuturor elementelor de anvelopă (S5) plus înlocuirea ferestrelor existente cu ferestre cu tâmplarie din PVC și geam termoizolant cu o rezistență termică de 0,625 m²K/W;

- **Soluția 7(S7)** - reabilitarea termică a pereților exteriori cu un strat de 100 mm polistiren expandat;

- **Soluția 8(S8)** - reabilitarea termică a pereților exteriori cu un strat de 150 mm polistiren expandat și înlocuirea ferestrelor existente cu ferestre cu tâmplarie din PVC și geam termoizolant cu o rezistență termică de 0,625 m²K/W;

Aceste 8 soluții prezentate mai sus reprezintă posibilele soluții de termoizolare a clădirilor colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat. Pentru realizarea unui studiu privind efectul pe care aceste soluții îl au asupra consumurilor de energie au fost luate în considerare cele două variante folosite deja în Timișoara și clădirea construită după proiectul tip în varianta nereabilitată termic. Așa cum este prezentat și la punctul 5.4.1, **varianta de bază (VB)** este clădirea construită după proiectul tip în varianta nereabilitată termic; **varianta 1(V1)** - clădirea reabilitată termic prin termoizolarea termică a pereților exteriori cu 80 mm polistiren expandat și schimbarea ferestrelor; **varianta 2(V2)** - clădirea reabilitată termic prin termoizolarea termică a pereților exteriori cu 100 mm polistiren expandat și schimbarea ferestrelor.

TABEL 5.9. Consumul de energie pentru încălzire în varianta nereabilitată termic și diferite variante reabilite

Nr. crt.	VARIANTELE DE REABILITARE TERMICĂ	T744-IPCT,Db1 [kWh/m ² an]	T770-IPCT, Pb4 [kWh/m ² an]	T1340-IPCT [kWh/m ² an]
1	VARIANTA DE BAZĂ	281,90	232,60	214,70
2	SOLUTIA 1	278,40	229,20	211,40
3	SOLUTIA 2	248,60	194,10	178,90
4	SOLUTIA 3	244,70	190,60	173,80
5	SOLUTIA 4	147,00	158,20	168,00
6	SOLUTIA 5	111,20	115,30	127,70
7	SOLUTIA 6	91,30	95,90	103,30
8	SOLUTIA 7	139,00	141,00	147,00
9	SOLUTIA 8	111,30	116,40	120,00
10	VARIANTA 1	128,80	141,70	143,20
11	VARIANTA 2	124,10	133,80	139,10

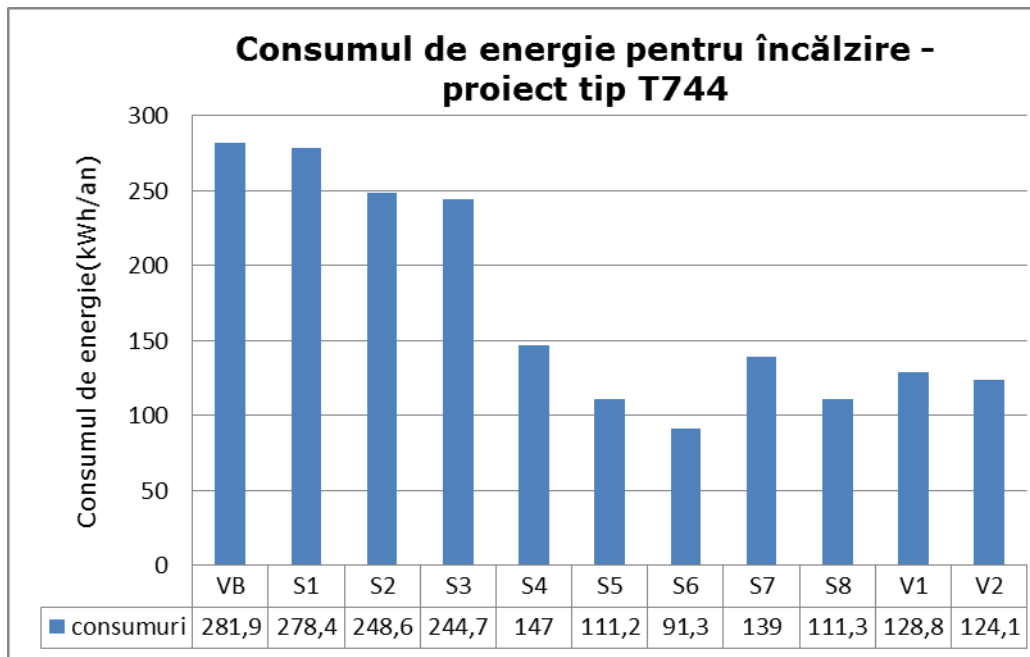


Fig.5.12. Diagrama consumurilor de energie pentru încălzire în varianta nereabilitată termic și diferite variante reabilite pentru proiectul tip T744

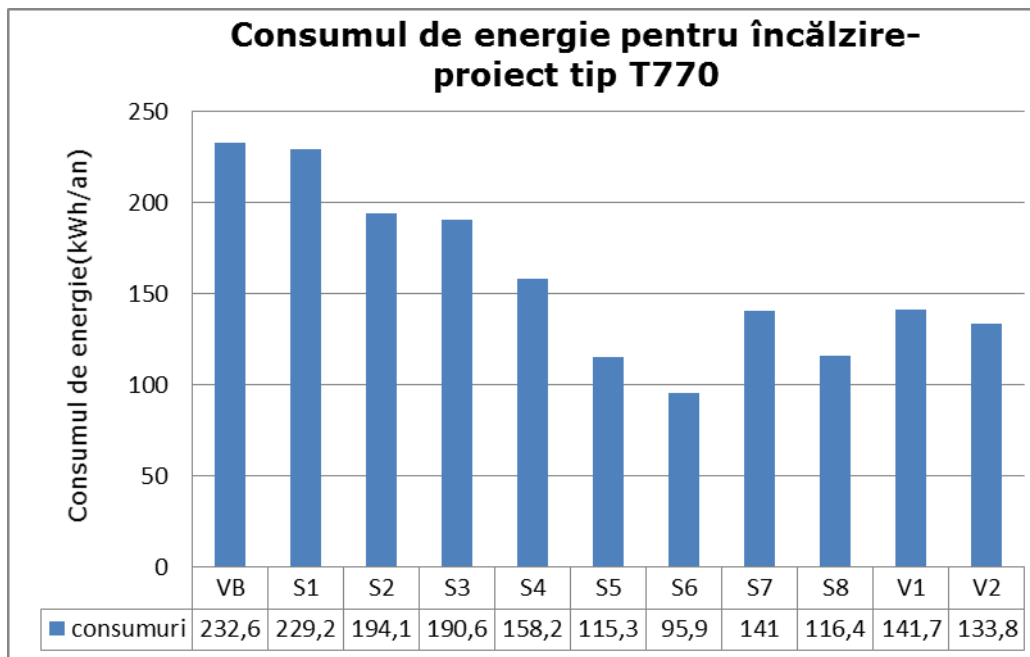


Fig.5.13. Diagrama consumurilor de energie pentru încălzire în varianta nereabilitată termic și diferite variante reabilite pentru proiectul tip T770

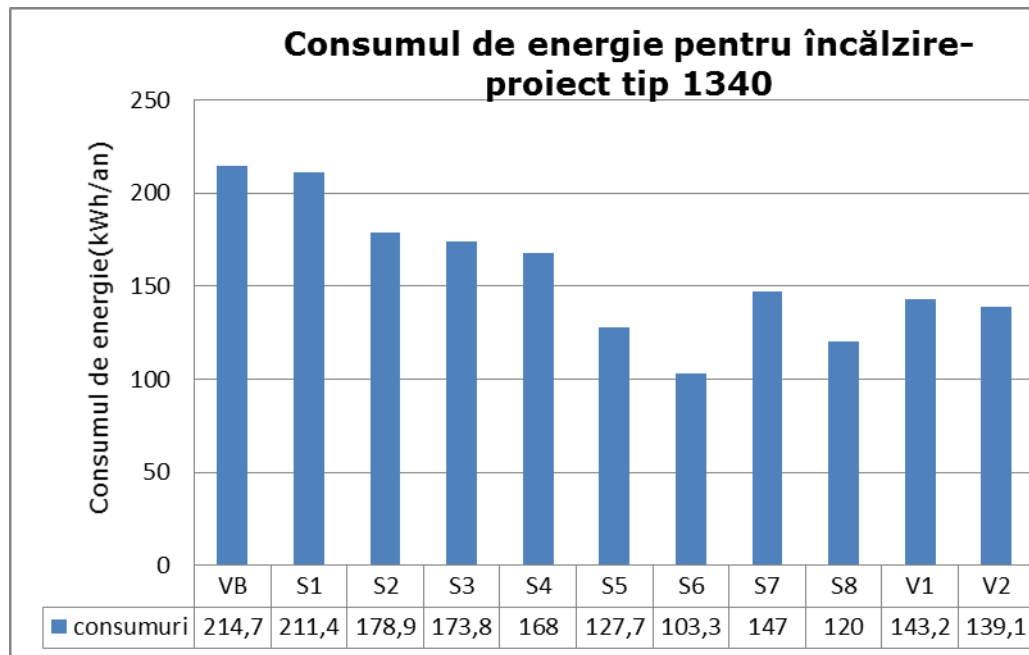


Fig.5.14. Diagrama consumurilor de energie pentru încălzire în varianta nereabilitată termic și diferite variante reabilite pentru proiectul tip T1340

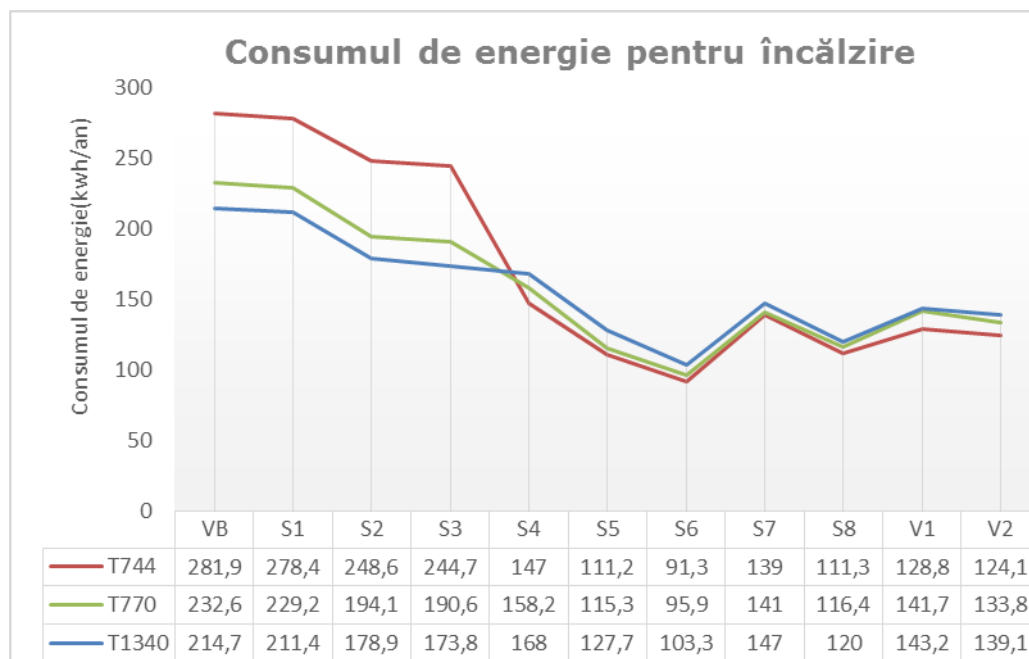


Fig.5.15. Diagramă cu prezentarea comparativă a consumurilor de energie pentru încălzire în varianta nereabilitată termic și diferite variante reabilite

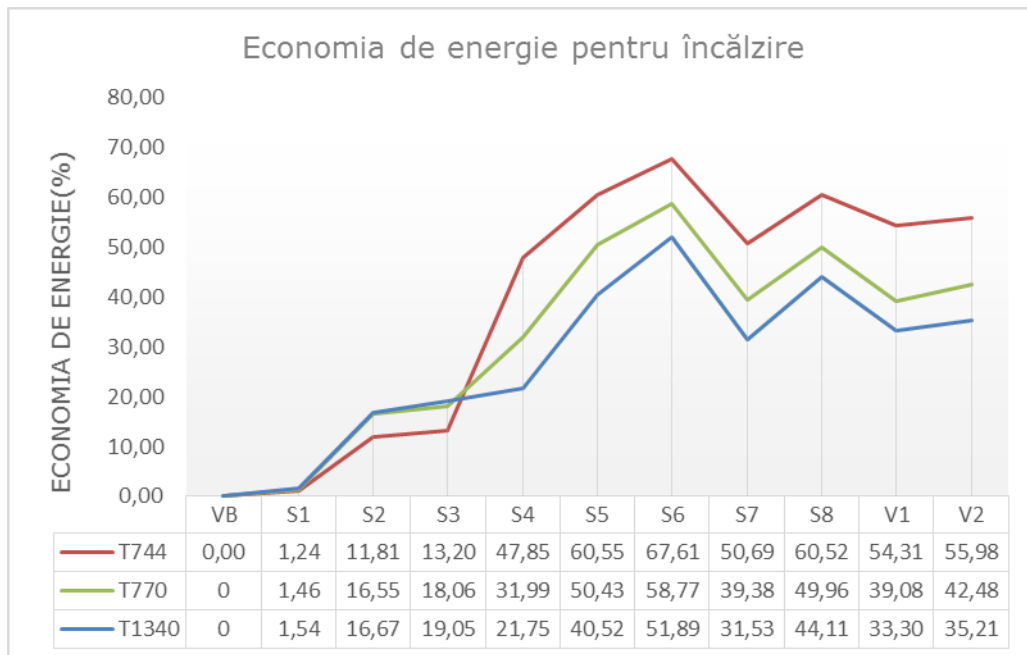


Fig.5.16. Diagramă cu prezentarea economiei de energie pentru încălzire în diferite variante reabilite

Toate aceste soluții reprezintă soluții posibile de intervenție la o clădire cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat pentru reducerea consumului de energie la încălzire. Conform normativului românesc C107, pentru clădirile existente, soluțiile de reabilitare sunt folosite doar ca și recomandări, motiv pentru care toate aceste soluții prezentate mai sus pot să fie folosite individual fără a fi nevoie de intervenție la toate elementele de anvelopă. Studiul realizat are menirea de a cuantifica efectul care îl au aceste soluții asupra consumurilor de energie și de a verifica în ce proporție, aceste soluții de intervenție oferă clădirii performanțele termice necesare pentru a fi comparată, pe de-o parte cu o clădire nouă realizată conform cu normativul românesc C107, iar pe de altă parte, cu o clădire eficientă energetic conform prevederilor Directivei Europene 31/2010.

Astfel:

- Soluția 1 care prevede termoizolarea planșeului peste subsol conform recomandărilor referitoare la acest element de anvelopă din normativului C107/2006 cu completările din 2011, are un aport redus în reducerea consumului de energie pentru orice tip de clădire colectivă multietajată. Reducerea de energie aplicând această soluție conform figurii 5.17 poate să fie de maxim 1,54%. Această soluție nu este o soluție viabilă în vederea diminuării consumurilor de energie;

- Soluția 2 care prevede termoizolarea terasei conform recomandărilor referitoare la acest element de anvelopă din normativului C107/2006 cu completările din 2011 are un aport redus în reducerea consumului de energie pentru orice tip de clădire colectivă multietajată. Reducerea de energie în cazul acestei soluții conform figurii 5.17 este de până la 16,67%, soluție care este mult mai eficientă decât soluția 1, dar la fel ca și soluția 1, nu poate fi considerată o soluție viabilă;

- Soluția 3 care este o combinație între soluția 1 și soluția 2 nu aduce un mare plus față de soluția 2, reducerea de energie fiind doar de maxim 19,05 % și la fel ca și celelalte două soluții, nu poate fi considerată o soluție viabilă;

- Soluția 4 este mult mai eficientă comparativ cu celele trei soluții, ea constând în termoizolarea pereților exteriori conform recomandărilor referitoare la acest element de anvelopă din normativului C107/2006 cu completările din 2011. În cazul clădirilor multietajate care au o suprafață construită mică, această soluție poate fi foarte eficientă. Soluția poate facilita o reducere de energie de până la 47,85% în cazul clădirilor realizate conform proiectului tip T744 și o reducere de aproximativ 30% la restul clădirilor cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat. Deși această soluție de reabilitare termică are un efect destul de mare asupra reducerii consumurilor de energie, nici aceasta nu poate fi considerată o soluție viabilă pentru a crea o clădire eficientă energetic (vezi figura 5.17);

- Soluția 5 care este o combinație între soluția 3 și soluția 4 reprezintă până acum cea mai eficientă soluție de reabilitare termică. Constă în reabilitarea termică a tuturor elementelor de anvelopă. Cea mai evidentă reducere de energie se poate observa la proiectul tip T1340 întrucât prin această soluție se reduce efectul punților termice datorate formei acestui tip de proiect. Reducerea de energie în cazul acestei soluții este de 60,55% în cazul clădirilor realizate conform proiectului tip T744 și de aproximativ 50% la restul clădirilor cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat;

- Soluția 6 reprezintă cea mai complexă soluție în ceea ce privește anvelopa clădirii, soluție pe care o putem folosi la reabilitarea termică a unei clădiri existente. Constă în termoizolarea tuturor elementelor de anvelopă conform recomandărilor din normativului C107/2006 cu completările din 2011 și înlocuirea ferestrelor exteriorare cu ferestre cu tâmplarie din PVC și geam termoizolant cu o rezistență termică de 0,625 m²K/W. Soluția 6 reprezintă cazul ideal, dacă este privită din ipoteza respectării recomandărilor normativului C107. Aplicând această soluție, reducerea de energie pentru încălzire este de 67,61% în cazul clădirilor realizate conform proiectului tip T744 și de peste 55% pentru restul clădirilor cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat. Consumurile de energie rezultate în urma aplicării soluției 6 sunt în general sub 100 kWh/m²an. Această soluție reprezintă cea mai eficientă soluție atunci când ne referim la normativul C107, dar nu și dacă se dorește aplicarea Directivei Europene 31/2010.

Soluțiile 1, 2, 3, 4 și 5 abordate în vederea reabilitării termice a unei clădiri existente, reprezintă doar posibile soluții de a satisface recomandările normativului C107, dar ele nu cresc suficient eficiența energetică a unei clădiri existente. Singura soluție pe care o putem considera viabilă este soluția 6, motiv pentru care toate studiile legate de reabilitarea termică a unei clădiri ar trebui să prezinte ca și etalon consumurile de energie a unei clădiri la care este aplicată soluția 6.

Soluția 7 și soluția 8 au ca scop de reducere a consumului de energie în aceeași manieră ca și soluția 6, prin suplimentarea termoizolației la pereții exteriori atunci când termoizolarea planșeului sub pod sau al terasei nu se poate realiza. Deși aceste două soluții nu pot fi considerate ca fiind ideale, există posibilitatea ca prin creșterea suficientă a rezistenței termice a pereților exteriori să suplimenteze efectul pe care îl are rezistența termică redusă a terasei, respectiv, a planșeului peste subsol. Se poate observa că termoizolarea cu doar 10 cm polistiren expandat (soluția 7) nu este suficientă, motiv pentru care, prin soluția 8 am crescut grosimea stratului de polistiren la 15 cm și am ajuns la concluzia că prin această soluție ne apropiem foarte mult de un consum de 100 kWh/m²an. Putem concluziona că atunci

când dorim să reducem consumul de energie într-un caz ideal conform C107, și nu avem posibilitatea să intervenim la planșeul peste subsol sau la terasă, putem înlocui ferestrele cu ferestre având o rezistență termică de minim 0,63 m²K/W și să termoizolăm pereții exteriori cu minim 150 mm polistiren expandat.

La punctul 5.4.1, se pot vedea efectele variantelor 1 și 2.

Toate aceste soluții și variante de reabilitare termică constă în termoizolarea elementelor de anvelopă fără a lua în calcul efectele pe care îl are schimbarea sistemului existent de instalații cu un sistem mai eficient.

Așa cum se poate vedea în figura 19, dacă la aceste soluții discutate mai sus se adaugă și efectul pe care îl poate avea schimbarea sistemului de instalații, folosind un sistem mai eficient, consumul de energie pentru încălzire poate să scadă și cu 10% față de cazul în care este folosit același sistem de instalații. În acest caz, consumul poate scădea în soluția 6 cu peste 70% în cazul clădirilor realizate conform proiectului tip T744 și de aproximativ 60% la restul clădirilor cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat. Consumul de energie pentru încălzire poate să ajungă și la 80 kWh/m²an în cazul clădirilor realizate conform proiectului tip T744 și la puțin peste 80 kWh/m²an la restul clădirilor cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat.(figura 5.17)

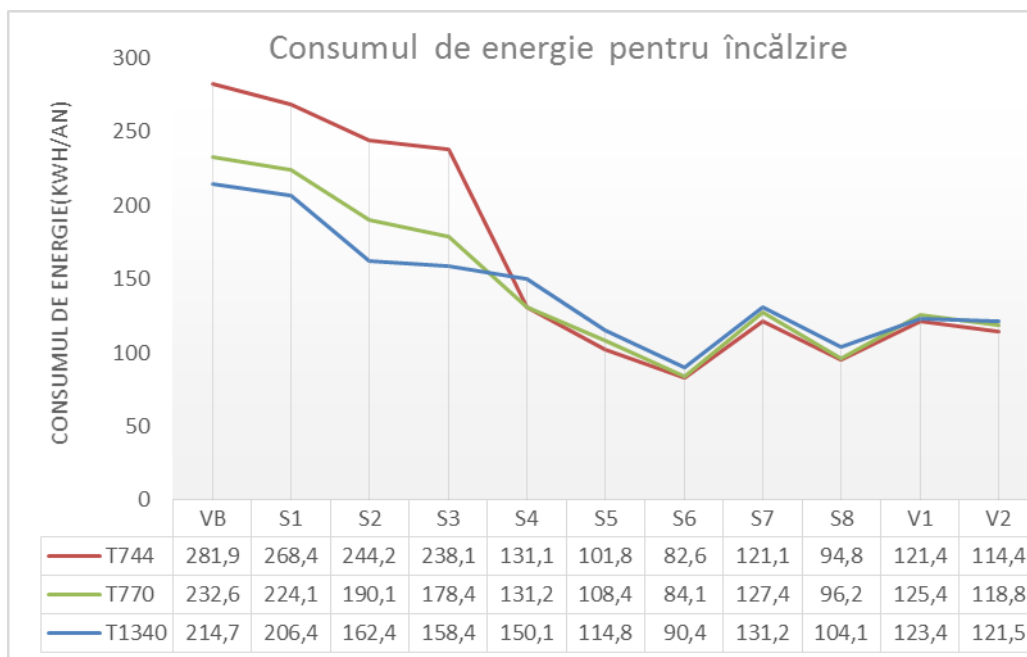


Fig.5.17. Diagramă cu prezentarea comparativă a consumurilor de energie pentru încălzire în varianta nereabilitată termic și diferite variante reabilite în ipoteza schimbării sistemului de instalații

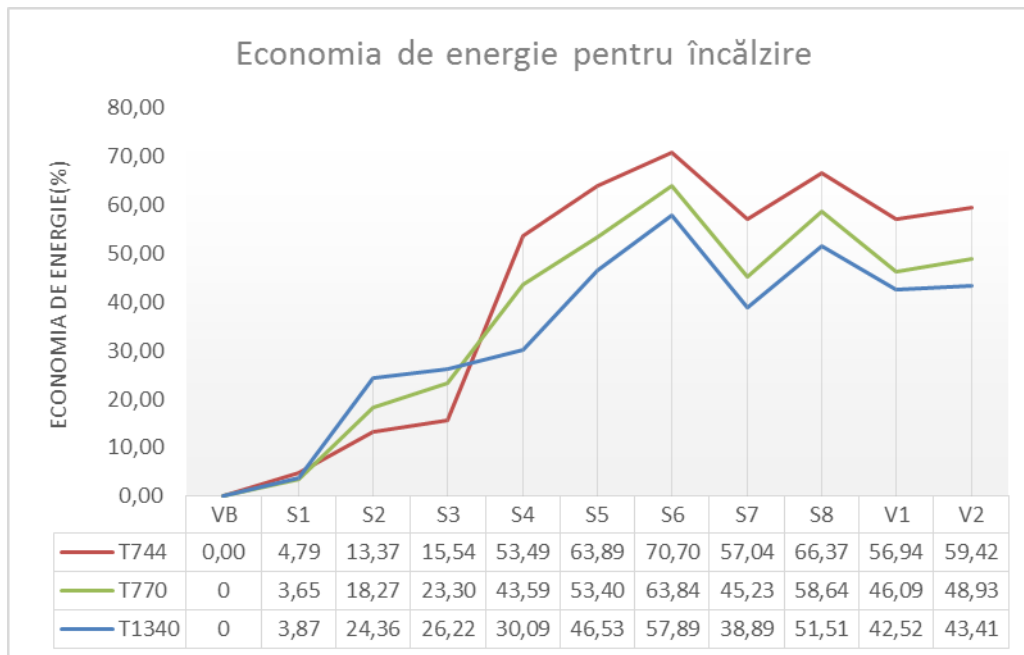


Fig.5.18. Diagramă cu prezentarea economiei de energie pentru încălzire în diferite variante reabilite în ipoteza schimbării sistemului de instalații

5.4.3. Alternative de reducere a consumului de energie din surse convenționale la clădirile colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat

Atât soluțiile de reabilitare prezentate la punctul 5.4.2 cât și variantele de reabilitare utilizate până acum pentru clădirile colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat prezentate la punctul 5.4.1, reprezintă doar o posibilitate de reducere a pierderilor de căldură prin anvelopă care implică automat și o reducere a consumurilor de energie pentru încălzire.

La punctul 5.4.2 s-a ajuns la concluzia că pentru a reduce consumurile de energie pentru încălzire cu cel puțin 70% este nevoie de termoizolarea tuturor elementelor de anvelopă și înlocuirea ferestrelor exterioare (vezi soluția 6 de la punctul 5.4.2) sau termoizolarea pereților exteriori cu cel puțin 15 cm polistiren expandat și schimbarea ferestrelor exterioare (vezi soluția 8 punctul 5.4.2). Tot din aceste date s-a demonstrat că dacă se dorește aplicarea cerințelor Directivei Europene 31/2010 trebuie ca să avem ca și etalon consumurile de energie rezultate în urma aplicării reabilitării termice conform soluției 6.

Dupa cum se poate observa și în tabelul 5.10, cea mai eficientă soluție de reabilitare termică este soluția 6. În acest tabel sunt prezentate consumurile de energie pentru încălzire în ipoteza în care a fost schimbat și sistemul de instalații.

TABEL 5.10. Consumul de energie pentru încălzire în varianta nereabilitată termic și în cele mai eficiente variante de reabilitare termică

Nr. crt.	VARIANTELE DE REABILITARE TERMICĂ	T744-IPCT,Db1 [kWh/m ² an]	T770-IPCT, Pb4 [kWh/m ² an]	T1340-IPCT [kWh/m ² an]
1	VARIANTA DE BAZĂ	281,90	232,60	214,70
2	SOLUȚIA 5	101,80	108,40	114,80
3	SOLUȚIA 6	82,60	84,10	90,40
4	SOLUȚIA 8	94,80	96,20	104,10

TABEL 5.11. Necesarul de energie în ipoteza schimbării sistemului de instalații și aplicării soluție 6 de reabilitare termică

Nr.	Proiect tip	Încălzire [kWh/m ² an]	Apă caldă menjeră [kWh/m ² an]	Iluminat [kWh/m ² an]	Consumul total de energie [kWh/m ² an]
1	T744-IPCT, Db1	82,60	41,22	11,00	134,82
2	T770-IPCT, Pb4	84,10	38,40	11,00	133,50
3	T1340-IPCT	90,40	38,90	11,00	140,30

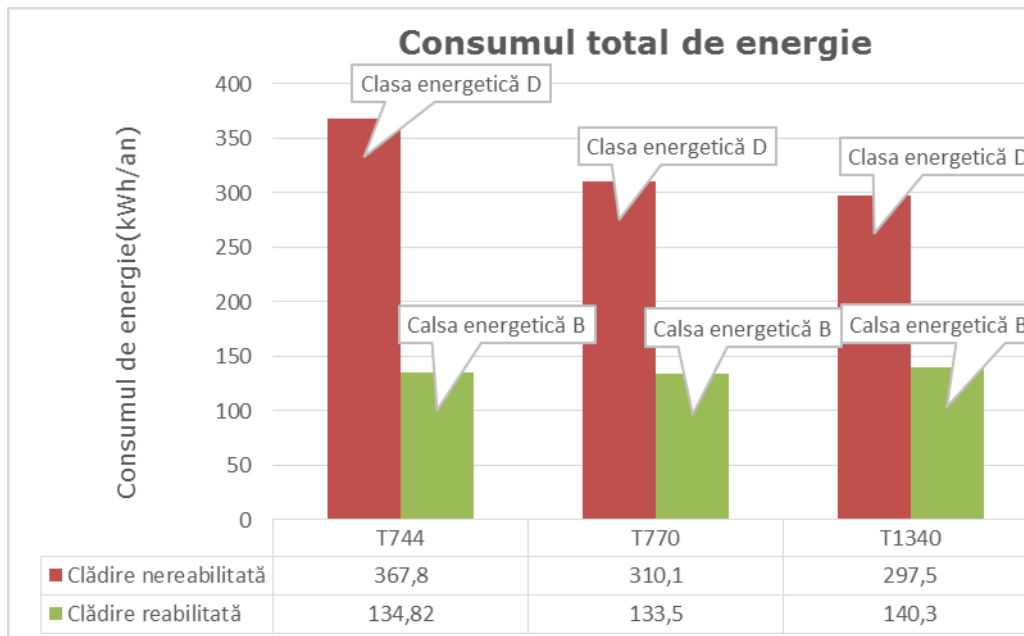


Fig.5.19. Consumul total de energie în varianta nereabilitată și în varianta reabilitată

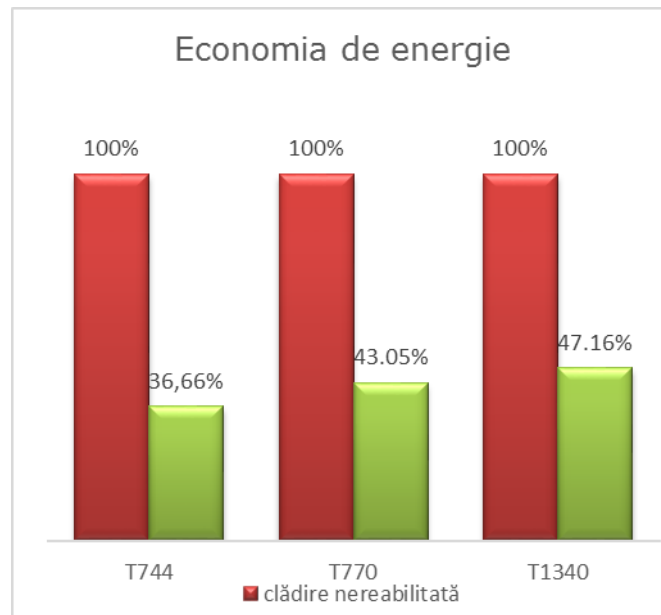


Fig.5.20. Economia de energie prezentată procentual

În figura 5.21 este prezentată economia de energie în ipoteza în care clădirile colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat sunt reabilite termic folosind soluția 6 și se schimbă sistemul de instalații. Se poate observa că prin această măsură se reduce consumul total de energie până aproape la 35%, cu toate acestea consumul total de energie este destul de mare depășind 130 kWh/m²an pentru la toate tipurile de clădiri colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat (figura 5.19 și tabelul 5.12).

O posibilitate de a îndeplini preverile Directivei Europene, în cazul clădirilor colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat este aceea de a acoperi o parte din consumurile de energie cu energie regenerabilă. Ținând cont de circumstanțe și de faptul că aceste clădiri colective sunt proprietăți private, varianta cea mai simplă și mai accesibilă pentru a produce energie regenerabilă, în scopul acoperirii consumurilor de energie, o reprezintă montarea de panouri solare fotovoltaice pe acoperișul tip terasă. Acest tip de acoperiș este ideal pentru poziționarea panourilor fotovoltaice.

Am realizat o simulare în ceea ce privește folosirea energiei solare ca și sursă de energie regenerabilă pentru un bloc de locuințe din Timișoara. Calculul l-am realizat folosind urmatorul tip de panou solar fotovoltaic:

- dimensiunile unui panou sunt 1640x990x40 mm,
- puterea instalată a panoului este de 250 W,
- energia produsă de un astfel de panou pentru zona Timișoara este de

312,5Wh/an.

Aceste date sunt prezentate și în anexă.

Folosind aceste date am calculat numărul de panouri care pot fi montate pe acoperișul blocului și puterea instalată a întregului număr de panouri. Numărul panourilor a fost calculat funcție de lungimea și lățimea panoului, cu alte cuvinte, am stabilit câte panouri pot să încapă atât pe o direcție cât și pe cealaltă.

În tabelul 5.12 este prezentat numărul de panouri stabilit pentru fiecare tip de proiect în parte, puterea instalată a întregului ansamblu de panouri și energia electrică pe care aceste panouri pot să le producă în decursul unui an.

TABEL 5.12. Energia produsă cu ajutorul panourilor solare fotovoltaice

Nr. crt.	Element	Unitate de măsură	T744-IPCT, Db1	T770-IPCT, Pb4	T1340-IPCT
1	Numărul posibil de panouri	-	112	150	126
2	Puterea instalată	kW	28,00	37,50	31,50
3	Producția de energie anuală	kWh/an	35000	46875	39375
4	Producția de energie anuală raportată la suprafața blocului	kWh/m ² an	27,53	23,70	28,28

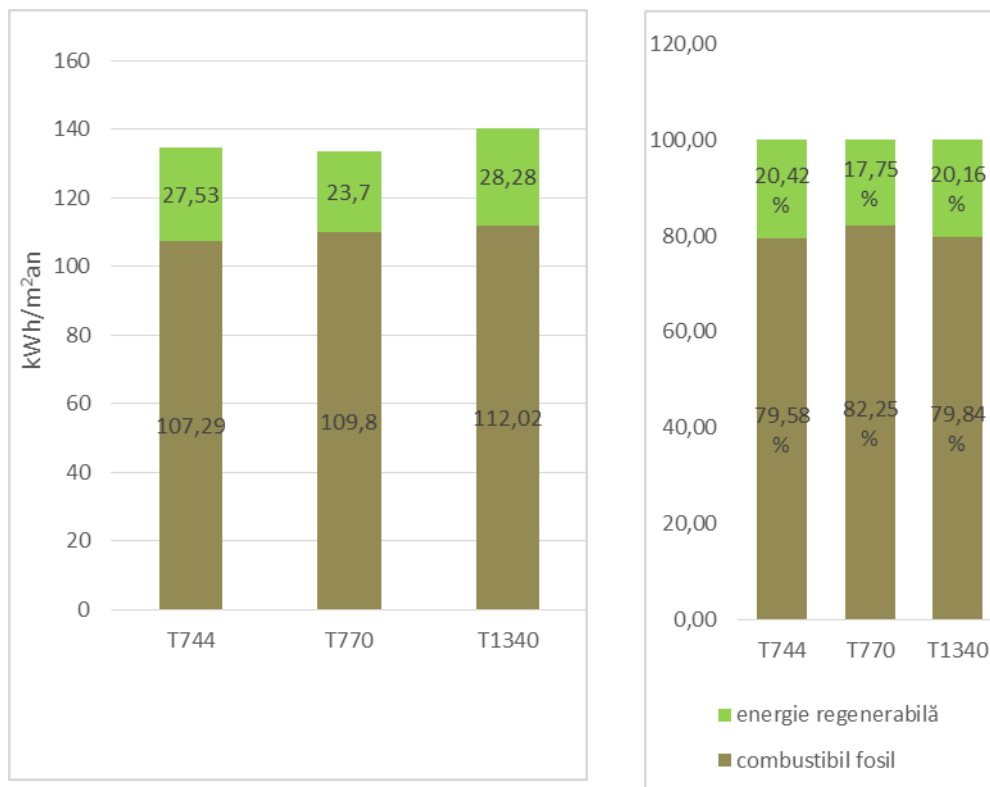


Fig.5.21. Energia produsă din combustibil fosili/ energie regenerabilă provenită de la panouri solare fotovoltaice

Din centralizarea datelor privind producția de energie electrică pentru fiecare ansamblu de panouri, s-a constatat că panourile montate pe acoperișul unei astfel de clădiri nu poate acoperi consumul total de energie pentru respectiva clădire. Datorită suprafeței reduse a acoperișului, raportată la suprafața încălzită a întregii clădiri, panourile solare fotovoltaice sunt capabile să producă aproximativ 25 kWh/m²an, ceea ce înseamnă că se poate acoperi cam 20% din necesarul de energie. Pentru o astfel de suprafață construită, soluția de montare a panourilor pe acoperiș poate acoperi necesarul de energie doar la o clădire cu un regim de înălțime parter.

Soluția de a acoperi necesarul de energie la clădirile colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat, care are un regim de înălțime P+4E, prin montare de panouri solare fotovoltaice pe acoperișul acestora nu este eficientă. Pentru un astfel de bloc este necesară o suprafață de 1350 m² ca și suport pentru acest tip de panou solar fotovoltaic. Motiv pentru care nu se recomandă adoptarea acestei soluții de suplimentare a energiei din surse regenerabile.

5.5. Costul global realizat în ipoteza reabilitării termice a clădirilor existente

Deasemenea, pentru a putea justifica soluțiile de reabilitare termică și din punct de vedere al costurilor investiției, am realizat costul global pentru toate cele 8 soluții de reabilitare termică comparativ cu costul global pentru varianta nereabilitată. Costul global a fost realizat pentru clădirile realizate conform proiectului tip T744.

Costurile de investiție pentru fiecare soluție de reabilitare sunt prezentate în tabelul 5.13, iar costurile energiei pentru încălzire s-a considerat fiind la data realizării studiului de 0,0473 euro/kWh.

TABEL 5.13. Costurile de investiție pentru reabilitarea termică (costuri inițiale)

Nr. crt.	Varianta de reabilitare termică	Proiect tip T744, Db1	Proiect tip T770, Pb4	Proiect tip T1340	u.m.
1	Soluția1(S1)	6611	8606	6630	euro
2	Soluția2(S2)	9454	12193	9180	euro
3	Soluția3(S3)	15765	20799	15810	euro
4	Soluția4(S4)	11716	16510	13664	euro
5	Soluția5(S5)	27481	37309	29474	euro
6	Soluția6(S6)	53225	72061	51498	euro
7	Soluția7(S7)	18225	21841	16376	euro
8	Soluția8(S8)	20178	24181	18130	euro

Costul global s-a realizat în euro iar pentru calcul costurilor globale s-a folosit factorul de actualizare F7, factor care se folosește pentru valoarea inițială cunoscând că sumele sunt neuniforme, o rată de actualizare a prețurilor (dobândă) de 5%, o rată de escaladare a prețurilor (devalorizare) de 4% și o perioadă de analiză a investiției de 20 ani, perioadă aleasă funcție de durata de viață a materialelor folosite pentru termoizolare.

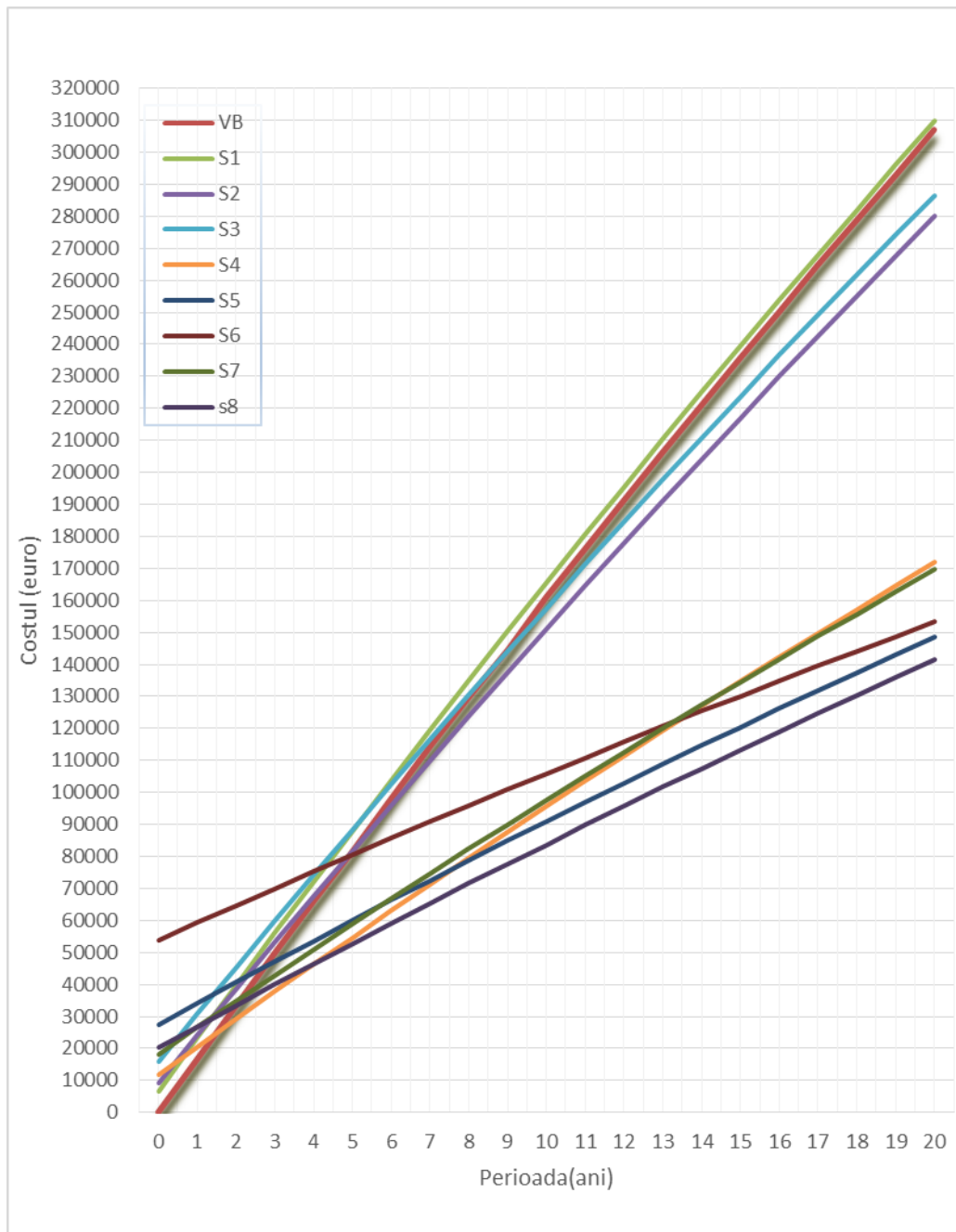


Fig.5.22. Costul global pentru cele 8 soluții de reabilitare termică comparativ cu costul global pentru varianta nereabilitată

TABEL 5.14. Eșalonarea costurilor globale pe durata de viață a reabilitării termice

an	VB	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
0	0	6611	9154	15765	11716	27481	53791	18225	20178
1	16791	23193	23962	30573	20472	34104	59229	26505	26807
2	33243	39618	38628	45239	29144	40665	64615	34707	33373
3	49893	55886	53155	59766	37734	47162	69949	42830	39877
4	66209	71999	67544	74155	46242	53598	75233	50876	46319
5	81369	87959	81795	88406	54669	59973	80467	58846	52699
6	98375	103767	95911	102522	63016	66287	85650	66739	59018
7	114229	119424	109892	116503	71283	72540	90785	74558	65278
8	129931	134932	123741	130352	79472	78735	95870	82302	71478
9	144484	150293	137457	144068	87582	84870	100907	89972	77618
10	160889	165507	151043	157654	95615	90946	105896	97569	83700
11	176148	180576	164499	171110	103572	96965	110837	105093	89725
12	191261	195502	177827	184438	111453	102927	115732	112547	95692
13	206230	210285	191028	197639	119259	108832	120580	119929	101602
14	221056	224928	204104	210715	126991	114680	125381	127240	107455
15	235741	239431	217055	223666	134649	120473	130137	134483	113254
16	250286	253797	229882	236493	142234	126211	134848	141656	118996
17	264693	268025	242588	249199	149746	131894	139513	148761	124684
18	278963	282118	255172	261783	157188	137523	144135	155798	130318
19	293097	296077	267637	274248	164558	143098	148712	162768	135899
20	307096	309902	279983	286594	171858	148620	153246	169672	141426

Analizând figura 5.22 și tabelul 5.14 se constă următoarele:

- Investiția pentru soluția 1 de reabilitare termică nu se amortizează în perioada de 20 de ani,
- Investiția pentru soluția 2 de reabilitare termică se amortizează după 6 ani, dar costurile pentru încălzire spațiului interior sunt foarte mari,
- Investiția pentru soluția 3 de reabilitare termică se amortizează după 10 ani, dar costurile pentru încălzire spațiului interior sunt foarte mari,
- Investiția pentru soluția 3 de reabilitare termică se amortizează după 10 ani, dar costurile pentru încălzire spațiului interior sunt foarte mari,
- Investiția pentru soluția 4 de reabilitare termică se amortizează după 2 ani,
- Investiția pentru soluția 5 de reabilitare termică se amortizează după 3 ani,
- Investiția pentru soluția 6 de reabilitare termică se amortizează după 5 ani, costurile pentru încălzirea spațiului interior sunt mici iar costul global este destul de mic în comparație cu costul global pentru restul soluțiilor,

130 Reabilitarea termică a clădirilor existente. Soluții de reducere a consumurilor-5

- Investiția pentru soluția 7 de reabilitare termică se amortizează după 3 ani,
 - Investiția pentru soluția 8 de reabilitare termică se amortizează după 3 ani.
- Costul global pentru această soluție este cel mai mic comparativ cu restul soluțiilor.

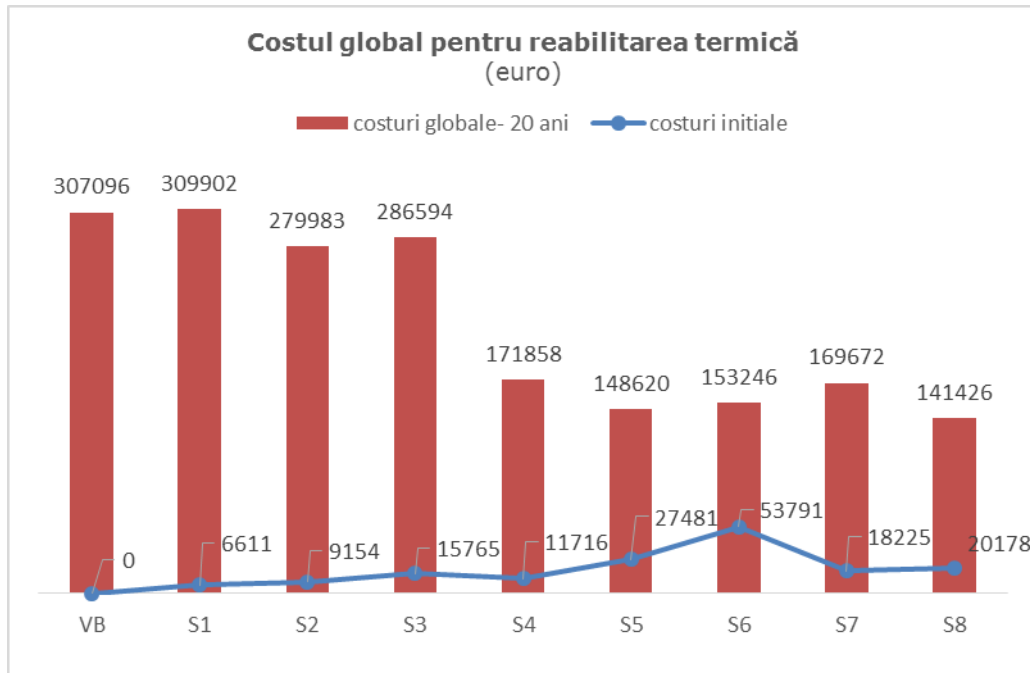


Fig.5.23. Costul global pentru cele 8 soluții de reabilitare termică și pentru varianta nereabilitată

Deși soluția 6 de reabilitare termică este cea mai eficientă din punct de vedere al economiei de energie, din punct de vedere al costului global, cea mai eficientă soluție este soluția 8 urmată de soluția 5 și doar apoi de soluția 6. Se constată că aceste trei soluții sunt cele mai eficiente soluții de reabilitare termică atât din punct de vedere financiar, pe termen lung, cât și din punct de vedere al economiei de energie (figura 5.23). Soluția 6 presupune o investiție inițială destul de mare, care se poate amortiza în aproximativ 6 ani și care nu este suficient de eficientă pentru perioada de 20 de ani (perioada de garanție a materialelor folosite pentru termoizolare). Din punct de vedere al costului global, pentru perioada de 20 de ani, cea mai eficientă soluție o reprezintă soluția 8, care presupune termoizolarea pereților exteriori cu cel puțin 15 cm de polistiren expandat.

5.6. Studiu de caz - Reabilitarea termică a clădirilor existente

Pentru a putea confirma teoria privind consumul de energie la clădirile existente din Timișoara și posibilitatea reducerii acestui consum la limita în care să poată fi îndeplinite cerințele Directivelor Europene cu privire la clădirile eficiente energetic, am realizat bilanțul energetic și am propus soluții de reabilitare pentru mai multe clădiri cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat cu 5 niveluri.

Așa cum este prezentat la punctul 5.3.2., în Timișoara s-au folosit cu precădere 3 proiecte tip pentru aceste categorii de clădiri. Aceste proiecte tip au fost utilizate sub diferite tipologii funcție de perioada în care au fost realizate și funcție de zona în care urmau să fie amplasate. Personal, în Timișoara am identificat peste 52 de tipologii diferite, dintre care, în jur de 20 tipologii de bază. Față de tipologiile de bază, există și alte tipologii care diferă doar prin compartimentări interioare sau prin suprafețe utile.

Pentru majoritatea blocurilor analizate am realizat termografierea lor pentru a putea stabili starea materialelor, porțiunile vulnerabile din punct de vedere al rezistenței la transfer termic și mai ales pentru a putea justifica necesitatea realizării bilanțului energetic și al reabilitării termice.

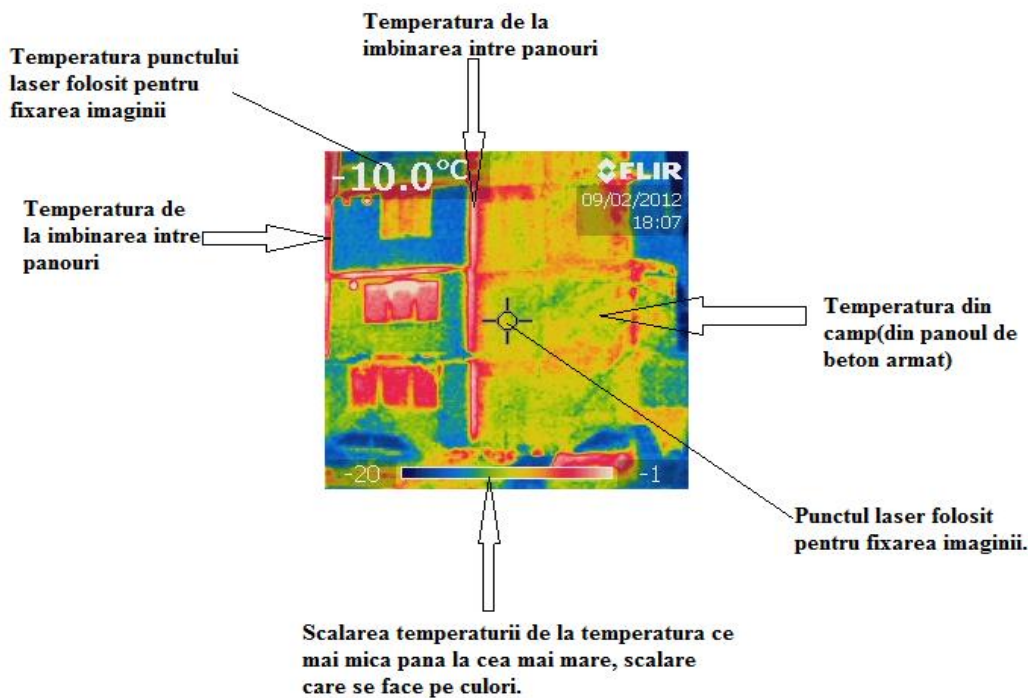


Fig.5.24. Prezentarea principiul de termografiere la o clădire cu structură de rezistență din panourilor mari prefabricate

În figura 5.24 sunt prezentate elementele de care trebuie să se țină cont atunci când se realizează o termografiere. De fapt, este o imagine a fațadei în care se determină temperaturile în fiecare punct. Se poate observa că la partea inferioară există un paletar de culori funcție de temperaturi. Ținând cont de temperatura exterioară se determină temperaturile de pe fațadă, funcție de diferențele dintre temperatura din fiecare zonă de pe fațadă determinată prin termografiere și temperatura aerului exterior (în cazul de față, când se face termografierea de la exteriorul clădirii) apoi se stabilesc zonele cu defecte, zonele de punți termice.

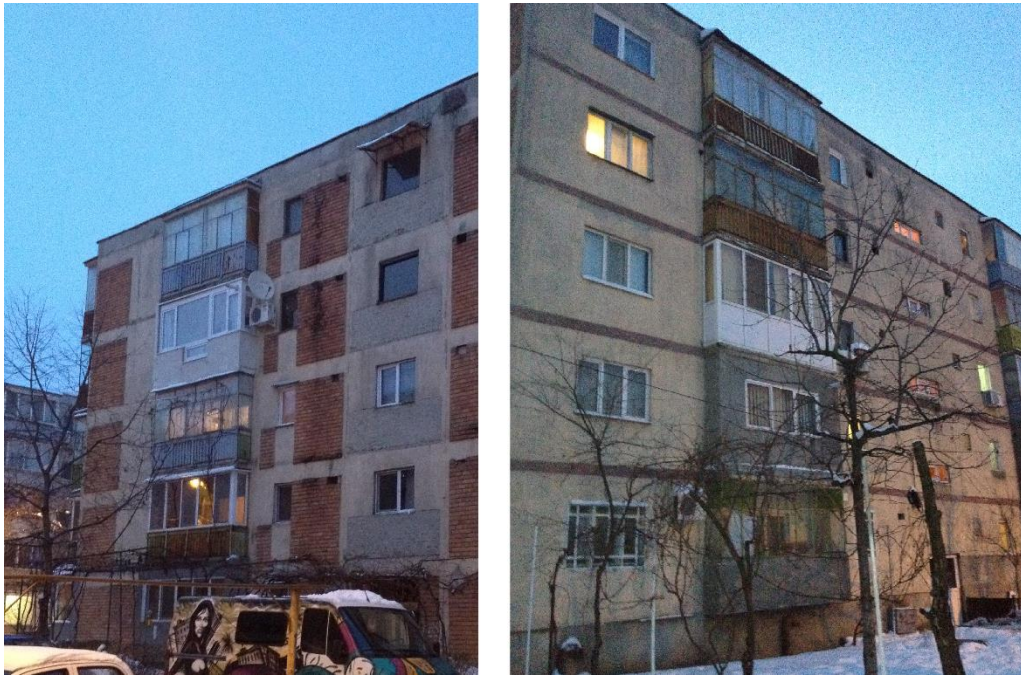


Fig.5.25. Clădire cu structură de rezistență din panourile mari prefabricate din beton armat cu 5 niveluri – Calea Aradului, Timișoara

Prima clădire analizată este un bloc care are toate cele patru fațade expuse și care urma să fie reabilitat termic, întrucât consumurile de energie pentru încălzire și implicit costurile pentru această energie erau foarte mari. Din cauza faptului că această clădire urma să fie reabilitată din fondurile proprii ale locatarilor, au existat anumite neînțelegeri și o parte dintre locatari aveau nevoie de o justificare a realizării auditului energetic și a reabilitării termice. Clădirea este situată într-o zonă considerată relativ nouă, întrucât blocurile s-au construit aici după 1980. Blocul analizat a fost construit în anul 1987. Astfel, în figurile de mai jos sunt prezentate rezultatele termografierii fațadelor în paralel cu imaginile grafice ale fațadei. Nu s-a putut realiza termografierea întregii fațade întrucât distanța de la care se putea face termografierea era relativ mică și a fost nevoie de realizarea termografierii pe mai multe zone din fațadă.

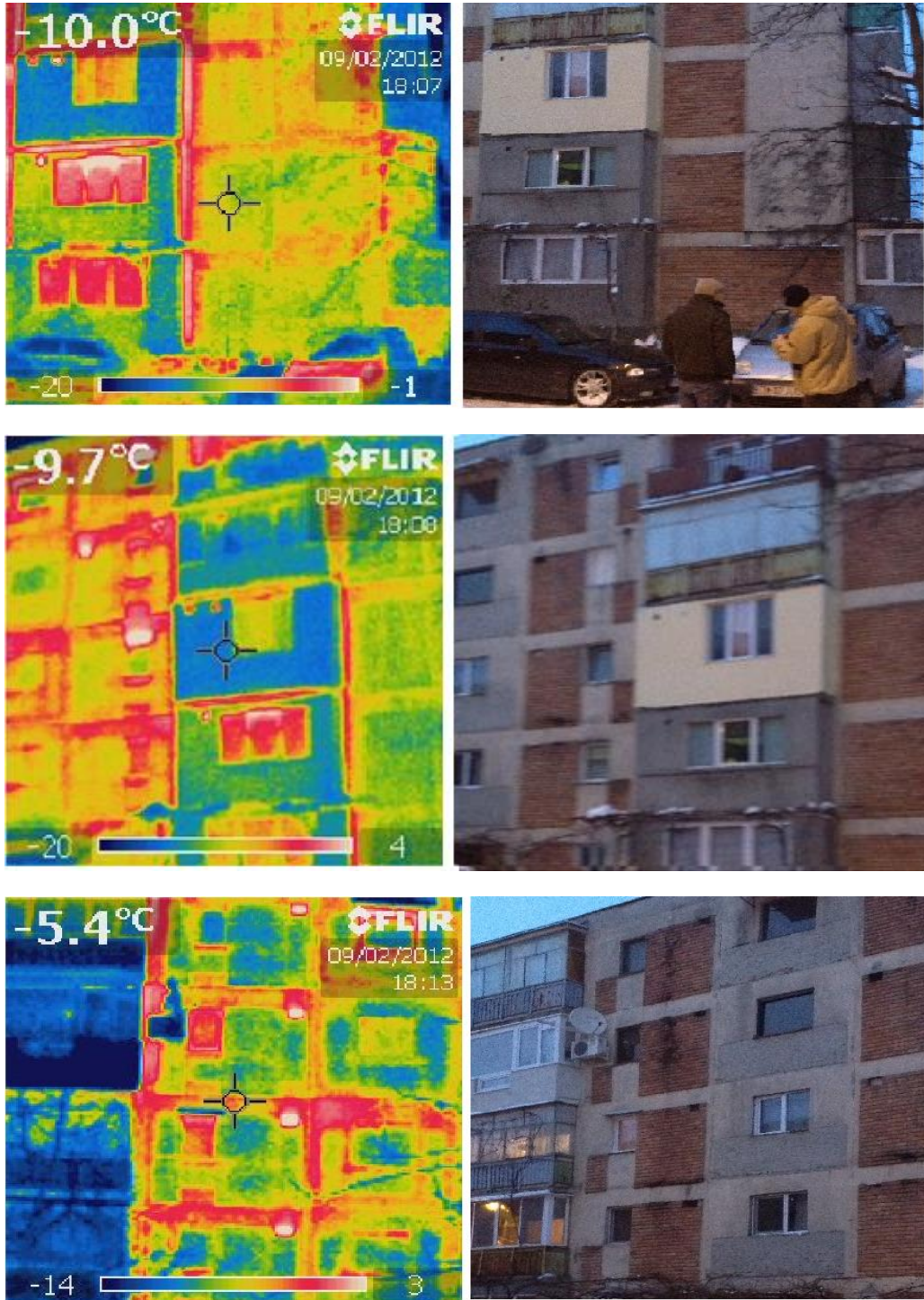


Fig.5.26. Fațadă principală



Fig.5.27. Fațadă laterală

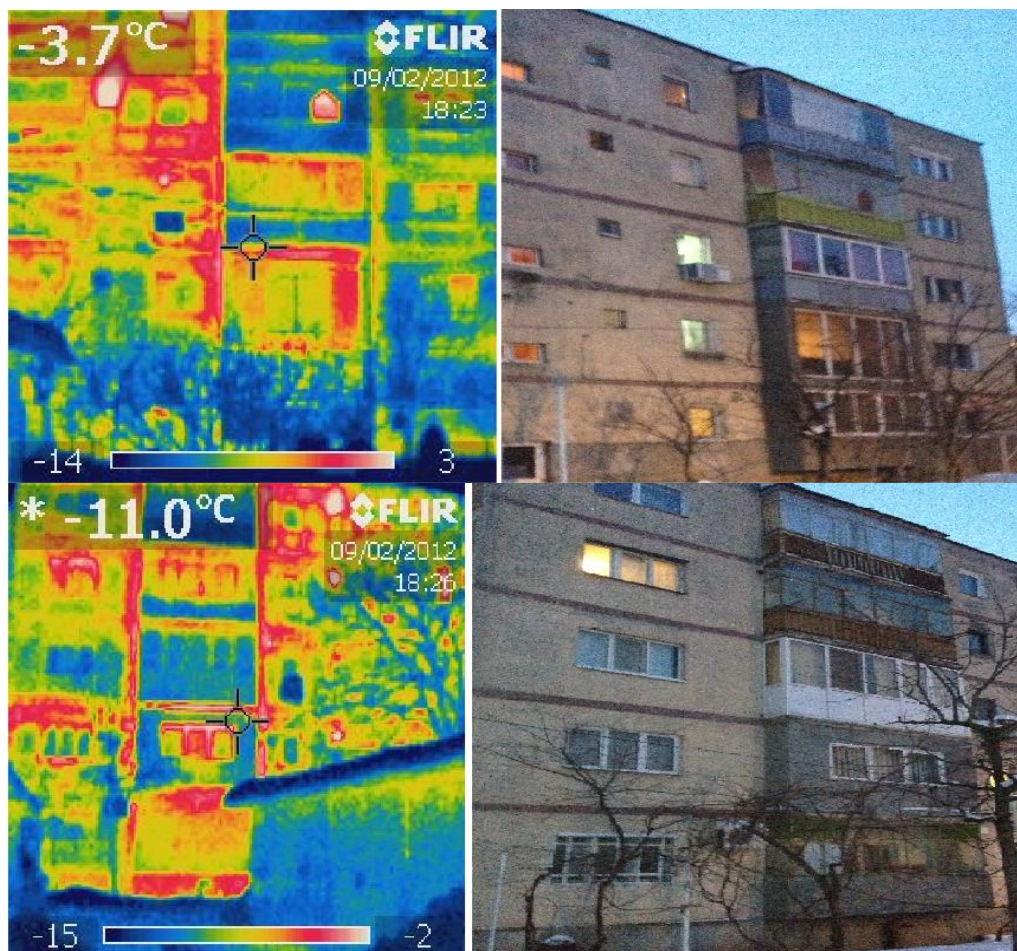


Fig.5.28. Fațadă secundară

Ținând cont de faptul că temperatură exterioară este de -12°C , din figurile de mai sus se poate observa că există pierderi de caldură pe întreaga clădire. Predominant, diferențele de temperatură sunt de $4-5^{\circ}\text{C}$ dar, desemenea, există numeroase zone în care diferențele sunt foarte mari ($8-10^{\circ}\text{C}$), fiind zonele de îmbinare dintre panourile de beton. Din aceste date reiese că blocul analizat necesită reabilitarea termică a fațadei pentru reducerea acestor diferențe de temperatură și implicit reducerea pierderilor de căldură prin anvelopă.

Pentru realizarea bilanțului energetic a celor 20 de clădiri cu structură de rezistență din panourilor mari prefabricate din beton armat cu 5 niveluri am parcurs următorii pași:

-analiza vizuală a clădirii;

Pentru a putea analiza o clădire din punct de vedere al consumului de energie, trebuie ca mai întâi să se facă o analiză vizuală pentru a stabili în ce stare se află stratul de protecție.

În figura 5.29 sunt prezentate toată cele 20 de clădiri analizate. Aceste clădiri reprezintă cele mai întâlnite tipologii în Timișoara. Printre acestea sunt și câteva clădiri înșiruite.



136 Reabilitarea termică a clădirilor existente. Soluții de reducere a consumurilor-5





Fig.5.29. Clădirile cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat cu 5 niveluri analizate

-termografierea clădirii;

După analiza vizuală, trebuie stabilite zonele din anvelopă care prezintă anumite imperfecțiuni în ceea ce privește transferul termic. Pentru acesta, am realizat termografierea fațadelor.

-verificarea stării tehnice a elementelor de anvelopă și stabilirea stratificațiilor;

Prin analiză vizuală se stabilește starea stratului de protecție a elementelor de anvelopă. Trebuie să se facă și o analiză amănunțită a elementelor de anvelopă în vederea stabilirii straturilor componente și a stării tehnice a materialelor componente. La toate aceste clădiri analizate, straturile termoizolante din vată minerală sau din polistiren au fost înlocuite cu un strat din BCA. Această modificare s-a realizat la peste 70% dintre blocurile din Timișoara încă din faza de proiect. Rezistențele termice ale tuturor elementelor de anvelopă sunt prezentate în tabelul 6.5.

-stabilirea numărului de persoane din clădire;

În vederea calculului consumului de energie pentru apa caldă menjeră trebuie stabilit numărul de persoane care locuiesc în clădire. Numărul de persoane l-am aflat de la administrația blocului, așa cum se poate vedea în figura 5.30. Numărul de persoane pentru fiecare clădire analizată este prezentat în tabelul 6.4.

Fig.5.30. Registrul contribuției de la administrația blocului

-sistemul de încălzire a clădirii;

8 clădiri din cele 20 analizate au ca și sistem de încălzire centrale proprii de apartament cu combustibil gazos, restul de 12 sunt racordate la rețeaua orașului. Tipul sistemului de încălzire este prezentat în tabelul 6.4. Randamentele și eficiența sistemelor de încălzire le-am calculat conform metodologiei, neavând nici o informație concretă despre acestea.

Bilanțul energetic a fost realizat cu programul Doset-Pec pentru majoritatea clădirilor, dar am realizat o verificare și cu procedura de calcul pe care am realizat-o în Mathcad (prezentată în anexa 2). Verificarea cu această procedură am realizat-o întrucât procedura este creată conform metodologiei Mc001 în așa fel încât se poate verifica fiecare termen care este folosit în realizarea bilanțului energetic, pentru a

putea interveni cu anumite ajustări asupra duratei de încălzire sau asupra temperaturii exterioare de calcul.

La anumite clădiri, locatarii au realizat peste acoperișul terasă o șarpantă din lemn pentru a nu mai avea probleme cu refacerea periodică a hidroizolației. Astfel, așa cum se poate vedea în tabelul 5.15, la 25% dintre clădirile analizate a fost realizat un astfel de acoperiș.

TABEL 5.15. Date generale despre clădirile analizate

Nr	Suprafața încălzită (m ²)	Suprafața construită desf. (m ²)	Volum încălzit (m ³)	Tip acoperiș	Sisteme de încălzire	Număr de persoane
1	1583,69	1696,50	4180,93	Șarpantă	Termoficare	62
2	1692,00	1830,00	4636,80	Șarpantă	Cent. proprie	68
3	1308,96	1431,76	3481,83	Terasă	Cent. proprie	40
4	912,70	1152,00	2409,46	Terasă	Termoficare	36
5	1144,20	1284,90	3066,46	Șarpantă	Termoficare	36
6	1249,00	1375,00	3309,85	Terasă	Cent. proprie	44
7	1066,50	1279,80	2847,50	Terasă	Cent. proprie	49
8	1279,94	1382,76	3425,11	Terasă	Cent. proprie	45
9	1298,50	1558,20	3856,00	Șarpantă	Termoficare	47
10	853,00	1023,60	2480,00	Terasă	Termoficare	40
11	853,00	1023,60	2480,00	Terasă	Termoficare	40
12	1283,50	1540,20	3879,54	Terasă	Termoficare	48
13	1530,40	1792,90	4446,50	Terasă	Termoficare	84
14	2278,20	2731,30	6830,90	Terasă	Termoficare	118
15	974,00	1169,16	3078,76	Terasă	Cent. proprie	50
16	1014,20	1217,10	3319,90	Terasă	Termoficare	50
17	1183,82	1420,58	2975,32	Terasă	Termoficare	44
18	1520,00	1824,00	4153,25	Șarpantă	Termoficare	68
19	1441,70	1555,10	3921,43	Terasă	Cent. proprie	56
20	823,00	909,62	2197,40	Terasă	Cent. proprie	36

În tabelul 5.14 am numerotat clădirile analizate cu numere de la 1 la 20 și am centralizat pentru fiecare suprafețele și volumele încălzite, tipul sistemului de încălzire, tipul acoperișului și numărul de persoane care locuiesc în clădire.

TABEL 5.16. Rezistențele termice corectate ale elementelor de anvelopă

Numărul clădirii	Pereții exteriori (m ² K /W)	Planșeul peste subosol (m ² K /W)	Acoperișul		Ferestre (m ² K /W)
			Tip	Rezistență (m ² K /W)	
1	0,517	0,355	Planșeu sub pod	0,508	0,31
2	0,517	0,355	Planșeu sub pod	0,684	0,31
3	0,628	0,355	Terasă	0,684	0,31
4	0,584	0,710	Terasă	0,522	0,38
5	0,584	0,364	Planșeu sub pod	0,637	0,38
6	0,571	0,167	Terasă	0,624	0,31
7	0,517	0,476	Terasă	0,356	0,38
8	0,517	0,167	Terasă	0,355	0,31
9	0,518	0,167	Planșeu sub pod	0,355	0,31
10	0,721	0,476	Terasă	0,355	0,31
11	0,721	0,476	Terasă	0,355	0,31
12	0,517	0,379	Terasă	0,508	0,31
13	0,517	0,167	Terasă	0,508	0,31
14	0,564	0,167	Terasă	0,508	0,31
15	0,564	0,167	Terasă	0,508	0,31
16	0,517	0,355	Terasă	0,508	0,31
17	0,628	0,355	Terasă	0,622	0,38
18	0,517	0,355	Terasă	0,542	0,31
19	0,440	0,167	Terasă	0,508	0,31
20	0,440	0,167	Terasă	0,508	0,31

Caracteristicile termotehnice ale clădirilor analizate sunt prezentate în tabelul 5.15.

Necesarul de energie rezultat în urma efectuării calculelor este prezentat în tabelul 5.17.

TABEL 5.17. Necesarul de energie pentru cele 20 de clădiri obținut în urma calcului bilanțului energetic

Numărul clădirii	Încălzire (kWh/m ² an)	Apă caldă menjeră (kWh/m ² an)	Iluminat (kWh/m ² an)	Consum total de energie (kWh/m ² an)
1	224,80	127,60	11,00	363,40
2	208,9	77,90	11,00	297,80
3	213,80	87,30	11,00	321,0
4	199,10	71,20	11,00	281,30
5	178,90	63,50	11,00	253,40
6	216,40	75,80	11,00	303,20
7	253,60	85,70	10,80	350,10
8	316,90	73,40	11,00	401,30
9	312,70	77,80	11,00	401,50
10	232,20	71,10	11,00	314,30
11	261,30	71,10	11,00	343,40
12	254,10	78,70	11,00	343,80
13	292,10	105,60	14,90	412,60
14	261,80	99,30	11,00	372,10
15	289,30	96,80	10,80	397,10
16	278,30	93,00	11,00	382,30
17	217,60	77,20	10,80	305,60
18	275,80	70,10	11,00	356,90
19	337,10	78,50	11,00	426,60
20	355,50	81,00	11,10	447,50

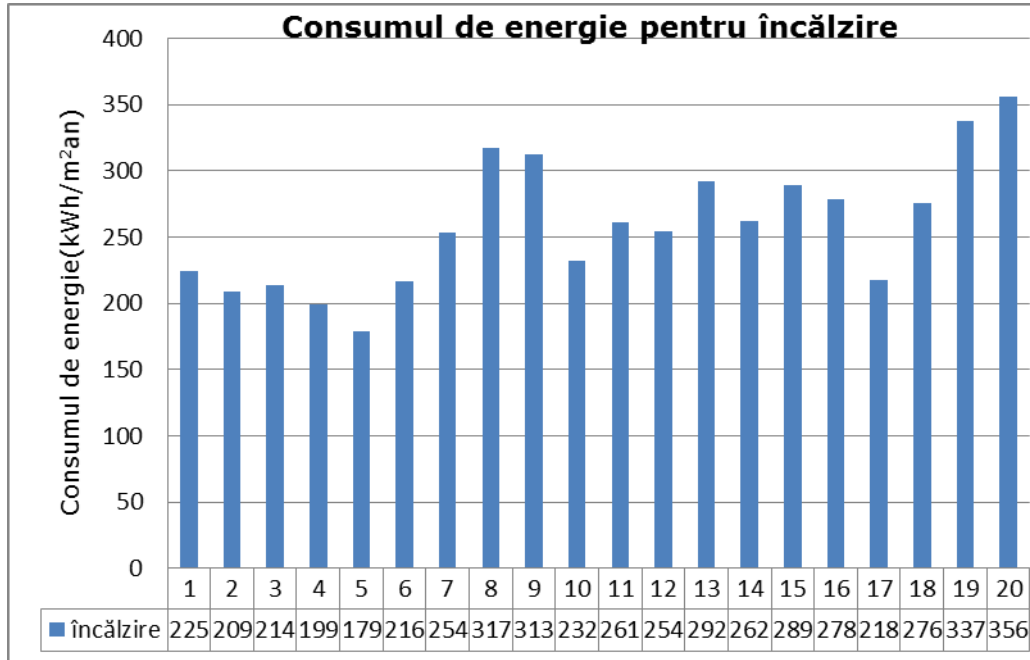


Fig.5.31. Consumul de energie pentru încălzire a clădirilor studiate

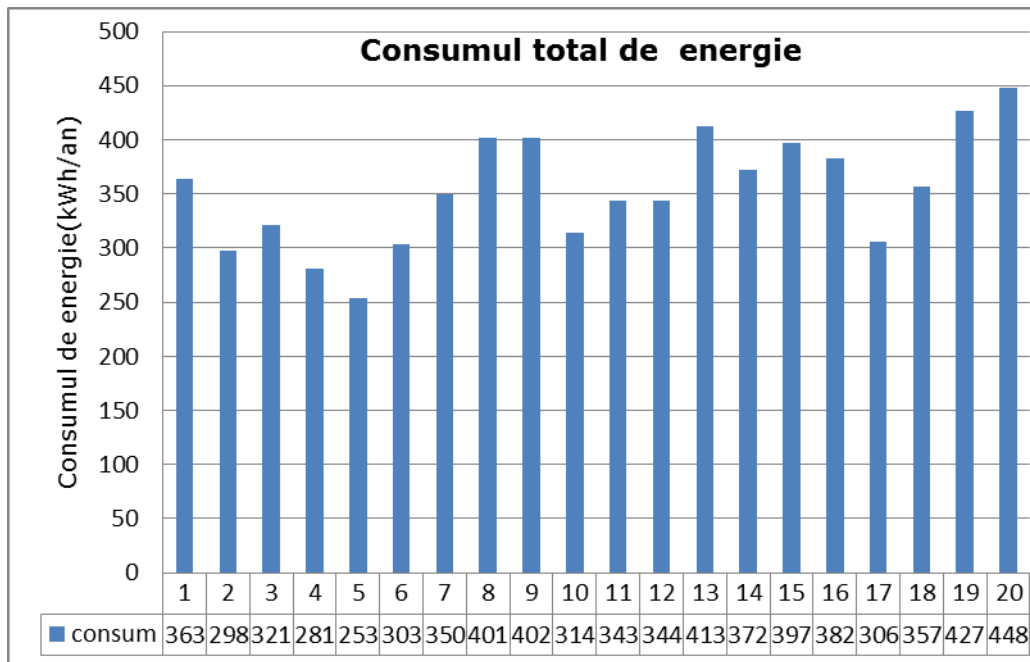


Fig.5.32. Consumul total de energie al clădirilor studiate

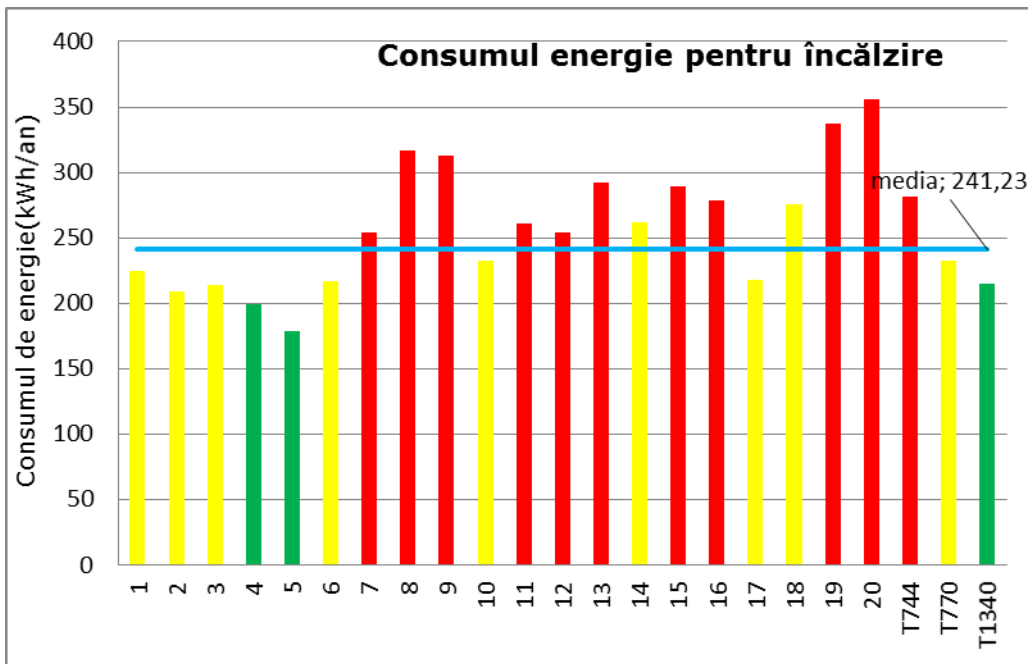


Fig.5.33. Consumul de energie pentru încălzire a blocurilor studiate, media consumurilor și comparație cu consumurile proiectelor tip

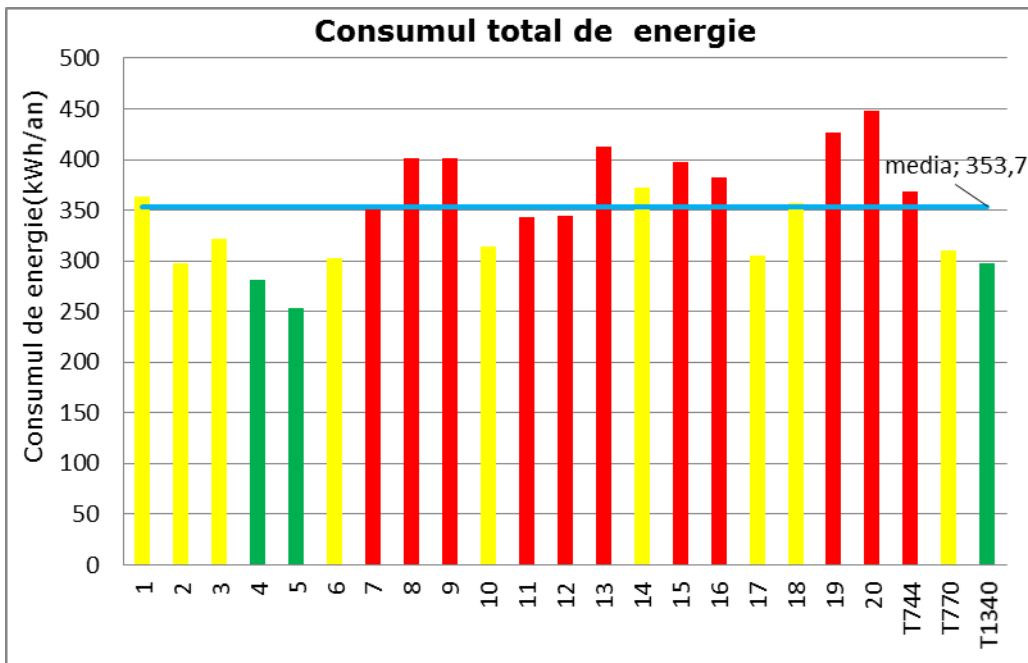


Fig.5.34. Consumul total de energie a blocurilor studiate, media consumurilor și comparație cu consumurile proiectelor tip

Analizând figurile 5.33 și 5.33, se constată că media consumurilor de energie, atât pentru încălzire, cât și pentru consumul total de energie pentru cele 20 de clădiri studiate, este foarte aproape de media consumurilor clădirilor realizate conform celor 3 proiecte tip. Se poate constata că deși blocurile analizate nu sunt realizate conform proiectelor tip în totalitate, existând anumite diferențe între ce era prevăzut în proiectele tip și ceea ce s-a realizat în realitate, consumurile pe categorii de blocuri asimilate proiectelor tip, sunt foarte apropiate. Ținând cont de acest lucru, pentru reabilitarea lor se pot aplica cele 3 soluții de reabilitare termică prezentate la punctul 5.4.2. Conform studiilor de la punctul 5.4.3, aceste soluții ar reduce consumul de energie pentru încălzire sub pragul de 100 kWh/m²an.

Aceste soluții prevăd următoarele:

- **Soluția 5(S5)** - reabilitarea termică a plăcii peste subsol, a terasei și a pereților exteriori astfel încât rezistența termică corectată a planșeului peste subsol să fie 2,90 m²K/W, rezistența termică a terasei să fie 5,00 m²K/W, iar rezistența termică a pereților să fie 1,80 m²K/W;

- **Soluția 6(S6)** - reabilitarea termică a tuturor elementelor de anvelopă (S5) și înlocuirea ferestrelor exterioare existente cu ferestre cu tâmplarie din PVC și geam termoizolant cu o rezistență termică de 0,625 m²K/W;

- **Soluția 8(S8)** - reabilitarea termică a pereților exteriori cu un strat de 150 mm polistiren expandat și înlocuirea ferestrelor exteriorare existente cu ferestre cu tâmplarie din PVC și geam termoizolant cu o rezistență termică de 0,625 m²K/W.

Din punct de vedere a economiei de energie, toate aceste trei soluții amintite mai sus se pot aplica. Cu toate acestea, soluția 6 este cea mai eficientă și totodată, o soluție recomandată pentru aceste tipuri de clădiri, atunci când se ține cont de economia de energie.

6. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

6.1. Concluziile tezei

1. Din punct de vedere al cerințelor Directivelor Europene, valabile pentru toate statele membre ale Uniunii Europene, cu privire la producția de energie din surse regenerabile, România ocupă doar locul 10, cu o producție de 5,242 milioane TEP, ceea ce o clasează sub media producției de energie din surse regenerabile la nivelul Uniunii Europene (figura 2.2).

2. România este pregătită doar parțial din punct de vedere al normativelor și al legilor pentru a răspunde cerințelor Directivelor Europene referitoare la eficiența energetică. Normativul românesc privind calculul termotehnic al elementelor de construcție - C107 tratează superficial reabilitarea termică a clădirilor existente, nu impune anumite performanțe ale elementelor de anvelopă sau un consum maxim de energie, oferind doar recomandări. Ca și răspuns la cerințele Directivelor Europene, în anul 2005 a intrat în vigoare legea 372 care impune o verificare a clădirilor din punct de vedere energetic. Pentru verificarea consumului de energie a fost elaborată Metodologia de calcul privind performanța energetică a clădirilor care, conform cerințelor Normativului C107 stabilește că pentru proiectarea și verificarea unei clădiri din punct de vedere al economiei de energie trebuie avute în vedere următoarele: condițiile de amplasare, conformarea arhitecturală, parametrii de calcul termo-higro-energetic, dimensionarea termică a elementelor de anvelopă și verificarea configurării termice a clădirii.

3. Directivele Europene prevăd ca toate construcțiile noi să fie construcții eficiente energetic. Cele mai cunoscute și accesibile concepte de construcții eficiente energetic sunt casa pasivă și casa (clădirea) cu consum de energie aproape zero. Datorită faptului că aceste concepte sunt destul de răspândite în Europa, adoptarea lor ca și concept de construcție în România se poate face cu ușurință.

Casa pasivă este definită prin consum de energie pentru încălzire și răcire de maxim $15kWh/m^2an$, consum primar total de $120 kWh/m^2an$ și confort interior ridicat.

Casa pasivă este caracterizată prin:

- izolare termică foarte bună;
- formă geometrică care să permită câștigurile solare;
- capacitatea de a valorifica căldura pasivă;
- sistem de ventilare cu recuperare de căldură;
- aparatură casnică și iluminat interior cu consum redus de energie.

O casă cu consum de energie aproape zero se definește ca fiind casa care folosește foarte puțină energie (o cantitate aproape egală cu zero) de la rețeaua națională sau din surse convenționale. Ea se caracterizează prin:

- toate caracteristicile geometrice și termotehnice ale unei case pasive;

- o sursă regenerabilă de energie.

Pentru proiectarea casei pasive trebuie ținut cont de:

- orientarea clădirii;
- forma geometrică a clădirii;
- anvelopa;

- eliminarea punților termice;
- etanșeitatea clădirii;
- sistemul de ventilare cu recuperare de căldură.

Pentru proiectarea casei cu consum de energie aproape zero trebuie ținut cont de:

- orientarea clădirii;
- forma geometrică a clădirii;
- anvelopa;
- eliminarea punților termice;
- etanșeitatea clădirii;
- sistemul de ventilare cu recuperare de căldură;
- sursa regenerabilă de energie.

4. Având ca și reper definiția casei pasive, putem trage concluzia că acest tip de casă reprezintă cea mai bună modalitate de a îndeplini cerința Directivelor Europene cu privire la reducerea consumului de energie. Cu toate acestea, pentru a putea realiza o casă pasivă trebuie avut în vedere datele climatice exterioare rezultate din măsurători periodice și faptul că temperatura interioară are un efect foarte mare asupra consumului de energie pentru încălzire.

Temperatura de 20°C stabilită de către Institutul de Case Passive pentru verificarea consumului de energie nu satisface cerințele de confort termic interior. Pe lângă cerințele esențiale care prevăd o termoizolare foarte bună, o orientare favorabilă, o formă cât mai compactă și instalarea unui sistem de ventilare cu recuperare de căldură, pentru o casă pasivă, în faza de proiectare sunt foarte importante următoarele:

- eliminarea punților termice;
- utilizarea datelor climatice exterioare rezultate din măsurători periodice;
- utilizarea unei temperaturi interioare pentru verificarea necesarului de căldură de peste 21°C.

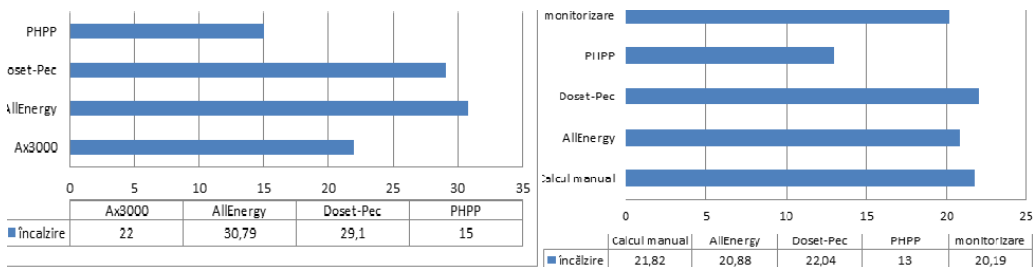


Fig.6.1. Consumul de energie pentru încălzire la casa pasivă (în stânga - fază de proiect, în dreapta - fază de exploatare)

Datorită faptului că acest tip de casă presupune un necesar de energie foarte mic datorită termoizolației, efectul punților termice este semnificativ. Acest lucru se poate observa și în figura 7.1. la diferențele de valori obținute cu programele AllEnergy și DosePec în cele două faze (proiectare și exploatare), întrucât la faza de proiectare s-a ținut cont de efectul punților termice.

Verificarea consumurilor de energie în faza de exploatare s-a realizat folosind ca și temperatură interioară de calcul 20°C pentru programul PHPP și 21,5°C pentru celelalte programe. Se constată că valorile obținute cu ajutorul

prgramelor la care s-a folosit temperatura de 21,5°C sunt foarte apropiate de valorile obținute din monitorizare.

Recomand ca pentru proiectarea unei case pasive să se facă bilanțul energetic folosind o temperatură interioară de peste 21°C și să se țină cont de faptul că punțile termice trebuie eliminate.

5. Cea mai bună modalitate de realizare a unei case cu consum de energie aproape zero constă în prevederea unui sistem de panouri solare fotovoltaice unei case alcătuită după conceptul de casă pasivă.

6. Domeniul construcțiilor este responsabil de circa 40% din consumul total de energie din România. Producția medie de energie electrică în România este de 7130 MW iar consumul de energie doar pentru întreținerea clădirilor de locuit este de 12226 MW. Reabilitarea termică a tuturor clădirilor de locuit din România ar reduce consumul de energie pentru întreținere sub 7200 MW, consum care ar putea fi acoperit doar din energie electrică produsă la ora actuală.

7. În Timișoara sunt aproximativ 3640 de clădiri colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate cu 5 niveluri. Aceste clădiri au fost construite în perioada 1962-1992 pe baza proiectelor tip realizate de către IPCT București și adaptate de către IPROTIM. Cele mai des întâlnite proiecte tip în Timișoara sunt proiectele T744-IPCT, T770-IPCT și T1340-IPCT. În stadiul actual în care se află clădirile construite pe baza acestor proiecte tip, necesarul mediu de energie de pentru încălzire este de aproximativ 250 Kwh/m²an iar necesarul total de energie de aproximativ 325 Kwh/m²an. În urma analizei a 8 tipuri de soluții de reabilitare termică s-a ajuns la concluzia că pentru a putea aplica cerințele Directivei 31/2010 este necesară reabilitarea termică a tuturor elementelor de envelopă astfel încât rezistența termică corectată a planșeului peste subsol să fie 2,90 m²K/W, rezistența termică corectată a terasei să fie 5,00 m²K/W, iar rezistența termică corectată a pereților să fie 1,80 m²K/W și înlocuirea ferestrelor exterioare existente cu ferestre cu tâmplarie din PVC și geam termoizolant cu o rezistență termică de 0,625 m²K/W (soluția 6 prevăzută la capitolul 6).

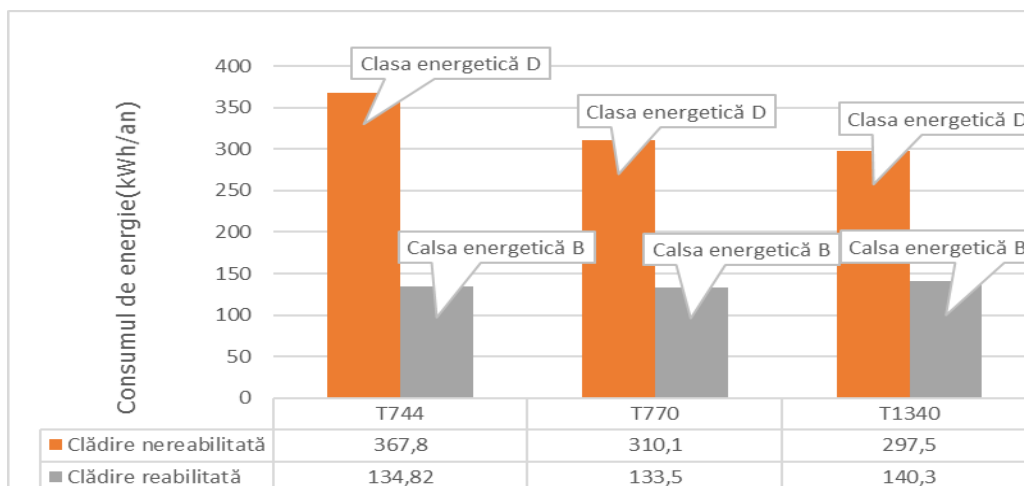


Fig.6.2. Consumul total de energie în varianta nereabilitată și în varianta reabilitată conform soluției 6

Consumurile de energie folosind această soluție de reabilitare termică pot să scadă cu peste 50% așa cum se poate vedea și în figura 7.2.

8. Proiectele tip utilizate în Timișoara s-au realizat sub diferite tipologii funcție de perioada în care au fost realizate și funcție de zona în care urmau să fie amplasate. Am identificat peste 52 de tipologii diferite, dintre care în jur de 20 tipologii de bază. În urma verificării bilanțului energie se constată că toate aceste clădiri au un necesar de energie foarte apropiat de cel al clădirilor realizate conform proiectelor tip (figura 7.3), astfel că se poate adopta soluția care constă în reabilitarea termică a plăcii peste subsol, a terasei și a pereților exteriori pentru ca rezistența termică corectată a planșeului peste subsol să fie $2,90 \text{ m}^2\text{K/W}$, rezistența termică corectată a terasei să fie de $5,00 \text{ m}^2\text{K/W}$, iar rezistența termică corectată a pereților să fie de $1,80 \text{ m}^2\text{K/W}$ și înlocuirea ferestrelor exteriorare existente cu ferestre cu tâmplarie din PVC și geam termoizolant cu o rezistență termică de $0,625 \text{ m}^2\text{K/W}$. Din punct de vedere al economiei financiare și al reducerii perioadei de recuperare a investiției reabilitării termice, este mai eficient să nu se includă schimbarea tâmplăriei.

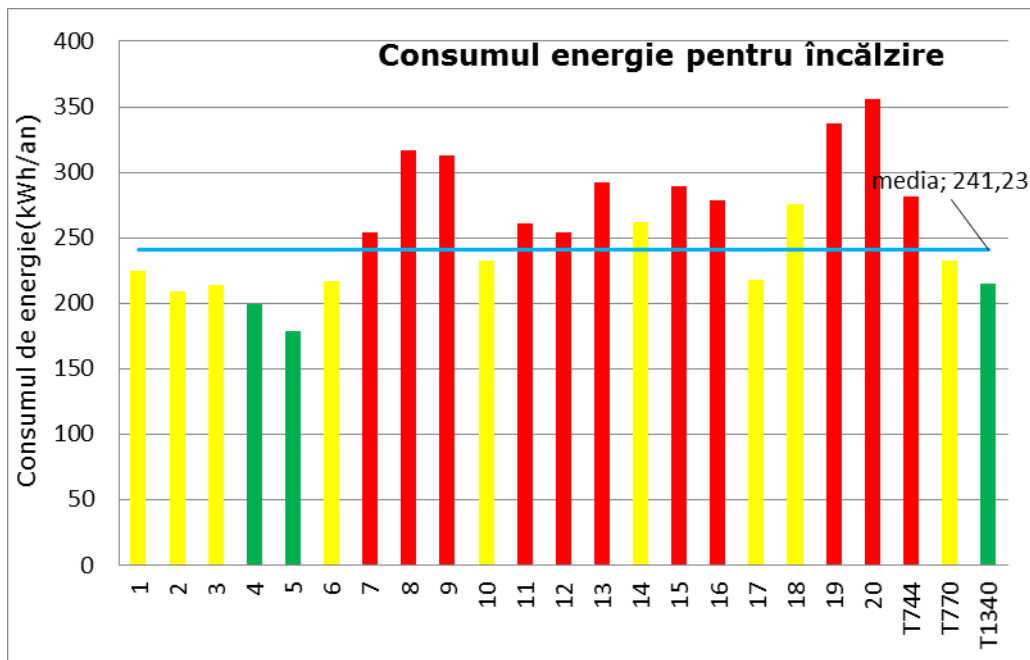


Fig.6.3. Consumul de energie pentru încălzirea blocurilor studiate, media consumurilor și comparație cu consumurile proiectelor tip

Analizând aceste posibilități de reabilitare termică, se constată că cerințele minime prevăzute de normativul C107 din 2005 cu completările din 2010 pentru clădirile noi, trebuie să fie impuse și pentru clădirile care urmează să fie reabilitate. La ora actuală, conform normativului C107, aceste cerințe au doar formă de recomandare. Prin urmare, recomand ca aceste cerințe referitoare la rezistențele termice minime pentru clădirile noi să devină obligatorii și în cazul clădirilor care se reabilitează.

9. O posibilitate de a îndeplini prevederile Directivei Europene referitoare la acoperirea necesarului de energie cu energie produsă din surse regenerabile, în cazul clădirilor colective cu structură de rezistență din panouri mari prefabricate din beton armat poate consta în montarea unui sistem de panouri solare fotovoltaice pe acoperișul clădirii. Utilizând această soluție se poate acoperi doar 20% din necesarul de energie pentru fiecare clădire, așa cum se poate vedea și în figura 7.4.

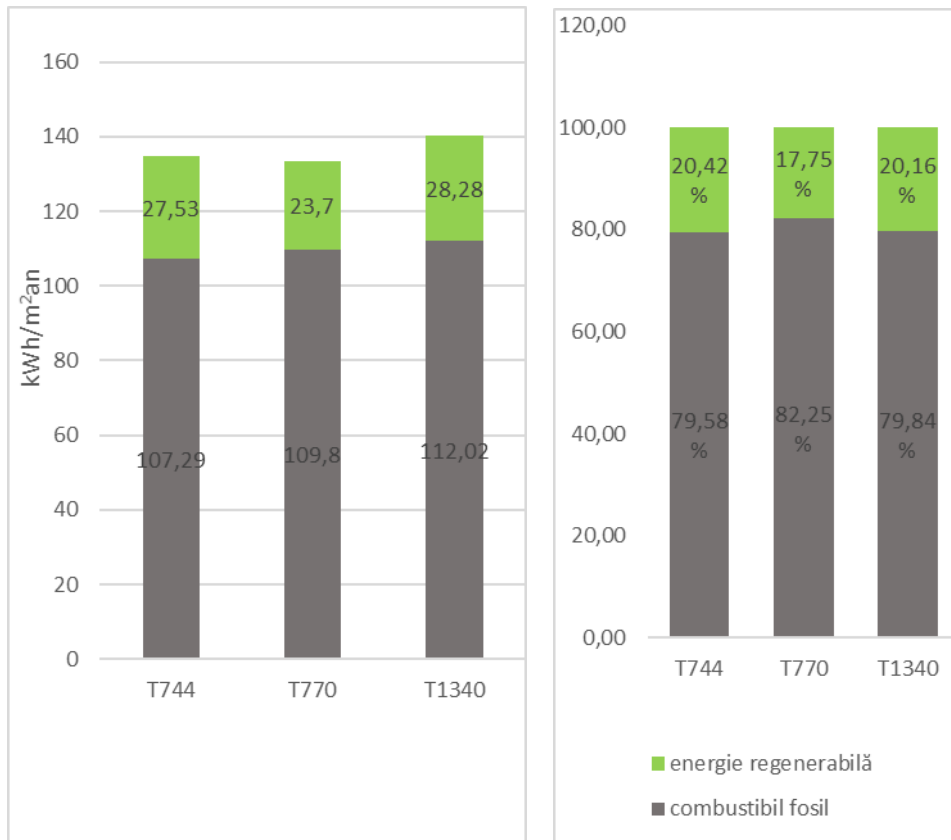


Fig.6.4. Energie produsă din combustibil fosili/ energie regenerabilă provenită de la panouri solare fotovoltaice montate pe acoperișul clădirii

6.2. Contribuții personale

1. Studiul și prelucrarea sintetică a unui vast material bibliografic ce constă în studierea unor teze de doctorat, cărți de specialitate, normative și legi românești, directive europene cu privire la eficiența energetică și articole din diverse reviste de specialitate.
2. Realizarea bilanțului energetic cu programele de calcul PHPP, Doset-Pec, AllEnergy, Ax3000 și cu procedura realizată în MathCad pentru casa pasivă din Dumbrăvița în vederea verificării cerințelor impuse pentru o casă pasivă.
3. Studiul amplasării senzorilor și participarea la montarea acestora la casa pasivă în toate fazele. Verificarea modului de termoizolare, verificarea stării tehnice a anvelopei și determinarea punților termice prin termografiere în vederea stabilirii în ce măsură s-a reușit eliminarea acestora.
4. Centralizarea și prelucrarea rezultatelor monitorizate atât de la casa pasivă cât și de la casa cu consum de energie aproape zero și analiza confortului termic din casa pasivă raportată la consumul de energie în vederea stabilirii consumurilor de energie și compararea lor cu necesarul de energie obținut în urma bilanțului realizat în faza de proiectare. Din această comparație s-a dedus faptul că pentru a realiza un bilanț termic corect ar trebui să se țină cont de temperatura interioară prielnică locatarului.
7. Co-Participarea la editarea unui îndrumător de case eficiente energetic. Îndrumătorul este în curs de redactare.
6. Elaborarea unei proceduri de calcul al bilanțului energetic pentru a putea urmări fiecare termen care are aport asupra rezultatului final și pentru a putea avea un control asupra duratei de încălzire și asupra temperaturilor exterioare de calcul. Procedura este creată în așa fel încât să se poată avea un control asupra fiecărui termen în vederea modificării și adaptării anumitor valori în funcție de preferințe (durata de încălzire, temperatură exterioară de calcul) - valori care nu pot fi modificate în programele de calcul energetic acreditate.
7. Sistematizarea arhivei IPROTIM cu privire la clădirile cu structură din panouri mari prefabricate din beton armat construite în Timișoara. Verificarea pe teren a planurilor de situație și a proiectelor preluate de la IPROTIM.
8. Inspectarea a peste 2800 de blocuri din Timișoara pentru întregirea și verificarea planurilor de situație preluate de la IPROTIM și pentru identificarea a cât mai multe tipuri de clădiri cu structură din panouri mari prefabricate din beton armat existente în Timișoara, pentru stabilirea numărului de clădiri cu structură din panouri mari cu 5 niveluri în Timișoara și pentru verificarea stării tehnice în care se regăsesc acestea. În urma acestei inspecții s-au identificat peste 52 de tipologii de structuri, din care, în jur de 20 de tipologii predominante.
9. Realizarea bilanțului energetic la peste 40 de clădiri ipotetice plecând de la proiectele tip. Bilanțul energetic s-a realizat pe baza proiectelor tip regăsite în Timișoara. Desemenea, s-a realizat bilanțul energetic pentru aceste proiecte tip în ipoteza reabilitării termice sub diferite soluții.

10. Realizarea termografierii și a bilanțului energetic la peste 70 de clădiri din Timișoara și centralizarea lor în vederea stabilirii gradului de izolare termică și determinării zonelor cu pierderi mari de căldură. Termografierea a oferit prima informație privind starea clădirii din punct de vedere al termoizolării. Recomand ca pentru orice clădire pentru care se dorește realizarea bilanțului termic să se facă mai întâi o termografiere.

11. Realizarea a 8 soluții de reabilitare termică, propuneri de suplimentare a energiei din surse regenerabile de energie și verificarea celor 3 soluții de reabilitare termică care se practică la ora actuală în Timișoara. Aceste soluții s-au realizat în scopul reducerii consumurilor de energie și respectării Directivelor Europene cu privire la eficiența energetică. În urma analizei soluțiilor, s-a constatat că cea mai eficientă soluție constă în reabilitarea termică a plăcii peste subsol, a terasei și a pereților exteriori astfel încât rezistența termică corectată a planșeului peste subsol să fie 2,90 m²K/W, rezistența termică corectată a terasei să fie 5,00 m²K/W, iar rezistența termică corectată a pereților să fie 1,80 m²K/W și înlocuirea ferestrelor exteriorare existente cu ferestre cu tâmplarie din PVC și geam termoizolant cu o rezistență termică de 0,625 m²K/W.

Desemenea, de-a lungul stadiului de doctorat am participat la sesiuni de specializare și am publicat mai multe lucrări științifice având ca și temă eficiența energetică :

Specializări:

1. Participarea în perioada 30 octombrie - 13 noiembrie 2012 la un curs de case pasive la Darmstadt, Germania. Cursul este intitulat "Certified Passive House Designer", a fost inițiat și susținut de către Institutul de Case Pasive de la Darmstadt în perioada 30 octombrie -13 noiembrie 2012.

2. Participarea la discuții cu privire la eficiența energetică la diferite primării din județul Timiș și la Universitatea Tehnică din Darmstadt.

3. Vizitarea și studiul unui complex de case pasive la Linz, Viena (Austria), Darmstadt, Koln, Ulm, Frankfurt (Germania).

Proiecte de cercetare:

În perioadă studiilor de doctorat am avut sprijinul următoarelor proiecte de cercetare:

Grant de cercetare al Consiliului Național pentru Dezvoltare și Inovare, CNDI-UUFISCD, **proiect numărul II-PT-PCCA-2011-3.2-1214-Contract 74/2012**. Grant coordonat de către profesorul universitar Daniel DAN.

Programul **HURO/1001/221/2.2.3**. Proiect de Colaborare între Universitatea Politehnică Timișoara și ArchEnerg Cluster (SolarTech Nonprofit PLC) coordonată de către profesorul universitar Valeriu STOIAN.

Proiect **Posdru/159/1.5/S/137516**, "Creșterea atractivității și performanței programelor de formare doctorală și postdoctorală pentru cercetători în științe inginerești - PARTING" - Coordonator Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca în parteneriat cu Universitatea Politehnică Timișoara.

Lucrări științifice:

Pescari Simon, Daniel Dan, Stoian Valeriu, "Using the laser scanning technology in the rehabilitation of existing buildings", Proceedings of the 2nd International Conference on Structures and Architecture, ICOSA 2013; pp.1135-1142, Guimaraes; Portugal; 24 -26 July 2013, ISBN 978-0-415-66195-9;(ISI)

Stoian Dan, Dencsak Tamas, **Pescari Simon**, Botea Ioana, "Life-cycle assessment of a passive house and a traditional house - Comparative study based on practical experiences, Proceedings of the 3rd International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering, IALCCE 2012, pp 1665-1672, Vienna; Austria; 3 October 2012, ISBN 978-041562126-7

Dan Stoian, **Simon Pescari**, Valeriu Stoian, "Life-cycle cost concept applied for traditional and passive house design" Buletinul AGIR nr. 2-3/2010 aprilie-septembrie- Calitate si securitate ambientala, An XV, nr.2-3/2010, ISSN 1224-7928;

Daniel Dan, Valeriu Stoian, **Simon Pescari**, "Casa pasivă și conceptul de clădire cu consum de energie aproape zero" Instalatii pentru constructii si confortul ambiental, editia a 22-a, 11-12 aprilie, 2013- Timisoara, Romania, ISSN 1842-9491;

Daniel Dan, Valeriu Stoian, Carmen Maduta, **Simon Pescari**, "Passive house-a future house in Romania?" Sustenabilitatea constructiilor: Solutii eficiente pentru proiectarea/executia si reabilitarea cladirilor, pp. 167-173, Timisoara, 25. May 2013, ISBN 978-606-554-662-2;

Marina Lute, Valeriu Stoian, **Simon Pescari**, "Bibliographic study on classical insulation materials used in industry" Sustenabilitatea constructiilor: Solutii eficiente pentru proiectarea/executia si reabilitarea cladirilor, pp. 174-180, Timisoara, 25. May 2013, ISBN 978-606-554-662-2;

Cristina Tanasa, Carmen Maduta, Valeriu Stoian, Daniel Dan, Dan Stoian, **Simon Pescari**, „Study on energy efficiency requirements in buildings”, International conference on urban sustainability, cultural sustainability, Green development, Green structures and clean cars (USCUDAr '14), ediția a 5-a, 22-24 noiembrie 2014, Florența, Italia,

Simon Pescari, Valeriu Stoian, Daniel Dan, Dan Stoian, „Achieving the nearly zero energy building concept - a study based on practical experience”, International conference on urban sustainability, cultural sustainability, Green development, Green structures and clean cars (USCUDAR '14), ediția a 5-a, 22-24 noiembrie 2014, Florența, Italia,

Simon PESCARI, Valeriu STOIAN, Daniel DAN, "The preservation of the "Maria Theresia Bastion" from Timisoara" , Proceedings of the 2nd International conference on Protection of historical constructions, pp 217-222 , ANTALYA, TURKEY, 7-9 MAY, 2014, ISBN 978-975-518-361-9;(ISI)

Stoian Dan, **Pescari Simon**, Sorin-Codrut Florut, Stoian Valeriu, "Behaviour and structural evaluation procedure of a precast R.C. multi-storey building subjected to blast loading", Proceeding of the Final Conference on COST Action C26: Urban Habitat Constructions under Catastrophic Events, pp. 499-503, Naples; Italy; 16-18 September 2010, ISBN 978-041560685-1, SCOPUS;

Simon Pescari, C. Gavrilesu, M Dobrota, Corneliu Bob, "Assesment and rehabilitation of a mixed strcture", Sustenabilitatea constructiilor: Solutii eficiente pentru proiectarea/executia si reabilitarea cladirilor, pp. 126-130, Timisoara, 25. May 2013, ISBN 978-606-554-662-2;

Ioan-Andrei Bindean, **Simon Pescari**, Valeriu Stoian, "Robustness evaluation for condemned buildings and animated simulation of the collapsing elements" Sustenabilitatea constructiilor: Solutii eficiente pentru proiectarea/executia si reabilitarea cladirilor, pp. 38-43, Timisoara, 25. May 2013, ISBN 978-606-554-662-2;

Dan DIACONU, Valeriu STOIAN, Tamás NAGY-GYÖRGY, Sorin-Codrut FLORUT, **Simon PESCARI**, "Solutii de ancorare a compozitelor polimerice utilizate la consolidarea grinzilor din beton armat" , Revista Constructiilor, pp.48-55, Bucuresti, octombrie 2013, ISSN 1841-1290;

Eva Partene, **Simon Pescari**, Valeriu Stoian, Dan Tudor, Luminita Fekete-Nagy, "Theoretical studies on the evaluation of shear capacity of masonry walls built with ceramic blocks with hollows" Sustenabilitatea constructiilor: Solutii eficiente pentru proiectarea/executia si reabilitarea cladirilor, pp. 118-125, Timisoara, 25. May 2013, ISBN 978-606-554-662-2;

ANEXĂ 1 – COST GLOBAL, PROCEDURĂ DE CALCUL REALIZATĂ CONFORM ÎNDRUMĂTORULUI

METODA COSTULUI GLOBAL(LCC)	
Aceasta este o metoda simplificata a costului global	
Costul global se definește ca fiind suma economică dintre eforturile inițiale pentru realizarea unei investiții și cele ulterioare, legate de întreținerea și exploatarea acesteia. Rezultatele in acest program vor fi afisate tabelar	
Costul global=CG	
Note	
Date generale	Introducerea costurilor initiale si a in formatiilor despre proiect
Investitia initiala	Investiata de la inceputul proiectului,executie,asistena tehnica..
Costurile ulterioare	Costurile de intretinere,reparatii,inlocuire si exploatare
Rezultatele	Rezultatele finale in functie de datele de intrare
Datele de intrare in casutele galbene!	
Rezultatele vor fi afisate in casutele albastre!	
In casutele verzi vor fi generate automate costurile in euro!	
$CG = I + \sum_i \sum_{r=0}^n C_{ir} F_{ir}$	

Costuri initiale("I")		lei fara TVA	lei+TVA	euro+TVA
Costuri de deviz (C+M)=				15765
Costuri proiectare (P)=		0	0	0
Studii de teren (St)=		0	0	0
Obtinerea de avize (Ca)=		0	0	0
Asistenta tehnica (Cas)=		0	0	0
NOTA:Costurile in euro vor fi transformate automat in functie de cursului euro-leu				
Costul initial total: I=		0	0	15765

156 Cost global, procedura de calcul realizată conform îndrumătorului – Anexă 1

Costuri ulterioare (C_{it})			
Se recomandă includerea în această categorie a următoarelor categorii: costuri de întreținere, reparații curente, reparații capitale, înlocuiri și de exploatare.			
		lei fara TVA	lei+TVA
- costuri de intretinere	C1	2500	3100
- reparatii curente	C2	0	0
- reparatii capitale	C3	0	0
- inlocuiri	C4	0	0
- modernizari	C5	0	0
NOTA: Costurile in euro vor fi transformate automat in functie de cursului euro-leu			
Costurile ulterioare actualizate			
	C1=	45289,0702	56158,45
	C2=	0	0
	C3=	0	0
	C4=	0	0
	C5=	0	0
suma totala a costurilor ulterioare actualizate		45289,0702	56158,45
Costuri ulterioare esalonate pe ani pe ani			
	1	2	3
	14808	29474,2	44001,1
	6	7	8
	86757	100738	114587
	11	12	13
	155345	168673	181874
	16	17	18
	220728	233434	246018
	4	5	10
	58389,7	72641,2	141889
	9	15	20
	128303	207901	270829
	19	20	
	258483	270829	

Factorii de actualizare (F_{it})			
Factorii de actualizare reprezintă coeficienți de corectare a costurilor consemnate la momente diferite ale perioadei de analiză, pentru a face posibilă echivalarea lor în raport cu un moment stabilit și însumarea economică a acestora. Elementul cel mai important din formula factorilor de actualizare este rata actualizării (a), deoarece de mărimea acesteia depinde atât nivelul acestor factori, cât și perioada cea mai reprezentativă pentru analiză și, în final, însăși decizia de a investi			
n=perioada din durata investiției considerată	perioadă de analiză (ani)		
a=rata de actualizare (dobanda)	a=	5%	
t=intervalul de timp de la data reper	t=	20 ani	(t trebuie introdus - este data reper)
e=rata de escaladare a preturilor (devalorizarea)	e=	4%	
	n=	20	Calcul pentru anul
Factorii de actualizare sunt cei enumerați mai jos			
F_1	se folosește pentru costuri consemnate anterior datei reper		
F_2	se folosește pentru costuri consemnate ulterior datei reper		
F_3	se folosește pentru sumele distribuite uniform pe perioada n , cunoscând valoarea inițială		
F_4	se folosește pentru valoarea inițială cunoscând sumele distribuite uniform		
F_5	se folosește pentru sumele distribuite uniform pe perioada n , cunoscând valoarea finală		
F_6	se folosește pentru valoarea finală cunoscând sumele distribuite uniform		
F_7	se folosește pentru valoarea inițială cunoscând că sumele sunt neuniforme		
	F_x	COSTURILE ULTERIOARE	
$F_1=$	2,653298	18,11563	C1= 45289,07 56158,45 270828,6 costuri de intretinere C1
$F_2=$	0,376889	0,376889	C2= 0 0 0 reparatii curente C2
$F_3=$	0,080243	0,376889	C3= 0 0 0 reparatii capitale C3
$F_4=$	12,46221	0,030243	C4= 0 0 0 inlocuiri C4
$F_5=$	0,030243	0,376889	C5= 0 0 0 modernizari C5
$F_6=$	33,06595		lei fara TVA lei+TVA euro+TVA
$F_7=$	18,11563		
In casutele galbene de mai sus vor fi introduse valorile factorilor de actualizare aleși de către utilizator corespunzătorii fiecărui cost!!!			

Esalonarea costurilor ulterioare pe durata de viață de 20 de ani										
An	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valoare F7	0,990476	1,971519	2,943219	3,905665	4,858944	5,80314454	6,7383527	7,664654	8,582134	9,490875
An	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Valoare F7	10,39096	11,28248	12,1655	13,04012	13,9064	14,7644339	15,614296	16,45607	17,28982	18,11563
An	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cost	14807,62	29474,21	44001,13	58389,69	72641,21	86757,0109	100738,37	114586,6	128302,9	141888,6
An	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cost	155344,5	168673	181874,2	194949,7	207900,7	220728,287	233433,73	246018,2	258482,6	270828,6

<i>Costul global = Costuri inițiale + Costuri ulterioare</i>									
Ca expresie matematică, costul global al unei investiții reprezintă suma costurilor									
relevante aferente investiției respective pe o anumită perioadă de timp, exprimate în valori echivalente la un moment dat,									
respectiv:									
$CG = I + \sum_{t=0}^n \sum C_{it} \cdot F_{it}$									
COSTUL GLOBAL PE CICLUL DE VIATA IN LEI SI EURO ESTE AFISATA IN CASUTELE ALBASTRE DE MAI JOS									
		lei fara TVA	lei +TVA	euro+TVA					
CG=		905781,4049	1123169	286593,6					
NOTA: Rezultatele vor avea o marja de eroare de ±2%!!!									
Rezultatul esalonat pe ani									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30572,619	45239,21	59766,12541	74154,69	88406,21	102522	116503,4	130351,6	144067,9	157653,6
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
171109,88	184438	197639,2361	210714,7	223665,7	236493,3	249198,7	261783,2	274247,8	286593,6
14666,594	14526,91	14388,56071	14251,53	14115,8	13981,36	13848,21	13716,32	13585,69	-157654

ANEXĂ 2 – PROCEDURĂ DE CALCUL REALIZATĂ ÎN MATHCAD PENTRU NECESARUL DE ENERGIE

Temperaturi de calcul ale spațiilor interioare

Nivel	Spatiu	A _j [mp]	θ _{ij} [°C]	A _j θ _{ij} [mp°C]	Σ A _j [mp]	Σ A _j θ _{ij} [mp°C]	θ _i [°C]
Parter	Camera tehnica	7,54	22	165,88	138,4	2797,38	20,21
	Bucatarie	14,78	20	295,6			
	Camera zi	46,98	20	939,6			
Etaj 1	Baie	7,15	22	157,3			
	Dormitor matrimonial	14,78	20	295,6			
	Birou	18,57	20	371,4			
	Dormitor copii I	14,16	20	283,2			
	Dormitor copii II	14,44	20	288,8			

Temperaturile pentru camera de locuit , baie s-au luat din SR 1907/2

$$\theta_i = \frac{\sum \theta_{ij} \cdot A_j}{\sum A_j} = 20.21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Asadar, conform stas 1907, temperatura este de 20.21°C
In continuare se va folosi temperatura de 21.5°C

H - coeficientul de pierderi de caldura al cladirii [W/K]

H_v - coeficientul de pierderi de caldura al cladirii prin ventilare

Categoria clădirii	Clasa de adăpostire	Clasa de permeabilitate			
		ridicată	medie	scăzută	
Clădiri individuale	neadăpostite	1.5	0.8	0.5	
	moderat adăp.	1.1	0.6	0.5	
	adăpostite	0.7	0.5	0.5	
Clădiri cu mai multe apartamente, cămine, internate etc.	dubla expunere	neadăpostite	1.2	0.7	0.5
		moderat adăp.	0.9	0.6	0.5
		adăpostite	0.6	0.5	0.5
	simplă expunere	neadăpostite	1	0.6	0.5
		moderat adăp.	0.7	0.5	0.5
		adăpostite	0.5	0.5	0.5

$$n_a := 0.5 \cdot \text{hr}^{-1}$$

nr. mediu de schimburi de aer (conform Mc 001-PI)
Tabel 1.1

$$C_a := 1.005 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \text{caldura specifica a aerului}$$

$$\delta_a := 1.23 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{densitatea aerului (conform NC 107/4, pg19)}$$

$$V_{\text{www}} := 545 \text{m}^3$$

$$H_V := \delta_a \cdot C_a \cdot n_a \cdot V$$

$$H_V = 93.57 \frac{\text{W}}{\text{K}}$$

Calculul coeficientului de pierderi de caldura al cladirii prin transmisie H_t

L - coeficient de cuplaj termic prin anvelopa exterioara a cladirii [W/K]

Ls - coeficient de cuplaj termic prin sol [W/K]

$H_{\text{u}} := 0$ Nu avem spatii neincalzite

Tabel 1.2: Coeficienti de cuplaj termic al spațiului incalzit					
Elementul de construcție		R _{referinta}	U ^j = 1/R ^j	A ^j	U ^j x A ^j
		[m ² K/W]	[W/m ² K]	[m ²]	[W/K]
Perete	Exterior	1.8	0,555	100,85	55,971
Planseu	Terasa	5	0.2	88,15	17,63
Tamplarie	Exterioara	0.77	1.29	43,44	56,037
Planseu	Consola	2.9	0,344	6,5	6,844
Placa	Sol	4.5	0,222	81,85	18,17
TOTAL					154,652

ΣU_j - transmitanta termica a partii j din anvelopa cladirii [W/m²K]

A_j - aria pentru care se calculeaza U_j [m^2]

$$L := \sum U_j \cdot A_j$$

$$L_{\text{sol}} := 154.652 \frac{W}{K} \quad \text{conform tabel 1.2}$$

$$U := 0.222 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad \text{transmitanta placi peste sol}$$

$$A_{\text{placa}} := 81.85 m^2 \quad \text{aria placi peste sol [W/m²K]}$$

$$P := 0 \quad \text{Perimetru expus al pardoselii [m]}$$

$$\psi_g := 0$$

$$L_s := A \cdot U + P \cdot \psi_g$$

$$L_{\text{sol}} := A_{\text{placa}} \cdot U + P \cdot \psi_g$$

$$L_s = 18.171 \frac{W}{K}$$

$$H_t := L + L_s + H_u$$

$$H_t = 172.823 \frac{W}{K}$$

H - coeficientul de pierdere de caldura al cladirii este

$$H_{\text{sol}} := H_v + H_t$$

$$H = 266.392 \frac{W}{K}$$

Tabel 1.3: Determinarea perioadei de incalzire				
		01 oct- 05 mai		
		Valori conventionale		
Luna	θ_{ext} [°C]	t [zile]	θ_{int} [°C]	θ_{ext} [°C]
Iulie	12	0	21,1	4,445
August	12	0	20,4	
Septembrie	12	7	16,5	
Octombrie	12	31	11	
Noiembrie	12	30	5,6	
Decembrie	12	31	0,8	
Januarie	12	31	-1,6	
Februarie	12	28	1,2	
Martie	12	31	5,8	
Aprilie	12	4	11,2	
Mai	12	0	16,3	
Iunie	12	0	19,4	
		193	zile de incalzire	

Tabel 1.3: Determinarea perioadei de incalzire				
		01 oct- 05 mai		
		Valori conventionale		
Luna	θ_{ext}	t	θ_{int}	θ_{ext}
	[°C]	[zile]	[°C]	[°C]
Iulie	12	0	21,1	4,445
August	12	0	20,4	
Septembrie	12	7	16,5	
Octombrie	12	31	11	
Noiembrie	12	30	5,6	
Decembrie	12	31	0,8	
ianuarie	12	31	-1,6	
Februarie	12	28	1,2	
Martie	12	31	5,8	
Aprilie	12	4	11,2	
Mai	12	0	16,3	
Iunie	12	0	19,4	
		193	zile de incalzire	

$$\theta_{em} := 4.445 \text{ } ^\circ\text{C}$$

conform tabel 1.3 de mai sus
Se va reduce numarul zilelor de incalzire la
170 zile de incalzire(conform datelor monitorizate)

Calculul pierderilor de caldura ale cladirii Q_L

θ_i - Temperatura interioara de calcul

$$\theta_i := 21.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

temperatura interioara de calcul

$$D_z := 170 \text{ day}$$

durata perioadei de incalzire preliminara deteminata grafic
[zile]

$$t := D_z$$

$$t = 4080 \text{ hr}$$

numar de ore perioada de incalzire

$$Q_L := H \cdot (\theta_i - \theta_{em}) \cdot t$$

$$Q_L = 1.473 \times 10^4 \text{ kW}\cdot\text{hr}$$

Calculul apurturilor de caldura ale cladirii Q_g (calcul preliminar pt. $\theta_{e0}=12 \text{ } ^\circ\text{C}$)

$$b := 0 \quad \text{factor de diminuare si se ia 0 cf. Mc001-P11}$$

$$\Phi_i := 4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad \text{flux termic mediu al degajarilor cf. Mc001-P11}$$

$$A_{\text{inc}} := 186.31 \text{m}^2 \quad \text{aria totala a spatiului incalzit m}^2$$

$$\Phi_{\text{in}} := 0 \text{W} \quad \text{fluxul termic mediu al degajarilor interne in spatiile neincalzite}$$

$$\Phi_{\text{ih}} := \Phi_i \cdot A_{\text{inc}}$$

$$\Phi_{\text{ih}} = 745.24 \text{W} \quad \text{fluxul termic mediu al degajarilor interne in spatiile incalzite [W]}$$

$$Q_i := [\Phi_{\text{ih}} + (1 - b) \cdot \Phi_{\text{in}}] \cdot t$$

$$Q_i = 3.041 \times 10^3 \cdot \text{kW} \cdot \text{hr} \quad \text{degajari de caldura interne [kWhr]}$$

$$F_h := 1 \quad \text{pentru ca } \alpha = 0^0 \text{ (nu avem nici o cladire in apropierea constructiei care sa umbreasca)}$$

$$F_0 := 1 \quad \text{factorul partial de corectie pentru proeminente}$$

$$F_f := 1 \quad \text{factorul partial de corectie pentru aripioare}$$

$$F_s := F_h \cdot F_0 \cdot F_f$$

$$F_s = 1 \quad \text{factorul de umbrire a suprafetei}$$

$$A_v := 1$$

$$A_{\text{geom}} := 1 \quad \text{arie totala a elementului vitrat}$$

$$A_{\text{www}} := A_{\text{geom}}$$

$$F_F := \frac{A_v}{A_{\text{geom}}}$$

$$F_{\text{RC}} := 1 \quad \text{factor de reducere pentru ramele vitrajelor}$$

(nu avem punte termica in zona ramei vitrajelor)

$$\varepsilon_{\perp} := 0.7 \quad \text{transmitanta totala la energia solara pentru radiatiile perpendiculare pe vitraj}$$

$$\varepsilon_{\text{sk}} := 0.6 \quad \text{transmitanta totala la energie solara a suprafetei n}$$

$$F_w := \frac{\varepsilon_{\text{sk}}}{\varepsilon_{\perp}}$$

$$F_w = 0.857$$
 factor de transmisie solara

Tabel 1.4: Valori medii ale intensitatii radiatiei solare pentru perioada de incalzire

Luna	Zile	Intensitatea radiatiei solare [W/m ²]			
		N-V	S-V	S-E	N-E
Ianuarie	31	13,8	53,3	53,3	13,8
Februarie	28	26,2	79,9	79,9	26,2
Martie	31	37,3	86,3	86,3	37,3
Aprilie	4	51,6	88,7	88,7	51,6
Mai	0	69,0	84,0	84,0	69,0
Iunie	0	78,3	92,9	92,9	78,3
Iulie	0	79,5	104,3	104,3	79,5
August	0	89,7	110,6	110,6	89,7
Septembrie	7	57,1	111,5	111,5	57,1
Octombrie	31	35,1	100,3	100,3	35,1
Noiembrie	30	15,4	52,5	52,5	15,4
Decembrie	31	11,0	45,0	45,0	11,0

Intensitatea radiatiei solare medii pe sezonul de încălzire se calculează ca o medie ponderată a intensitatilor medii lunare , cu numărul de zile ale fiecărei luni.

Valorile factorilor F_h , F_o , F_f , F_w și g se gasesc in SR ISO 13790 anexa H.

Determinarea ariei receptoare echivalente a suprafetei vitrate A_e									
Tip	Nr. ferestre	Orientare	Latime	Inaltime	A	F_s	F_f	g	ΣA_s
-	-	-	[m]	[m]	[m ²]	-	-	-	[m ²]
Festre	7	S-W	1,10	2,60	2,86	1	1	0,6	12,01
	2	S-E	1,10	2,00	2,20	1	1	0,6	2,64
	2	N-V	1,10	2,60	2,86	1	1	0,6	3,43
	2	N-V	1,10	2,00	2,20	1	1	0,6	2,64
Uzi	1	S-W	1,20	2,60	3,12	1	1	0,6	1,87
	1	S-E	3,60	2,40	8,64	1	1	0,6	5,18

Determinarea ariei receptoare echivalente a suprafeței vitrate A_e									
Tip	Nr. ferestre	Orientare	Latime	Înălțime	A	F _s	F _f	g	ΣAs
-	-	-	[m]	[m]	[m ²]	-	-	-	[m ²]
Ferestre	7	S-W	1,10	2,60	2,86	1	1	0,6	12,01
	2	S-E	1,10	2,00	2,20	1	1	0,6	2,64
	2	N-V	1,10	2,60	2,86	1	1	0,6	3,43
	2	N-V	1,10	2,00	2,20	1	1	0,6	2,64
U?	1	S-W	1,20	2,60	3,12	1	1	0,6	1,87
	1	S-E	3,60	2,40	8,64	1	1	0,6	5,18

Aporturi solare pe orientări			
Orientare	? A_{inj} [m ²]	I_{sij} [W/m ²]	Q_{sij} [W]
S-V	13,88	71,39	990,89
S-E	7,82	71,39	558,26
N-V	6,07	24,94	151,38
	27,77		
TOTAL			1700,53

$$Q_{sj} := 1700,53 \text{ W}$$

$$Q_s := Q_{sj} \cdot t$$

$$Q_s = 6,938 \times 10^3 \text{ kW} \cdot \text{hr}$$

$$Q_g := Q_i + Q_s$$

$$Q_g = 9978,742 \text{ kW} \cdot \text{hr} \quad \text{aporturi totale de caldura}$$

$$\Phi_g := \frac{Q_g}{t}$$

$$\Phi_g = 2,446 \times 10^3 \text{ W}$$

Necesarul de caldura pentru incalzirea Cladirii Q_h

$$\gamma := \frac{Q_g}{Q_L}$$

$$\gamma = 0,677 \quad \text{coeficient adimensional reprezentand raportul dintre aporturi si pierderi}$$

Tabel 1.5: Determinarea capacității termice interioare a clădirii						
Elementul de construcție	Componente	ρ	c	d	A	C
		[kg/m ³]	[J/kgK]	[m]	[m ²]	[J/K]
Perete exterior	1.Mortar de var-ciment	1700	840	0,02	100,85	2880276
	2.Porotherm	1150	870	0,25	100,85	25225106
	3.Mortar de ciment	1800	840	0,015	100,85	2287278
	4.Polistiren	13	1460	0,3	100,85	574239,9
	5. Mortar de ciment	1800	840	0,015	100,85	2287278
Planseu terasa	1.Pietris	1800	840	0,05	88,15	6664140
	2.Beton armat	2500	840	0,05	88,15	9255750
	3.Polistiren expandat	13	1460	0,32	88,15	535387,8
	4.Podina lemn	550	2510	0,05	88,15	6084554
	5.Grânzi de lemn cu T.lz	550	2510	0,25	88,15	30422769
	6.Gipscarton	1000	840	0,01	88,15	740460
Planșeu în consolă	1.Parchet	550	2510	0,022	6,5	197411,5
	2.Folie PEE	1000	1460	0,003	6,5	28470
	3. ?apă de ciment	1800	840	0,06	6,5	589680
	4.Polistiren expandat	13	1460	0,25	6,5	30842,5
	5.Polistiren expandat	13	1460	0,3	6,5	37011
	6.Tencuiala decor. ext.	1700	840	0,005	6,5	46410
Total						87887063

$$C := 87887063 \frac{J}{K} \quad \text{capacitatea termică interioară a clădirii conform tabel 1.5}$$

$$\tau := \frac{C}{H} \quad \text{constanta de timp care caracterizează inerția termică interioară a spațiului încălzit în [hr]}$$

$$\tau = 91.643 \text{ hr}$$

$$\tau_0 := 30 \text{ hr} \quad \text{conform metodologiei Mc 001-1}$$

$$a_0 := 0.8 \quad \text{parametru numeric conform metodologiei Mc 001-1}$$

$$a := a_0 + \frac{\tau}{\tau_0}$$

$$a = 3.855 \quad \text{parametru numeric care depinde de constanta de timp } \tau$$

$$\eta := \frac{1 - \gamma^a}{1 - \gamma^{a+1}} \quad \eta = 0.915$$

$$Q_h := Q_L - \eta \cdot Q_g$$

$$Q_h = 5598.454 \text{ kW} \cdot \text{hr} \quad \text{necesarul de energie pentru încălzirea clădirii}$$

Calculul pentru Consumul de energie-încălzire Q_{th}

$\eta_{em} := 1$ eficiența sistemului de transmisie a căldurii în funcție de tipul de corp de încălzire (Mc II-1 Anexa II. Tab. 1B)

$$Q_{em, str} := \frac{(1 - \eta_{em}) \cdot Q_h}{\eta_{em}}$$

$Q_{em, str} = 0 \text{ kW}\cdot\text{hr}$ pierderi de căldură cauzate de distribuția neuniformă a temperaturii

$\eta_c := 0.91$ eficiența sistemului de reglare (Mc II-1 Anexa II. Tab. 3B)

$$Q_{em, c} := \frac{(1 - \eta_c) \cdot Q_h}{\eta_c}$$

$Q_{em, c} = 553.693 \text{ kW}\cdot\text{hr}$ pierderi de căldură cauzate de dispozitivele de reglare a temperaturii interioare utilizând metoda bazată pe eficiența sistemului de reglare

$$Q_{em} := Q_{em, str} + Q_{em, c}$$

$Q_{em} = 553.693 \text{ kW}\cdot\text{hr}$ pierderi de căldură cauzate de distribuția neuniformă a temperaturii

$Q_d := 0.75 \cdot Q_h$ energia termică pierdută pe rețeaua de distribuție

$$Q_d = 4198.841 \text{ kW}\cdot\text{hr}$$

$$Q_{th} := Q_{em} + Q_d$$

Q_{th} totalul pierderilor de căldură datorită instalației de încălzire, inclusiv pierderile de căldură recuperate. Se includ de asemenea pierderile de căldură suplimentare datorate distribuției neuniforme a temperaturii în încălzi și reglarea imperfectă a temperaturii interioare, în cazul în care nu sunt luate deja în considerare la temperatura interioară convențională

$Q_{rh, h} := 0$ căldură recuperată de la sistemul de încălzire: coloane + racorduri

$$Q_{rh, h} = 0 \text{ kW}\cdot\text{hr}$$

$Q_{rh, w} := 0 \text{ kW}\cdot\text{hr}$ căldură recuperată de la subsistemul de preparare a.a.c.c. pe perioada de încălzire

$$Q_{rh} = 4077.028 \text{ kW}\cdot\text{hr}$$

Calculul consumului de energie pentru apă caldă menajeră

$\rho := 983.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ densitatea apei calde de consum la temperatura de 60 °C

168 Procedură de calcul realizată în mathcad pentru necesarul de energie–Anexă 2

$$c_{ac} := 4.183 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \text{caldura specifica a apei calde de consum la temperatura de } 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$a := 75 \frac{1}{\text{day}} \quad \text{necesarul specific de apa calda de consum pentru o persoana in cladiri de locuit , determinat pe baza analizarii factorilor}$$

$$N_u := 2 \quad \text{numarul de persoane}$$

$$x_1 := 1 \text{ yr}$$

$$V_{ac} := a \cdot N_u \cdot x_1$$

$$V_{ac} = 54.786 \cdot \text{m}^3 \quad \text{volumul necesar de apa calda de consum pe perioada consumata}$$

$$V_{ac} := 54.78 \frac{\text{m}^3}{\text{yr}}$$

$$\theta_{ac} := 60 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{temperatura apei calde de consum}$$

$$\theta_{ar} := 10 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{temperatura medie a apei reci care intra in sistemul de preparare a apei calde de consum}$$

$$Q_{ac} := \rho \cdot c \cdot V_{ac} \cdot (\theta_{ac} - \theta_{ar}) \quad \text{necesarul de caldura pentru prepararea apei calde de consum livrat}$$

$$Q_{ac} = 3.129 \times 10^3 \cdot \text{kW} \cdot \frac{\text{hr}}{\text{yr}}$$

$$f_1 := 1.1 \quad \text{pt obiective alimentate in sistem local}$$

$$f_2 := 1.05 \quad \text{pt instalatii echipate cu baterii monocomanda}$$

$$V_{ac,c} := V_{ac} \cdot f_1 \cdot f_2 = V_{ac}$$

$$V_{ac,c} = 8.491 \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{yr}} \quad \text{volumul corespunzator pierderilor si risipei de apa calda de consum ,pe perioada considerata [m}^3\text{/perioada]}$$

$$\theta_{ac,c} := 50 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{temperatura de furnizare/utilizare a apei calde la punctul de consum}$$

$$\theta_{ar,c} := 10 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{temperatura apei reci care intra in sistemul de preparare a apei calde de consum}$$

$$Q_{ac,c} := \rho \cdot c \cdot V_{ac,c} \cdot (\theta_{ac,c} - \theta_{ar,c})$$

$$Q_{ac,c} = 388.008 \cdot \text{kW} \cdot \frac{\text{hr}}{\text{yr}}$$

$$Q_{ac,d} := \sum U_i \cdot (\theta_m - \theta_{ai}) \cdot L_i \cdot t_H$$

$$U_i := \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln\left(\frac{d_a}{d_i}\right) + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_a}}$$

$$\lambda_{iz} := 0.0462 \frac{W}{m \cdot K} \quad \text{conductivitatea termica a izolatiei}$$

d_a - diametrul exterior al conductei cu izolatie [m]

d_i - diametrul exterior al conductei fara izolatie [m]

$$\theta_m := 60 \text{ } ^\circ\text{C}$$

L_i - lungimea conductei [m]

$$\alpha_a := \frac{1}{0.33} \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Tip	di [m]	da [m]	Li [m]	Ui' [W/mK]	θ_m [°C]	θ_{ai} [°C]	t _{han} [h]	Q _{ac,d} [kWh/an]	t _{total} [h]
Retea de distributie	0,01905	0,028575	23,71628	0,197123534	60	20	5840	1092,089	4632
Coloane	0,01905	0,028575	16,502	0,197123534	60	20	5840	759,8849	4632
Racorduri	0,0127	0,01905	19,7925	0,144696336	60	20	5840	669,0076	4632
Total								2520,981	
L=	7,25	B=	13,65	hg=	3,335	ng=	2		
λ_{iz}	0,0462	α_a	3,030303						

Pentru retea de distributie

$$d_{i, \text{retea}} := 0.0191 \text{ m}$$

$$d_{a, \text{retea}} := 0.02858 \text{ m}$$

$$L_{i, \text{retea}} := 23.716 \text{ m}$$

$$\theta_{m, \text{retea}} := 60 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{temperatura medie a apei calde de consum livrate [°C]}$$

$$\theta_{ai, \text{retea}} := 20 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{temperatura aerului din spatiul unde se afla distributia [°C]}$$

$$t_{Han} := 5840 \frac{\text{hr}}{\text{yr}} \quad \text{numarul de ore in pasul de timp [hr]}$$

$$U_{\text{retea}} := \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln\left(\frac{d_{a, \text{retea}}}{d_{i, \text{retea}}}\right) + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_{a, \text{retea}}}}$$

$$U_{\text{retea}} = 0.197 \frac{W}{m \cdot K}$$

170 Procedură de calcul realizată în mathcad pentru necesarul de energie–Anexă 2

$$Q_{ac.d.retea} := U_{retea} (\theta_{m.retea} - \theta_{ai.retea}) \cdot L_{i.retea} \cdot t_{Han}$$

$$Q_{ac.d.retea} = 1.094 \times 10^3 \cdot kW \cdot \frac{hr}{yr}$$

Pentru coloane

$$d_{i.coloana} := 0.0191m$$

$$d_{a.coloana} := 0.02858m$$

$$L_{i.coloana} := 16.502m$$

$$\theta_{m.coloana} := 60^\circ C \text{ temperatura medie a apei calde de consum livrate } [^\circ C]$$

$$\theta_{ai.coloana} := 20^\circ C \text{ temperatura aerului din spatiul unde se afla distributia } [^\circ C]$$

$$t_{Han} := 5840 \frac{hr}{yr} \text{ numarul de ore in pasul de timp } [hr]$$

$$U_{coloana} := \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \left(\frac{d_{a.coloana}}{d_{i.coloana}} \right) + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_{a.coloana}}}$$

$$U_{coloana} = 0.197 \cdot \frac{W}{m \cdot K}$$

$$Q_{ac.d.coloana} := U_{coloana} (\theta_{m.coloana} - \theta_{ai.coloana}) \cdot L_{i.coloana} \cdot t_{Han}$$

$$Q_{ac.d.coloana} = 761.269 \cdot kW \cdot \frac{hr}{yr}$$

Pentru racorduri

$$d_{i.racord} := 0.0127m$$

$$d_{a.racord} := 0.01905m$$

$$L_{i.racord} := 19.793m$$

$$\theta_{m.racord} := 60^\circ C \text{ temperatura medie a apei calde de consum livrate } [^\circ C]$$

$$\theta_{ai.racord} := 20^\circ C \text{ temperatura aerului din spatiul unde se afla distributia } [^\circ C]$$

$$t_{Han} := 5840 \frac{hr}{yr} \text{ numarul de ore in pasul de timp } [hr]$$

$$U_{racord} := \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \left(\frac{d_{a.racord}}{d_{i.racord}} \right) + \frac{1}{\alpha_a \cdot d_{a.racord}}}$$

$$U_{racord} = 0.145 \cdot \frac{W}{m \cdot K}$$

$$Q_{ac.d.racord} := U_{racord} (\theta_{m.racord} - \theta_{ai.racord}) \cdot L_{i.racord} \cdot t_{Han}$$

$$Q_{ac.d.racord} = 669.044 \cdot kW \cdot \frac{hr}{yr}$$

$$Q_{ac.d} := Q_{ac.d.retea} + Q_{ac.d.coloana} + Q_{ac.d.racord}$$

$$Q_{ac.d} = 2524.377 \cdot kW \cdot \frac{hr}{yr}$$

$$Q_{rwh} := Q_{ac.d.coloana} + Q_{ac.d.racord}$$

$$Q_{rwh} = 1.43 \times 10^3 \cdot kW \cdot \frac{hr}{yr}$$

$$Q_{acm} := Q_{ac}$$

consumul de energie pentru prepararea apei calde de consum

$$Q_{acm} = 3129.099 \cdot kW \cdot \frac{hr}{yr}$$

Calculul consumului de energie pentru iluminat

Tabel 1.6: Calculul consumului de energie pentru iluminat				
Tip incapere	Suprafata	Consum Specific Mediu	Consum anual	Total
	[m ²]	[KWh/an/m ²]	[KWh/an/m ²]	[KWh/an/m ²]
Cameră tehnică (parter)	7,54	7,1	53,534	989,74
Bucatarie (parter)	14,78		104,938	
Cameră zi (parter)	46,98		333,558	
Baie (etaj)	7,15		50,765	
Dormitor (etaj)	15,78		112,038	
Birou (etaj)	18,57		131,847	
Dormitor copii I (etaj)	14,16		100,536	
Dormitor copii II (etaj)	14,44		102,524	

$$S_v := 43.44 m^2 \quad \text{suprafata vitrata a anvelopei}$$

$$S_p := 141 m^2 \quad \text{suprafata pardoselii spatiului incalzit}$$

$$\frac{S_v}{S_p} = 0.308 \quad 0.353 > 0.3, \text{ totalul nu se majoreaza cu } 10\%$$

$$W_{il} := 1345.08 kW \cdot \frac{hr}{yr} \quad \text{conform tabel 1.6}$$

Calculul energie primare si a emisiilor de CO₂

Energia primara

$$Q_{p,hl} := 407 kW \cdot \frac{hr}{yr}$$

$$f_{hl} := 2.8$$

factor de conversie in energie primara conform tabel 1.12. din Buletinul constructiilor vol. 4-7/2 2007

172 Procedură de calcul realizată în mathcad pentru necesarul de energie–Anexă 2

$$Q_{acm} = 3.129 \times 10^3 \cdot \text{kW} \cdot \frac{\text{hr}}{\text{yr}}$$

$$f_{acm} := 2.8$$

factor de conversie in energie primara conform tabel
1.12. din Buletinul constructiilor vol. 4-7/2 2007

$$W_{il} := 1345.08 \text{kW} \cdot \frac{\text{hr}}{\text{yr}}$$

$$f_{il} := 2.8$$

$$E_p := Q_{fh} \cdot f_{hl} + Q_{acm} \cdot f_{acm} + W_{il} \cdot f_{il}$$

$$E_p = 13667.3 \cdot \text{kW} \cdot \frac{\text{hr}}{\text{yr}}$$

Emisia de CO²

$$f_{hl,CO_2} := 0.224 \left(\frac{\text{kg}}{\text{kW} \cdot \text{hr}} \right)$$

$$f_{acm,CO_2} := 0.09 \left(\frac{\text{kg}}{\text{kW} \cdot \text{hr}} \right)$$

$$f_{il,CO_2} := 0.09 \left(\frac{\text{kg}}{\text{kW} \cdot \text{hr}} \right)$$

$$E_{CO_2} := Q_{fh} \cdot f_{hl,CO_2} + Q_{acm} \cdot f_{acm,CO_2} + W_{il} \cdot f_{il,CO_2}$$

$$E_{CO_2} = 493.844 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{yr}} \quad \text{emisia de CO}_2$$

ANEXĂ 3 – MODEL FIȘĂ TEHNICĂ PANOU SOLAR FOTOVOLTAIC



New Energy

New World

Worldwide Energy and Manufacturing USA Co., Limited

AS-6P30

Amerisolar's photovoltaic modules are designed for large electrical power requirements. With a 30-year warranty, AS-6P30 offers high-powered, reliable performance for both on-grid and off-grid solar projects.

Key Features

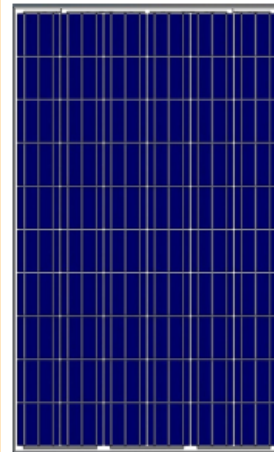
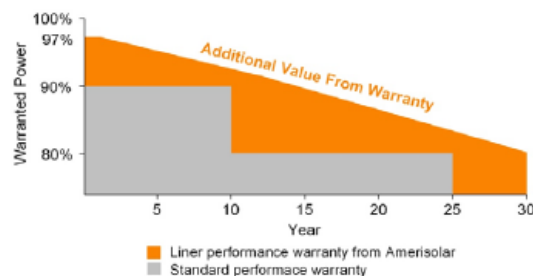
- High module conversion efficiency up to 16.90% through superior manufacturing technology.
- Low degradation and excellent performance under high temperature and low light conditions.
- Robust aluminum frame ensures the modules to withstand wind loads up to 2400Pa and snow loads up to 5400Pa.
- Positive power tolerance of 0 ~ +3 %.
- High ammonia and salt mist resistance.

Quality Certificates

- IEC61215, IEC61730, IEC62716, IEC61701, UL1703, ETL, JET, J-PEC, CE, MCS, CEC, Israel Electric, Kemco
- ISO9001:2008: Quality management system
- ISO14001:2004: Environmental management system
- OHSAS18001:2007: Occupational health and safety management system

Special Warranties

- 12 year limited product warranty.
- Limited power warranty: 12 years 91.2% of the nominal power output, 30 years 80.6% of the nominal power output.



Passionately
committed to
delivering innovative
energy solution

www.weamerisolar.com

174 Model fișă tehnică panou solar fotovoltaic – Anexă 3

Electrical Characteristics

Electrical parameters at STC								
Nominal Power (P_{max})	240W	245W	250W	255W	260W	265W	270W	275W
Open Circuit Voltage (V_{oc})	37.7V	37.9V	38.0V	38.1V	38.2V	38.3V	38.4V	38.5V
Short Circuit Current (I_{sc})	8.57A	8.66A	8.75A	8.83A	8.90A	8.98A	9.06A	9.15A
Voltage at Nominal Power (V_{mp})	29.9V	30.1V	30.3V	30.5V	30.7V	30.9V	31.1V	31.3V
Current at Nominal Power (I_{mp})	8.03A	8.14A	8.26A	8.37A	8.47A	8.58A	8.69A	8.79A
Module Efficiency (%)	14.75	15.06	15.37	15.67	15.98	16.29	16.60	16.90

STC: Irradiance 1000W/m², Cell temperature 25°C, AM1.5

Electrical parameters at NOCT								
Nominal Power (P_{max})	175W	179W	183W	186W	190W	194W	197W	201W
Open Circuit Voltage (V_{oc})	34.7V	34.9V	35.0V	35.1V	35.2V	35.3V	35.4V	35.5V
Short Circuit Current (I_{sc})	6.94A	7.01A	7.09A	7.15A	7.21A	7.27A	7.34A	7.41A
Voltage at Nominal Power (V_{mp})	27.2V	27.4V	27.6V	27.8V	27.9V	28.1V	28.3V	28.5V
Current at Nominal Power (I_{mp})	6.44A	6.54A	6.64A	6.70A	6.81A	6.91A	6.99A	7.06A

NOCT: Irradiance 800W/m², Ambient temperature 20°C, Wind speed 1 m/s

Mechanical Characteristics

Cell type	Polycrystalline 156x156mm(6x6inches)
Number of cells	60 (6x10)
Module dimension	1640x992x40mm(64.57x39.06x1.57inches)
Weight	18.5kg(40.8lbs)
Front cover	3.2mm(0.13inches) low-iron tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP67, 6 diodes
Cable	4mm ² (0.006inches ²), 900mm(35.43inches)
Connector	MC4 or MC4 compatible
Standard packaging	26pcs/pallet
Module quantity per container	728pcs/40'HQ

Temperature Characteristics

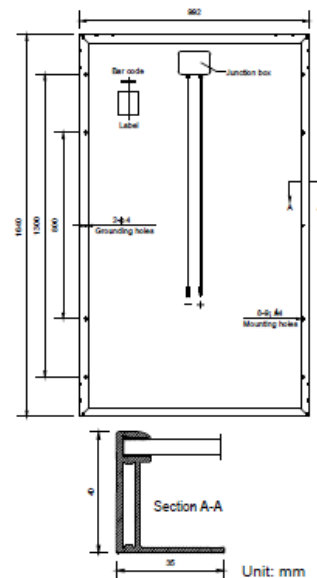
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficients of P_{max}	-0.43%/°C
Temperature Coefficients of V_{oc}	-0.33%/°C
Temperature Coefficients of I_{sc}	0.056%/°C

Maximum Ratings

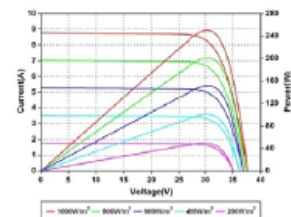
Operating Temperature	-40°C to +85°C
Maximum System Voltage	1000V DC
Maximum Series Fuse Rating	15A

Specifications in this datasheet are subject to change without prior notice.

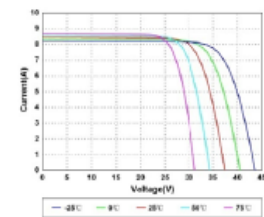
Drawings



I-V Curves



Current-Voltage and Power-Voltage Curves at Different Irradiances



Current-Voltage Curves at Different Temperatures

Worldwide Energy and Manufacturing USA Co., Limited

Tel: +1-650-777-7606

Email: sales@weamerisolar.com

ANEXĂ 4 – IMAGINI CU CLĂDIRILE STUDIATE DIN TIMIȘOARA







178 Imagini cu clădirile studiate din Timișoara – Anexă 4









str. Calea Martirilor T744, T744, T744



str. Calea Martirilor T744



str. Martir Iona Stanciu T744





str. Doctor Ioan Mureșan

T744,

T744



str. Doctor Ioan Mureșan

T744,

T744,

T744



str. Sepia T744,

T744,

T744



str. Sepia T744,

T744,

T744



str. Sepia T744,

T744,

T744



str. Intrarea Vișinului T744, T744, T744



str. Intrarea Vișinului T744, T744



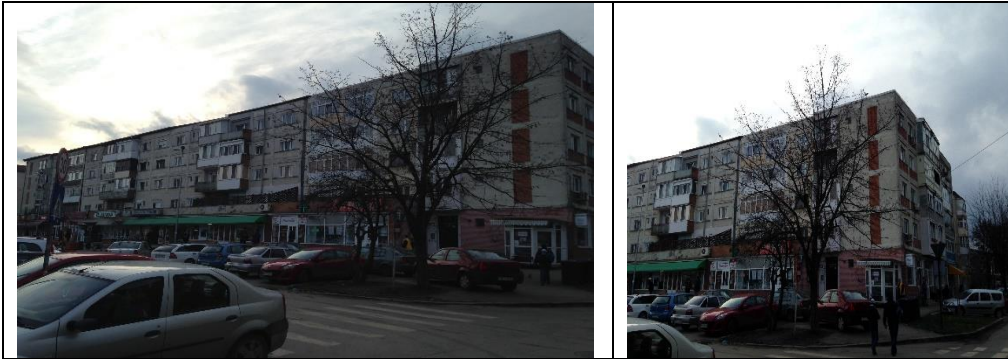
str. Doctor Ioan Mureșan T744, T744, T744



str. Lidia T744, T744, T744



str. Lidia T744, T744, T744



str. Lidia T744,

T744,



str. Lidia T744,



T744,



T744



str. Aștrilor T744,



T744,



T744



str. Orion T744,



T744,



T744



Aleea Icar T744,



T744,



T744



str. Sirius T744,

T744,

T744



str. Sirius T744,

T744,

T744



str. Sirius T744,

T744,

T744



Aleea Icar T744,

T744,

T744



str. Sirius T744

Aleea Icar T744







Str. Pepinierei T744,



T744,



T744



Cal. Martirilor T744,



T744,



T744



Str. Martirilor Iona Stanciu T744,



T744,



T1340



Str. Martirilor Iona Stanciu T744,



T744,



T744



Str. Martirilor Iona Stanciu T744,



T744,



T744













Str. Intrarea Râului T744,



Str. Intrarea Râului T744, T744, T744



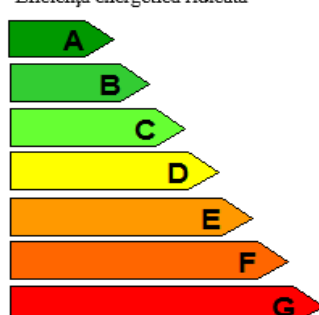
Str. Intrarea Râului T744, T744, T744



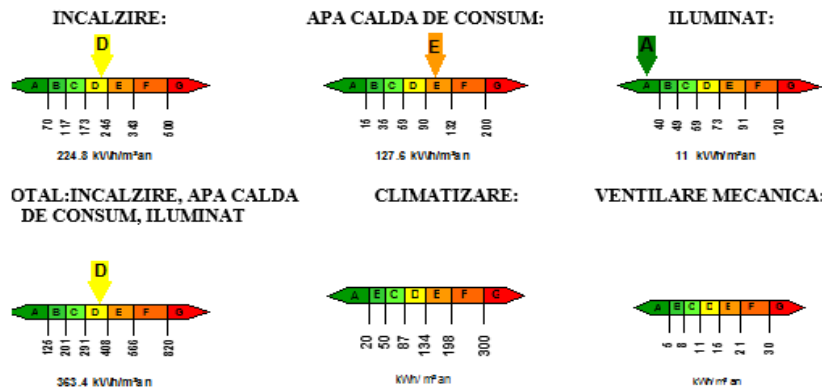
Str. Intrarea Zidului T744, T744, T744

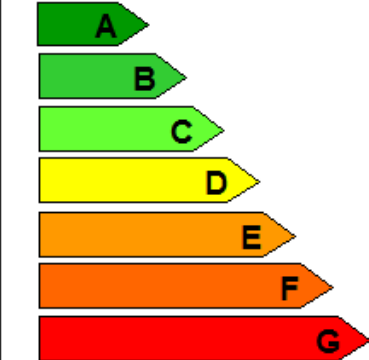



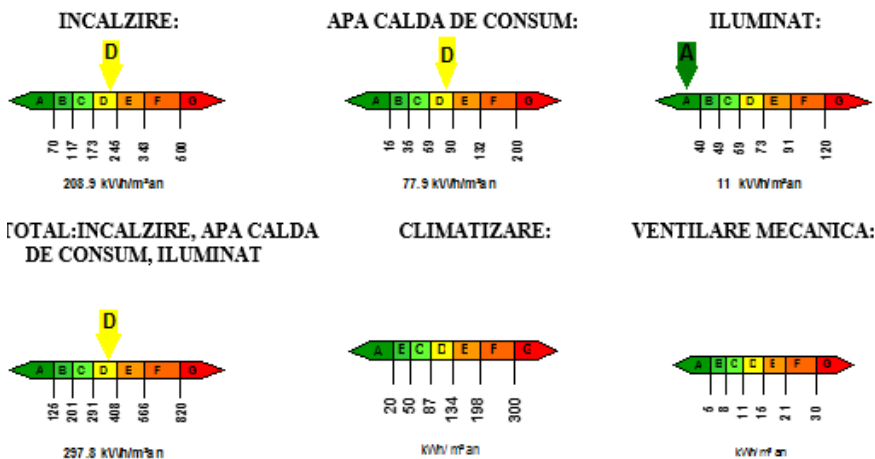
ANEXĂ 5 – CERTIFICATELE DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ A CLĂDIRILOR STUDIATE

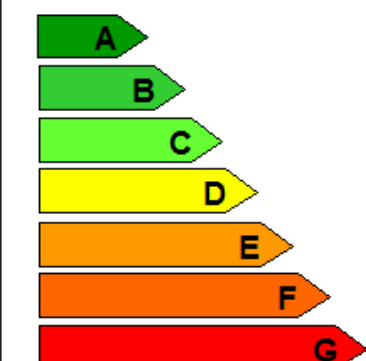

Certificat de performanță energetică	Performanța energetică a clădirii		Notare energetică: 47,2	
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor elaborată în aplicarea Legii 372/2005		Clădirea certificată	Clădirea de referință
	Eficiență energetică ridicată			
				
	Eficiență energetică scăzută			
	Consum anual specific de energie [kWh/m²an]	363,4	171,1	
	Indicele de emisii echivalent CO ₂ [kgCO ₂ /m²an]	78	47	
	Consumul anual specific de energie [kWh/m²an] pentru:		Clasă energetică	
			Clădirea certificată	Clădirea de referință
	Încălzire:	224,8	D	B
Apă caldă de consum:	127,6	E	D	
Climatizare:	-	-	-	
Ventilare mecanică:	-	-	-	
Iluminat artificial:	11,0	A	A	
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]: -0				
Date privind clădirea certificată:				
Adresa clădirii: Timișoara, Județ TIMIȘ		Aria utilă încălzită: 1583,69 m ²		
Categoría clădirii: Clădire cu mai multe apartamente		Aria construită desfasurată: 1696,5 m ²		
Regim de înălțime: S+P+4E		Volumul încălzit al clădirii: 4180,93 m ³		
Anul construirii: -				

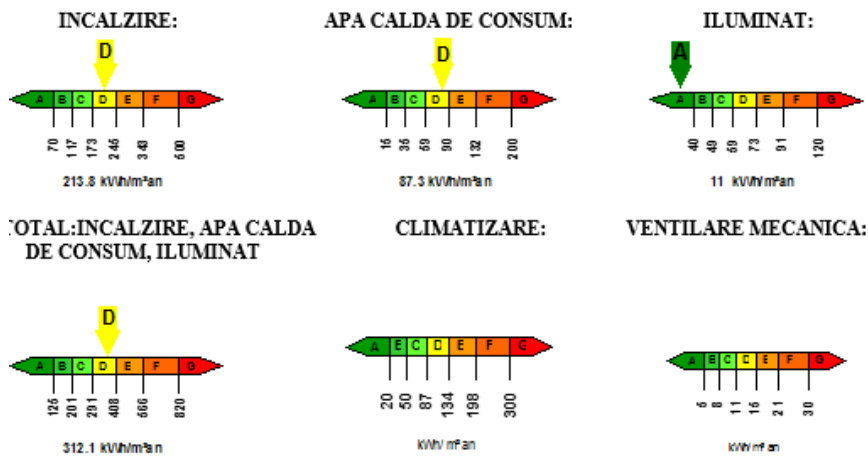
□ Grile de clasificare energetică a clădirii funcție de consumul de căldură anual specific:



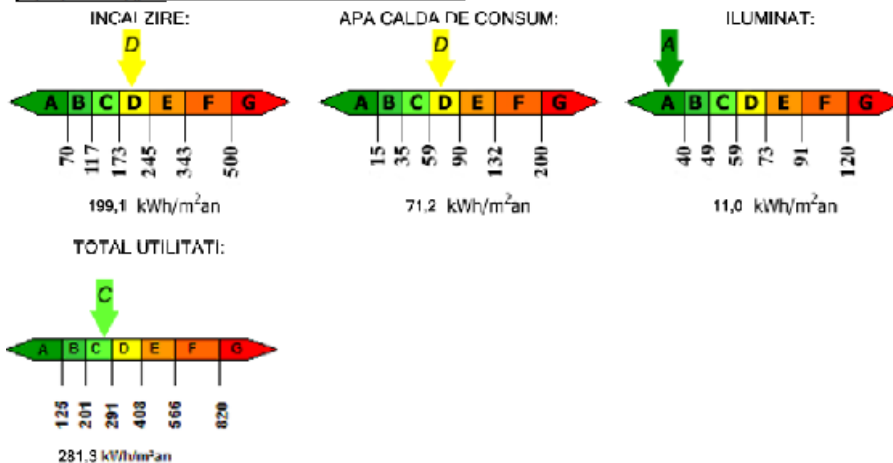
Certificat de performanță energetică	Performanța energetică a clădirii		Notare energetică: 50,1		
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor elaborată în aplicarea Legii 372/2005		Clădirea certificată	Clădirea de referință	
	Eficiență energetică ridicată				
	Eficiență energetică scăzută				
	Consum anual specific de energie [kWh/m²an]	297,8			136,2
	Indicele de emisii echivalent CO ₂ [kg _{CO2} /m²an]	71			38
Consumul anual specific de energie [kWh/m²an] pentru:		Clasă energetică			
		Clădirea certificată	Clădirea de referință		
Încălzire:	208,9	D	B		
Apă caldă de consum:	77,9	D	C		
Climatizare:	-	-	-		
Ventilare mecanică:	-	-	-		
Iluminat artificial:	11,0	A	A		
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]: -0					
Date privind clădirea certificată:					
Adresa clădirii: sc. A. B. Timișoara, jud. TIMIȘ		Aria utila incalzita:	1692,00 m ²		
Categororia clădirii: Cladire cu mai multe apartamente		Aria construită desfasurata:	1830,00 m ²		
Regim de înălțime: S+P+4E		Volumul incalzit al clădirii:	4636,08 m ³		

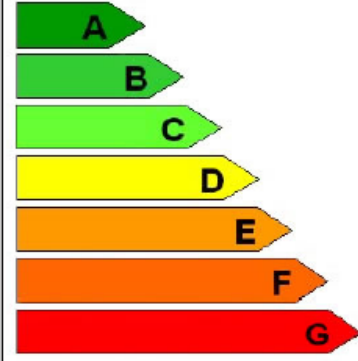

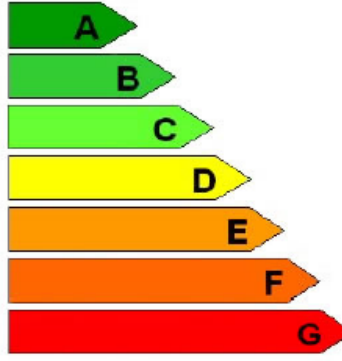


Certificat de performanță energetică	Performanța energetică a clădirii		Notare energetică: 53,7		
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor elaborată în aplicarea Legii 372/2005		Clădirea certificată	Clădirea de referință	
	Eficiență energetică ridicată				
	Eficiență energetică scăzută				
	Consum anual specific de energie [kWh/m²an]	321,1			138,1
	Indicele de emisii echivalent CO ₂ [kg _{CO2} /m²an]	63			28
Consumul anual specific de energie [kWh/m²an] pentru:		Clasă energetică			
		Clădirea certificată			Clădirea de referință
Încalzire:	213,8	D	B		
Apă caldă de consum:	87,3	D	C		
Climatizare:	-	-	-		
Ventilare mecanică:	-	-	-		
Iluminat artificial:	11,0	A	A		
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]: -0					
Date privind clădirea certificată:					
Adresa clădirii:		Aria utila incalzita:		1308,96 m²	
Categorie clădirii: Clădire cu mai multe apartamente		Aria construită desfasurata:		1431,76 m²	
Regim de înălțime: S+P+4E		Volumul incalzit al clădirii:		3481,83 m³	
Anul construirii:					

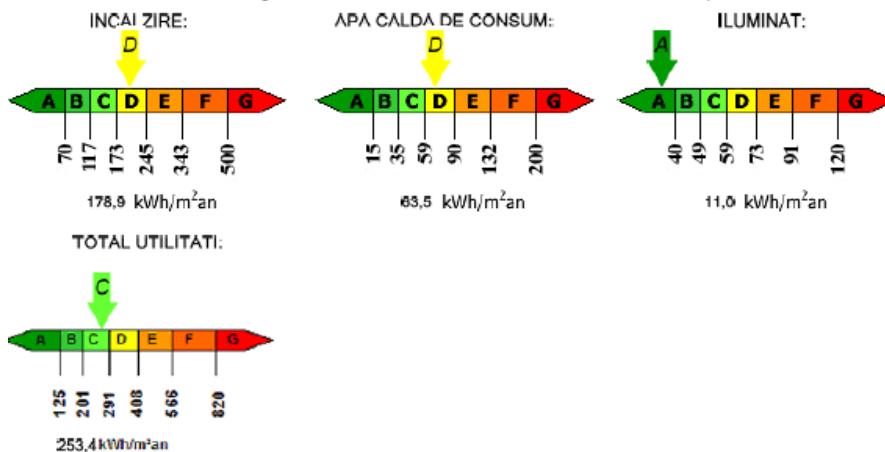


Certificat de performanță energetică	Performanta energetica a cladirii	Notare energetica: 61,5				
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performantei energetice a Cladirilor elaborata in aplicarea Legii 372/2005	Cladirea certificata	Cladirea de referinta			
	Eficiență energetică ridicată					
	Eficiență energetică scăzută					
	Consumul anual specific de energie [kWh/m ² an]			281,3	126,1	
	Indicele de emisii echivalent CO ₂ [kg _{CO2} /m ² an]			66	25	
	Consumul anual specific de energie [kWh/m ² an] pentru:			Clasa energetica		
				Cladirea certificata	Cladirea de referinta	
	Incalzire:			199,1	D	B
	Apa calda de consum:	71,2	D	C		
Climatizare:	-	-	-			
Ventilare mecanica:	-	-	-			
Iluminat artificial:	11,0	A	A			
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m ² an]:		0				
Date privind cladirea certificata:						
Adresa cladirii: Timisoara		Aria utila (incalzita): 912,70 m ²				
Categoria cladirii: Cladire cu mai multe apartamente		Aria construita desfasurata: 1152,00 m ²				
Regim de inaltime: S + P + 4 Etaje		Volumul interior al cladirii: 2409,46 m ³				

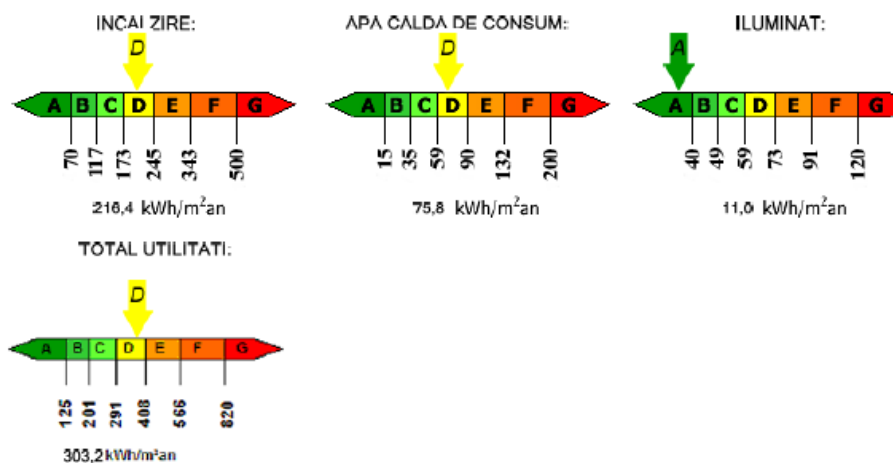


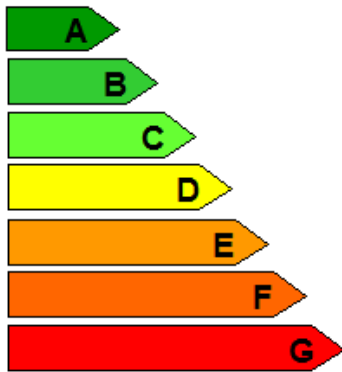
Certificat de performanță energetică	Performanta energetica a cladirii		Notare energetica: 69,1			
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performantei energetice a Cladirilor elaborata in aplicarea Legii 372/2005		Cladirea certificata	Cladirea de referinta		
	Eficiență energetică ridicată					
						
	Eficiență energetică scăzută					
	Consumul anual specific de energie [kWh/m ² an]				253,4	127,4
	Indicele de emisii echivalent CO ₂ [kg _{CO2} /m ² an]				59	25
	Consumul anual specific de energie [kWh/m ² an] pentru:				Clasa energetica	
					Cladirea certificata	Cladirea de referinta
	Incalzire:	178,9	D	B		
Apa calda de consum:	63,5	D	C			
Climatizare:	-	-	-			
Ventilare mecanica:	-	-	-			
Iluminat artificial:	11,0	A	A			
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m ² an]:		0				
Date privind cladirea certificata:						
Adresa cladirii:		Aria utila (incalzita): 1144,20 m ²				
Categororia cladirii: Cladire cu mai multe apartamente		Aria construita desfasurata: 1284,90 m ²				
Regim de inaltime: S + P + 4 Etaje		Volumul interior al cladirii: 3066,46 m ³				

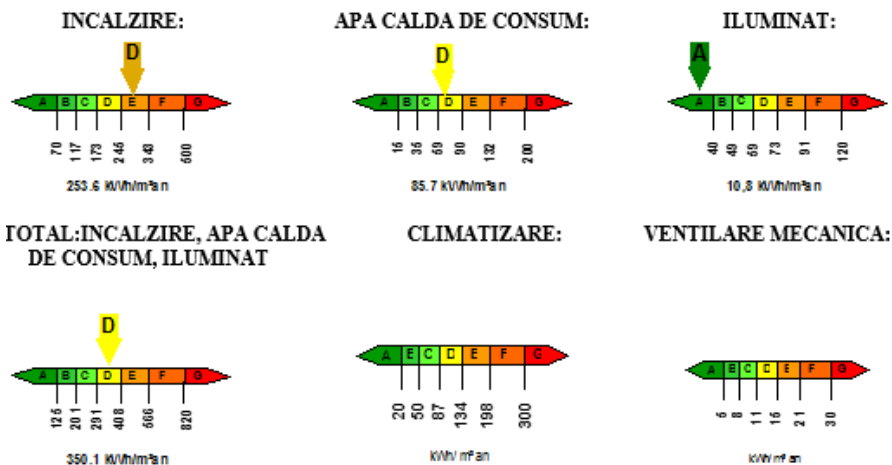
☐ Grile de clasificare energetica a cladirii functie de consumul de caldura anual specific:








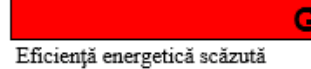
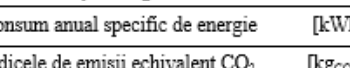


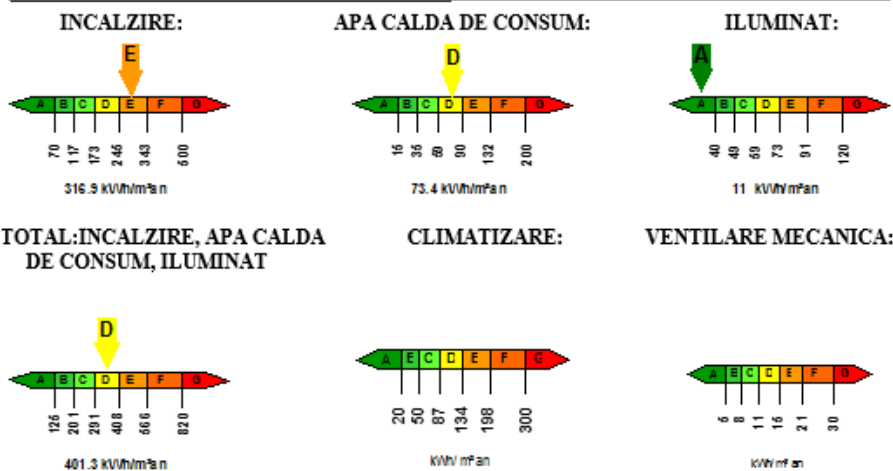
Certificat de performanță energetică	Performanta energetica a cladirii		Notare energetica: 55,5			
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performantei energetice a Cladirilor elaborata in aplicarea Legii 372/2005		Cladirea certificata	Cladirea de referinta		
	Eficientă energetică ridicată					
	Eficientă energetică scăzută					
	Consumul anual specific de energie [kWh/m ² an]				303,2	131
	Indicele de emisii echivalent CO ₂ [kg _{CO2} /m ² an]				71	26
	Consumul anual specific de energie [kWh/m ² an] pentru:				Clasa energetica	
					Cladirea certificata	Cladirea de referinta
	Incalzire:	216,4	D	B		
	Apa calda de consum:	75,8	D	C		
Climatizare:	-	-	-			
Ventilare mecanica:	-	-	-			
Iluminat artificial:	11,0	A	A			
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m ² an]:		0				
Date privind cladirea certificata:						
Adresa cladirii:		Aria utila (incalzita): 1249,00 m ²				
Categoriza cladirii: Cladire cu mai multe apartamente		Aria construita desfasurata: 1375,00 m ²				
Regim de inaltime: S + P + 4 Etaje		Volumul interior al cladirii: 3309,85 m ³				



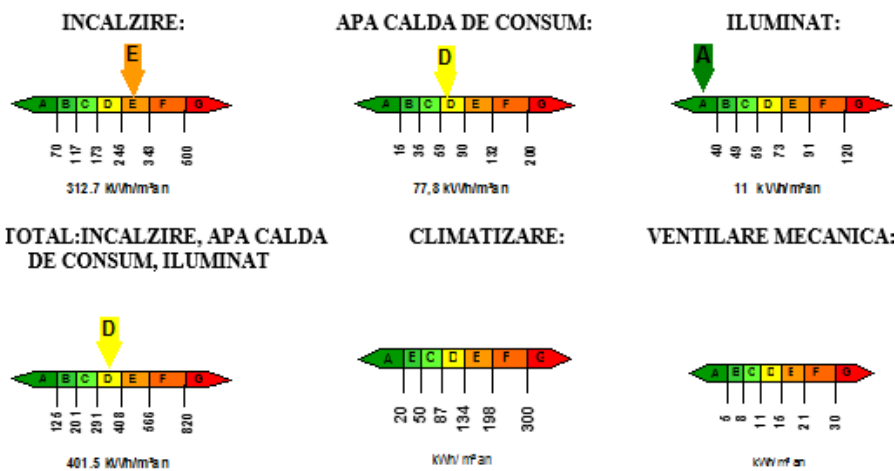
Certificat de performanță energetică	Performanța energetică a clădirii		Notare energetică: 41,2		
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor elaborată în aplicarea Legii 372/2005		Clădirea certificată	Clădirea de referință	
	Eficiență energetică ridicată		D	B	
					
	Eficiență energetică scăzută				
	Consum anual specific de energie [kWh/m²an]				350,1
Indicele de emisii echivalent CO ₂ [kg _{CO2} /m²an]		84			40
Consumul anual specific de energie [kWh/m²an] pentru:		Clasă energetică			
		Clădirea certificată	Clădirea de referință		
Încalzire:	253,6	E	B		
Apă caldă de consum:	85,7	D	D		
Climatizare:	-	-	-		
Ventilare mecanică:	-	-	-		
Iluminat artificial:	10,8	A	A		
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]: -0					
Date privind clădirea certificată:					
Adresa clădirii:		Aria utila:	1066,50 m ²		
Categorie clădiri: Clădire cu mai multe apartamente		Aria construită desfasurata:	1279,8 m ²		
Regim de înălțime: S+P+4E		Volumul incalzit al clădirii:	2847,5 m ³		

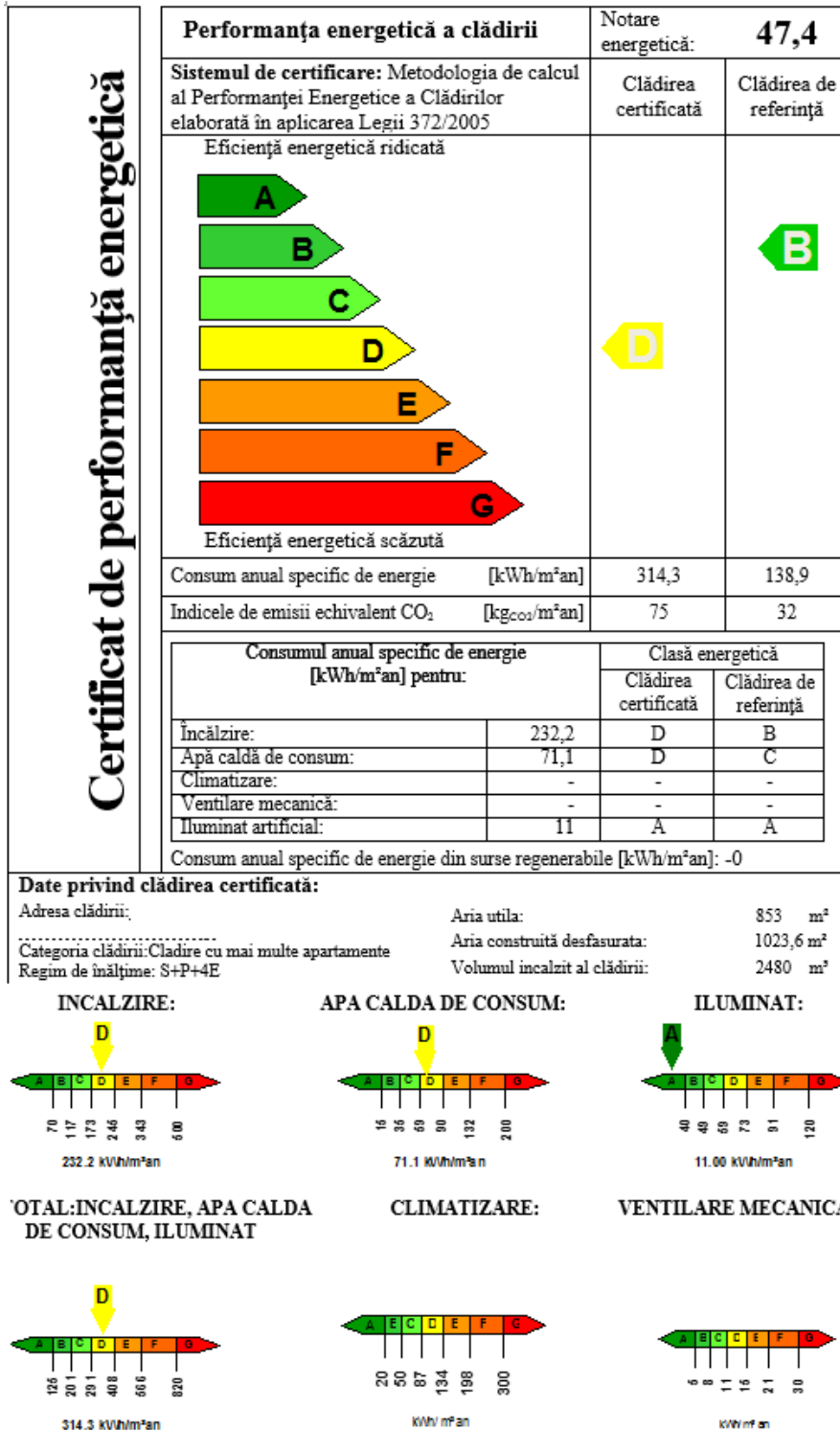




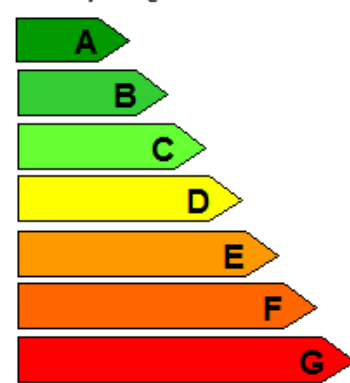
Certificat de performanță energetică	Performanța energetică a clădirii		Notare energetică: 42,3		
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor elaborată în aplicarea Legii 372/2005		Clădirea certificată	Clădirea de referință	
	Eficiență energetică ridicată				
	      				
	Eficiență energetică scăzută				
	Consum anual specific de energie	[kWh/m²an]			401,3
Indicele de emisii echivalent CO ₂	[kgCO ₂ /m²an]	96			40
Consumul anual specific de energie [kWh/m²an] pentru:		Clasă energetică			
		Clădirea certificată	Clădirea de referință		
Încalzire:	316,9	E	B		
Apă caldă de consum:	73,4	E	C		
Climatizare:	-	-	-		
Ventilare mecanică:	-	-	-		
Iluminat artificial:	11	A	A		
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]: -0					
Date privind clădirea certificată:					
Adresa clădirii:		Aria utila incalzita:	1279,94 m ²		
Categororia clădirii: Cladire cu mai multe apartamente		Aria construită desfasurata:	1382,76 m ²		
Regim de înălțime: S+P+4E		Volumul incalzit al clădirii:	3425,11 m ³		

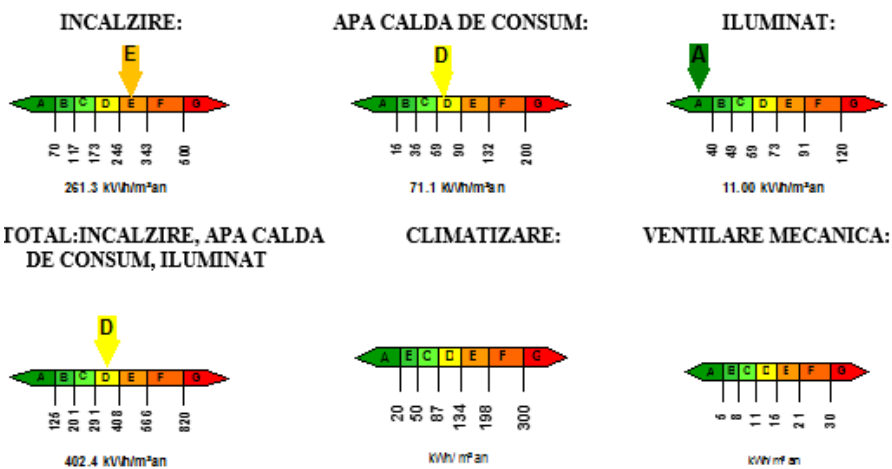


Certificat de performanță energetică	Performanța energetică a clădirii		Notare energetică: 37,9		
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor elaborată în aplicarea Legii 372/2005		Clădirea certificată	Clădirea de referință	
	Eficiență energetică ridicată				
	Eficiență energetică scăzută				
	Consum anual specific de energie [kWh/m²an]				401,5
Indicele de emisii echivalent CO ₂ [kgCO ₂ /m²an]		96			38
Consumul anual specific de energie [kWh/m²an] pentru:		Clasă energetică			
		Clădirea certificată	Clădirea de referință		
Încalzire:	312,7	E	B		
Apă caldă de consum:	77,8	D	D		
Climatizare:	-	-	-		
Ventilare mecanică:	-	-	-		
Iluminat artificial:	11,0	A	A		
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]: -0					
Date privind clădirea certificată:					
Adresa clădirii:		Aria utila:	1298,5 m ²		
Categorie clădire: Clădire cu mai multe apartamente		Aria construită desfasurata:	1558,2 m ²		
Regim de înălțime: S+P+4E		Volumul incalzit al clădirii:	3856 m ³		

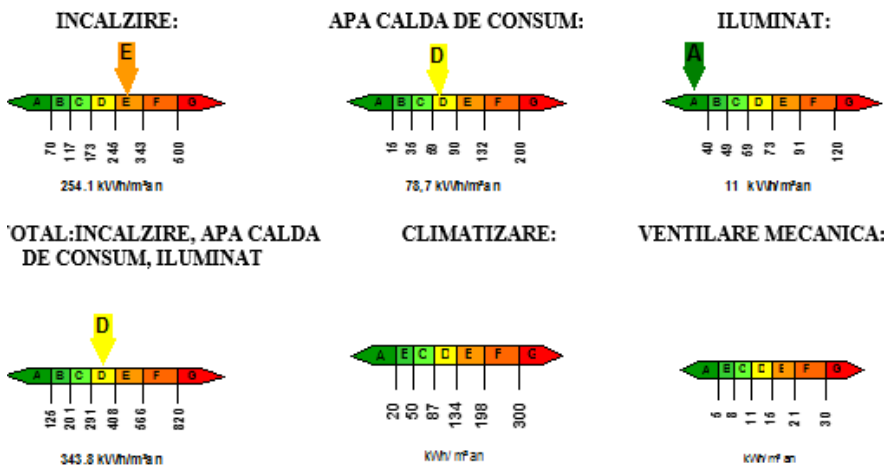




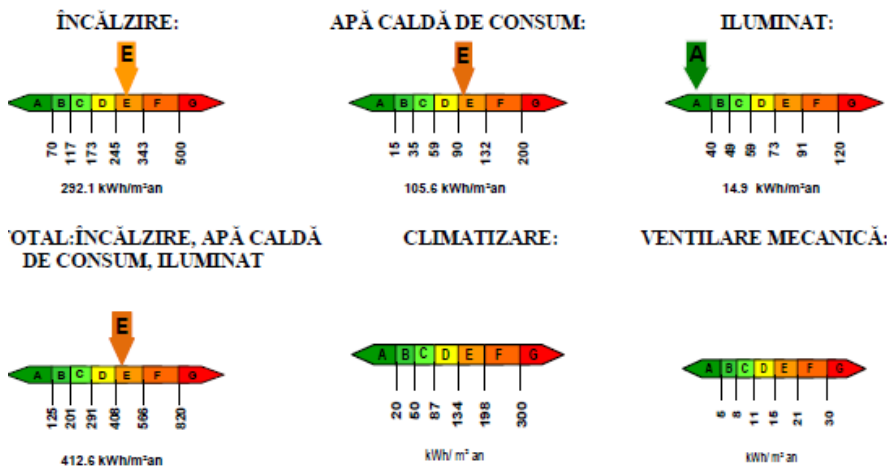
Certificat de performanță energetică	Performanța energetică a clădirii		Notare energetică: 43,1		
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor elaborată în aplicarea Legii 372/2005		Clădirea certificată	Clădirea de referință	
	Eficiență energetică ridicată				
					
	Eficiență energetică scăzută				
	Consum anual specific de energie [kWh/m²an]				343,4
Indicele de emisii echivalent CO ₂ [kg _{CO2} /m²an]		82			33
Consumul anual specific de energie [kWh/m²an] pentru:		Clasă energetică			
		Clădirea certificată	Clădirea de referință		
Încalzire:	261,3	E	B		
Apă caldă de consum:	71,1	D	C		
Climatizare:	-	-	-		
Ventilare mecanică:	-	-	-		
Iluminat artificial:	11	A	A		
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]: -0					
Date privind clădirea certificată:					
Adresa clădirii:		Aria utila:	853 m ²		
Categorie clădire: Clădire cu mai multe apartamente		Aria construită desfasurata:	1023,6 m ²		
Regim de înălțime: S+P+4E		Volumul incalzit al clădirii:	2480 m ³		



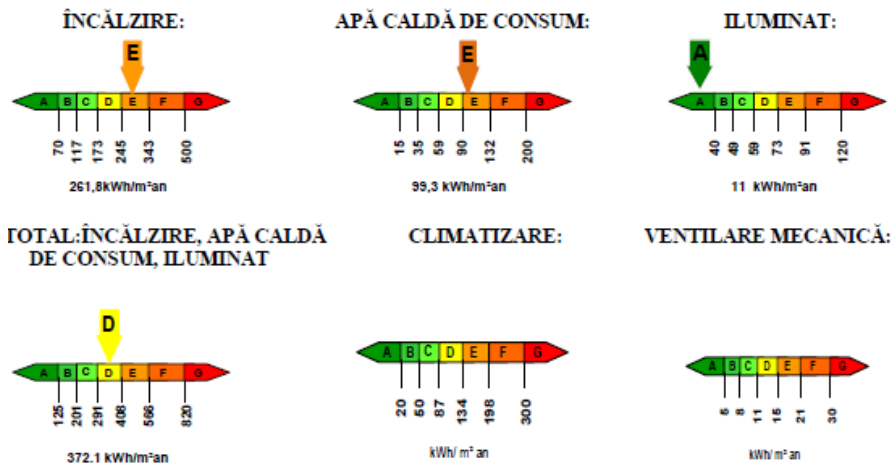
Certificat de performanță energetică	Performanța energetică a clădirii		Notare energetică: 45,4			
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor elaborată în aplicarea Legii 372/2005		Clădirea certificată	Clădirea de referință		
	Eficiență energetică ridicată					
	Eficiență energetică scăzută					
	Consum anual specific de energie [kWh/m²an]				343,8	159,3
	Indicele de emisii echivalent CO ₂ [kg _{CO2} /m²an]				83	37
Consumul anual specific de energie [kWh/m²an] pentru:		Clasă energetică				
		Clădirea certificată			Clădirea de referință	
Încălzire:	254,1	E	B			
Apă caldă de consum:	78,7	D	D			
Climatizare:	-	-	-			
Ventilare mecanică:	-	-	-			
Iluminat artificial:	11,0	A	A			
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]: -0						
Date privind clădirea certificată:						
Adresa clădirii:		Aria utila:	1283,5 m²			
Categorie clădire: Clădire cu mai multe apartamente		Aria construită desfasurata:	1540,2 m²			
Regim de înălțime: S+P+4E		Volumul incalzit al clădirii:	3879,54 m³			

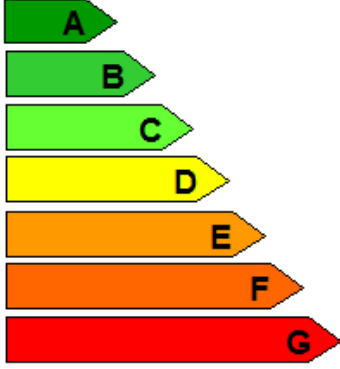



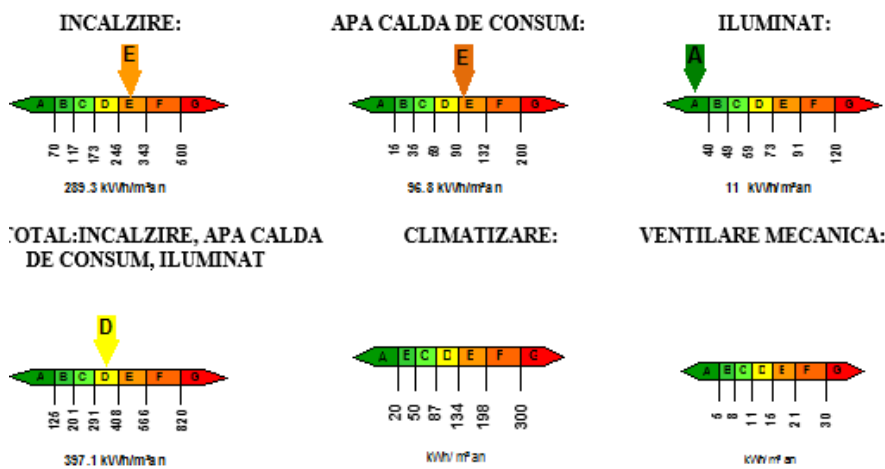
Certificat de performanță energetică	Performanța energetică a clădirii		Notare energetică: 37,5		
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor elaborată în aplicarea Legii 372/2005		Clădirea certificată	Clădirea de referință	
	Eficiență energetică ridicată				
	Eficiență energetică scăzută				
	Consum anual specific de energie [kWh/m²an]	412,6			168,1
	Indicele de emisii echivalent CO ₂ [kgCO ₂ /m²an]	99			43
Consumul anual specific de energie [kWh/m²an] pentru:		Clasă energetică			
		Clădirea certificată			Clădirea de referință
Încălzire:	292,1	E	B		
Apă caldă de consum:	105,6	E	D		
Climatizare:	-	-	-		
Ventilare mecanică:	-	-	-		
Iluminat artificial:	14,9	A	A		
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]: -0					
Date privind clădirea certificată:					
Adresa clădirii:		Aria utila:	1530,40 m ²		
Categoriile clădirii: Clădire cu mai multe apartamente		Aria construită desfasurata:	1792,90 m ²		
Regim de înălțime: S+P+4E		Volumul incalzit al clădirii:	4446,50 m ³		



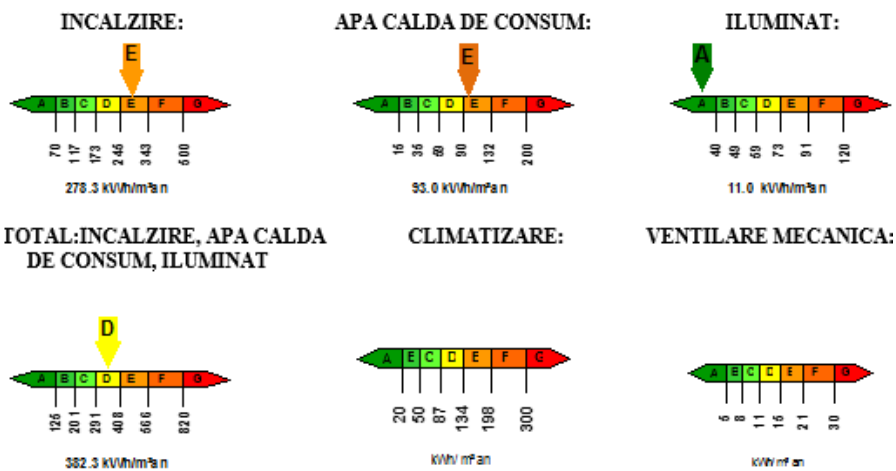
Certificat de performanță energetică	Performanța energetică a clădirii		Notare energetică: 46		
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor elaborată în aplicarea Legii 372/2005		Clădirea certificată	Clădirea de referință	
	Eficiență energetică ridicată				
	Eficiență energetică scăzută				
	Consum anual specific de energie [kWh/m²an]	372,1			150
	Indicele de emisii echivalent CO ₂ [kgCO ₂ /m²an]	89			41
Consumul anual specific de energie [kWh/m²an] pentru:		Clasă energetică			
		Clădirea certificată			Clădirea de referință
Încălzire:	261,8	E	B		
Apă caldă de consum:	99,3	E	C		
Climatizare:	-	-	-		
Ventilare mecanică:	-	-	-		
Iluminat artificial:	11	A	A		
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]: -0					
Date privind clădirea certificată:					
Adresa clădirii:		Aria utila incalzita:	2278,20 m ²		
Categoriya clădirii: Clădire cu mai multe apartamente		Aria construită desfasurata:	2731,30 m ²		
Regim de înălțime: S+P+4E		Volumul incalzit al clădirii:	6830,90 m ³		



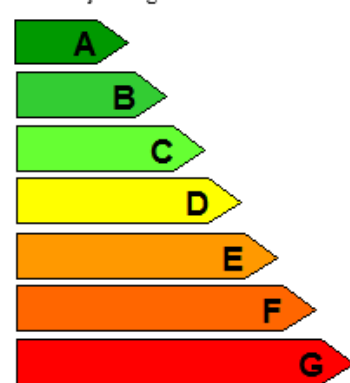


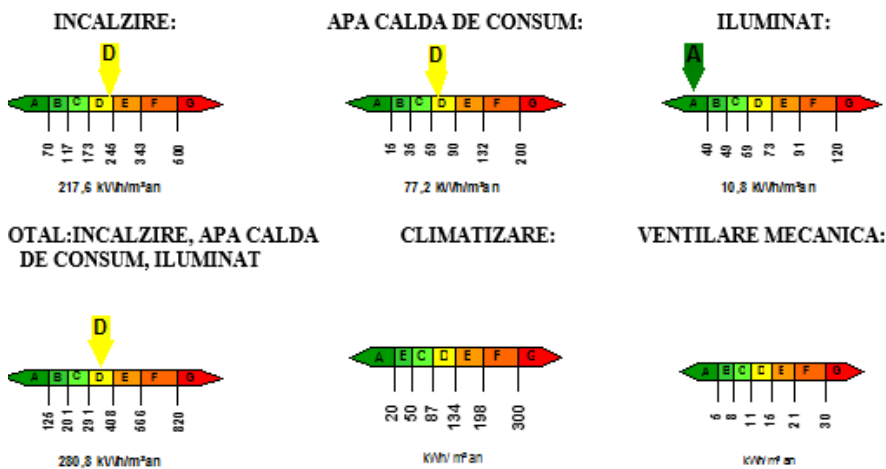
Certificat de performanță energetică	Performanța energetică a clădirii		Notare energetică: 42,8			
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor elaborată în aplicarea Legii 372/2005		Clădirea certificată	Clădirea de referință		
	Eficiență energetică ridicată					
	Eficiență energetică scăzută					
	Consum anual specific de energie	[kWh/m²an]			397,1	153,5
	Indicele de emisii echivalent CO ₂	[kg _{CO2} /m²an]			95	42
Consumul anual specific de energie [kWh/m²an] pentru:		Clasă energetică				
		Clădirea certificată			Clădirea de referință	
Încălzire:	289,3	E	B			
Apă caldă de consum:	96,8	E	C			
Climatizare:	-	-	-			
Ventilare mecanică:	-	-	-			
Iluminat artificial:	10,8	A	A			
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]: -0						
Date privind clădirea certificată:						
Adresa clădirii:		Aria utila incalzita:	974,30 m²			
Categorie clădire: Clădire cu mai multe apartamente		Aria construită desfasurata:	1169,16 m²			
Regim de înălțime: S+P+4E		Volumul incalzit al clădirii:	3078,76 m³			



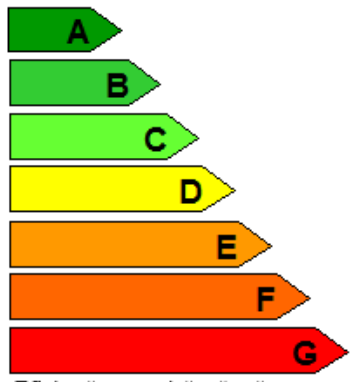


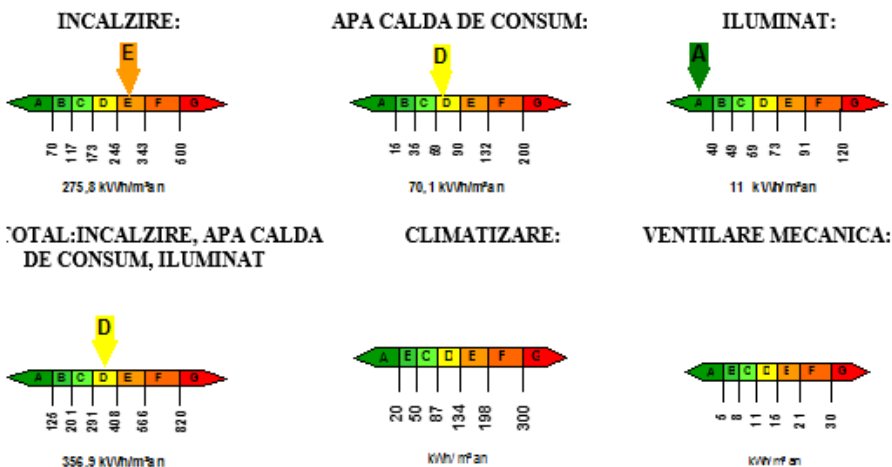
Certificat de performanță energetică	Performanța energetică a clădirii		Notare energetică: 44,7			
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor elaborată în aplicarea Legii 372/2005		Clădirea certificată	Clădirea de referință		
	Eficiență energetică ridicată					
	Eficiență energetică scăzută					
	Consum anual specific de energie	[kWh/m²an]			382,3	153,5
	Indicele de emisii echivalent CO ₂	[kgCO ₂ /m²an]			92	41
Consumul anual specific de energie [kWh/m²an] pentru:		Clasă energetică				
		Clădirea certificată			Clădirea de referință	
Încălzire:	278,3	E	B			
Apă caldă de consum:	93,0	E	C			
Climatizare:	-	-	-			
Ventilare mecanică:	-	-	-			
Iluminat artificial:	11,0	A	A			
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]: -0						
Date privind clădirea certificată:						
Adresa clădirii:		Aria utila incalzita:	1014,20 m ²			
Categorii clădiri: Clădire cu mai multe apartamente		Aria construită desfasurata:	1217,1 m ²			
Regim de înălțime: S+P+4E		Volumul incalzit al clădirii:	3319,90 m ³			



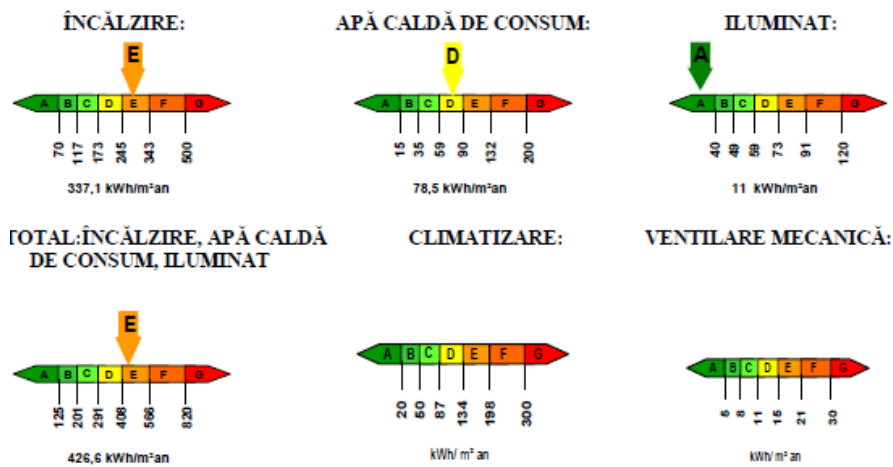
Certificat de performanță energetică	Performanța energetică a clădirii		Notare energetică: 51,2			
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor elaborată în aplicarea Legii 372/2005		Clădirea certificată	Clădirea de referință		
	Eficiență energetică ridicată					
						
	Eficiență energetică scăzută					
	Consum anual specific de energie	[kWh/m²an]			305,6	136,9
	Indicele de emisii echivalent CO ₂	[kg _{CO2} /m²an]			73	36
	Consumul anual specific de energie [kWh/m²an] pentru:				Clasă energetică	
					Clădirea certificată	Clădirea de referință
	Încalzire:	217,6	D	B		
Apă caldă de consum:	77,2	D	C			
Climatizare:	-	-	-			
Ventilare mecanică:	-	-	-			
Iluminat artificial:	10,8	A	A			
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]: -0						
Date privind clădirea certificată:						
Adresa clădirii:		Aria utila:	1183,82 m²			
Categorie clădire: Clădire cu mai multe apartamente		Aria construită desfasurata:	1420,58 m²			
Regim de înălțime: S+P+4E		Volumul incalzit al clădirii:	2975,32m³			



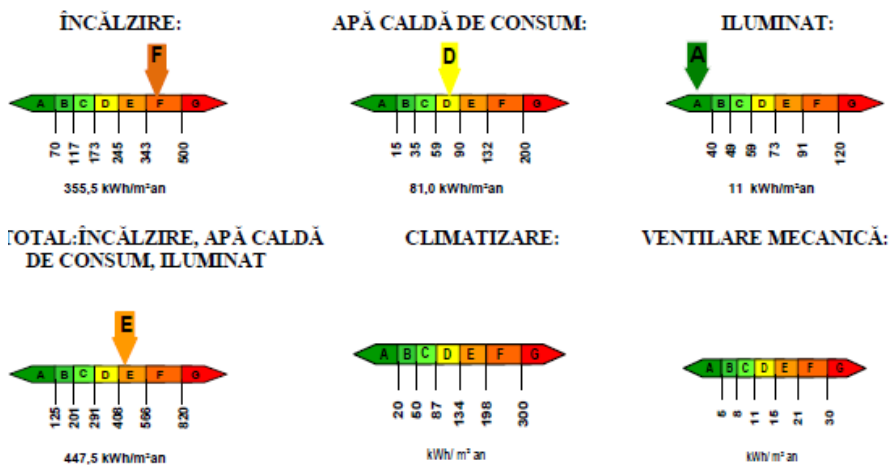
Certificat de performanță energetică	Performanța energetică a clădirii		Notare energetică: 41,2		
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor elaborată în aplicarea Legii 372/2005		Clădirea certificată	Clădirea de referință	
	Eficiență energetică ridicată				
					
	Eficiență energetică scăzută				
	Consum anual specific de energie	[kWh/m²an]			356,9
Indicele de emisii echivalent CO ₂	[kg _{CO2} /m²an]	86			38
Consumul anual specific de energie [kWh/m²an] pentru:		Clasă energetică			
		Clădirea certificată	Clădirea de referință		
Încălzire:	275,8	E	B		
Apă caldă de consum:	70,1	D	C		
Climatizare:	-	-	-		
Ventilare mecanică:	-	-	-		
Iluminat artificial:	11,0	A	A		
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]: -0					
Date privind clădirea certificată:					
Adresa clădirii:		Aria utila:	1520,00 m²		
Categororia clădirii: Clădire cu mai multe apartamente		Aria construită desfasurata:	1824,00 m²		
Regim de înălțime: S+P+4E		Volumul incalzit al clădirii:	4153,25 m³		



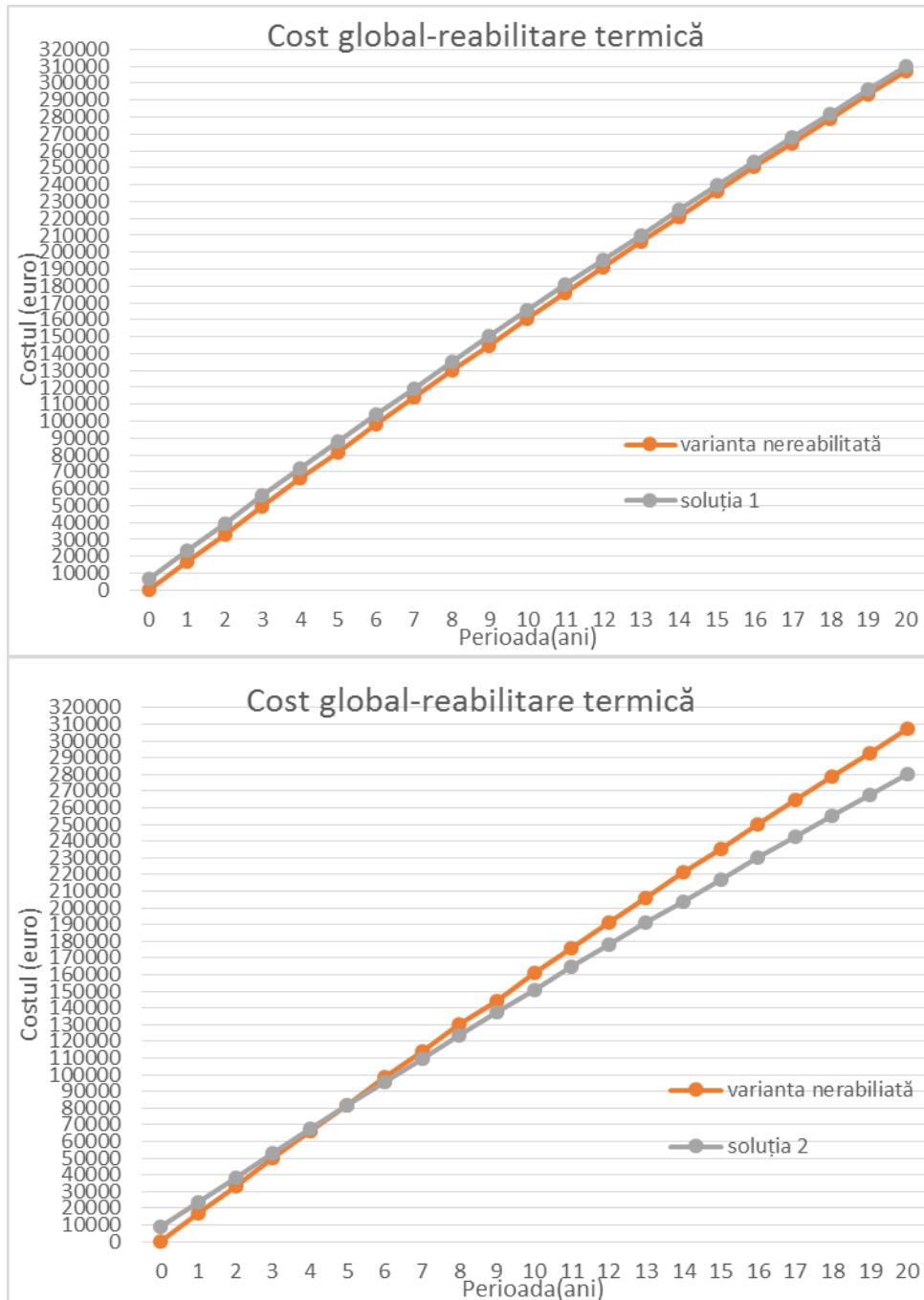
Certificat de performanță energetică	Performanța energetică a clădirii		Notare energetică: 39,8	
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor elaborată în aplicarea Legii 372/2005		Clădirea certificată	Clădirea de referință
	Eficiență energetică ridicată			
	Eficiență energetică scăzută			
	Consum anual specific de energie [kWh/m²an]	426,6		
Indicele de emisii echivalent CO ₂ [kgCO ₂ /m²an]	89	25		
Consumul anual specific de energie [kWh/m²an] pentru:		Clasă energetică		
		Clădirea certificată	Clădirea de referință	
Încălzire:	337,1	E	B	
Apă caldă de consum:	78,5	D	C	
Climatizare:	-	-	-	
Ventilare mecanică:	-	-	-	
Iluminat artificial:	11,0	A	A	
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]: -0				
Date privind clădirea certificată:				
Adresa clădirii:		Aria utila incalzita:	1441,70 m²	
Categoriza clădirii: Cladire cu mai multe apartamente		Aria construită desfasurata:	1555,10 m²	
Regim de înălțime: S+P+4E		Volumul incalzit al clădirii:	3921,43 m³	

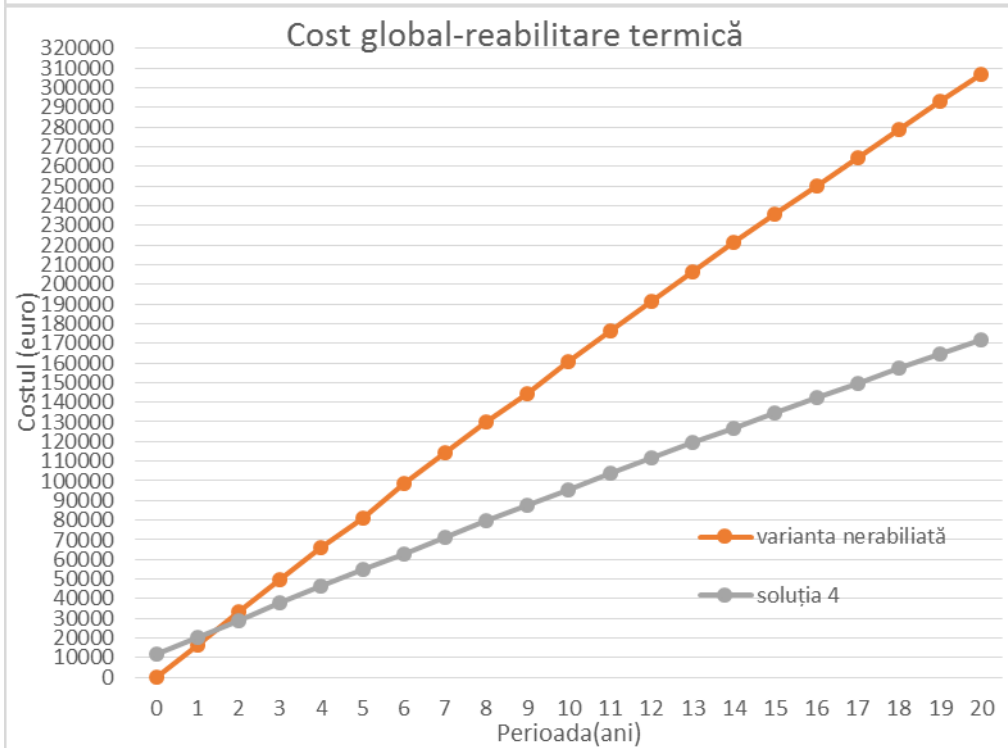
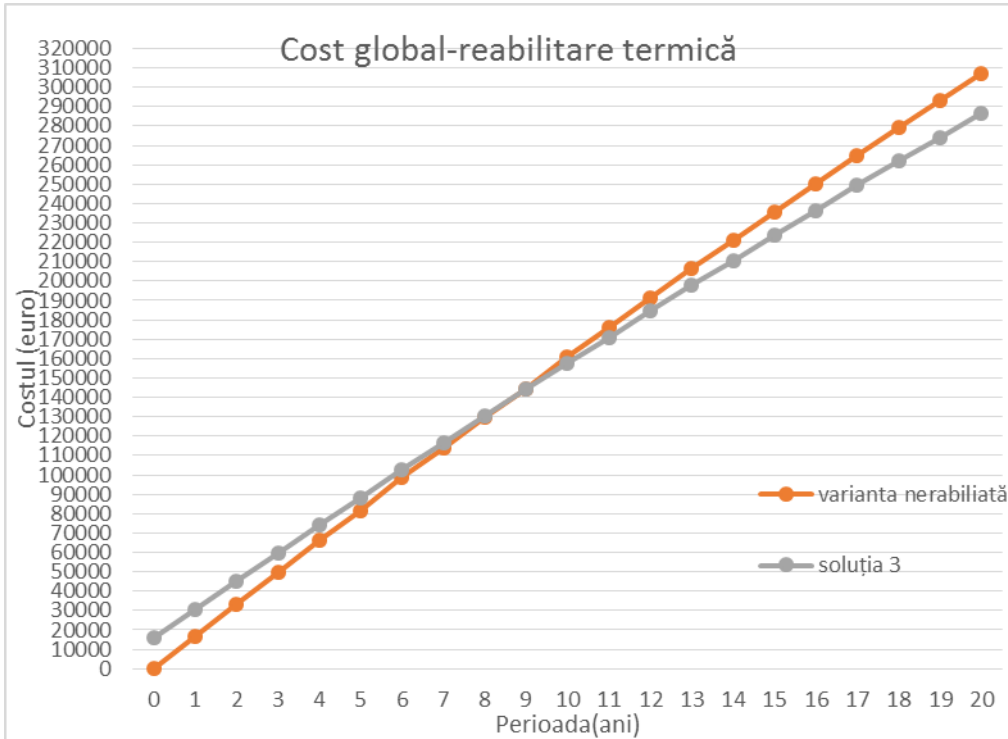


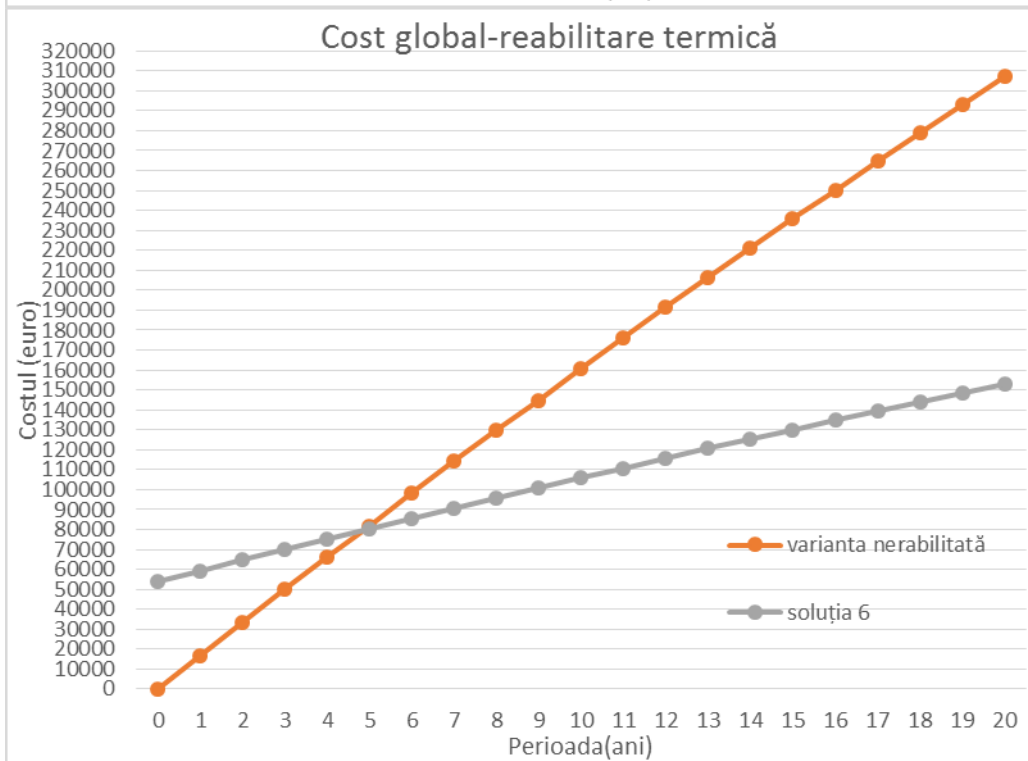
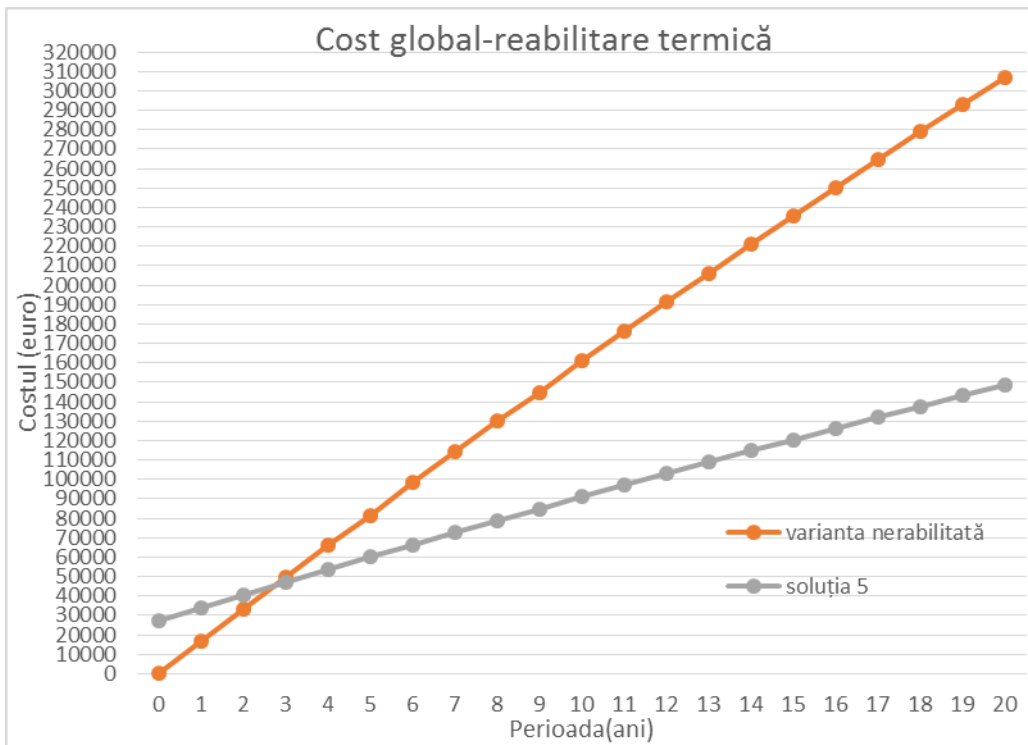
Certificat de performanță energetică	Performanța energetică a clădirii		Notare energetică: 37,1		
	Sistemul de certificare: Metodologia de calcul al Performanței Energetice a Clădirilor elaborată în aplicarea Legii 372/2005		Clădirea certificată	Clădirea de referință	
	Eficiență energetică ridicată				
	Eficiență energetică scăzută				
	Consum anual specific de energie [kWh/m²an]	447,5			131
	Indicele de emisii echivalent CO ₂ [kgCO ₂ /m²an]	93			26
Consumul anual specific de energie [kWh/m²an] pentru:		Clasă energetică			
		Clădirea certificată			Clădirea de referință
Încălzire:	355,5	F	B		
Apă caldă de consum:	81,0	D	C		
Climatizare:	-	-	-		
Ventilare mecanică:	-	-	-		
Iluminat artificial:	11,0	A	A		
Consum anual specific de energie din surse regenerabile [kWh/m²an]: -0					
Date privind clădirea certificată:					
Adresa clădirii:		Aria utilă încălzită:	823,00 m ²		
Categoriile clădirii: Clădire cu mai multe apartamente		Aria construită desfășurată:	909,62 m ²		
Regim de înălțime: S+P+4E		Volumul încălzit al clădirii:	2197,40 m ³		

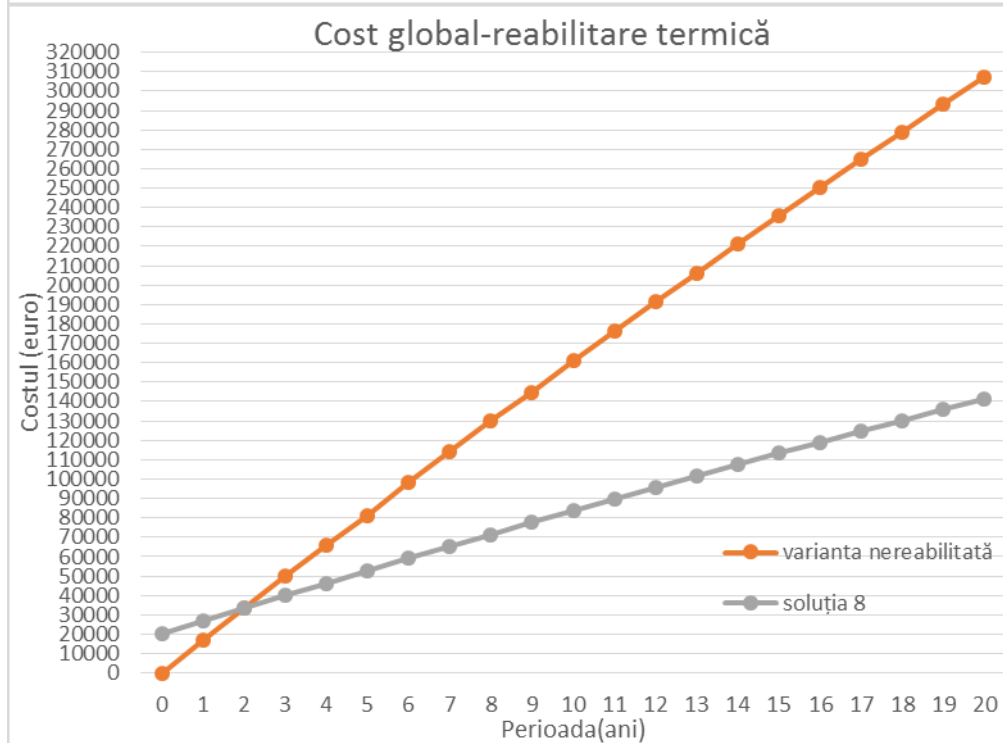
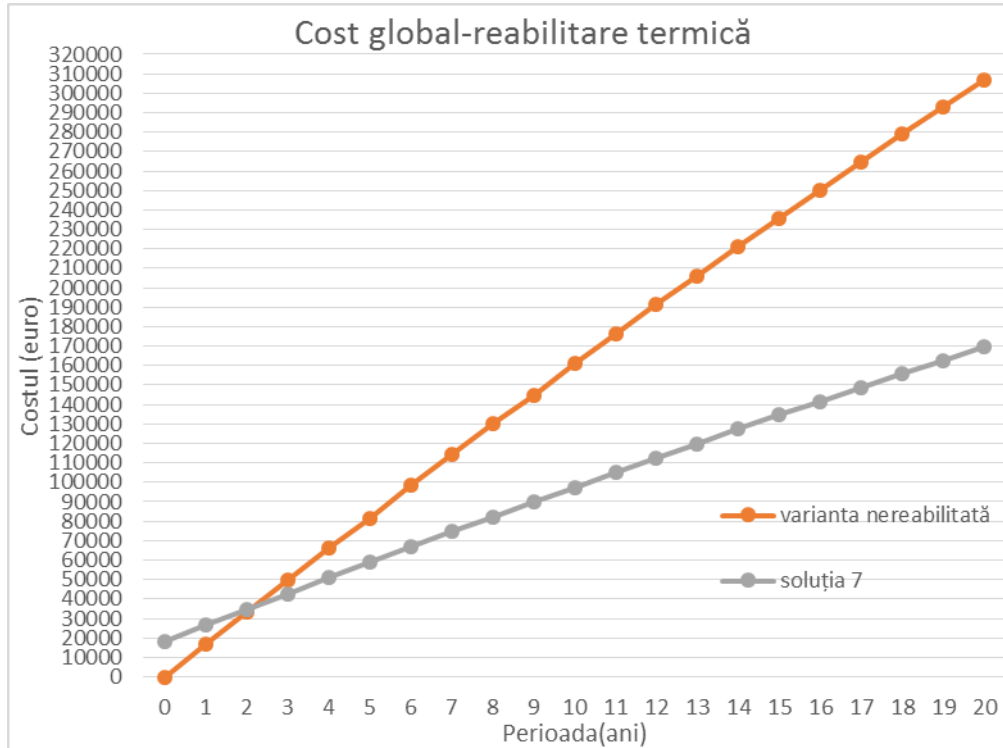


ANEXĂ 6 – COSTUL GLOBAL PE DIFERITELE SOLUȚII DE REABILITARE TERMICĂ









BIBLIOGRAFIE

- [1] Austrian Romanian Institute of Energy Efficiency
<http://www.ariee.eu/ro/eficienta-energetica>
- [2] Planul Național de Acțiune în Domeniul Energiei din Surse Regenerabile (PNAER), București, 2010
- [3] Hotararea nr.1069/2007 privind aprobarea strategiei energetice a Romaniei pentru perioada 2007-2020, intrată în vigoare la 19.11.2007
- [4] Regulamentul (UE) nr. 305/2011 al Parlamentului European și al Consiliului din 9 martie 2011, http://www.mdrap.ro/userfiles/regulament305/Req305_ro.pdf
- [5] Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor- Indicativ C107-2005
- [6] Official website of the European Comission <http://ec.europa.eu/>
- [7] Raport de mediu – Strategia energetică a României pentru perioada 2007- 2010 actualizată pentru perioada 2011-2020
- [8] Comunicare a Comisiei către Parlamentul European și Consiliu – Strategia europeană a securității energetice
- [9] DIRECTIVA 2002/91/CE a Parlamentului European și a Consiliului din 16 decembrie 2002 privind performanța energetică a clădirilor
- [10] DIRECTIVA 2010/31/UE a Parlamentului European și a Consiliului din 19 mai 2010 privind performanța energetică a clădirilor (reformare)
- [11] METODOLOGIE DE CALCUL AL PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRILOR Indicativ Mc 001-2006
- [12] Legea 372/2005 – republicată în iulie 2013
- [13] METODOLOGIE DE CALCUL AL PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRILOR - Partea I- Anvelopa clădirii- Indicativ Mc 001-2006
- [14] Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor- Indicativ C107-2005- Partea a 1-a, **NORMATIV PRIVIND CALCULUL COEFICIENȚILOR GLOBALI DE IZOLARE TERMICĂ LA CLĂDIRILE DE LOCUIT** Indicativ- C 107/1
- [15] Ordin 2513 din 22 noiembrie 2010 pentru modificarea Reglementării tehnice Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor- Indicativ C107-2005, aprobată prin Ordinul ministerului transporturilor construcțiilor și turismului nr. 2.055/2005- Hotărârea de guvern nr. 1631/2009, Publicat în monitorul oficial sub nr. 820 din 8 decembrie 2010
- [16] Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor- Indicativ C107-2005- Partea a 3-a, **NORMATIV PRIVIND CALCULUL PERFORMANȚELOR TERMOTEHNICE ALE ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚIE ALE CLĂDIRILOR** Indicativ- C 107/3
- [17] Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor- Indicativ C107-2005- Partea a 4-a, Ghid privind calculul performanțele termotehnice ale clădirilor de locui- Indicativ- C 107/4
- [18] http://www.mdrt.ro/userfiles/constructii_ancheta_publica_contr483.pdf
- [19] SR 1970-2/97- Instalații de încălzire. Necesarul de căldură. Temperaturi interioare convenționale de calcul
- [20] Fridtjof Nansen 1897- „Farthes North” Brockhaus
- [21] Wolfgang Feist, 1997, „The world’s first Passive House”
- [22] http://passipedia.passiv.de/ppediaen/basics/what_is_a_passive_house

- [23] Jana Suler, C.P.A., Îndrumător privind aplicarea costului global în domeniul construcțiilor
- [24] Passivhaus Institute, http://passipedia.passiv.de/passipedia_en/
- [25] JANSON, U. – 2010, Passive houses in Sweden. From design to evaluation of four demonstration projects, Lund University, Doctoral thesis,
- [26] Marcel-Mugur Iancău, 2012, Contribuții privind optimizarea energetică a clădirilor individuale de locuit din România, teză de doctorat
- [27] SANTAMOURIS, M., PAPANIKOLAOU, N., KORONAKIS, I. ARIGIRIOU, A., ASSIMAKOPOULOS D.N. ,2001, On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. Solar energy 70, 3 (2001) 201-216
- [28] http://www.ecowho.com/articles/6/The_importance_of_building_orientation.html
- [29] <http://www.sdac.ro/site/archives/category/passivehouse>
- [30] SR 1970-1/97- Instalații de încălzire. Necesarul de căldură. Prescripții de calcul
- [31] Dex online, <http://dexonline.ro/definitie/sustenabilitate/paradigma>
- [32] http://ro.wikipedia.org/wiki/Ton%C4%83_Echivalent_Petrol
- [33] Dan Florian TUDOR, 2011, Curs "Reabilitarea higro-termică a construcțiilor"
- [34] Passivhaus Institute, <http://www.passiv.de/en/index.php>
- [35] Buildings Performance Institute Europe (BPIE), 2011 "Principles For nearly Zero- energy Buildings",
- [36] Torcellini, S. Pless, M. Deru, 2006 "Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition", ACEEE Summer Study,
- [37] Davis Langdom, 2006, Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology.
- [38] Ioan Moga, Ligia Moga, 2008, The Influence of the thermal insulation of the window frameworks on the energy performance of the window.
- [39] Ligia Moga, Ioan Moga, Simulation of the Spatial Thermal Transfer through Windows-Spatial Thermal Transfer Coefficient Calculus, Zweite deutsch-österreichische IBPSA-Konferenz Universität Kassel, 2008,
- [40] <http://www.blog.noiconstruim.ro/2010/10/izolatie-si-ventilatie-casei/>
- [41] Stoian Dan, Dencsak Tamas, Pescari Simon, Botea Ioana, "Life-cycle assessment of a passive house and a traditional house - Comparative study based on practical experiences, Proceedings of the 3rd International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering, IALCCE 2012, pp 1665-1672, ISBN 978-041562126-7, Viena; Austria; 3 October 2012.
- [42] Daniel Dan, Valeriu Stoian, Simon Pescari, "Casa pasivă și conceptul de clădire cu consum de energie aproape zero" Instalatii pentru constructii si confortul ambiental, editia a 22-a, ISSN 1842-9491, Timisoara, 11-12 aprilie, 2013
- [43] Daniel Dan, Valeriu Stoian, Carmen Maduta, Simon Pescari, "Passive house-a future house in Romania?" Sustenabilitatea constructiilor: Solutii eficiente pentru proiectarea/executia si reabilitarea cladirilor, pp. 167-173, ISBN 978-606-554-662-2, Timisoara, 25. Mai 2013.
- [44] Cristina Tanasa, Carmen Maduta, Valeriu Stoian, Daniel Dan, Dan Stoian, Simon Pescari, „Study on energy efficiency requirements in buildings”, International conference on urban sustainability, cultural sustainability, Green development, Green structures and clean cars (USCUDAr '14), ediția a 5-a, Florența, Italia ,22-24 noiembrie 2014.
- [45] Simon Pescari, Valeriu Stoian, Daniel Dan, Dan Stoian, „Achieving the nearly zero energy building concept - a study based on practical experience”, International conference on urban sustainability, cultural sustainability, Green

- development, Green structures and clean cars (USCUDAR '14), ediția a 5-a, 22-24 Florența, Italia, noiembrie 2014.
- [46] <http://www.ct.upt.ro/centre/reco/nezebuild.htm>
- [47] C. Sabău, Cristina Tănasă, D. Stoian, S. Dan, V. Stoian, "Strategia înregistrării și interpretării datelor sistemului de monitorizare a casei pasive", Instalații pentru construcții și confortul ambiental – ediția a 22-a p361-369, Timișoara 2013
- [48] V. Stoian, D. Dan, D. Stoian, "Validarea îndeplinirii criteriilor de casă pasivă prin utilizarea datelor înregistrate on line", Instalații pentru construcții confortul ambiental – ediția a 22-a p347-354, Timișoara 2013
- [49] D. Stoian, V. Stoian, D. Dan, "Sistem de monitorizare – performanță și aplicabilitate", Instalații pentru construcții și confortul ambiental – ediția a 22-a p355-360, Timișoara 2013
- [50] C. Sabău, D. Stoian, D. Dan, T. Nagy-György, S. Floruț, V. Stoian, "Partial results of monitoring in a passive house", Journal of applied engineering sciences vol. 1 p107-110, Oradea 2013
- [51] Dan Stoian, Simon Pescari, Valeriu Stoian, "Life-cycle cost concept applied for traditional and passive house design" Buletinul AGIR nr. 2-3/2010 • aprilie-septembrie- Calitate si securitate ambientală, ISSN 1224-7928, An XV, nr.2-3/2010.
- [52] Productia si consumul de energie electrica in Romania, pe tipuri de producatori <http://version1.sistemulenergetic.ro/>
- [53] Informații Uniunean Europeana <http://ec.europa.eu/eurostat/help/new-eurostat-website>
- [54] Recensământul populației și al locuințelor. Romania 2011 <http://www.recensamantromania.ro/rezultate-2/>
- [55] BOTICI, A.A., UNGUREANU, V., CIUTINA, A., BOTICI, A., DUBINA, D. Architectural and structural retrofitting solutions for large precast concrete residential buildings. Proc. of iNDiS 2012 - Planning, Design, Construction and Renewal in the Civil Engineering. Novi Sad, Serbia, 28-30.11.2012, pp. 530-539
- [56] arh. Botici Alexandru, 2014, Studiul soluțiilor de reabilitare pentru clădiri de locuit din panouri mari prefabricate din beton armat, teză de doctorat
- [57] D.D.Niculescu. Executarea cladirilor de locuit din panouri marill, Editura Tehnica Bucuresti 1961.
- [58] F. Tomsa, Constructii din panouri mari de beton armat in URSS, Revista constructiilor si a materialelor de constructii, nr.11/1959, Bucuresti
- [59] M. S. Georgescu, I. Bliuc, V. Demir, „Aspecte specifice în cazul analizei higrotermice a fatadelor la clădirile din panouri marill Revista Română de Inginerie Civilă, Volumul 4 (2013), Numărul 3
- [60] Catalogul tip pentru: Proiect tip IPCT „CLADIRI DE LOCUIT P+4 DIN PANOURI MARI proiect nr. 744
- [61] Catalogul tip pentru: Proiect tip IPCT „CLADIRI DE LOCUIT P+4 DIN PANOURI MARI proiect nr. 770-78
- [62] Catalogul tip pentru: Proiect tip IPCT „CLADIRI DE LOCUIT P+4 DIN PANOURI MARI proiect nr. 1340.
- [63] Institutul de Proiectare pentru Construcții Tipizate (I.P.C.T.). Proiect tip nr. 770, seriile Pa, Pb.
- [64] M. Ioan, „Auditul energetic al blocurilor din panouri mari prefabricate de beton armat –Studiu de cazll Facultatea de Constructii, Universitatea Tehnica din Cluj Napoca;

- [65] Normativ privind stabilirea performanțelor termo-higro-energetice ale anvelopei clădirilor de locuit existente în vederea reabilitării lor termice", indicativ NP 060-02
- [66] Ghid privind reabilitarea termică a blocurilor de locuințe cu regim de înălțime până la P+9E Indicativ: GP 110-04
- [67] MARCELA F. PRADA, SILVIANA BRATA, DAN F. TUDOR, DANIELA E. POPESCU, Energy Saving in Europe and in the World – a Desideratum at the Beginning of the Millenium. Case Study for Existing Buildings in Romania, Proceedings of the 11th WSEAS International Conference on Sustainability in Science Engineering, Timișoara, 2009.
- [68] MARCELA F. PRADA, Energy Education in Romania for a New Culture for the Residential Buildings
- [69] MARCELA F. PRADA, SILVIANA BRATA, DAN F. TUDOR, Increase of the Energy Performance by Thermal Rehabilitation,