

Consecințe energetice ale încălzirii intermitente a clădirilor

Energetic consequences of intermittent heating of buildings

Florin Iordache¹, Vlad Iordache²

¹Universitatea Tehnică de Construcții București
Facultatea de Inginerie a Instalațiilor
Bdul. Pache Protopopescu, 66, România
fliord@yahoo.com

²Universitatea Tehnică de Construcții București
Facultatea de Inginerie a Instalațiilor
Bdul. Pache Protopopescu, 66, România
viordach@yahoo.com

Rezumat: Reducerea consumului de energie în domeniul consumatorilor civili este un deziderat intens urmărit în contextul preocupărilor actuale europene și internaționale. Încalzirea spațiilor reprezintă un domeniu caracterizat de un consum considerabil de energie și preocuparea pentru reducerea acestora stă în atenția specializatorilor de pretutindeni. Adoptarea regimului de încălzire intermitentă în locul regimului de încălzire continuă poate fi o soluție în anumite situații arhitecturale constructive de clădiri. Lucrarea are ca obiectiv tocmai identificarea unor criterii de urmărit, utile în adoptarea regimului intermitent de încălzire în locul celui continuu, în vederea reducerii consumurilor energetice. Sunt vizati parametrii constructivi de natură termică cum ar fi rezistența termică medie și masivitatea clădirii. Se au de asemenea în vedere și capacitatea instalată a sistemului de încălzire care face apel la investițiile necesare alături de consumurile energetice.

Cuvinte cheie: reducere consum energie, încălzire intermitentă

Abstract: Reduction of energy consumption in the consumer civilians is a goal pursued extensively in European and international context of current concerns. Space heating is an area characterized by a considerable energy consumption and reduce their concern lies in attention specializatorilor everywhere. Adoption heating regime in place intermittent continuous heating regime can be a solution in some situations constructive architectural buildings. This paper aims to identify just watched criteria useful in adopting intermittent instead of continuous heating, to reduce energy consumption. It covers the nature of design parameters such as thermal resistance thermal medium and massive building. We have also taken into account the installed capacity of the heating system that appeals to the investments required with energy consumption.

Key words: reducing energy consumption, intermittent heating

1. Introducere

Obiectivul lucrării de față este cel de identificarea situațiilor în care este oportună, din punct de vedere energetic, utilizarea programului intermitent de alimentare cu căldură a unei clădiri. De exemplu se consideră ca o clădire caracterizată de o capacitate termică C și o rezistență termică R și având un program de utilizare a spațiilor interioare mai mic decât 24h, este profitabil din punct de vedere energetic să adopte un program de încălzire intermitent în locul programului de încălzire continuă. Concluziile acestui studiu vor fi influențate și de programul de intermitență necesar a fi adoptat.

2. Descrierea sistemului analizat și programului de exploatare

Primul tip de regim intermitent de încălzire.

Așa cum s-a menționat clădirea se consideră caracterizată de o capacitate termică C (kWh/K) și de o rezistență termică medie R (K/kW) și deci de o constantă de timp $C_T = C \cdot R$ (h).

Alimentarea continuă cu căldură a clădirii presupune menținerea în permanență a temperaturii interioare de utilizare normate t_u (°C). Puterea termică livrată de către sursă este constantă, valoarea ei fiind P_u (kW). Alimentarea cu intermitență cu căldură a clădirii vizează asigurarea temperaturii interioare de utilizare normate numai pe perioada de utilizare efectivă a clădirii τ_u (h). În consecință, pe această perioadă (τ_u) sursa de alimentare cu căldură se consideră că furnizează o putere termică corespunzătoare acestei situații P_u (kW), (fig. A).

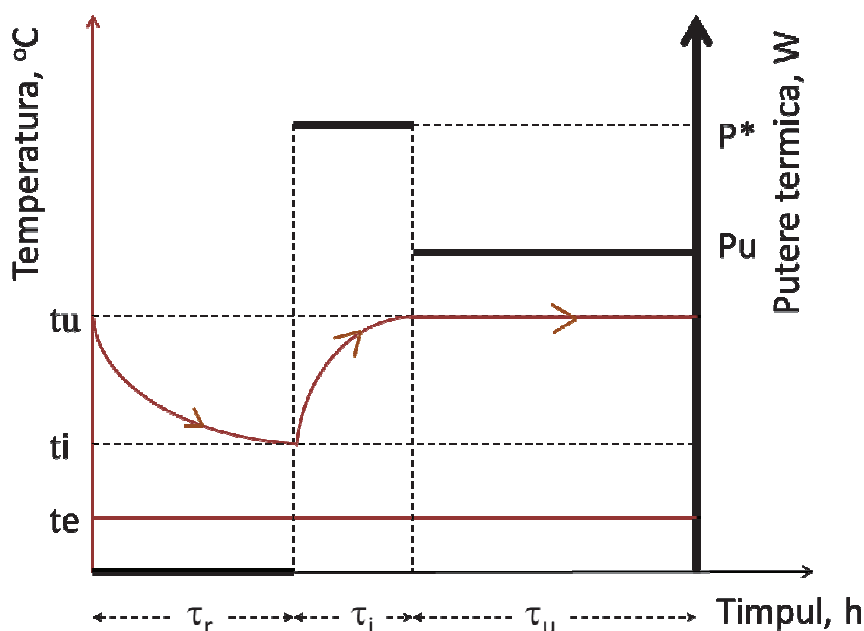


Fig. A

Dupa expirarea perioadei de utilizare sursa se opreste, puterea termica livrata fiind nula. Aceasta etapa dureaza o perioada de timp τ_r (h), evident mai mica ca durata decat $24 - \tau_u$. In aceasta perioada cladirea intra intr-o perioada de racire temperatura ei atingand la sfarsitul acestei perioade o temperatura minima t_i ($^{\circ}\text{C}$), situata intre temperatura mediului exterior t_e ($^{\circ}\text{C}$) si temperatura interioara de utilizare t_u ($^{\circ}\text{C}$). Urmeaza in continuare etapa a treia de functionare, in care sursa reporneste, furnizand insa o putere termica P^* (kW) sensibil mai mare decat puterea de utilizare P_u (kW), pentru a putea incalzi in aceasta perioada cladirea, de la temperatura minima t_i ($^{\circ}\text{C}$) la temperatura de utilizare t_u ($^{\circ}\text{C}$). Durata acestei perioade va fi $\tau_i = 24 - \tau_u - \tau_r$ (h). Valoarea puterii termice necesar a fi furnizata de catre sursa depinde in consecinta de : valoarea temperaturii intermediare t_i ($^{\circ}\text{C}$), de durata perioadei de reincalzire intensiva τ_i (h) si de valoarea temperaturii de utilizare t_u ($^{\circ}\text{C}$).

Al doilea tip de regim intermitent de incalzire.

In continuare se pune problema unui al doilea regim de incalzire intermitenta. In cadrul acestui regim de incalzire intermitenta, zilnic, sunt numai din doua etape, una in care sursa furnizeaza putere termica constanta in perioada de incalzire intensiva si o a doua etapa de racire libera a cladiri, (fig. B). Astfel in prima parte a perioadei de utilizare, sursa functioneaza, iar in a doua parte cladirea se afla in regim de racire libera. In prima parte a perioadei de neutilizare a cladirii regimul este de racire libera iar in a doua etapa sursa functioneaza si furnizeaza putere termica.

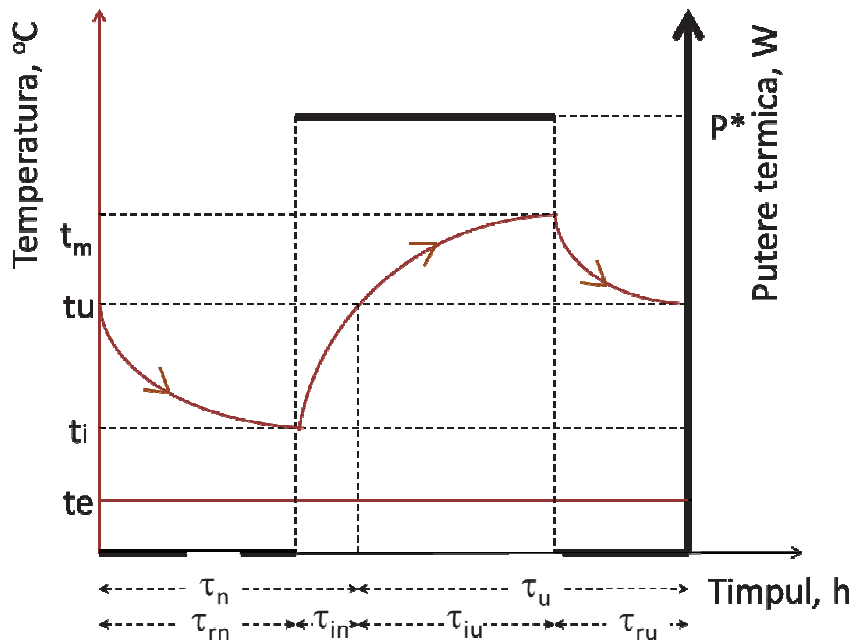


Fig. B

3. Bilanturi termice. Modelarea matematica a regimurilor termice nestationare

Primul tip de regim intermitent de incalzire.

Se incepe analiza cu tratarea etapei de racire libera a cladirii. Bilantul termic in regim nestationar al cladirii in aceasta etapa se poate scrie astfel :

$$\frac{t_e - t}{R} = C \cdot \frac{dt}{d\tau} \quad (1)$$

sau :

$$\frac{dt}{d\tau} = -\frac{1}{C_T} \cdot t + \frac{1}{C_T} \cdot t_e \quad (2)$$

Unde : $C_T = C \cdot R$ – constanta de timp a cladirii (h)

S-a considerat ca ipoteza simplificatoare de lucru, regimul regulat, in care masivitatea cladirii este caracterizata de o temperatura uniforma t (τ), iar temperatura exterioara (t_e) este constanta. Se vor face analize pentru diverse valori ale temperaturii exterioare, caracteristice sezonului rece al anului.

Solutia ecuatiei diferentiale liniare (2), cu conditia initiala $t(\tau)|_{\tau=0} = t_u$, este :

$$t = t_e + (t_u - t_e) \cdot \exp\left(-\frac{\tau}{C_T}\right) \quad (3)$$

Relatia (3) permite stabilirea temperaturii intermediare la care ajunge masivitatea cladirii dupa o perioada de racire libera cu durata τ_r :

$$t_i = t_e + (t_u - t_e) \cdot \exp\left(-\frac{\tau_r}{C_T}\right) = t_e + (t_u - t_e) \cdot E_r \quad (4)$$

$$\text{unde } E_r = \exp\left(-\frac{\tau_r}{C_T}\right)$$

Urmatoarea etapa analizata este etapa de incalzire intensiva a cladirii in care sursa trebuie sa pompeze o putere termica mare pentru a reusi sa aduca cladirea la nivelul temperaturii de utilizare, tu, intr-un timp destul de scurt, τ_i . Se urmareste determinarea valorii acestei puteri termice pentru a calcula consumul energetic in aceasta perioada. Bilantul in regim nestationar in aceasta perioada este:

$$P^* + \frac{t_e - t}{R} = C \cdot \frac{dt}{d\tau} \quad (5)$$

de unde rezulta ecuatia diferentiala liniara :

$$\frac{d\theta}{d\tau} = -\frac{1}{C_T} \cdot t + \frac{1}{C_T} \cdot (t_e + R \cdot P^*) = -\frac{1}{C_T} \cdot t + \frac{1}{C_T} \cdot t_e^* \quad (6)$$

unde $t_e^* = t_e + R \cdot P^*$

Ca și în ecuația diferențială (2) considerând de această dată și puterea livrată de sursă în această etapă constantă în timp, și de condiția inițială $\theta(\tau)|_{\tau=0} = t_i$, rezultă soluția :

$$t = t_e^* + (t_i - t_e^*) \cdot \exp\left(-\frac{\tau}{C_T}\right) \quad (7)$$

În continuare impunem condiția finală $\theta(\tau)|_{\tau=\bar{\alpha}} = t_u$, și se obține :

$$t_u = t_e^* + (t_i - t_e^*) \cdot \exp\left(-\frac{\tau_i}{C_T}\right) = t_e^* + (t_i - t_e^*) \cdot E_i \quad (8)$$

unde $E_i = \exp\left(-\frac{\tau_i}{C_T}\right)$

Din relația (8) se determină puterea pe care trebuie să o livreze sursa în perioada de încălzire intensivă, $P^*(W)$, rezultă că fiind :

$$P^* = \frac{1}{R} \cdot \frac{t_u - t_e - (t_i - t_e) \cdot E_i}{1 - E_i} \quad (9)$$

Înlocuind (4) în (9) se obține :

$$P^* = \frac{1 - E_r \cdot E_i}{1 - E_i} \cdot \frac{(t_u - t_e)}{R} = \frac{1 - E_r \cdot E_i}{1 - E_i} \cdot P_u \quad (10)$$

Rezultă în concluzie destul de simplu de înțeles că energia consumată de sursă pentru alimentarea zilnică a clădirii este în cazul încălzirii intermitente :

$$Q_{\text{int}} = P^* \cdot \tau_i + P_u \cdot \tau_u = \frac{1 - E_r \cdot E_i}{1 - E_i} \cdot \frac{(t_u - t_e)}{R} \cdot \tau_i + \frac{(t_u - t_e)}{R} \cdot \tau_u \quad (11)$$

În regim de încălzire continuă avem un consum zilnic energetic de :

$$Q_{\text{cont}} = P_u \cdot 24 = \frac{(t_u - t_e)}{R} \cdot 24 \quad (12)$$

Raportand consumul energetic pentru incalzirea cladirii in regim de alimentare intermitenta la cel de regim de alimentare continua rezulta :

$$\eta = \frac{Q_{int}}{Q_{cont}} = \frac{1 - E_r \cdot E_i}{1 - E_i} \cdot \frac{\tau_i}{24} + \frac{\tau_u}{24} \quad (13)$$

$$\text{Trebuie sa tinem seama de faptul ca : } \tau_r + \tau_i + \tau_u = 24 \quad (14)$$

Puterea termica livrata de sursa in etapa de incalzire intensiva raportata la puterea termica livrata in regim de incalzire continua are expresia :

$$\frac{P^*}{P_u} = \frac{1 - E_r \cdot E_i}{1 - E_i} \quad (15)$$

Modul in care am pus problema incalzirii intermitente are in vedere o sursa reglabila care furnizeaza putere termica la o valoare ridicata, P^* , in perioada incalzirii intensive, τ_i , si apoi o putere mai scazuta, P_u , in perioada de utilizare a cladirii, τ_u .

Se prezinta in continuare cateva rezultate obtinute in situatia in care etapa de utilizare a cladirii dureaza : $\tau_u = 10h$, iar etapa de racire libera ia diferite valori in domeniul 0 – 14 h.

Tabel 1 : Raportul - Qintemitent / Qcontinuu

τ_r / C_T	1	2	4	8	16	24
2	0,916669	0,917452	0,926975	0,948433	0,969264	0,978292
5	0,791713	0,795534	0,82319	0,875445	0,924961	0,946667
9	0,626413	0,643423	0,699839	0,787048	0,869327	0,906267
12	0,513043	0,548378	0,622062	0,727934	0,830229	0,877302

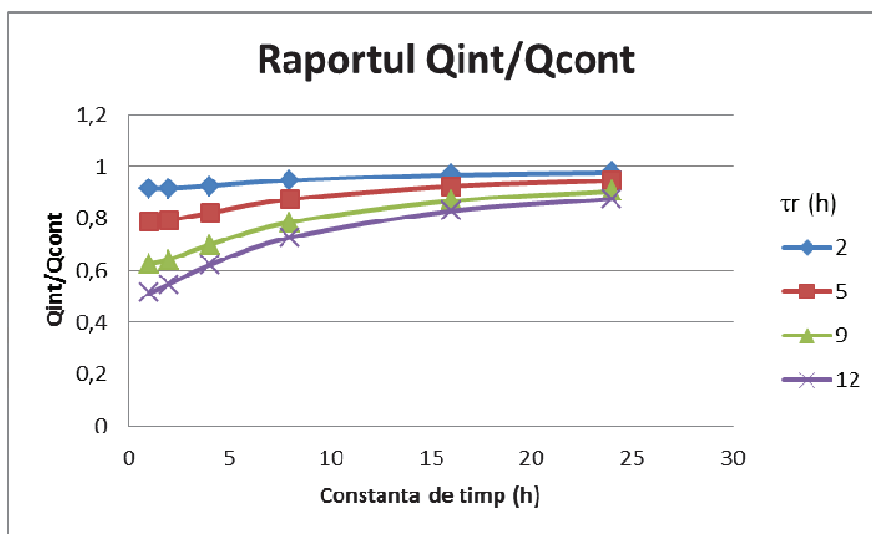


Fig. 1

În tabelul 1 și fig. 1 se prezintă raportul dintre consumul de energie aferent regimului intermitent de încălzire și cel aferent regimului continuu. Se observă că sunt posibile reduceri de până la 50% în diferite situații de clădiri și de durate de întrerupere a alimentării cu căldură. Reducerile energetice importante rezultate prin aplicarea programului de încălzire intermitentă se obțin în special în cazul clădirilor caracterizate de constante de timp mici adică de masivități reduse și de rezistențe termice de asemenea reduse. În cazul clădirilor caracterizate de constante de timp mai ridicate reducerile de consumuri energetice sunt mai scăzute 10% – 15% și chiar mai mici. Sigur că nici aceste valori nu sunt neglijabile însă trebuie văzute ce implică aceste valori. Un alt parametru important este timpul de oprire al alimentării cu căldură al clădirii și se observă că dacă acest timp este mai mare atunci și reducerea de consum energetic este mai mare. Dar și de această dată trebuie văzute ce implică acest lucru.

Tabel 2 - Raport - P*/Pu

τ_r / C_T	1	2	4	8	16	24
2	1,000005	1,001571	1,020616	1,063532	1,105195	1,123251
5	1,000123	1,010312	1,084062	1,223409	1,35545	1,413335
9	1,006783	1,088432	1,359228	1,77783	2,172772	2,350081
12	1,156517	1,580534	2,464748	3,735212	4,962746	5,52763

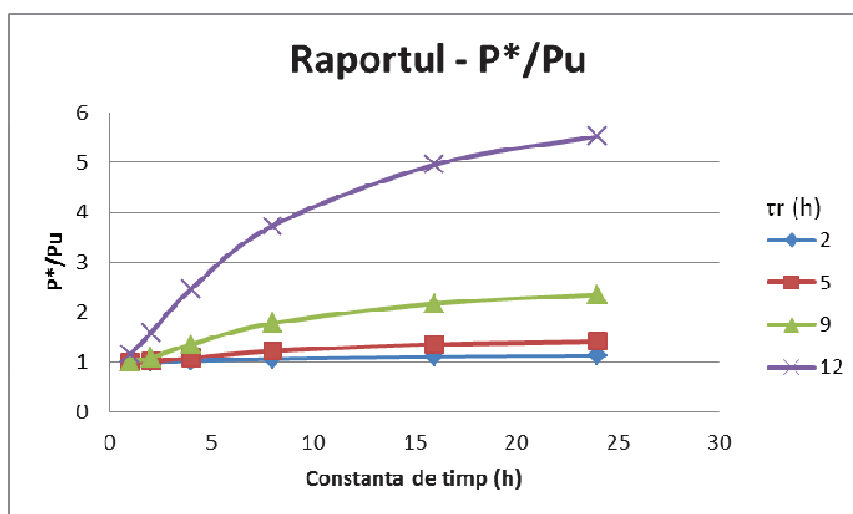


Fig. 2

În tabelul 2 și fig. 2 se prezintă raportul dintre puterea necesară a fi furnizată de sursa de încălzire în regim intensiv și puterea furnizată de sursa în regim continuu de încălzire. După cum era de așteptat, în regim de încălzire intermitent, în cadrul etapei de încălzire intensivă sursa trebuie să aibă capacitatea să furnizeze o putere termică sensibil mai mare decât cea din cadrul regimului continuu. Cu cât clădirea este caracterizată de o constantă de timp mai mare și cu cât perioada de racire liberă a fost mai mare cu atât pentru readucerea în regim este necesară o putere mai mare, de chiar câteva ori mai mare decât cea de regim continuu.

Al doilea tip de regim intermitent de incalzire.

Fara a mai scrie bilanturile termice in regim nestationar ale cladirii in diversele perioade mentionate, ne rezumam la a prezenta direct relatiile operationale rezultate ca solutii a acestor ecuatii de bilant termic. Pentru perioadele de racire :

$$t_u = t_e + (t_m - t_e) \cdot E_{ru} \quad \text{- racirea libera a cladirii in cadrul etapei de utilizare} \quad (16)$$

$$t_i = t_e + (t_u - t_e) \cdot E_{ri} \quad \text{- racirea libera in cadrul etapei de neutilizare} \quad (17)$$

$$t_i = t_e + (t_m - t_e) \cdot E_r \quad \text{- racirea libera - intreaga perioada} \quad (18)$$

Pentru perioada de incalzire intensiva :

$$t_u = t_e^* + (t_i - t_e^*) \cdot E_{iu} \quad \text{- incalzirea intensiva - in cadrul etapei de neutilizare} \quad (19)$$

$$t_m = t_e^* + (t_u - t_e^*) \cdot E_{im} \quad \text{- incalzirea intensiva - in cadrul etapei de utilizare} \quad (20)$$

$$t_m = t_e^* + (t_i - t_e^*) \cdot E_i \quad \text{- incalzire intensiva - intreaga perioada} \quad (21)$$

unde :

$$t_e^* = t_e + R \cdot P^* \quad \text{- temperatura exterioara corectata} \quad (22)$$

$$E_{ru} = \exp\left(-\frac{\tau_{ru}}{C_T}\right); \quad E_{ri} = \exp\left(-\frac{\tau_{ri}}{C_T}\right); \quad E_r = \exp\left(-\frac{\tau_r}{C_T}\right);$$

$$E_{iu} = \exp\left(-\frac{\tau_{iu}}{C_T}\right); \quad E_{im} = \exp\left(-\frac{\tau_{im}}{C_T}\right); \quad E_i = \exp\left(-\frac{\tau_i}{C_T}\right);$$

Prelucrand relatiile (17) si (19) rezulta valoarea puterii termice necesare a fi furnizate in perioada de incalzire :

$$P^* = \frac{1 - E_{iu} \cdot E_{im}}{1 - E_{iu}} \cdot P_u \quad (23)$$

unde :

$$P_u = \frac{(t_u - t_e)}{R}$$

In continuare se urmareste determinarea perioadei de timp in care are loc incalzirea, adica τ_i .

Prelucrarea relatiilor (18) si (21) conduce la :

$$\tau_r = C_T \cdot \ln \frac{t_m - t_e}{t_i - t_e} \quad (24)$$

$$\tau_i = C_T \cdot \ln \frac{t_i - t_e^*}{t_m - t_e^*} \quad (25)$$

Relatia (25) permite acest lucru, insa este necesar sa cunoastem in prealabil temperaturile t_i si t_m . Prelucrand relatia (25) o putem aduce la forma :

$$\tau_i = C_T \cdot \ln \frac{P_i - P^*}{P_m - P^*} \quad (26)$$

unde :

$$P_i = \frac{(t_i - t_e)}{R} \quad (27)$$

$$P_m = \frac{(t_m - t_e)}{R}$$

Parametrul P_i este destul de ușor de stabilit utilizând relația (17) :

$$P_i = E_m \cdot P_u \quad (28)$$

Mai dificil este de stabilit P_m , și pentru asta se va proceda astfel :

Prelucrând relațiile (16) și (20) se obține :

$$\tau_{ru} = C_T \cdot \ln \frac{t_m - t_e}{t_u - t_e} \quad (29)$$

$$\tau_{iu} = C_T \cdot \ln \frac{t_u - t_e^*}{t_m - t_e^*} \quad (30)$$

Adunând relațiile (29) și (30) rezultă :

$$C_T \cdot \ln \left(\frac{t_m - t_e}{t_u - t_e} \cdot \frac{t_u - t_e^*}{t_m - t_e^*} \right) = \tau_u \quad (31)$$

Sau :

$$\frac{P_u \cdot (P_m - P^*)}{P_m \cdot (P_u - P^*)} = E_u \quad (32)$$

Rezultă :

$$P_m = \frac{1 - E_{in} \cdot E_m}{1 - E_{in} [1 - E_u \cdot (1 - E_m)]} \cdot P_u \quad (33)$$

Și în final se compară consumul de energie în cazul regimului intermitent de încălzire cu cel din regimul continuu.

$$\eta = \frac{Q_{int}}{Q_{cont}} = \frac{P^* \cdot \tau_i}{P_u \cdot 24} = \frac{P^*}{P_u} \cdot \frac{C_T}{24} \cdot \ln \frac{P_i - P^*}{P_m - P^*} = \frac{P^*}{P_u} \cdot \frac{C_T}{24} \cdot \ln \frac{P_i/P_u - P^*/P_u}{P_m/P_u - P^*/P_u} \quad (34)$$

unde :

$$\frac{P^*}{P_u} = \frac{1 - E_{in} \cdot E_m}{1 - E_{in}}$$

$$\frac{P_i}{P_u} = E_m$$

$$\frac{P_m}{P_u} = \frac{1 - E_{in} \cdot E_m}{1 - E_{in} [1 - E_u \cdot (1 - E_m)]}$$
(35)

Se prezinta in continuare cateva rezultate obtinute in situatia in care etapa de utilizare a cladirii dureaza: $\tau_u = 10h$, iar etapa de racire libera ia diferite valori in domeniul 0 – 14 h.

Tabel 3 - Raport - Qintemitent / Qcontinuu

τ_r / C_T	1	2	4	8	16	24
2	0,916671	0,917976	0,932381	0,959463	0,979761	0,986843
5	0,791759	0,798972	0,844875	0,911603	0,955626	0,97052
9	0,628956	0,672638	0,786573	0,889384	0,939635	0,956817
12	0,571252	0,730489	0,908444	0,947322	0,946984	0,954773

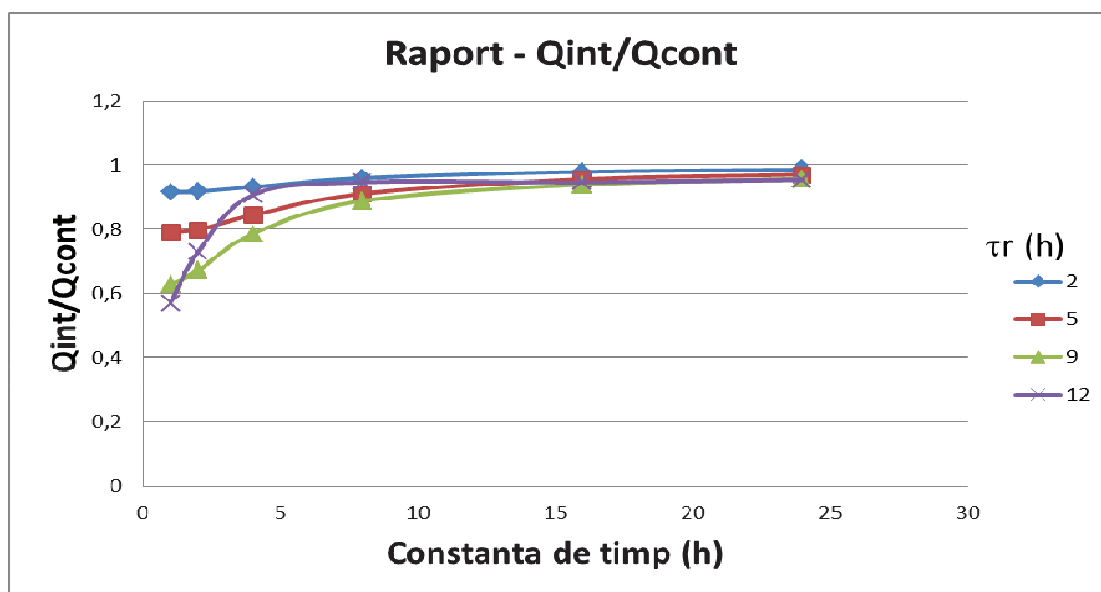


Fig 3

In tabelul 3 si fig. 3 se prezinta pentru al doilea tip de regim intermitent raportul dintre consumul de energie aferent regimului intermitent de incalzire si cel aferent regimului continuu. Se observa ca sunt posibile reduceri de pana la 60% in direrite situatii de cladiri si de durate de intrerupere a alimentarii cu caldura. Reducerile energetice importante rezultate prin aplicarea programului de incalzire intermitenta se

obtin, de asemenea, în special în cazul clădirilor caracterizate de constante de timp mici adică de masivități reduse și de rezistențe termice de asemenea reduse. În cazul clădirilor caracterizate de constante de timp mai ridicate reducerile de consumuri energetice sunt mai scăzute 10% și chiar mai mici. Sigur că nici aceste valori nu sunt neglijabile însă trebuie văzut ce implică aceste valori. Un alt parametru important este timpul de oprire al alimentării cu căldură al clădirii și se observă, la fel, că dacă acest timp este mai mare atunci și reducerea de consum energetic este mai mare. Dar și de această dată trebuie văzut ce implică acest lucru.

Tabel 4 - Raportarea - P^*/P_u

τ_r / C_T	1	2	4	8	16	24
2	1,000005	1,001571	1,020616	1,063532	1,105195	1,123251
5	1,000123	1,010312	1,084062	1,223409	1,35545	1,413335
9	1,006783	1,088432	1,359228	1,77783	2,172772	2,350081
12	1,156517	1,580534	2,464748	3,735212	4,962746	5,52763

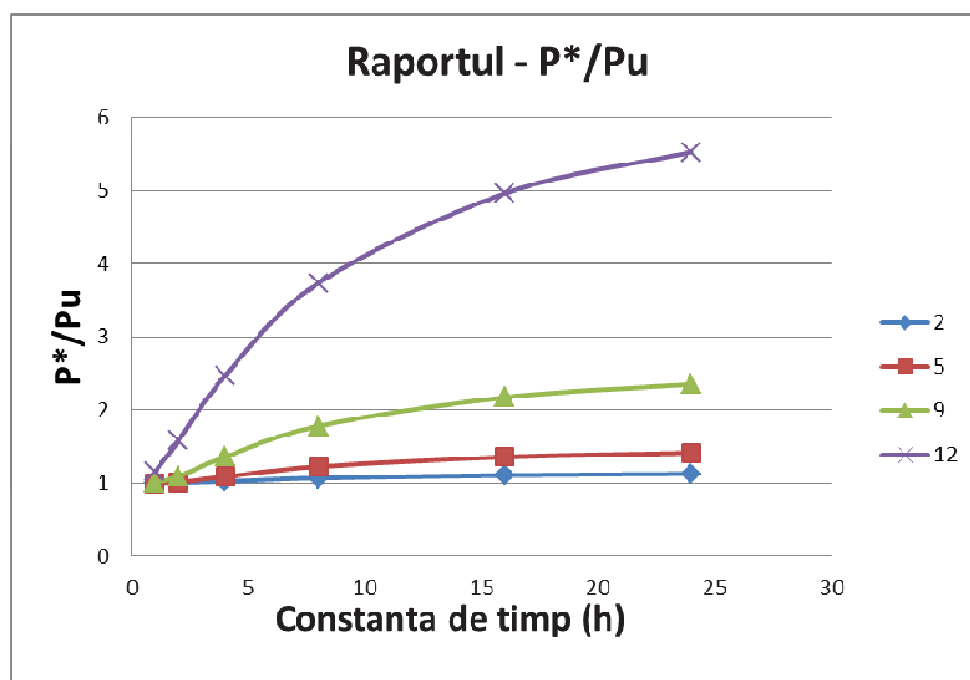


Fig. 4

În tabelul 4 și fig. 4 se prezintă raportul dintre puterea necesară a fi furnizată de sursa de încălzire în regim intensiv și puterea furnizată de sursa în regim continuu de încălzire. După cum era de așteptat, în regim de încălzire intermitent, în cadrul etapei de încălzire intensivă sursa trebuie să aibă capacitatea să furnizeze o putere termică sensibil mai mare decât cea din cadrul regimului continuu. Cu cât clădirea este caracterizată de o constantă de timp mai mare și cu cât perioada de racire liberă a fost

mai mare cu atat pentru readucerea in regim este necesara o putere mai mare, de chiar cateva ori mai mare decat cea de regim continuu.

Facand acum o comparatie intre cele tipuri de regimuri de incalzire intermitenta putem spune ca cel de al doilea are performante energetice mai scazute. Este explicabil acest lucru dat fiind ca exista o perioada in care temperatura interioara depaseste temperatura de utilizare, acest lucru nefiind necesar din punct de vedere al utilizarii spatiului ci numai in vederea functionarii acestui al doilea tip de regim intermitent.

4. Concluzii

Reducerile energetice oferite de adoptarea regimului de incalzire intermitenta presupun insa o etapa de incalzire intensiva a cladirii, etapa in care sursa de caldura trebuie sa furnizeze o putere termica apreciabila, sensibil mai mare decat puterea in regim curent de utilizare a cladirii. Este deci necesar ca sursa sa fie dimensionata la o capacitate de cca. 4-5 ori necesarul de calcul al consumatorului.

Se poate totusi adopta o dimensionare ceva mai lejera a sursei de caldura la numai cca. de 2 ori necesarul de caldura de calcul al consumatorului, insa nu trebuie vizate economii energetice (adica nu trebuie adoptat regimul de incalzire intermitent) in perioadele de solicitare climatica apropiate ca intensitate de situatia de calcul. Perioadele foarte reci ale sezonului de incalzire nu au durata mare si deci in consecinta nu se prejudiciaza mult realizarea economiilor energetice prin adoptarea regimului de incalzire intermitent. Frecventa cea mai mare de aparitie o au solicitarile medii de iarna ($t_e = 1-3$ oC) si in aceste perioade se poate adopta regimul de incalzire intermitent si ne putem astepta la economii energetice de luat in considerare.

Un studiu de fezabilitate este insa cel mai in masura sa raspunda clar la problema rentabilitatii implementarii unei surse supradimensionate in vederea realizarii unor economii energetice pe parcursul intregului sezon de incalzire

Notatii

t – temperatura curenta a cladirii, °C;

t_e – temperatura exterioara, °C;

t_u – temperatura interioara in perioada de utilizare, °C;

t_i – temperatura interioara minima la care se raceste cladirea, °C;

t_m – temperatura interioara maxima la care se incalzeste cladirea, °C;

τ - timpul curent, h;

τ_u – durata perioadei de utilizare a cladirii, h;

τ_r – durata perioadei de racire a cladirii, h;

τ_i – durata perioadei de incalzire a cladirii, h;

τ_{iu} – durata perioadei de incalzire intensiva din cadrul etapei de utilizare, h;

τ_{ru} – durata perioadei de racire libera din cadrul etapei de utilizare, h;

τ_m – durata perioadei de racire libera din cadrul perioadei de neutilizare, h;

τ_{in} – durata perioadei de incalzire intensiva din cadrul perioadei de neutilizare, h;

Consecințe energetice ale încălzirii intermitente a clădirilor

P_u – puterea termică necesară a fi livrată de sursă în regim de încălzire continuă, W;
 P^* – puterea termică necesară a fi livrată de sursă în regim de încălzire intensivă, W;
 Q_{int} – consumul zilnic de energie în regim de încălzire intermitentă, J;
 Q_{cont} – consumul zilnic de energie în regim de încălzire continuă, J;
 R – rezistența termică a clădirii, K/kW;
 C – capacitatea termică a clădirii, kWh/K;
 C_T – constanta de timp a clădirii, h;
 η – raportul Q_{int}/Q_{cont} , -;

Bibliografie

1. Florin Iordache – Termotehnica Construcțiilor – ed. 3 – editura Matrix Rom - 2010;
2. Florin Iordache – Energetica echipamentelor și sistemelor termice din instalații – editura Conspress – 2010;
3. Horia Asanache – Higrotermica clădirilor – editura Matrix Rom – 1999;
4. Frank Kreith, et al. - Heat and mass transfer – ed. Frank Kreith, 1999;
5. Holman J.P. – Heat Transfer – McGraw-Hill – 2010;