

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

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

Brata Silvana¹, Cotorobai Victoria², Doboși Ioan Silviu³, Bistran Ioan⁴

¹ Universitatea Politehnica Timișoara, Romania
E-mail: silvana.brata@gmail.com

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

³ Doseimpex, Timișoara, Romania
E-mail: ioansilviudobiosi@doseimpex.ro

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

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

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

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

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

1. Introducere

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

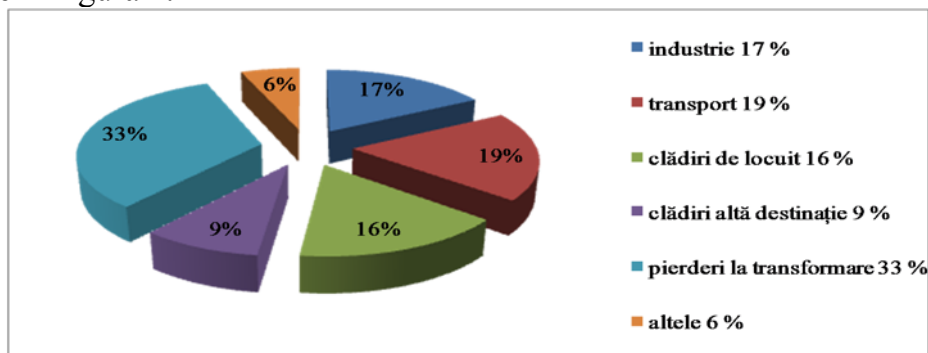


Fig. 1 Consumuri de energie primară în UE

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

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

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

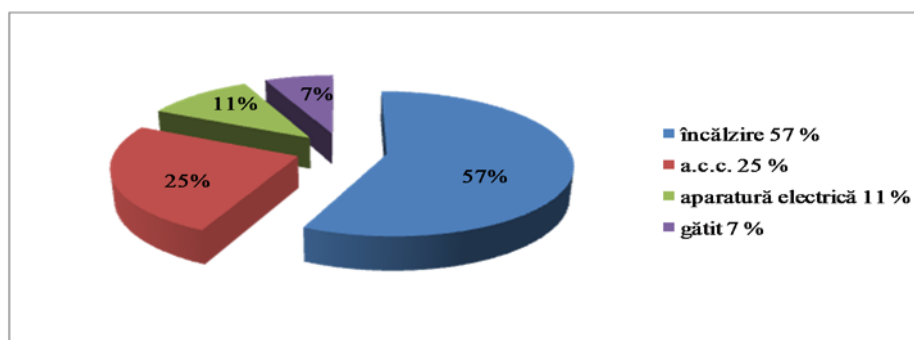


Fig. 2 Consumuri de energie la clădiri rezidențiale în UE.

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

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

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

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

2. Conceptul de exergie în optimizarea consumurilor energetice

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

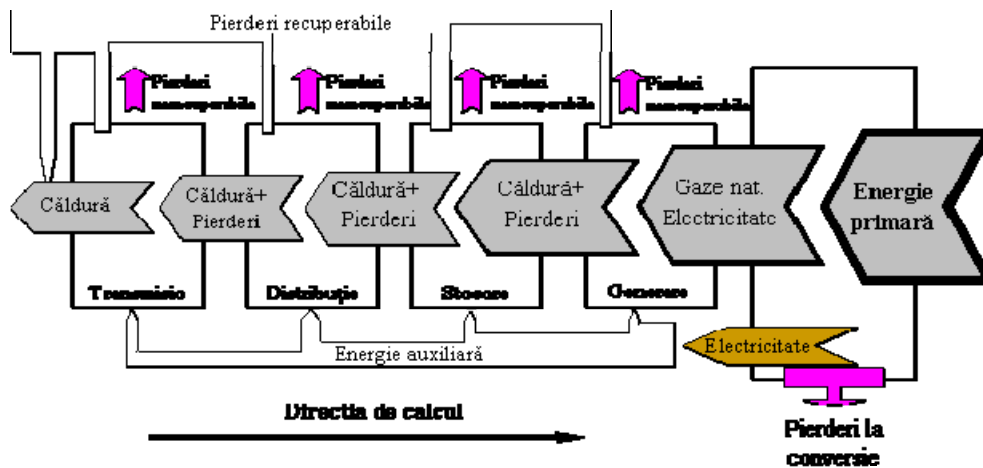


Fig. 3. Schema de calcul pentru determinarea consumurilor energetice/exergetice

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

3. Metode de calcul

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

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

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

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

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

4. Studiu de caz

4.1. Parametri inițiali de calcul

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

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

Tabelul 1:

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

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

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

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

Tabelul 2

Caracteristici geometrice și termotehnice ale anvelopei clădirii

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

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

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

Tabelul 3:

Temperaturi și intensități ale radiației solare în sezonul de încălzire

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

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

4.2 Consumurile energetice ale clădirii și instalațiilor

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

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

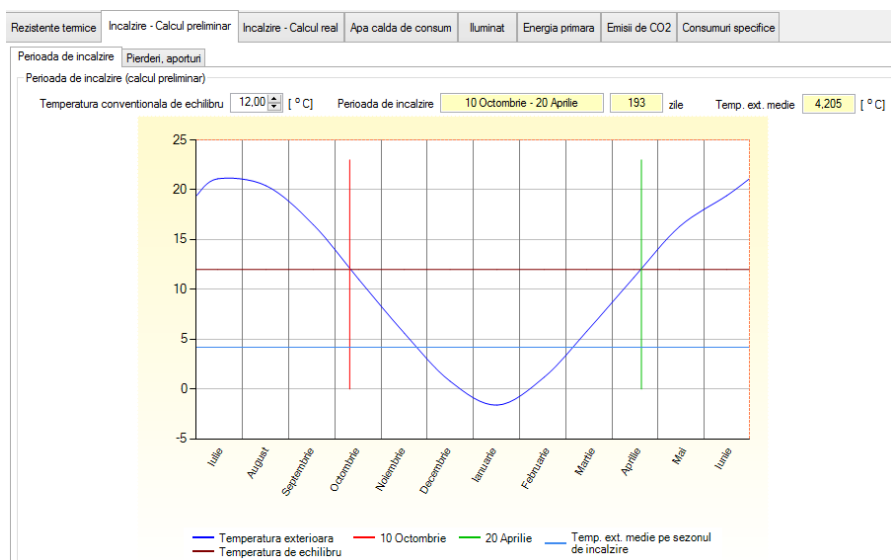


Fig. 4. Determinarea perioadei de încălzire

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

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

Tabelul 4:

Necesarul de energie pentru încălzire

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

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

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

Tabelul 5

Pierderi căldură prin transmisie și ventilare

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

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

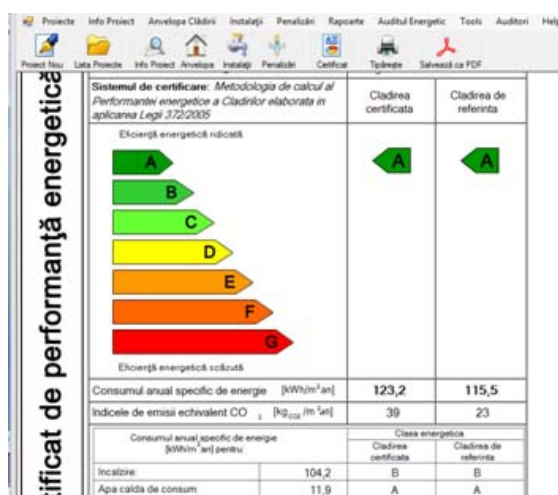


Fig. 5. Certificatul energetic – Doset-PEC.

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

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

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

Tabelul 6

Analiză comparativă a consumurilor de energie

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

4.3 Consumurile exergetice

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

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

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

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

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

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

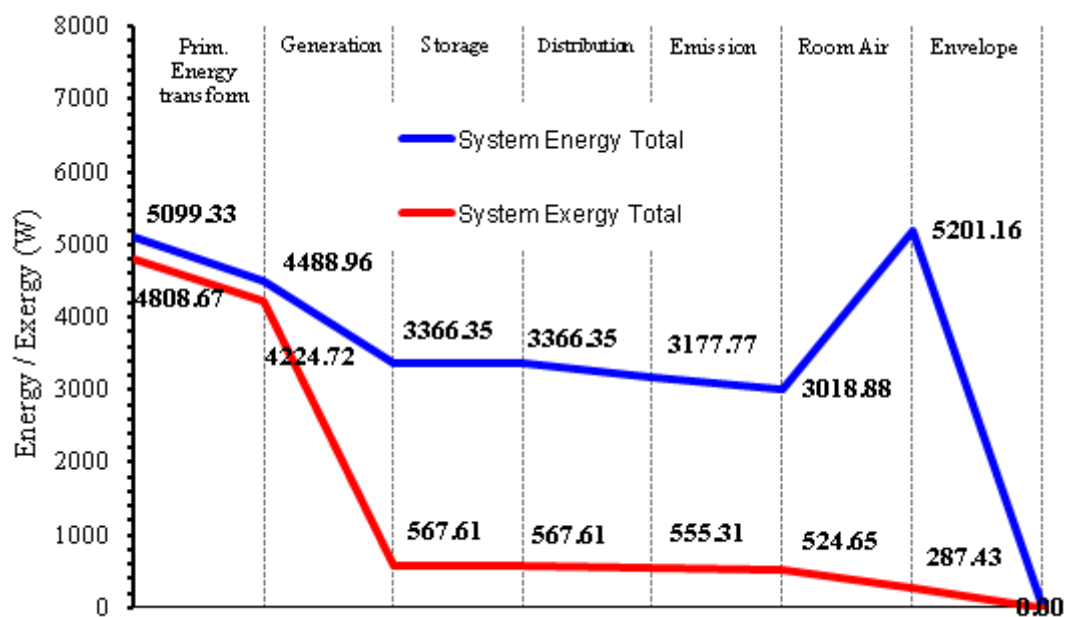


Fig. 6. Fluxurile energetice/exergetice pe componentele sistemului :
sursă de energie: cazan cu combustibil gazos .

Tabel 7

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

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

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

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

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

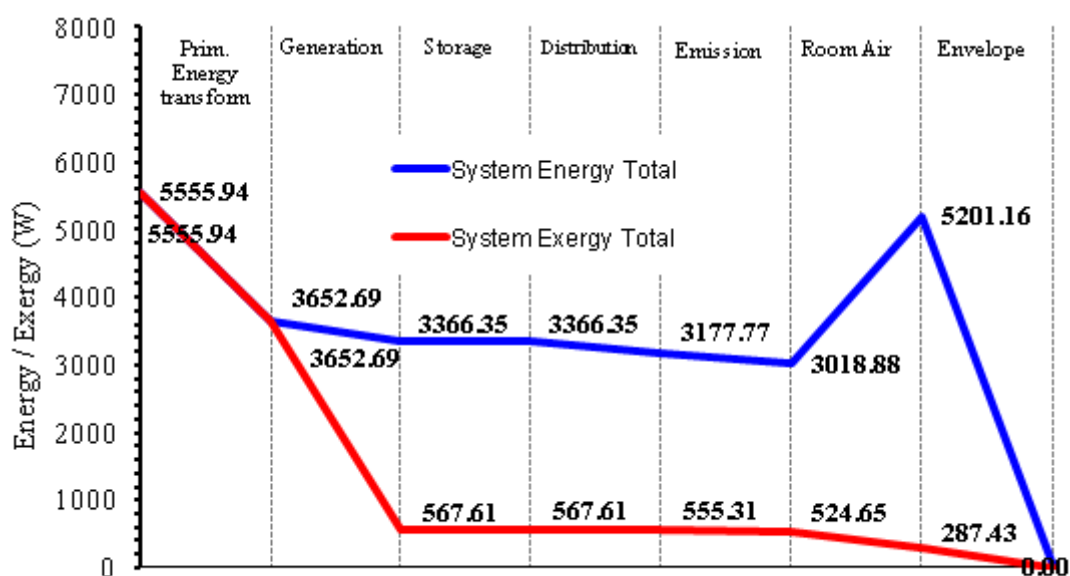


Fig. 7. Fluxurile energetice/exergetice pe componentele sistemului
 - sursă de energie: cazan electric -

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

Tabel 8

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

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

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

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

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

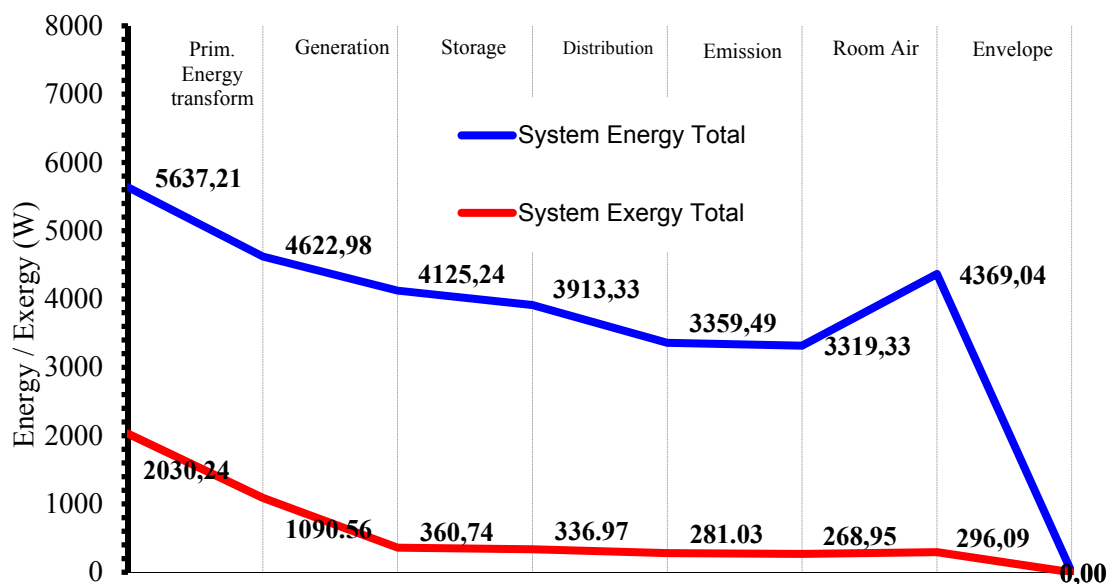


Fig. 8. Fluxurile energetice/exergetice pe componentele sistemului
- sursă de energie: pompă de căldură apă-apă -

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

Tabel 9

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

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

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

Tabelul 10

Parametri de performanță

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

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

5. Concluzii

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

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

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

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

Bibliografie

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

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