

Comparaison de la consommation énergétique des installations de chauffage, avant et après réhabilitation

Florin Iordache¹, Vlad Iordache²

Université Technique de Construction de Bucarest
Faculté d'Installations, 66 Pache Protopopescu, sector 2 Bucarest

¹ fliord@instal.utcb.ro

² viordach@instal.utcb.ro

RESUME. Dans ce papier, on présente les consommations énergétiques d'une résidence suivie au cours de plusieurs années, avant et après la réhabilitation des installations de chauffage. L'effet énergétique de la réhabilitation de l'installation de chauffage est appris selon deux approches: théorique et expérimentale. Dans un premier temps le papier présente la modélisation théorique des processus de transfert de chaleur et de l'évaluation des pertes énergétiques. L'intégrale de ces pertes de chaleur nous conduit à l'évaluation de la consommation d'énergie. En ce qui concerne le bâtiment entier, on obtient des réductions de la consommations d'énergie thermiques d'environ 15% selon la modélisation théorique, alors qu'expérimentalement on a mesuré une réduction de 25 %. Ce supplément de 10% d'économie d'énergie est dû aux gains énergétiques intérieurs et à la façon dont les gens mettent les robinets thermostatiques sur une valeur inférieure à celle du confort intérieure.

MOTS-CLÉS : valves thermostatiques, économie d'énergie, bilan thermique.

ABSTRACT. The paper presents the thermal energy saving of a bloc of flats monitored during the last few years: before and after the installation of the thermostatic valves. The energy effects of the thermostatic valves are learned according to two approaches: theoretical and experimental. First, the paper presents the theoretical modeling of the heat transfer process and the evaluation of the heat loss. The integration of this heat loss represents the heat consumption. Concerning the entire building, we obtained a 15% energy saving based on theoretical approach and 25% energy saving based on the experimental study. This 10% error is due to the internal heat sources and the human behavior that tend to reduce the indoor temperature in order to reduce the expenses.

KEYWORDS: thermostatic valves, energy savings, thermostatic balance.

1. INTRODUCTION

L'économie de combustible fossile utiliser pour le chauffage des logements collectifs représente l'objectif principal de cette étude. Concret, on a établi les conséquences énergétiques de l'installation des valves thermostatiques individuelles à chaque radiateur. Ces conséquences énergétiques ont été évaluées aussi théoriquement (par la simulation de la consommation de chaleur) que expérimentalement (par l'enregistrement du comptoir de chaleur du bâtiment entier). Les répartiteurs de pris installes sur les radiateurs on bien sûr une influence sur le niveau de la consommation d'énergie.

La modélisation physique des processus de transfert thermique repose sur plusieurs recherche précédents (Iordache *et al*, 2007 ; Iordache, 2005 ; Iordache et al, 2002 ; Iordache, 2002 ; Dumitrescu et al., 2003 ; Iliina et al., 2002)

2. MODELISATION ET SIMULATION DE CONSOMMATIONS DE CHALEUR POUR LE CHAUFFAGE

Le bâtiment analyse est une résidence dont le niveau d’ hauteur est Sous-sol + rez-de-chaussée + 10-Etages, composé par 4 tronçons. Le bâtiment se trouve à Bucarest, Roumanie. Les façades principales du bâtiment sont orientées nord-sud. Cet aspect est important car dans l’étude ont suit à mettre en évidence les différences entre les deux demis du même bâtiment.

L’installation de chauffage est composée d’une distribution inférieure, posée au sous-sol de chaque tronçon qui assure l’alimentation des colonnes verticales auxquelles les radiateurs sont raccordés. Les cages des escaliers sont placées à l’intérieur de chaque tronçon et sont chauffées.

On a pris en compte des conditions climatiques variables. Chaque mois pendant l’hiver est composée par 30 jours identiques du point de vue de la variation diurne des deux paramètres qui définit le climat extérieur : température (Figure 1) et rayonnement solaire (Figure 2).

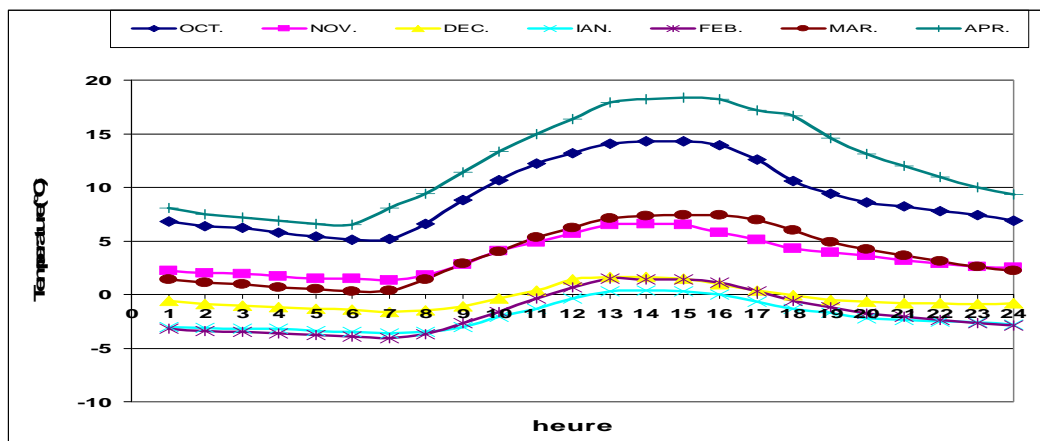


Figure 1 : Variation de la température extérieure.

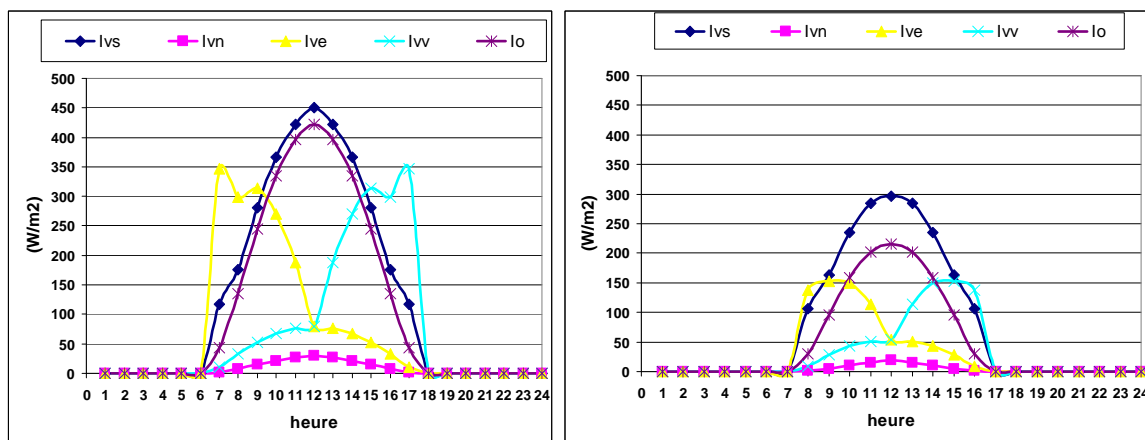


Figure 2 : Variation du rayonnement solaire.

La température de l'eau chaude a été calculée conforme au graphique de réglage qualitatif urbain, variable en fonction de la température extérieure, car le bâtiment est branché au réseau de chauffage urbain du Bucarest.

L'analyse du comportement thermique dynamique en régime d'exploitation a été effectuée pour deux cas différents : les radiateurs sont équipés avec des valves thermostatiques, et les radiateurs sont équipés avec des valves simple, non-thermostatiques.

2.1. LES RADIATEURS SONT EQUIPES AVEC DES VALVES THERMOSTATIQUES

Les objectifs suivis sont :

- d'établir les flux thermiques transmis par les espaces chauffés ;
- d'établir les flux thermiques apportés vers ces espaces par le système de chauffage ; et
- d'établir les consommations de chaleur mensuelle et annuelle pour les deux parties du bâtiment (nord, sud).

Les flux thermiques perdus par les espaces chauffés sont :

- les flux qui traversent les éléments opaques : murs et parois vers sud/nord/est/ouest, plancher vers sous-sol et plafond terrasse ;
- les flux qui traversent les éléments transparents : fenêtre/portes sur sud/nord/est/ouest ;
- les flux pour le chauffage de l'air infiltré.

Par exemple pour la partie sud, la perte de chaleur est composée par plusieurs termes [1] :

$$Q_{SUD} = \frac{S_{PES}}{R_{PE}} \cdot (t_{i0} - t_{ecs}) + \frac{S_{PEE}}{R_{PE}} \cdot (t_{i0} - t_{ece}) + \frac{S_{PEV}}{R_{PE}} \cdot (t_{i0} - t_{ecv}) + \frac{S_{TE}}{R_{TE}} \cdot (t_{i0} - t_{eco}) + \frac{S_{PL}}{R_{PL}} \cdot (t_{i0} - t_s) + \frac{S_{FE}}{R_{FE}} \cdot (t_{i0} - t_{Etrs}) + \frac{V}{R_{INF}} \cdot (t_{i0} - t_e) \quad [1]$$

Les différents flux thermiques de cette formule présente un calcul plus précis, car ils contiennent aussi l'effet de la température extérieure que du rayonnement solaire. En plus pour les éléments opaques de l'enveloppe, on prend en compte l'amortissement et le déphasage de l'onde thermique. Pour le calcul précis de ces flux thermiques on a étudié le transfert thermique en régime dynamique pour chaque élément de l'enveloppe [2] :

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = a \cdot \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} \quad [2]$$

Avec les conditions à la limite de 3^{me} espèce à la limite :

$$\alpha_i \cdot (t_i - \theta|_{x=0}) = -\lambda \cdot \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=0} \quad [3]$$

$$\alpha_e \cdot (\theta|_{x=\delta} - t_E) = -\lambda \cdot \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=\delta}$$

Et la condition à la limite de 4^{me} espèce pour le contact entre les différentes couches d'un même élément de l'enveloppe :

$$-\lambda_m \cdot \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=\Delta} = -\lambda_n \cdot \frac{\partial \theta}{\partial x} \Big|_{x=\Delta} \quad [4]$$

La résolution numérique a conduit à des variations diurnes des températures de l'intérieure des éléments opaques de la forme suivante :

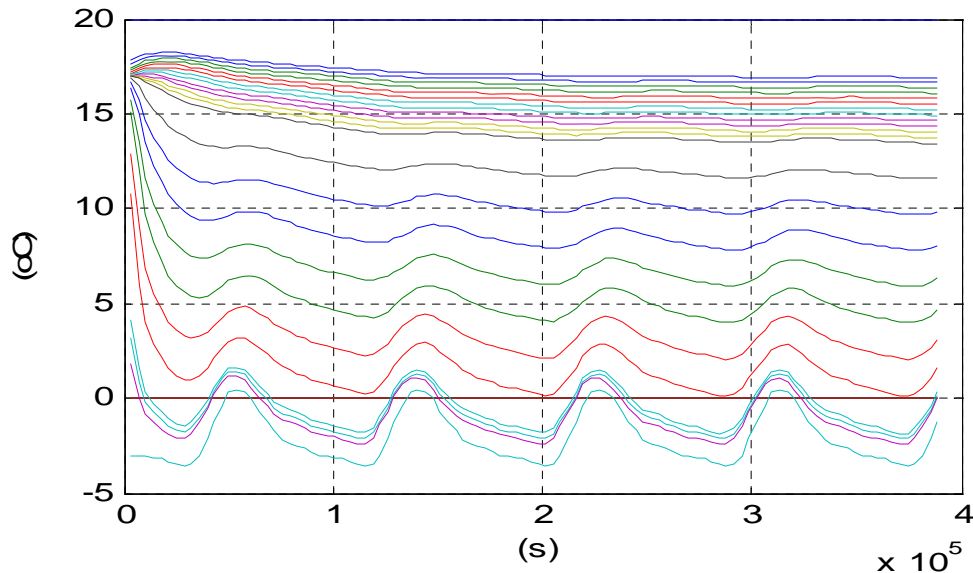


Figure 3 : Variations des températures à l'intérieure d'un mur

On a suivi le même type de calcul afin de déterminer la variation du flux de chaleur perdu pour la partie nord du bâtiment. On a obtenu des différences importantes entre ces flux de chaleur sud/nord (Figure 4) pour le créneau horaire 07:00-17:00.

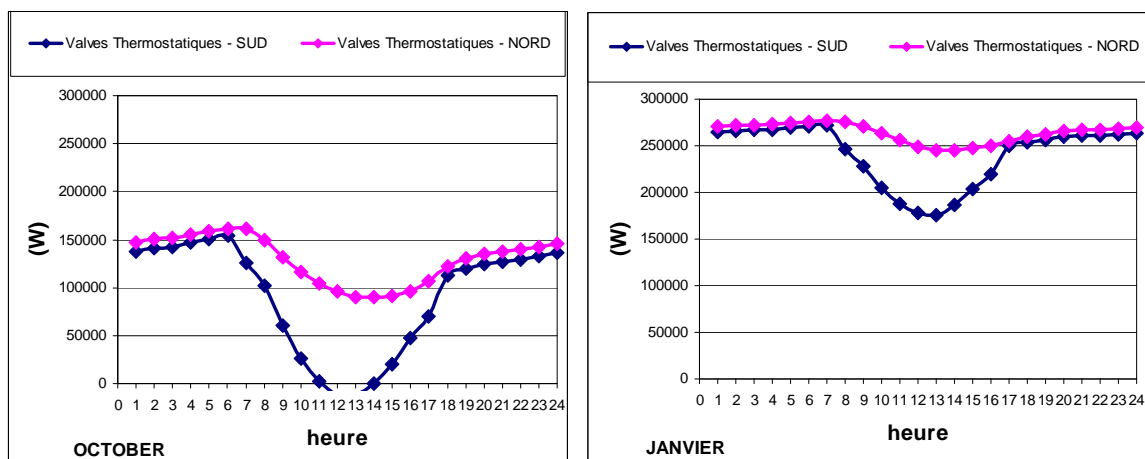


Figure 4 : Variations diurnes des flux perdus.

On note que due aux valves thermostatiques l'installation de chauffage peut profiter de gains de chaleur de l'extérieure. Le flux thermique livré par l'installation est diminué pendant les périodes ensoleillées, spécialement sur la partie sud du bâtiment.

2.2. LES RADIATEURS SONT EQUIPES AVEC DES VALVES SIMPLES

Dans ce cas les débits d'eau chaude ne se modifient pas selon les valeurs des gains de chaleur. L'effet des gains de chaleur est retrouvé dans une augmentation de la température intérieure. La variation de la valeur des gains de chaleur conduit à des variations de la température intérieure, des flux thermiques livrés par les radiateurs et des flux thermiques perdus par le bâtiment.

Dans ce cas, similaire au cas précédent, la massivité intérieure a été prise en compte. Dans ces conditions le bilan thermique de la partie sud du bâtiment [5] est :

$$Q_{Cl} \cdot d\tau = Q_{SUD} \cdot d\tau + (M_i \cdot c_i) \cdot \frac{dt_i}{d\tau} \cdot d\tau \tag{5}$$

ou :

$$Q_{SUD} = \beta \cdot t_i - \beta \cdot t^* \tag{6}$$

Donc l'equation du bilan thermique prend la forme [7]

$$\frac{dt_i}{d\tau} = - \frac{G_0 \cdot \rho \cdot c \cdot (1-E) + \beta}{M_i \cdot c_i} \cdot t_i + \frac{\beta}{M_i \cdot c_i} \cdot t^* + \frac{G_0 \cdot \rho \cdot c \cdot (1-E)}{M_i \cdot c_i} \cdot t_T, \tag{7}$$

et permet le suivi de la dynamique de la température intérieure (Figure 5) et des flux thermiques livrés par les radiateurs (Figure 6). La résolution numérique tien compte du comportement thermique des radiateurs.

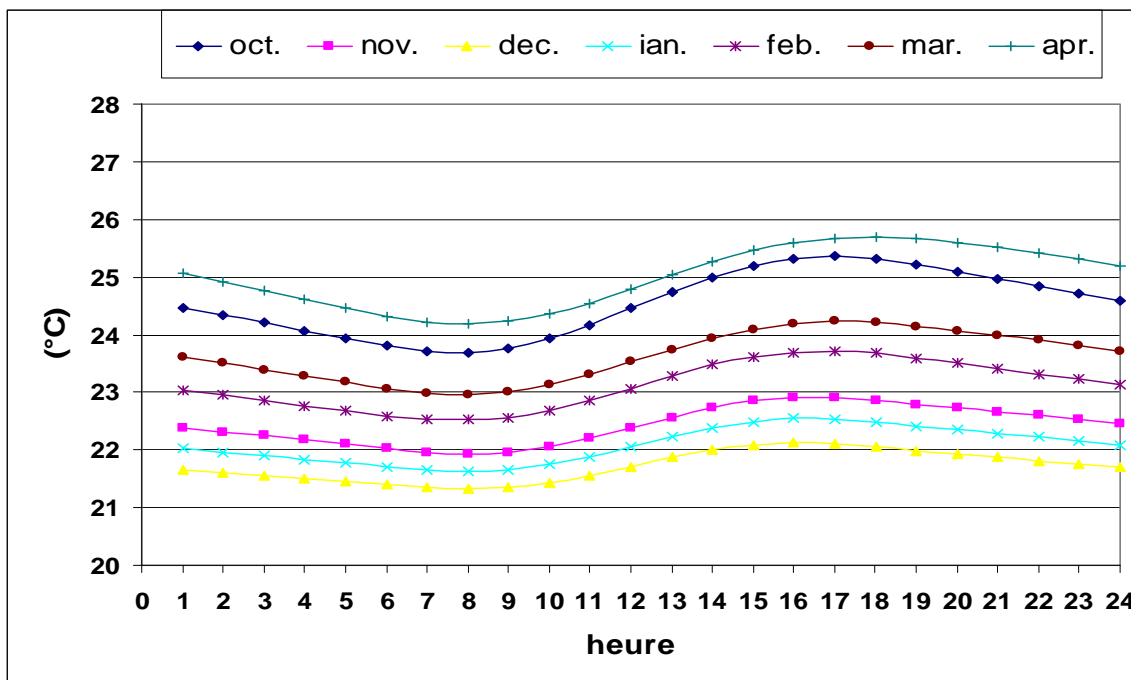


Figure 5. Variations des températures intérieures – sud – sans valves thermostatiques

Dans le cas de l'utilisation des valves non-thermostatiques les flux thermiques livrés par les radiateurs sont relativement constants pendant les 24 heures et la consommation de la chaleur est évidemment plus élevée que dans le cas de l'utilisation des valves thermostatiques.

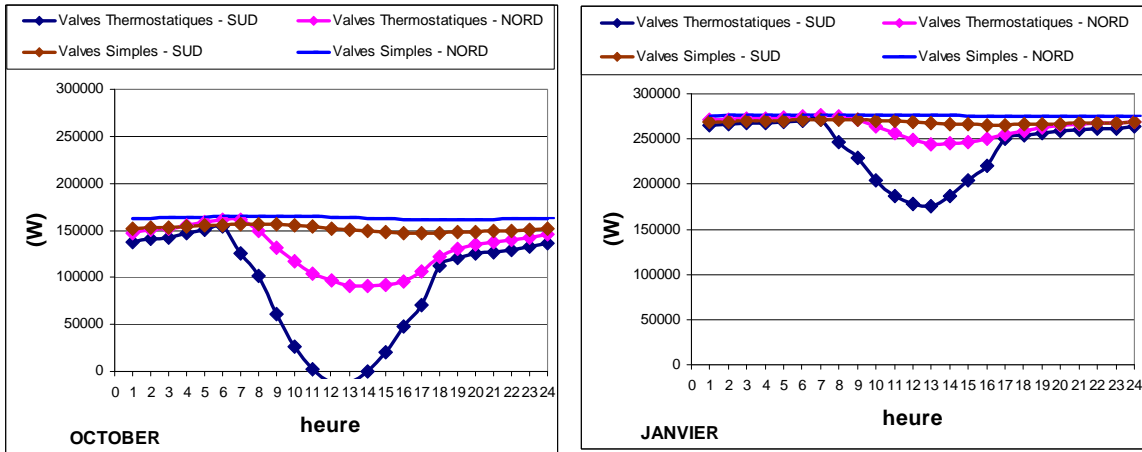
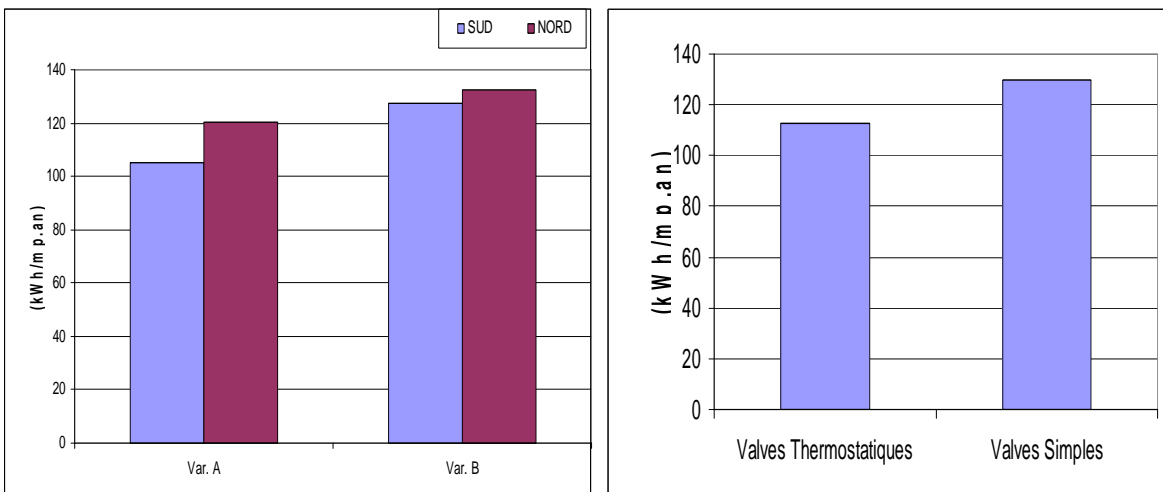


Figure 6. Variations diurnes des flux thermiques – sans valves thermostatique

3. CONSOMMATION DE CHALEUR. ANALYSE COMPARATIVE

Les variations diurnes des flux thermiques mettent en évidence des diminutions importantes par rapport au cas quand les valves ne sont pas thermostatiques. Cela a des conséquences similaires sur la consommation d'énergie du bâtiment entier ou des deux parties nord / sud. L'intégration des flux sur la longueur de la saison froide conduite au calcul des consommations d'énergie thermique pour le bâtiment entier aussi que pour chaque partie du bâtiment nord/sud (Figure 7).



a. Comparaison sud / nord

b. Bâtiment entier

Figure 7. Comparaison des consommations de chaleur

Pour la partie sud du bâtiment les valves thermostatiques apportent une économie de 21.3% alors que pour la partie nord elles apportent que 10% d'économie (Figure 7a). Pour toute le bâtiment l'économie apportée par les valves thermostatiques est de 15.3% (Figure 7b).

Les recherches expérimentales portées sur le bâtiment analysé ont conduit à une économie réelle de 24%. Donc les économies réelles ont dépassé les valeurs obtenues par simulation de 9%. Cette erreur est explicable d'une coté par les gains internes et de l'autre coté par le comportement des locataires qui tendent à diminuer de plus la température intérieure afin de diminuer les charges. Cette tendance de changer la température intérieure a été remarquée par l'équipe de la partie expérimentale.

4. CONCLUSION

La modernisation des installations intérieures des bâtiments collectifs est bénéfique parce qu'elle offre aux locataires la possibilité d'agir sur la chaleur similaire à une marchandise, d'en achète dans la mesure où ils disposent de financement.

La conséquence directe a été la diminution de la consommation de combustible fossile. L'installation de chauffage est plus élastique, les flux de chaleur livrés par les radiateurs étant réglable en fonction des gains de chaleur.

NOMENCLATURE

- t_i – température intérieure, °C;
- t_{i0} – température intérieure de calcul, °C;
- t_e – température extérieure, °C;
- t^* - température sol-air, °C;
- θ - température a l'intérieure de l'element opaque de l'enveloppe, °C;
- G_0 – débit de calcul d'eau chaude, m³/s sau l/h;
- h_i – coefficient transfert chaleur par convection a l'intérieur, W/m².K;
- h_e – coefficient transfert chaleur par convection a l'extérieur, W/m².K;
- λ - coefficient transfert chaleur par conductivite, W/m.K;
- a – difuzivite thermique, m²/s;
- S_{PES} , S_{PEN} , S_{PEE} – surface mur/parois oriente sud/nord/est, m²;
- S_{TE} – surface terrasse, m²;
- S_{PL} – surface du plancher vers sous-sol, m²;
- S_{FE} – surface vitrée, m²;
- R_{PE} – rezistence thermique mur/parois, m².K/W;
- R_{TE} – rezistence thermique terrasse, m².K/W;
- R_{PL} – rezistence thermique plancher, m².K/W;
- R_{FE} – rezistence thermique fenetre, m².K/W;
- R_{INV} – rezistence thermique aux infiltration d'air extérieur, m³.K/W;
- m_i – massivite interieure, kg/m²;
- M_i – massivite interieure, kg;
- c_i – chaleur specifique, J/kg.K;
- Q_{SUD} – flux chaleur perdur vers l'extérieur de la partie sud du batiment, W;
- Q_{NORD} – flux chaleur perdur vers l'extérieur de la partie nord du batiment, W;
- Q_{CI} – flux chaleur livré par les radiateurs, W;

BIBLIOGRAPHIE

Iordache, F., Iordache, V. (2007). Energy saving in bloc of flats due to individual heat metering – *Conference Internationale CLIMA, Helsinki*

- Iordache, F. (2005) – *Termotehnica Constructiilor* – ed. Matrix, Bucurest, p 61-70, 114-122.
- Iordache, F., Baltaretu, F. (2002) - *Modelarea si simularea proceselor dinamice de transfer termic* – ed. Matrix, Bucurest, p 169-175.
- Iordache, F. (2002) – *Comportamentul dinamic al echipamentelor si sistemelor termice* – ed. Matrix, Bucurest, p 62-68
- Dumitrescu, R., Chiriac, F. (2003) *Lectii de Termotehnica – vol II (elemente de transfer de caldura si umiditate)* – ed. Conspress, Bucurest, p 21-33.
- Irina, M., et al. (2002) *Manualul de Instalatii, vol. Instalatii de Incalzire* – ed. Artecno, Bucurest, p 12-39