

# Randamentul unui sistem districtual de incalzire centrala

## Efficiency of a district heating central system

Florin Iordache<sup>1</sup>, Mihai Ionescu<sup>2</sup>, Virgil Paun<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti, Romania  
B-dul Lacul Tei nr. 122-124, sector 2  
e-mail: fliord@instal.utcb.ro

<sup>2</sup> RADET  
Str. Cavafii Vechi nr. 15, sector 3, Bucuresti, Romania

### **Rezumat**

*Lucrarea trateaza preocuparea majora de reducere a consumului nejustificat de energie termica intr-un sistem central de termoficare.*

*Concret ne referim la pierderea de caldura din retelele de termoficare si influenta acestora asupra eficientei sistemului.*

*Subliniem importanta rețelei de flux-module termice si module termice a sistemelor de incalzire în evaluarea eficientei sistemului de termoficare.*

*Lucrarea face o analiza mai detaliata cu privire la importanta diminuarii fluxului de lichid asupra eficientei sistemului de termoficare, in contextul in care aceasta situatie este din ce in ce mai des intalnita datorita aplicarii a robinetelor termostactice pe sistemul de incalzire.*

*Va prezentam stabilirea formulelor importante in evaluarea performantei sistemului districtual de incalzire centrala, iar rezultatele sunt ilustrate grafic.*

**Cuvinte cheie:** randament, energie termica, sistem central de incalzire

### **Abstract**

*Our paper is framed on the major concern of reducing undue consumption of thermal energy in a district central heating system.*

*Concretely our paper refers to heat loss evaluation of district heating networks and their influence on efficiency of the system.*

*We underline the importance of network-flow thermal modules and thermal modules of heating systems in the assessment of the district heating system efficiency.*

*The paper makes a more detailed analysis of the importance of diminishing fluid flow on the district heating system efficiency in the context in which this situation is increasingly more often met due to implementation of thermostatic valves on heating system.*

*We present the setting of important formulas in the assessment of district central heating system performance, and the results are illustrated graphically.*

**Key-words:** efficiency, thermal energy, central heating system

## 1. Introducere

Atentia pentru utilizarea eficienta a energiei in domeniul consumatorilor alimentati cu caldura de sistemele districtuale de incalzire centrala este la ora actuala un imperativ major atat in fata furnizorilor cat si a utilizatorilor acestor sisteme.

Dupa cum este cunoscut, la nivelul utilizatorilor acestor sisteme, pentru a raspunde acestui deziderat s-a trecut la modernizarea instalatiilor de incalzire centrala din cladiri prin montarea de robinete termostactice si repartitoare de costuri, echipamente care inerent, dupa cum experimental s-a constatat conduc la diminierea consumurilor de caldura prin diminuarea debitelor de agent termic. In lucrarea de fata se urmareste in principal stabilirea unei corelatii intre randamentul sistemului districtual de incalzire si variatia debitelor de agent termic in sistem.

Se stabileste si se analizeaza expresia randamentului unui sistem districtual de incalzire centrala si se prezinta grafic rezultatele anizei efectuate. In acest fel se identifica parametrii importanti care influenteaza randamentul sistemului districtual. In final se trece la cuplarea randamentului sistemului districtual de incalzire centrala cu randamentul centralei termice care-l alimenteaza cu caldura.

## 2. Stabilirea expresiei randamentului sistemului districtual de caldura

Definim randamentul unui sistem de incalzire districtuala ca fiind raportul intre puterea termica livrata de sistemul de distributie consumatorilor si puterea termica absorbita de sistemul de distributie de la centrala termica sau punctul de termic de cvartal. Pornind de la acest mod de definire al randamentului sistemului districtual de incalzire, pentru a stabili expresia matematica a lui se face apel modulii termici ai sistemului de distributie si al sistemelor de incalzire aferent consumatorilor deserviti. Astfel in fig. 1 se prezinta schematic un sistem districtual de incalzire centrala. Puterea livrata la consumator este puterea livrata intre bornele 2 si 3 caracterizate de temperaturile  $t_2$  si respectiv  $t_3$  ale agentului termic, iar puterea termica furnizate de sursa este puterea termica intre bornele 1 si 4, caracterizate de temperaturile  $t_1$  si respectiv  $t_4$ . Reteaua termica de distributie este de tip bifilar arborescent.

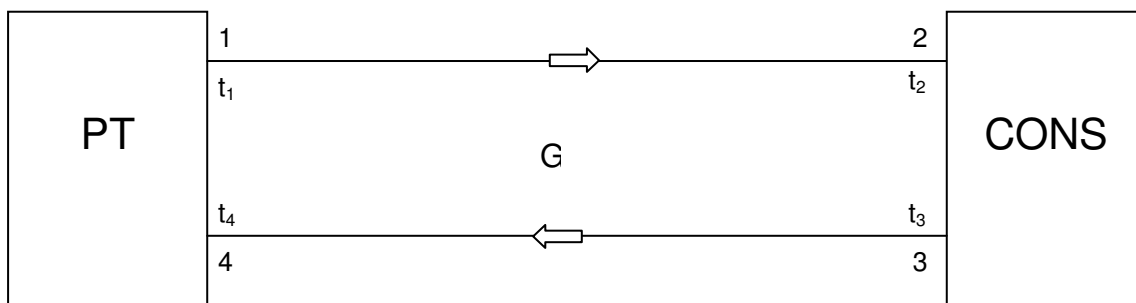


Fig.1

Notam cu  $E_R$  si  $E_C$  modulii termici aferenti retelei termice de distributie pe traseul de ducere (identic ce cel de intoarcere) si respectiv aferent instalatiilor de

incalzire ale consumatorilor. In [1] este descrisa in detaliu structura modulilor termici atat pentru o retea termica cat si pentru o instalatie de incalzire. Modulul termic al unei retele termice arborescente se obtine ca modul termic echivalent al tuturor tronsoanelor care alcatuiesc retea, tronsoane legate in paralel si in serie in functie de configuratia retelei. Modulii termici nu reprezinta decat un parametru derivat din numarul de unitati termice aferent suprafetei de transfer termic la care ne referim. In consecinta modulul termic reprezinta o caracteristica intrinseca a suprafetei de transfer care reuneste atat aspectele constructive cat si cele functionale ale suprafetei la care ne referim. In consecinta pentru sistemul districtual de incalzire se poate scrie :

$$t_2 = E_R \cdot t_1 + (1 - E_R) \cdot t_c \quad (1)$$

$$t_3 = E_C \cdot t_2 + (1 - E_C) \cdot t_i \quad (2)$$

$$t_4 = E_R \cdot t_3 + (1 - E_R) \cdot t_c \quad (3)$$

Considerand acceptabila aproximatia  $t_c = t_i$  si prelucrand relatiile (2) si (3) le aducem pe acestea la formele :

$$t_3 = E_R \cdot E_C \cdot t_1 + (1 - E_R \cdot E_C) \cdot t_i \quad (4)$$

$$t_4 = E_R^2 \cdot E_C \cdot t_1 + (1 - E_R^2 \cdot E_C) \cdot t_i \quad (5)$$

Puterea termica la nivelul sursei este :

$$Q_{14} = G \cdot \rho \cdot c \cdot (t_1 - t_4) = G \cdot \rho \cdot c \cdot (1 - E_R^2 \cdot E_C) \cdot (t_1 - t_i) \quad (6)$$

iar puterea termica la nivelul consumatorului este :

$$Q_{23} = G \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_3) = G \cdot \rho \cdot c \cdot E_R \cdot (1 - E_C) \cdot (t_1 - t_i) \quad (7)$$

Randamentul sistemului de incalzire districtuala :

$$\eta_{SD} = \frac{Q_{23}}{Q_{14}} = \frac{E_R \cdot (1 - E_C)}{1 - E_R^2 \cdot E_C} \quad (8)$$

unde :

$$E_R = \exp\left(-\frac{1}{\rho \cdot c} \cdot \frac{L}{R \cdot G}\right) \quad (9)$$

$$E_C = \exp\left(-\frac{1}{\rho \cdot c} \cdot \frac{k \cdot S}{G}\right) \quad (10)$$

Tinand seama de faptul ca modulul termic al suprafetei de incalzire a consumatorilor,  $E_C$ , depinde de setul temperaturilor la bransamentul instalatiilor si de debitul de agent termic se poate scrie :

$$E_C = \exp\left(-\frac{1}{\rho \cdot c} \cdot \frac{k_0 \cdot S}{G_0} \cdot \frac{k}{k_0} \cdot \frac{G_0}{G}\right) = E_{C0}^{\frac{k/k_0}{G/G_0}} \quad (11)$$

unde :

$$E_{C0} = \exp\left(-\frac{1}{\rho \cdot c} \cdot \frac{k_0 \cdot S}{G_0}\right) \quad (12)$$

In ceea ce priveste modulul termic al retelei de distributie, dat fiind ca rezistenta termica medie a retelei este practic independenta de temperatura agentului termic rezulta ca singurul parametru ce trebuie luat in considerare este debitul de agent termic. Astfel se poate scrie :

$$E_R = \exp\left(-\frac{1}{\rho \cdot c} \cdot \frac{L}{R \cdot G_0} \cdot \frac{G_0}{G}\right) = E_{R0}^{G_0/G} \quad (13)$$

unde :

$$E_{R0} = \exp\left(-\frac{1}{\rho \cdot c} \cdot \frac{L}{R \cdot G_0}\right) \quad (14)$$

Tinand seama de relatiile (11) si (13) expresia (8) a randamentului sistemului districtual de incalzire poate fi utilizata in scopul analizei pe care ne-am propus-o.

Astfel s-a optat pentru o analiza asupra valorilor randamentului sistemului districtual de incalzire in functie de debitul de agent termic vehiculat in sistem, in cazul solicitarii climatice medii pe perioada sezonului de incalzire. In aceasta situatie raportul  $k/k_0$  are pentru majoritatea situatiilor valoarea 0.85.

Pe de alta parte in conditiile dimensionarii instalatiilor de incalzire la setul de valori nominale  $t_{T0} = 95^\circ\text{C}$ ,  $t_{R0} = 75^\circ\text{C}$ ,  $t_{i0} = 20^\circ\text{C}$ , conditii nominale pentru majoritatea instalatiilor de incalzire centrala din blocurile de locuinte din centrele urbane, rezulta :

$$E_{C0} = \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{T0} - t_{i0}} = \frac{75 - 20}{95 - 20} = 0.733 \quad (15)$$

In ceea ce priveste modulul termic al retelei in conditii nominale putem spune ca valoarea acestuia depinde de marimea retelei din punct de vedere constructiv si functional si de gradul de izolare termica al acesteia. Astfel avem situatii in care modulul termic al retelei in conditii nominale este de cca. 0.91 (cazul retelelor mari cu grad foarte scazut de izolare termica) si situatii in care acesta are valori de peste 0.99 (cazul retelelor mici cu grad ridicat de izolare termica).

In aceste conditii analiza intreprinsa pentru valorile mentionate ale parametrilor a condus la rezultatele prezentate grafic in fig. 2, in ceea ce priveste randamentul sistemului districtual de incalzire centrala.

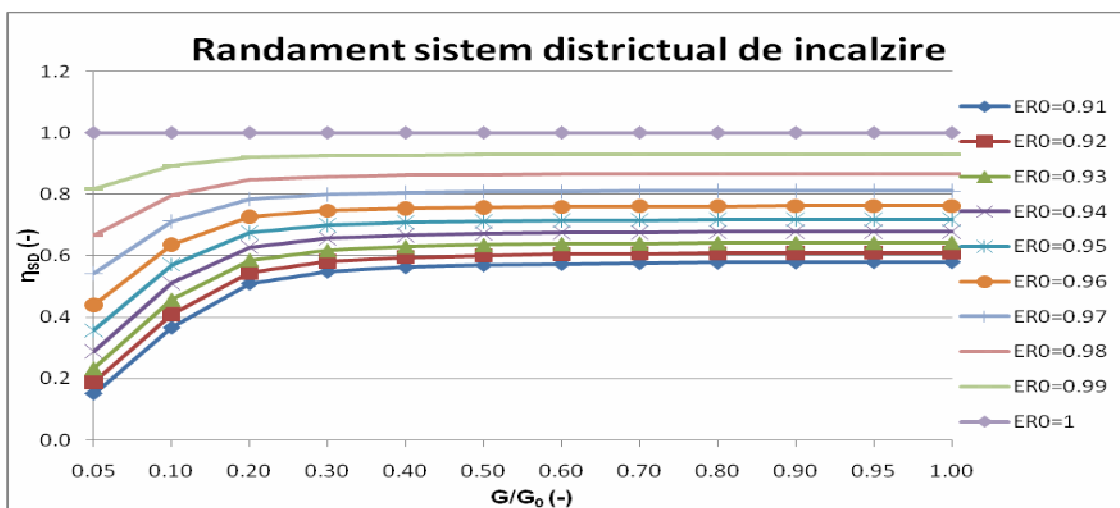


Fig. 2

Diagrama din fig. 2 este realizata pe baza valorilor prezentate in tabelul 1, care urmeaza:

Tabel 1

G/G0 =	ERO									
	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1
0.05	0.15	0.19	0.23	0.29	0.36	0.44	0.54	0.67	0.82	1
0.1	0.37	0.41	0.46	0.51	0.57	0.64	0.71	0.80	0.89	1
0.2	0.51	0.55	0.59	0.63	0.68	0.73	0.78	0.85	0.92	1
0.3	0.55	0.58	0.62	0.66	0.70	0.75	0.80	0.86	0.93	1
0.4	0.56	0.60	0.63	0.67	0.71	0.75	0.81	0.86	0.93	1
0.5	0.57	0.60	0.64	0.67	0.71	0.76	0.81	0.86	0.93	1
0.6	0.57	0.61	0.64	0.68	0.72	0.76	0.81	0.87	0.93	1
0.7	0.58	0.61	0.64	0.68	0.72	0.76	0.81	0.87	0.93	1
0.8	0.58	0.61	0.64	0.68	0.72	0.76	0.81	0.87	0.93	1
0.9	0.58	0.61	0.64	0.68	0.72	0.76	0.81	0.87	0.93	1
0.95	0.58	0.61	0.64	0.68	0.72	0.76	0.81	0.87	0.93	1
1	0.58	0.61	0.64	0.68	0.72	0.76	0.81	0.87	0.93	1

Atat din datele continute in tabelul 1 cat si din diagrama din fig. 2 se observa ca modulul termic al retelei are o importanta destul de mare asupra randamentului sistemului districtual de incalzire centrala. Chiar in situatia retelelor termice relativ bune, caracterizate de valori ai modulilor termici de cca. 0.97-0.99, daca debitul de agent termic scade cu 5-15% randamentul sistemului districtual de incalzire se situeaza la valori de cca. 82 – 93 % in medie pe an, pierderile de caldura ale sistemului de distributie fiind de cca. 7 – 18 %.

### 3. Cercetari experimentale

Rezultatele obtinute teoretic permit o analiza din punct de vedere energetic a alimentarii centralizate cu caldura a consumatorilor urbani, analiza capabila sa influenteze luarea unor decizii in ceea ce priveste reabilitarea si modernizarea retelelor termice.

S-au efectuat si o serie de cercetari experimentale in ceea ce priveste randamentul unei retele termice de distributie. Este vorba de reseaua termica aferenta PT1 zona IV din Berceni. Punctul termic are o capacitate de 6.67 Gcal/h din care 4.88 Gcal/h pentru incalzire si 1.79 Gcal/h pentru apa calda de consum. Cercetarile experimentale efectuate au vizat tocmai o analiza comparata intre consumurile orare la punctul termic si la consumatori.

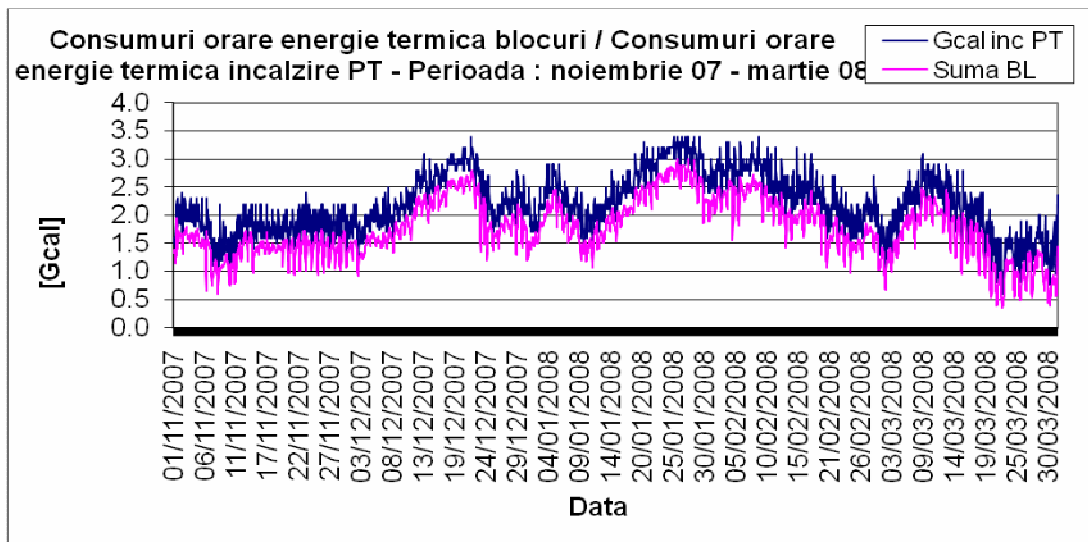


Fig. 3

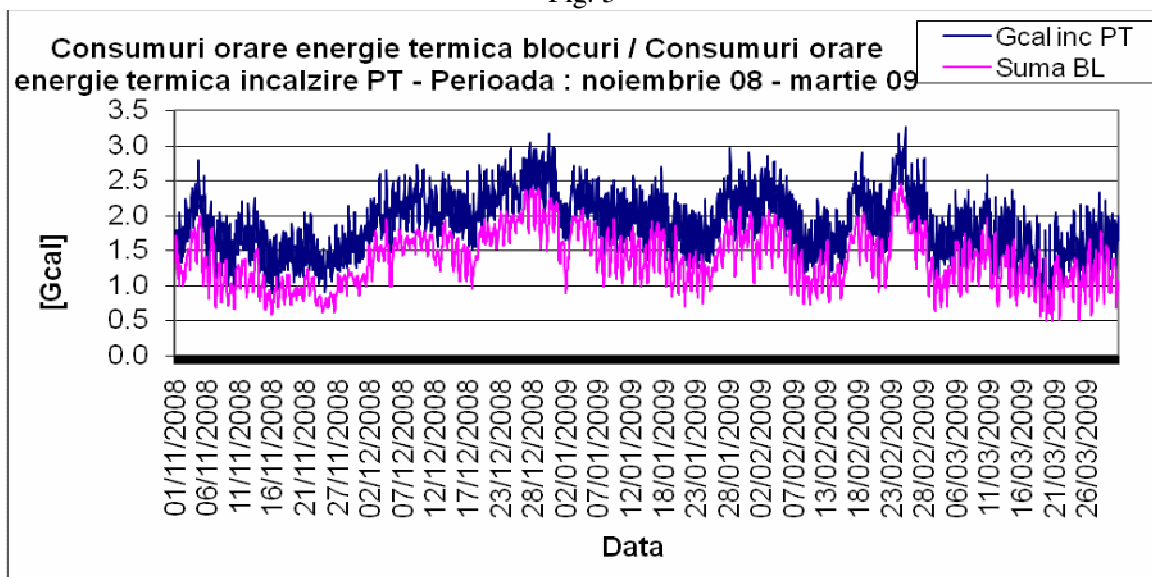


Fig. 4

Din figurile 3 si si 4 se observa cum atat in iarna 2007/2008 cat si in iarna 2008/2009 consumurile orare de energie termica, pentru incalzire, au fost sensibil mai mari la furnizor (punctul termic) decat la toti consumatorii alimentati. S-au raportat cele doua categorii de consumuri orare in vederea stabilirii unor valori ale randamentului sistemului de distributie. Rezultatele obtinute sunt prezentate in figura 5.

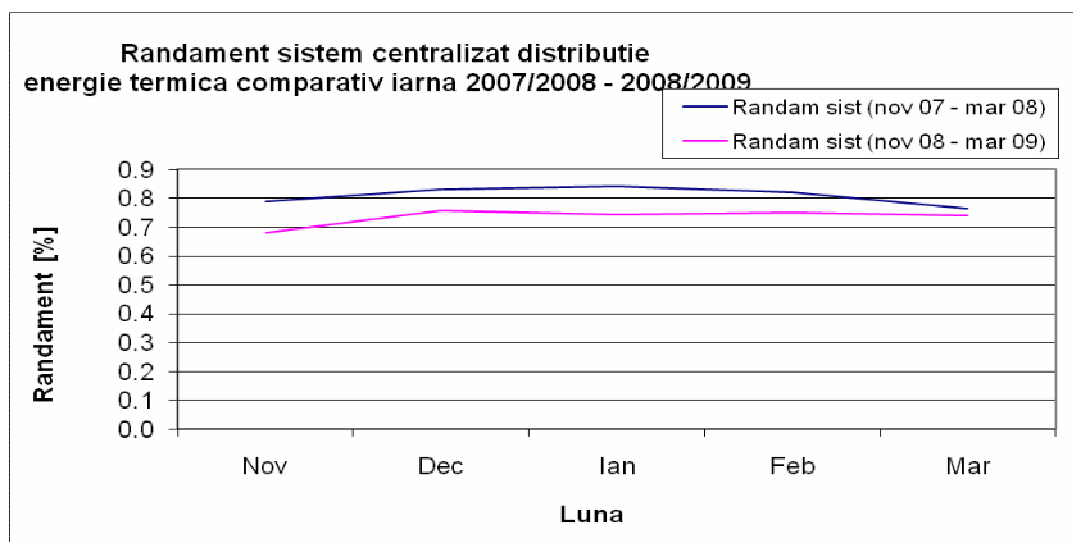


Fig. 5

Se observa o scadere a randamentului sistemului de distributie in iarna 2008/2009, scadere datorata diminuarii consumului de caldura al consumatorilor deserviri, scadere tradusa prin diminuarea debitelor de agent termic.

Valorile obtinute experimental pentru randamentul sistemului de distributie se incadreaza corect in domeniul obtinut teoretic atestand valori de cca. 0.96-0.98 ale modului termic echivalent al retelei de distributie.

#### 4. Concluzii

Lucrarea de fata are ca obiectiv prezentarea unei proceduri care sa permita evaluarea randamentului unui sistem districtual de incalzire. Cauza unui randament termic subunitar este reseaua de distributie prin care se pierde caldura spre mediul inconjurator. In functie de configuratia retelei, de gradul de izolare termica al retelei si de debitul de agent termic circulat in sistem randamentul sistemului districtual ia diverse valori.

Analiza intreprinsa in cadrul acestei lucrari s-a facut pe cazul unor consumatori dimensionati in conditii nominale de 95/75 °C. In aceasta situatie instalatiile interioare de incalzire sunt caracterizate de valoarea a modului termic nominal de 0.733 ceea ce in conditii medii de iarna conduce la o valoare a modului termic de 0.768.

În situația rețelelor termice obișnuite din punct de vedere al gradului de izolare termică, al configurației și capacității consumatorului deservit, modulii termici aferenți iau valori de cca. 0.97-0.99. După cum se observă din lucrare, dacă debitul de agent termic scade cu 5-15% randamentul unui astfel de sistem districtual de încălzire se situează la valori de cca. 82 – 93% în medie pe an, pierderile de căldură ale sistemului de distribuție fiind de cca. 7 – 18 %.

Rezultatele teoretice stabilite în lucrare au fost validate experimental. În acest fel relațiile teoretice vor putea în viitor fi utilizate în aprecierea dezvoltării rețelelor termice de distribuție și/sau a oportunității reabilitării și modernizării acestora.

Notatii :

$t_1$  – temperatura agentului termic la intrarea în rețeaua de distribuție de tur ( $^{\circ}\text{C}$ );

$t_2$  – temperatura agentului termic la ieșirea din rețeaua de distribuție de retur ( $^{\circ}\text{C}$ );

$t_3$  – temperatura agentului termic la intrarea în rețeaua de distribuție de retur ( $^{\circ}\text{C}$ );

$t_4$  – temperatura agentului termic la ieșirea din rețeaua de distribuție de retur ( $^{\circ}\text{C}$ );

$t_i$  – temperatura interioară a spațiilor încălzite ( $^{\circ}\text{C}$ );

$t_c$  – temperatura aerului din canalul termic ( $^{\circ}\text{C}$ );

$E_R$  – modulul termic al rețelei de distribuție de tur sau retur (-);

$E_C$  – modulul termic al suprafeței de încălzire instalate la consumatori (-);

$Q_{14}$  – puterea termică furnizată de centrala termică rețelei de distribuție (W);

$Q_{23}$  – puterea termică livrată de către rețeaua de distribuție consumatorului (W);

$L$  – lungimea totală a rețelei de distribuție tur (m);

$G$  – debitul total de agent termic circulat în rețeaua de distribuție ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$R$  – rezistența termică medie a rețelei de distribuție tur ( $\text{m.K/W}$ );

$S$  – suprafața de încălzire instalată la consumatorii deserviti de rețeaua de distribuție ( $\text{m}^2$ );

$k$  – coeficientul global de transfer termic al suprafeței de încălzire a consumatorilor ( $\text{m}^2.\text{K/W}$ );

$\eta_{SD}$  – randamentul sistemului districtual de încălzire (-);

## Bibliografie

1. *Florin Iordache* - Energetica echipamentelor și sistemelor termice - Editura Conspress - 2010;
2. *Mihai Ionescu* - Cercetări teoretice și experimentale privind funcționarea SACET în situația actuală privind structura și exploatarea acestora - Raport cercetare doctorat 1;
3. *Mihai Ionescu* - Modelarea proceselor energetice care au loc în cadrul SACET modernizate, de capacitate mică și capacitate medie - Raport cercetare doctorat 2;
4. *Virgil Paun* - Cercetări experimentale privind comportamentul termic dinamic al sistemelor de încălzire districtuală - Raport cercetare doctorat 2;
5. *Virgil Paun* - Modelarea proceselor termohidraulice în care au loc în punctele termice și rețele de distribuție - Raport cercetare doctorat 1;