NORMATIV GENERAL PRIVIND CALCULUL TRANSFERULUI DE MASĂ (UMIDITATE) PRIN ELEMENTELE DE CONSTRUCŢIE

Indicativ C 107/6 – 01

Cuprins

1. SCOP ŞI DOMENIU DE APLICARE

1.1. Prezentul normativ cuprinde metode de calcul al difuziei vaporilor de apă prin elementele de construcţie, în câmp curent. Calculul se face în scopul alegerii soluţiilor optime pentru elementele de construcţie astfel încât să fie îndeplinită cerinţa privind asigurarea unui regim normal de umiditate al acestor elemente, în timpul exploatării clădirilor.

Prin acest calcul se stabileşte necesitatea şi/sau se dimensionează bariera contra vaporilor de apă aplicată pe/în structura elementelor de construcţie

În construcţii difuzia vaporilor de apă însoţeşte transferul de căldură.

1.2. Prevederile prezentului normativ se referă la elementele de construcţie exterioare sau la cele interioare care separă încăperi cu regimuri de temperatură şi umiditate diferite (elemente interioare de compartimentare care delimitează spaţii închise cu temperaturi de exploatare care diferă între ele cu mai mult de 5 ^{0}C şi/sau cu diferenţe de umidităţi relative de exploatare mai mari de 15%).

Prevederile prezentului normativ se aplică la clădiri de locuit social – culturale, industriale sau agrozootehnice, cu regim normal de exploatare.

Prevederile prezentului normativ se aplică atât la clădirile noi cât şi la clădirile existente care urmează a fi supuse unor lucrări de reabilitate din punct de vedere termo – energetic sau în cazul în care în unele încăperi/unităţi funcţionale/clădire în ansamblu, datorită schimbării destinaţiei iniţiale, se modifică parametrii interiori de temperatură şi umiditate.

NOTĂ : Pentru construcţiile cu condiţii de mediu interior sau exterior deosebite (spaţii cu medii agresive, construcţii frigorifice, construcţii subterane, depozite pentru păstrarea produselor agricole etc.), prevederile prezentului normativ se vor corobora cu reglementările tehnice specifice acestor tipuri de construcţii .

1.3. Alcătuirea din punct de vedere higrotermic a elementelor de închidere precum şi modul de amplasare în structura lor a barierei contra vaporilor de apă se va face în conformitate cu prevederile din normativul C 107/0.

Calculul termotehnic al elementelor de închidere se va face în conformitate cu prevederile din normativul C 107/3.

1.4. Metoda de calcul dată în prezentul normativ este o metodă de calcul simplificată şi are la bază următoarele ipoteze :

- transferul termic are loc în regim staţionar şi este unidirecţional;
- toate caracteristicile termofizice ale materialelor sunt independente de temperatură şi umiditate ;
- circulaţia aerului prin sau în interiorul elementului de construcţie nu este luată în considerare ;
- stratul de aer din componenţa elementelor de construcţie va fi luat în considerare în conformitate cu prevederile din C 107/3.

1.5. Prevederile prezentului normativ vor fi utilizate la proiectarea termo – higro – energetică a elementelor de închidere şi compartimentare, la verificarea proiectelor (cerinţa E – izolaţie termică, hidrofugă şi economie de energie) şi la expertizarea din punct de vedere termo – higro – energetic a clădirilor existente, de către verificatori tehnici şi experţi tehnici atestaţi .

1.6. Prezentul normativ înlocuieşte STAS 6472/4-89 „Fizica construcţiilor. Termotehnica. Comportarea elementelor de construcţie la difuzia vaporilor de apă:.

[top]

2. REGLEMENTĂRI TEHNICE CONEXE

Prevederile din prezentul normativ vor fi utilizate împreună cu următoarele reglementări :

[1]	C 107/0	Normativ pentru proiectarea şi executarea lucrărilor de izolaţii termice la clădiri
[2]	C 107/3	Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcţie ale clădirilor
[3]	C 107/4	Ghid pentru calculul performanţelor termotehnice ale clădirilor de locuit
[4]	C 107/5	Normativ pentru calculul termotehnic al elementelor de construcţie în contact cu solul
[5]	SR 1907-1	Instalaţi de încălzire. Necesarul de căldură de calcul. Prescripţii de calcul
[6]	SR 1907-2	Instalaţii de încălzire. Necesarul de căldură de calcul. Temperaturi interioare convenţionale de calcul
[7]	STAS 13090	Fizica construcţiilor. Termotehnica. Determinarea permeabilităţii la vapori de apă a materialelor de construcţii sub formă de folii sau pelicule
[8]	ISO 7345	Izolaţia termică. Mărimi fizice şi definiţii
[9]	SR ISO 9346	Izolaţie termică. Transfer de masă. Mărimi fizice şi definiţii

NOTĂ : La aplicarea reglementărilor tehnice se va lua în considerare ultima ediţie în valabilitate .

[top]

3. DEFINIŢII, SIMBOLURI, UNITĂŢI DE MĂSURĂ ŞI RELAŢII DE CONVERSIE

3.1. Definiţii

Principalii termeni utilizaţi în prezentul normativ au următoarea semnificaţie :

- **factorul rezistenţei la permeabilitate la vapori,** μ_D – coeficient care arată de câte ori stratul de material este mai puţin permeabil decât un strat de aer de aceeaşi grosime;
- **rezistenţă la permeabilitate la vapori (specifică),** R_v – diferenţa de presiune raportată la densitatea fluxului de vapori, în regim staţionar
- **presiune parţială a vaporilor de apă, p** – presiunea pe care o exercită vaporii de apă dintr-un amestec de gaze, când ocupă singuri la aceeaşi temperatură, volumul amestecului
- **presiunea de saturaţie a vaporilor de apă,** p_s – presiunea de echilibru a sistemului bifazic lichid – vapori de apă, la temperatură constantă, la saturaţie
- **umiditate relativă a aerului,** φ - raportul dintre presiunea parţială a vaporilor de apă din aerul umed şi presiunea de saturaţie la aceeaşi temperatură şi presiune barometrică
- **umiditate a materialului (masică/volumică),** W_m, W_v – masă a apei evaporabile raportată la masa/volumul materialului uscat
- **barieră contra vaporilor de apă** – componentă a unui element de construcţie, de grosime mică, cu rezistenţa neglijabilă la transfer de căldură dar cu o foarte mare rezistenţă la permeabilitate la vapori, având rolul de a reduce riscul de condens la vaporilor de apă în structura elementului
- **strat de aer ventilat** – componentă a unui element de construcţie prin care se asigură circulaţia aerului prin tiraj termic şi/sau vânt şi care are drept scop principal evacuarea vaporilor de apă în exces spre mediul ambiant; poate fi realizat continuu sau sub formă de canale
- **zonă de condens** – zonă din structura elementului de construcţie unde se produce acumulare de apă din

condens

3.2. Simboluri şi unităţi de măsură

Simbolurile şi unităţile de măsură ale principalelor termeni utilizaţi în prezentul normativ sunt conform tabelul nr. 1.

Tabelul nr. 1

Simbol	Termen	Unitate de măsură
T_i	temperatură interioară de calcul	^0C
T_e	temperatură exterioară de calcul	^0C
T_{si}	temperatură pe suprafaţa interioară	^0C
T_{se}	temperatură pe suprafaţa exterioară	^0C
T_{em}	temperatură exterioară medie anuală, considerată în funcţie de zonele de temperaturi exterioare de calcul	^0C
$T_{e\ cond}$	temperatură a aerului exterior de la care poate apare condens	^0C
T_{es}	temperatură medie a aerului exterior, în perioada de condensare, corespunzătoare temperaturii $T_{e\ cond}$	^0C
T'_{se}	temperatură medie a aerului exterior, în perioada de evaporare, corespunzătoare temperaturii $T_{e\ cond}$	^0C
T_k	temperatură a stratului k din elementul de construcţie	^0C
ΔT_α	diferenţa de temperatură între temperatura interioară de calcul şi temperatura exterioară de calcul	K
α_i	coeficient de transfer termic superficial interior	$W/(m^2K)$
α_e	coeficient de transfer termic superficial exterior	$W/(m^2K)$
R_{SI}	rezistenţa termică superficială interioară	m^2K/W
R_{SE}	rezistenţa termică superficială exterioară	m^2K/W
R_{SK}	rezistenţa termică (specifică) a stratului k din elementul de construcţie	m^2K/W
R_A	rezistenţa termică (specifică) a unui strat de aer neventilat	m^2K/W
R	rezistenţa termică (specifică) unidirecţională a unui element de construcţie	m^2K/W
R_{VK}	rezistenţă la permeabilitate la vapori (specifică) a stratului k din elementul de construcţie	m/s
R_V	rezistenţă la permeabilitate la vapori (specifică) a unui element de construcţie	m/s

p_I	presiune parţială a vaporilor de apă din aerul interior	Pa
p_e	presiune parţială a vaporilor de apă din aerul exterior	Pa
p_{es}	presiune parţială a vaporilor de apă din aerul exterior, corespunzătoare temperaturii T_{es}	Pa
p'_{es}	presiune parţială a vaporilor de apă din aerul exterior, corespunzătoare temperaturii T'_{es}	Pa
p_{si}	presiune de saturaţie a vaporilor de apă din aerul interior	Pa
p_{es}	presiune de saturaţie a vaporilor de apă din aerul exterior	Pa
p_{sem}	presiune de saturaţie a vaporilor de apă din aerul exterior, corespunzătoare temperaturii T_{em}	Pa
p_{scs}	presiune de saturaţie a vaporilor de apă pe suprafaţa de condens, în condiţii de iarnă	Pa
p'_{scs}	presiune de saturaţie a vaporilor de apă pe suprafaţa de condens, în condiţii de vară	Pa
$p_{se\ cor}$	presiune de saturaţie corectată a vaporilor de apă din aerul exterior, corespunzătoare temperaturii T_{em}	Pa
φ_i	umiditate relativă a aerului interior	%
φ_e	umiditate relativă a aerului exterior	%
d	grosime a stratului de material	m
d_w	grosime a stratului de material în care se produce o acumulare de apă	m
ρ	densitate aparentă a materialului	kg/m^3
λ	conductivitate termică de calcul a materialului	W/(mK)
μ_D	factorul rezistenţei la permeabilitate la vapori a materialului	-
M	coeficient de difuziune a vaporilor de apă în aer	s^{-1}
m_v	cantitate de apă care se poate evapora în perioada caldă a anului	kg/m^2
m_w	cantitate de vapori de apă ce poate condensa în elementul de construcţie în perioada rece a anului	kg/m^2
N_v	durată de timp de evaporare	h
N_w	durată de timp de condensare	h
ΔW	creştere a umidităţii relative masice a materialului la sfârşitul perioadei de condensare	%

3.3. Relaţii de conversie

3.3.1. În normele unor ţări, factorul rezistenţei la permeabilitate la vapori se notează cu μ în loc de μ_D . Pentru ca factorul rezistenţei la permeabilitate la vapori să nu se confunde cu coeficientul de permeabilitate la vapori din STAS 13090 (notat cu μ) este necesar să se citească unităţile de măsură prin care sunt exprimate aceste mărimi fizice. Astfel :

- factorul rezistenţei la permeabilitate la vapori (μ_D) este adimensional ;
- coeficientul de permeabilitate la vapori (μ) se exprimă în [s], sau [g/mhmmHg], sau [g/mhPa] .

NOTĂ : În STAS 13090 factorul rezistenţei la permeabilitate la vapori, μ_D, este notat cu $1/K_D$.

3.3.2. Relaţii de conversie

- pentru rezistenţa la permeabilitate la vapori, R_v :

1 m^2hmmHg/g = 4,80 · 10^8 m/s

1 m^2hPa/g = 3,6 · 10^6 s

1 m/s = 0,208 · 10^{-8} m^2hmmHg/g

1 m/s = 0,278 · 10^{-6} m^2hPa/g

- pentru coeficientul de permeabilitate la vapori (μ) :

1 g/mhmmHg = 2,084 · 10^{-9} s

1 s = 0,480 · 10^9 g/mhmmHg

- pentru presiune, p :

1 mmHg = 133,322 Pa

1 Pa = 7,50 · 10^{-3} mmHg

1 Pa = 1 N/m^2

1 Torr = 1 mmHg

[top]

4. CONDIŢII TEHNICE (PARAMETRI) ŞI NIVELURI DE PERFORMANŢĂ

Pentru satisfacerea cerinţelor de igienă şi confort higrotermic precum şi pentru conservarea performanţelor elementelor de închidere şi compartimentare este necesar ca elementele de construcţie să satisfacă următoarele condiţii tehnice şi niveluri de performanţă.

4.1. Creşterea umidităţii relative masice a materialelor componente ale structurii elementului de închidere ca urmare a condensării vaporilor de apă .

Nivelul : $\Delta W < \Delta W_{adm}$

ΔW se calculează conform pct. 5.6.

Valorile admisibile ale creşterii umidităţii relative masice în perioada de condensare ΔW_{adm} sunt prezentate în tabelul B.4 din ANEXA B .

NOTĂ : Pentru materiale instabile la apă sau care se degradează prin putrezire (ca de exemplu materiale organice netratate fungicid şi hidrofug) nu se admite creşterea umidităţii relative masice. În consecinţă $\Delta W_{adm} = 0$.

4.2. Evitarea acumulării progresive de apă în interiorul elementelor de închidere, de la un an la altul, datorită fenomenului de condens .

Nivelul : $m_w < m_v$

m_w – cantitatea de vapori de apă ce poate condensa în elementul de construcţie în perioada rece a anului calculată conform pct. 5.4 ;

m_v - cantitatea de apă care se poate evapora în perioada caldă a anului, calculată conform pct. 5.5.

NOTĂ : În cazul în care nu sunt îndeplinite condiţiile de mai sus, sunt necesare măsuri de îmbunătăţire a alcătuirii structurii elementului de construcţie (de exemplu: alegerea altor materiale mai eficiente din punct de vedere al transferului de umiditate, introducerea sau redimensionarea barierei contra vaporilor de apă etc.) .

[top]

5. CALCULUL DIFUZIEI VAPORILOR DE APĂ PRIN ELEMENTELE DE CONSTRUCŢIE

5.1. Prevederi generale

Verificarea comportării elementelor de construcţie la difuzia vaporilor de apă are în vedere satisfacerea criteriilor şi nivelurilor de performanţă date în cap. 4 şi ea cuprinde următoarele etape principale :

- verificarea neacumulării progresive de apă, de la an la an, ca urmare a condensării vaporilor de apă în interiorul elementului de construcţie ;
- stabilirea temperaturii aerului exterior de la care apare condensul şi determinarea localizării zonei de condens ;
- calculul cantităţilor de apă provenite din condensarea vaporilor în masa elementului de construcţie, în perioada rece a anului ;
- calculul cantităţilor de apă ce se evaporă din masa elementului de construcţie, în perioada caldă a anului ;
- calculul creşterii umidităţii relative masice a materialului în care se produce acumularea de apă .

5.2. Verificarea neacumulării progresive de apă, de la an la an, ca urmare a condensării vaporilor de apă în interiorul elementului de construcţie

Verificarea neacumulării progresive de apă, de la an la an, se face pe cale grafo – analitică, astfel :

a) se stabilesc rezistenţele termice specifice R_s ale straturilor componente ale elementului de construcţie, conform normativului C 107/3 ;

b) se stabileşte variaţia temperaturilor T_k, în interiorul elementului de construcţie prin determinarea temperaturilor pe suprafaţa fiecărui strat k, considerându-se temperatura exterioară egală cu temperatura medie anuală T_{em}, cu relaţia :

$$T_k = T_i - \frac{T_i - T_{em}}{R} \sum_{j=1}^{k} R_{s(j-1,j)} \quad [^0C] \quad (1)$$

în care :

T_i - temperatura interioară de calcul, în ^0C, considerată în funcţie de destinaţia încăperii, conform SR 1907-2 ;

T_{em} - temperatura medie anuală exterioară, în ^0C, considerată funcţie de zonele de temperaturi exterioare de calcul T_e, conform tabelului 2;

R - rezistenţa termică (specifică) unidirecţională a elementului de construcţie, în m^2K/W, calculată conform normativului C 107/3 .

NOTĂ : Această rezistenţă termică se calculează în câmp curent cu relaţia:

$$R = R_{si} + \sum_{j-1}^{n} \frac{d_j}{\lambda_j} + R_a + R_{se} \quad [m^2K/W] \ (2)$$

în care :

λ_i - conductivitatea termică de calcul a stratului j, în W/(mK) ;

d_j - grosimea stratului j, în mm ;

R_a - rezistenţa termică (specifică) a stratului de aer, în m^2K/W, conform normativului C 107/3 ;

R_{si} - rezistenţa termică superficială interioară, în m^2K/W, având valoarea conform normativului C 107/3 ;

R_{se} - rezistenţa termică superficială exterioară, în m^2K/W, având valoarea conform normativului C 107/3 ;

$R_{s(j-1,j)}$ - rezistenţa termică (specifică) a stratului din elementul de construcţie delimitat de suprafeţele j-1 şi j, în m^2K/W, calculată conform normativului C 107/3 ;

$\sum_{j-1}^{k} R_{s(j-1,j)}$ - suma rezistenţelor termice ale straturilor componente ale elementului de construcţie dintre suprafaţa interioară şi suprafaţa k, în m^2K/W

NOTĂ: Pentru k=1, T_k reprezintă temperatura pe suprafaţa interioară a elementului de construcţie ($T_1=T_{si}$) iar $R_{s(0,1)}$ reprezintă rezistenţa termică superficială interioară, R_{si}, în m^2K/W, stabilită conform normativului C 107/3.

Tabelul nr. 2

Zona climatică	Temperatura exterioară de calcul T_e ^0C	Temperatura medie anuală exterioară, T_{em} ^0C
I	-12	10,5
II	-15	9,5
III	-18	7,5
IV	-21	6,5

c) se calculează rezistenţa la permeabilitate la vapori, R_v, a elementului de construcţie, cu relaţia :

$$R_v = R_{v1} + R_{v2} + \ldots + R_{vn} = \sum_{j-1}^{n} \left(dj \cdot \mu_{D_i} \right) \cdot M \quad [m/s] \ (3)$$

în care :

R_v - rezistenţa la permeabilitate la vapori a elementului de construcţie, în m/s ;

M - coeficientul de difuziune a vaporilor de apă în aer având valoarea de $54 \cdot 10^8$ s^{-1} ;

μ_{D_i} - factorul rezistenţei la permeabilitate la vapori a stratului j, conform tabelului A.1 din ANEXA A. Pentru bariere contra vaporilor (pelicule, folii stratificate) factorul rezistenţei la permeabilitate la vapori este conform tabelului A.2 din ANEXA A .

NOTE : 1. Pentru alte materiale, decât cele cuprinse în tabelele A.1 şi A.2 din ANEXA A, factorul rezistenţei la permeabilitate la vapori se determină în laboratoarele autorizate, în conformitate cu prevederile din STAS 13090.
2. Rezistenţa la permeabilitate la vapori a stratului de aer din elementele de construcţie se consideră egală cu zero.

d) se reprezintă grafic elementul de construcţie amplasându-se pe abscisă rezistenţele la permeabilitate la vapori ale straturilor componente, iar pe ordonată presiunile la vapori ;

e) se reprezintă grafic curba de variaţie a presiunilor de saturaţie corectate ale vaporilor de apă din interiorul elementului de construcţie, $p_{sk\ cor}$, în Pa, inclusiv presiunea de saturaţie corectată a vaporilor de apă din aerul exterior, $p_{se\ cor}$. Presiunile corectate se calculează cu relaţiile :

- pentru zona climatică I :

$$P_{sk\,cor} = p_{skm} + 172\left[\sum_{1}^{n}\frac{R_{s(j-1,j)}}{R}\right]^2 \text{ [Pa]}$$

- pentru zona climatică II :

$$P_{sk\,cor} = p_{skm} + 162\left[\sum_{1}^{n}\frac{R_{s(j-1,j)}}{R}\right]^2 \text{ [Pa] (4)}$$

- pentru zona climatică III :

$$P_{sk\,cor} = p_{skm} + 142\left[\sum_{1}^{n}\frac{R_{s(j-1,j)}}{R}\right]^2 \text{ [Pa]}$$

- pentru zona climatică IV :

$$P_{sk\,cor} = p_{skm} + 132\left[\sum_{1}^{n}\frac{R_{s(j-1,j)}}{R}\right]^2 \text{ [Pa]}$$

în care :

$P_{sk\ cor}$ - presiunea de saturaţie corectată, în secţiunea k, în Pa ;

P_{skm} - presiunea de saturaţie a vaporilor de apă, în Pa, conform tabelului B.1 din ANEXA B, corespunzătoare temperaturii T_k, determinată cu relaţia (1) .

Pentru aerul interior, p_{si}, este presiunea de saturaţie a vaporilor de apă corespunzătoare temperaturii de calcul T_i, conform tabelului B.1 din ANEXA B.

Valorile medii anuale ale presiunilor de saturaţie corectate, $p_{se\ cor}$ ale vaporilor din aerul exterior, corespunzătoare temperaturilor medii anuale T_{em}, pentru cele patru zone de temperaturi exterioare de calculul pentru perioada de iarnă, se calculează cu relaţiile :

- pentru zona climatică I :

$P_{secor} = P_{sem} + 172$ [Pa]

- pentru zona climatică II :

$p_{se\ cor} = p_{sem} + 162$ [Pa] (5)

- pentru zona climatică III :

$p_{se\ cor} = p_{sem} + 142$ [Pa]

- pentru zona climatică IV :

$p_{se\ cor} = p_{sem} + 132$ [Pa]

în care :

$p_{se\ cor}$ - presiunea de saturaţie corectată a vaporilor, din aerul exterior, în Pa;

p_{sem} - presiunea de saturaţie a vaporilor, din aerul exterior, în Pa, corespunzătoare temperaturii medii anuale T_{em}, pentru cele patru zone de temperaturi exterioare de calcul de iarnă, conform tabelului B.1 din ANEXA B.

NOTĂ : Valorile numerice din relaţiile (4) şi (5) sunt corecţii rezultate din faptul că presiunea de saturaţie a vaporilor variază după o curbă de gardul II funcţie de temperatură (nu după o dreaptă) .

f) se construieşte linia presiunilor parţiale, p, ale vaporilor de apă, prin unirea punctelor p_i de pe suprafaţa interioară a elementului de construcţie (care reprezintă presiunea parţială a vaporilor de apă din aerul interior corespunzătoare temperaturii interioare de calcul T_i şi umidităţii relative a aerului interior φ_i, cu punctul $p_{e\ cor}$ (care reprezintă presiunea parţială corectată a vaporilor de apă din aerul exterior corespunzătoare temperaturii medii anuale exterioare T_{em} şi umidităţii relative φ_e a aerului exterior) .

Presiunea parţială a vaporilor de apă din aerului interior, p_i, respectiv presiunea parţială corectată a vaporilor de apă din aerul exterior, $p_{e\ cor}$, se calculează cu relaţiile :

$$p_i = \frac{\varphi_i \cdot p_{si}}{100} \text{ [Pa]}$$

$$p_{e\ cor} = \frac{\varphi_e \cdot p_{se\ cor}}{100} \text{ [Pa] (6)}$$

în care :

φ_i, φ_e – umiditatea relativă a aerului interior, respectiv exterior, în % .

NOTE : 1. Umiditatea relativă a aerului interior, φ_i, se consideră în funcţie de destinaţia încăperii, conform normativului C 107/3 .
2. Umiditatea relativă medie anuală a aerului exterior, φ_e, se consideră de 80% .

Dacă linia presiunilor parţiale, p, nu intersectează curba presiunilor de saturaţie, p_s, nu există posibilitatea de acumulare progresivă de apă, de la an la an, ca urmare a condensării vaporilor în interiorul elementului de construcţie (fig.1,a). Dacă linia presiunilor parţiale, p, intersectează curba presiunilor de saturaţie, p_s, (fig. 1,b), se recomandă îmbunătăţirea alcătuirii elementului de construcţie .

NOTĂ : În cazul elementelor omogene, pentru o mai corectă stabilire a curbei p_s, se împarte elementul în mai multe straturi şi se calculează p_{sk} în funcţie de T_k a fiecărui strat .

5.3. Stabilirea temperaturii aerului exterior de la care apare condens în structura elementului de construcţie şi determinarea zonei/suprafeţei de condens

5.3.1. Stabilirea temperaturii aerului exterior de la care apare condensul se face prin încercări, astfel :

a) se reprezintă grafic elementul de construcţie conform cap.5.2 pct. d, luându-se în considerare aceleaşi rezistenţe la permeabilitate la vapori ale straturilor, în m/s, calculate conform cap. 5.2 pct. c ;

b) se calculează variaţia temperaturii T_k, în interiorul elementului de construcţie cu relaţia (7), pentru diverse temperaturi ale aerului exterior, T_e :

$$T_k = T_i - \frac{T_i - T_e}{R} \sum_{j=1}^{k} R_{s(j-1,j)} \quad [^0C] \ (7)$$

c) se determină presiunile de saturaţie necorectate ale vaporilor de apă în interiorul elementului de construcţie, p_{sk} folosind valorile din tabelul B.1 ANEXA B, corespunzătoare temperaturilor T_k şi se reprezintă grafic curba de variaţie a acestor presiuni, pentru fiecare T_e considerată ;

d) se construieşte linia p a presiunilor parţiale a vaporilor de apă prin unirea punctului p_i de pe suprafaţa interioară a elementului de construcţie corespunzătoare temperaturii T_i şi umidităţii relative φ_i a aerului interior, cu punctul p_e de pe suprafaţa exterioară a elementului de construcţie corespunzător temperaturii T_e şi umidităţii φ_e a aerului exterior, pentru fiecare temperatură T_e considerată ;

NOTE : 1. Umiditatea relativă a aerului interior, φ_i se consideră în funcţie de destinaţia încăperii, conform normativului C 107/3 ;
2. Umiditatea relativă a aerului exterior, φ_e se consideră 85% .

e)temperatura aerului exterior de la care poate apare condens, $T_{e\,cond}$, reprezintă temperatura T_e pentru care linia presiunilor parţiale, p, devine tangentă la curba presiunilor de saturaţie, p_s (fig. 2) ;

f) corespunzător temperaturii $T_{e\,cond}$ obţinute, se stabileşte durate de timp de condensare, N_w şi temperatura medie a aerului exterior pe această durată, T_{es}, conform tabelului B.2 ANEXA B.

5.3.2. Pentru determinarea zonei/suprafeţei de condens se procedează după cum urmează :

a) se reface curba presiunilor de saturaţie a vaporilor, p_s, şi linia presiunilor parţiale, p, considerând temperatura T_{es} ca temperatură de calcul pentru aerul exterior (fig. 3) ;

NOTĂ : Corespunzător temperaturii T_{es} se adoptă valoarea p_{ses} necorectată.

b) pentru stabilirea curbei reale a presiunilor parţiale ale vaporilor, p, din punctele p_i şi p_{es} corespunzătoare presiunilor parţiale ale vaporilor din aerul interior şi exterior, se duc tangente la curba presiunilor de saturaţie p_s. Valorile presiunilor de saturaţie în punctele de tangenţă sunt p_{sc1} şi p_{sc2}. Planele paralele cu suprafeţele elementului de construcţie duse prin aceste puncte de tangenţă definesc începutul şi sfârşitul zonei de condens (fig. 3,a). Dacă punctele de tangenţă se confundă, zona de condens se reduce la o suprafaţă, presiunea de saturaţie pe această suprafaţă având valoarea p_{sc} (fig. 3,b) .

5.4. Calculul cantităţii de apă provenite din condensarea vaporilor de apă în masa elementului de construcţie, în perioada rece a anului

5.4.1. Cantitatea de vapori de apă care poate condensa în elementul de construcţie, în perioada rece a nu,lui se determină cu următoarele relaţii :

a) în cazul în care zona de condens are o grosime finită :

$$m_w = 3600\left(\frac{p_i - p_{sc1}}{R'_v} - \frac{p_{sc2} - p_{es}}{R''_v}\right)\cdot N_w \ [kg/m^2] \ (8.a)$$

în care :

N_w - durata de timp de condensare, în ore, dată în tabelul B.2 din ANEXA B, în funcţie de zonele climatice definite conform hărţii din fig. C.1 – ANEXA C ;

p_i - presiunea parţială a vaporilor de apă din aerul interior corespunzătoare temperaturii T_i şi umidităţii relative φ_i, în Pa, calculată cu relaţiile (6) ;

p_{es} - presiune parţială a vaporilor de apă din aerul exterior corespunzătoare temperaturii T_{es} şi umidităţii relative φ_e, în Pa, calculată cu relaţia :

$$p_{es} = \frac{\varphi_e \cdot p_{ses}}{100}$$

în care :

p_{ses} – presiunea de saturaţie a vaporilor de apă din aerul exterior, corespunzătoare temperaturii T_{es} ;

p_{sc1} - presiunea de saturaţie necorectată a vaporilor de apă, corespunzătoare temperaturii pe faţa caldă a zonei de condens, în Pa ;

p_{sc2} - presiunea de saturaţie necorectată a vaporilor de apă, corespunzătoare temperaturii pe faţa rece a zonei de condens, în Pa ;

R'_v - rezistenţa la permeabilitate la vapori a părţilor elementului de construcţie dintre suprafaţa interioară şi suprafaţa caldă a zonei de condens, în m/s, calculată conform cap. 5,2, pct. c ;

R''_v - rezistenţa la permeabilitate la vapori a părţilor elementului de construcţie dintre suprafaţa rece a zonei de condens şi suprafaţa exterioară a elementului de construcţie, în m/s, calculată conform cap. 5,2, pct. c

b) în cazul în care zona de condens este redusă la o suprafaţă de condens :

$$m_w = 3600\left(\frac{p_i - p_{sc}}{R'_v} - \frac{p_{sc} - p_{es}}{R''_v}\right)\cdot N_w \ [kg/m^2] \ (8.b)$$

în care :

p_i, p_{es}, N_w – au aceleaşi semnificaţii ca mai sus ;

p_{sc} - presiunea de saturaţie necorectată a vaporilor de apă, corespunzătoare temperaturii pe suprafaţa de condens, în Pa ;

R'_v - rezistenţa la permeabilitate la vapori a părţilor elementului de construcţie dintre suprafaţa interioară şi suprafaţa de condens, în m/s, calculată conform cap. 5.2,pct. c ;

R''_v - rezistenţa la permeabilitate la vapori a părţilor elementului de construcţie dintre suprafaţa de condens şi suprafaţa exterioară a elementului de construcţie, în m/s, calculată conform cap. 5,2, pct. c

NOTE : 1. Temperaturile $T_{e\ cond}$ şi T_{es} se stabilesc conform pct. 5.3.1.
2. Zona/suprafaţa de condens se determină conform pct. 5.3.2.
3. Distribuţia presiunilor de saturaţie şi a presiunilor parţiale ale vaporilor de apă prin structură în perioada de condensare este exemplificativă în fig. 3,a şi b.

5.5. Calculul cantităţii de apă ce se evaporă din masa elementului de construcţie, în perioada caldă a anului

Stabilirea cantităţii de apă acumulată în perioada rece, care se poate evapora în perioada caldă a anului se face astfel :

a) se reprezintă grafic elementul de construcţie conform cap.5.2 pct. d, luându-se în considerare aceleaşi rezistenţe la permeabilitate la vapori ale straturilor, calculate conform cap. 5.2 pct. c ;

b) se calculează variaţia temperaturii T_k, în interiorul elementului de construcţie cu relaţia (7) (pct.5.3.1) pentru temperatura aerului exterior T'_{es} (în relaţia (7) se înlocuieşte $T_e = T'_{es}$) ;

c) se determină presiunile de saturaţie necorectate ale vaporilor de apă în interiorul elementului de construcţie, p_{sk}, corespunzătoare temperaturii T_k şi folosind valorile din tabelul B.1 ANEXA B şi se reprezintă grafic curba de variaţie a acestor presiuni ;

d) se determină punctul p_i de pe suprafaţa interioară a elementului de construcţie, corespunzător temperaturii T_i şi umidităţii relative φ_i a aerului interior şi punctul p'_s de pe suprafaţa exterioară a elementului de construcţie, corespunzător temperaturii T'_{es} şi umidităţii relative φ_e a aerului exterior .

NOTE: 1. Temperatura T'_{es} se stabileşte din tabelul B.3 ANEXA B, corespunzătoare $T_{e\ cond}$ determinată conform pct. 5.3.1 şi zonei climatice definită conform hărţii din fig. C.2 - ANEXA C
2. Umiditatea relativă a aerului exterior în perioada de evaporare, φ_e se consideră de 70% .

e) se unesc punctele p_i şi p'_{es} cu punctul de intersecţie al curbei p_s, cu planul ce trece prin axa zonei de condens (respectiv planul suprafeţei de condens) ;

f) se calculează cantitatea de apă acumulată în perioada de iarnă, care se poate evapora în perioada caldă a anului, cu următoarele relaţii :

$$m_v = 3600\left(\frac{p'_{sc} - p_i}{R'_v} - \frac{p'_{sc} - p'_{es}}{R''_v}\right)\cdot N_v \ [kg/m^2] \ (9.a)$$

în care :

N_v - durata de timp de evaporare, în ore, calculată cu relaţia (8760 – N_w);

în care : N_w – conform pct. 5.4.1. ;

p'_{sc} - presiunea de saturaţie necorectată a vaporilor de apă corespunzătoare temperaturii din planul ce trece prin axa zonei de condens, în Pa ;

p_i - are semnificaţia de la pct. 5.4.1, a;

p'_{es} - presiunea parţială a vaporilor de apă din aerul exterior, corespunzătoare temperaturii T'_{es} şi umidităţii relative φ_e, în Pa, calculată cu relaţia :

$$p'_{es} = \frac{\varphi_e \cdot p'_{ses}}{100}$$

în care :

p'_{ses} – presiunea de saturaţie a vaporilor de apă din aerul exterior, corespunzătoare temperaturii T'_{es} ;

R'_v - rezistenţa la permeabilitate la vapori a părţii elementului de construcţie cuprinsă între suprafaţa interioară şi planul ce trece prin axa zonei de condens, în m/s, calculată conform cap. 5.2 pct.c ;

R''_v - rezistenţa la permeabilitate la vapori a părţii elementului de construcţie cuprinsă între planul ce trece prin axa zonei de condens şi suprafaţa exterioară, în m/s, calculată conform cap. 5,2, pct. c .

- în cazul în care zona de condens este redusă la o suprafaţă :

$$m_v = 3600\left(\frac{p'_{sc} - p_i}{R'_v} - \frac{p'_{sc} - p'_{es}}{R''_v}\right) \cdot N_v \text{ [kg/m}^2\text{]} \quad (9.b)$$

în care :

p_i, p_{es}, N_w – au aceleaşi semnificaţii ca mai sus ;

p'_{sc} - presiunea de saturaţie necorectată a vaporilor de apă, corespunzătoare temperaturii pe suprafaţa de condens, în Pa ;

R'_v , R''_v - au semnificaţiile de la pct. 5.4.1, b.

NOTĂ : Distribuţia presiunilor de saturaţie şi a presiunilor parţiale ale vaporilor de apă prin structură în perioada de evaporare este exemplificată în fig. 4 a şi b.

5.6. Calculul creşterii umidităţii relative masice

Creşterea umidităţii relative masice, ΔW, la sfârşitul perioadei de condensare, se calculează cu relaţia :

$$\Delta W = \frac{100 \cdot m_w}{\rho \cdot d_w} \text{ [%]} \quad (10)$$

în care :

m_w - conform pct. 5.4.1, în kg/m^2 ;

ρ - densitatea aparentă a materialului care s-a umezit prin condensare, în kg/m^3 ;

d_w - grosimea stratului de material în care se produce acumulare e apă, în m, conform fig. 5 .

[top]

6. MĂSURI CONSTRUCTIVE PRIVIND LIMITAREA CREŞTERII UMIDITĂŢII ELEMENTELOR DE CONSTRUCŢIE

6.1 Pentru alegerea unor alcătuiri de elemente de construcţie care să le confere o comportare corespunzătoare la difuzia vaporilor de apă este necesar a se avea în vedere următoarele :

- la elementele de construcţie care delimitează încăperi care în mod permanent au umidităţi relative interioare peste 60% vor fi prevăzute bariere contra vaporilor de apă sau straturi de aer ventilat, amplasate şi dimensionate conform prevederilor din normativ C 107/0 ;
- la elementele de construcţie mixte, în alcătuirea cărora intră materiale poroase, permeabile la vapori (de exemplu plăci din vată minerală sau de sticlă etc.), poziţionate spre partea interioară a elementului, iar stratul exterior are o rezistenţă mare la difuzia vaporilor de apă (de exemplu hidroizolaţii, foi de tablă etc.) este

necesar să se prevadă bariere contra vaporilor de apă ;

- la elementele de construcţie realizate fără interspaţiu de aer ventilat, utilizate la încăperile cu umiditate relativă interioară peste 60% (inclusiv la băi şi bucătării), nu este recomandabil să se folosească pe faţa exterioară straturi impermeabile la vapori de apă (de exemplu pelicule, folii sau placaje ceramice glazurate etc.). La pereţii încăperilor cu umiditate relativă interioară sub 60%, aceste straturi se recomandă să fie aplicate pe feţele exterioare numai pe suprafeţe reduse (nu în câmp continuu) .

[top]

ANEXA A

CARACTERISTICI DE PERMEABILITATE LA VAPORII DE APĂ ALE MATERIALELOR DE CONSTRUCŢIE

TABELUL A.1

FACTORUL REZISTENŢEI LA PERMEABILITATE LA VAPORI PENTRU DIVERSE MATERIALE

Nr. crt.	Tipul de material	Densitatea aparentă ρ kg/m^3	Factorul rezistenţei la permeabilitate la vapori μ_D
	Produse din vată minerală	12≤ρ ≤100 100≤ρ ≤200	1 2
	Produse din vată de sticlă	7≤ρ ≤120	1
	Produse din polistiren expandat	9≤ρ ≤25 25≤ρ ≤50	30 60
	Produse din polistiren extrudat	25≤ρ ≤40	150
	Produse din spumă rigidă de poliuretan	28≤ρ ≤55	10
	Sticlă celulară : - cu pori deschişi - cu pori închişi	 140≤ρ ≤400 110≤ρ ≤140	 28 20000
	Produse bituminoase - pânză bitumată, carton bitumat - bitum	 600 1100	 conf.tabel A.2
	Mortar şi beton asfaltic	1800	85
	Beton armat	2600 2400≤ρ ≤2500	24 21
	Beton simplu cu agregate naturale de natură sedimentară sau amorfă (pietriş, tuf calcaros, diatomit)	2400 2200 2000 1800 1600 1400 1200 1000	21 15 12 8,5 7 5 4 4
	Beton cu zgură de cazan	1800 1600 1400	8,5 8 7

		1200 1000	6 5
	Beton cu zgură granulată	1800 1600 1400 1200	8 7 7 6
	Beton cu zgură expandată	1600 1400 1200	7 6,5 6
	Beton cu perlit	1200 1000 800 600	4,5 3,5 2,5 2
	Beton cu granulit	1800 1700 1600 1500 1400 1200 1000 800 600 400	7 7 7 7 6,5 6 5 3,5 2,5 2
	Beton celular autoclavizat	ρ >600 500	4 3,5
	Produse rigide spumate din cenuşă de termocentrală liată cu ciment	400…500	3
	Mortar de ciment	1800	8,5
	Mortar de ciment şi var	1700	7
	Mortar de zgură cu ciment	1400 2200	6 5
	Sticlă	2500	∞
	Plăci din ipsos	1100 1000	6 6,5
	Plăci din ipsos cu umplutură organică	700	3,5

	Ipsos celular	500	2
	Şapă de ipsos	1600	11
	Produse din perlit liate cu ciment	270	2
	Umplutură din nisip	1600	4
	Umplutură din pietriş	1800	2,5
	Lemn - perpendicular pe fibre - în lungul fibrelor	>550	11 2
	Placaj încleiat	600	28
	Rumeguş	250	2,4
	Plăci termoizolante din talaş tip STABILIT	400 300	2,5 2
	Beton cu agregate vegetale	600…800	5
	Plăci din fibre de lemn tip PFL	220…350 230…400	3 4
	Plăci aglomerate fibrolemnoase tip PAF	300	3
	Plăci din aşchii de lemn, tip PAL	700 600…650 550 500 350…450	8,5 7 4,5 3,5 3
	Plăci aglomerate din puzderie, tip PAP	300 200	3,5 3
	Stufit	250…400	1,5
	Plăci din paie	120…250	1,5
	Saltele din deşeuri textile sintetice	100	1
	Zgură de cazan	1000 700	3,5 3
	Zgură granulată, zgură expandată	500…1100	3
	Cenuşă şi zgură de termocentrală	650	3
	Granulit	900 300…500	3 2

	Perlit	200 100	2 1
	Marmură, granit, bazalt	2800	57
	Gresie şi cuarţite	2400	17
	Pietre calcaroase	2000 1700	11 8,5
	Tuf calcaros	1300	4,5
	Zidărie din pietre de formă regulată	2680 1960 1260	31 10 5
	Zidărie din pietre de formă neregulată	2800 2000 1200	15,5 9 5,5
	Zidărie din cărămizi pline	1800	6
	Zidărie din cărămizi cu goluri verticale tip GVP	1450…1700 1250…1350 1150	5 4,5 4
	Zidărie din cărămizi de diatomit	1200	3,5
	Zidărie din blocuri mici pline din beton cu agregate uşoare	1980 1800 1620 1440 1260 1082	11 8,5 7 5 4,5 4
	Zidărie din blocuri de beton celular autoclavizat	675…725 775…825	4 4,5
	Făşii armate din beton celular autoclavizat	625…725	4
	Metale - oţel - fontă - aluminiu	 7850 7200 2600	 ∞ ∞ ∞
	Spumă din policlorură de vinil	30…70	3

	Covor PVC (cu sau fără suport textil)	1400…1800	425

TABELUL A.2

Factorul rezistenţei la permeabilitate la vapori pentru folii şi pelicule cu rol de barieră contra vaporilor, protecţie sau finisaj

Nr. crt.	Denumirea stratului	Grosimea d mm	Valoarea μ_D -	Valoarea $d.\mu_D$ m
A. Bitum, cartoane				
1.	Vopsea pe bază de bitum la rece	1	600	0,6
2.	Vopsea de bitum în două straturi	2	1200	2,4
3.	Carton bitumat lipit - 1 strat carton şi 1 strat bitum - 2 straturi carton şi 2 straturi de bitum - 2 straturi carton şi 3 straturi de bitum	 1,2 4 5	 1300 1500 1600	 1,5 6,0 8,0
B. Vopsele, bariere de vapori				
4.	Email în două straturi cu grund	2	1700	3,4
5.	Vopsea pe bază de ulei în 2 straturi	2	1800	3,6
6.	Vopsea pe bază de latex în 2 straturi	1	800	0,8
7.	Vopsea pe bază de clorcauciuc: - simplu - 2 straturi - 3 straturi	 0,2 0,4 0,6	 10000 15000 16000	 2,0 6,0 9,6
8.	Lac pe bază de clor cauciuc simplu	0,15	50000	7,5
9.	Vopsea pe bază de răşini epoxidice	1,0	1500	1,5
10.	Masă de şpaclu	2,0 3,0	2000 2500	4,0 7,5
11.	Vopsea pe bază de răşini alchidice : - 2 straturi - 3 straturi	 - -	 - -	 5,5 8,0
12.	Peliculă de email pe bază de perclorvinil în 5 straturi	-	-	12
13.	Peliculă de email pe bază de perclorvinil aplicată pe glet de	-	-	13

	ciment, nisip şi aracet, în 5 straturi			
14.	Barieră contra vaporilor din elastomeri sintetici în amestec cu polimeri tip Romflexil PC 505 şi perclorvinil (amorsă de Romflexil, 1 strat Romflexil şi perclorvinil, 1-2 straturi	-	-	13
15.	Bariere contra vaporilor din răşini polisulfatice tip Alutchit V 214 pe amorsă din clorcauciuc sau din smoală plastifiată	-	-	4
16.	Bariere contra vaporilor din răşini polisulfatice tip Alutchit V 214 pe amorsă din clorcauciuc sau din smoală plastifiată, în amestec cu 60% Romflexil	-	-	12,5
17.	Bariere contra vaporilor din răşini polisulfatice tip Alutchit V 214 pe amorsă din clorcauciuc sau din smoală plastifiată, în amestec cu 15% smoală plastifiată	-	-	15
18.	Bariere contra vaporilor din răşini polisulfatice tip Alutchit V 214 pe amorsă din clorcauciuc sau din smoală plastifiată, în amestec cu 15% masă de şpaclu pe bază de răşini poliesterice Silurex MS 202	-	-	8,5
C. Folii				
19.	Tapet caşerat cu PVC	1,1	5000	5,5
20.	Folie din PVC	0,4	20000	8
21.	Hârtie, carton brut	-	-	0,1
22.	Folie de polietilenă	0,2	50000	10
23.	Folie de aluminiu lipită	0,05 0,1 0,2	500000 600000 70000	25 60 140

[top]

ANEXA B

TABELE AUXILIARE DE CALCUL

TABELUL B.1.

PRESIUNEA DE SATURAŢIE A VAPORILOR DE APĂ (p_s) PENTRU DIFERITE TEMPERATURI ALE AERULUI

Temp.	Fracţiuni de grade Celsius :									

aerului T (^{0}C)	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Presiunea de saturaţie a vaporilor de apă, p_s, în Pa									
I. Pentru domeniul de temperatură de la 30^0 până la 0^{0}C										
30	4244	4269	4294	4319	4344	4369	4394	4419	4445	4469
29	4006	4030	4053	4077	4101	4124	4148	4172	4196	4219
28	3781	3803	3826	3848	3871	3894	3916	3939	3961	3984
27	3566	3588	3609	3631	3652	3674	3695	3717	3793	3759
26	3362	3382	3403	3423	3443	3463	3484	3504	3525	3544
25	3169	3188	3208	3227	3246	3266	3284	3304	3324	3343
24	2985	3003	3021	3040	3059	3077	3095	3114	3132	3151
23	2810	2827	2845	2863	2880	2897	2915	2932	2950	2968
22	2645	2661	2678	2695	2711	2727	2744	2761	2777	2794
21	2487	2504	2518	2535	2551	2566	2582	2598	2613	2629
20	2340	2354	2369	2384	2399	2413	2428	2443	2457	2473
19	2197	2212	2227	2241	2254	2268	2283	2297	2310	2324
18	2065	2079	2091	2105	2119	2132	2145	2158	2172	2185
17	1937	1950	1963	1976	1988	2001	2014	2027	2039	2052
16	1818	1830	1841	1854	1866	1878	1889	1901	1914	1926
15	1706	1717	1729	1739	1750	1762	1773	1784	1795	1806
14	1599	1610	1621	1631	1642	1653	1663	1674	1684	1695
13	1498	1508	1518	1528	1538	1548	1559	1569	1578	1588
12	1403	1413	1422	1431	1441	1451	1460	1470	1479	1488
11	1312	1321	1330	1340	1349	1358	1367	1375	1385	1394
10	1228	1237	1245	1254	1262	1270	1279	1287	1295	1304
9	1148	1156	1163	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1218
8	1073	1081	1088	1096	1103	1110	1117	1125	1133	1140
7	1002	1008	1016	1023	1030	1038	1045	1052	1059	1066
6	935	942	949	955	961	968	975	982	988	995
5	872	878	884	890	896	902	907	913	919	925
4	813	819	825	831	837	843	849	854	861	866
Temp. aerului T (^{0}C)	Fracţiuni de grade Celsius :									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

	Presiunea de saturaţie a vaporilor de apă, p_s, în Pa									
3	759	765	770	776	781	787	793	798	803	808
2	705	710	716	721	727	732	737	743	748	753
1	657	662	667	672	677	682	687	691	696	700
0	611	616	621	626	630	635	640	645	648	653
II. Pentru domeniul de temperatură de la 0^0C până la -20^0C										
0	611	605	600	595	592	587	582	577	572	567
-1	562	557	552	547	543	538	534	531	527	522
-2	517	514	509	505	501	496	492	489	484	480
-3	476	472	468	464	461	456	452	448	444	440
-4	437	433	430	426	423	419	415	412	408	405
-5	401	398	395	391	388	385	382	379	375	372
-6	368	365	362	359	356	353	350	347	343	340
-7	337	336	333	330	327	324	321	318	315	312
-8	310	306	304	301	298	296	294	291	288	286
-9	284	281	279	276	274	272	269	267	264	262
-10	260	258	255	253	251	249	246	244	242	239
-11	237	235	233	231	229	228	226	224	221	219
-12	217	215	213	211	209	208	206	204	202	200
-13	198	197	195	193	191	190	188	186	184	182
-14	181	180	178	177	175	173	172	170	168	167
-15	165	164	162	161	159	158	157	155	153	152
-16	150	149	148	146	145	144	142	142	139	138
-17	137	136	135	133	132	131	129	128	127	126
-18	125	124	123	122	121	120	118	117	116	115
-19	114	113	112	111	110	109	107	106	105	104
-20	103	102	101	100	99	98	97	96	95	94

TABELUL B.2.

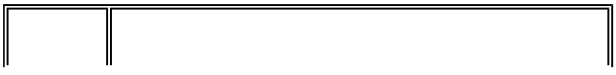
Temperatura medie a aerului exterior (T_{es}) pe baza căreia se stabileşte cantitatea de apă (m_w) provenită din condensarea vaporilor de apă pe durata de timp N_w

T_{cond}	Zona I		Zona II		Zona III		Zona IV	

^0C	N_w h	T_{es} ^0C	N_w h	T_{es} ^0C	N_w h	T_{es} ^0C	N_w h	T_{es} ^0C
10	4000	1	4300	0	4700	-1	5200	-2
9	3700	0	4100	-1	4300	-2	5000	-3
8	3450	0	3800	-1	4350	-2	4800	-3
7	3200	-1	3600	-2	4100	-3	4600	-4
6	2900	-1	3300	-2	3900	-3	4400	-4
5	2650	-2	3100	-3	3650	-4	4100	-5
4	2400	-2	2900	-3	3450	-4	3900	-5
3	2050	-3	2600	-4	3150	-5	3600	-6
2	1750	-3	2300	-4	2850	-5	3400	-6
1	1500	-4	2000	-5	2550	-6	3150	-7
0	1250	-4	1750	-5	2300	-6	2900	-7
-1	1050	-5	1450	-6	2000	-7	2600	-8
-2	900	-6	1250	-7	1750	-8	2400	-9
-3	750	-7	1050	-8	1500	-9	2050	-10
-4	600	-8	900	-9	1300	-10	1800	-11
-5	500	-9	750	-10	1100	-11	1550	-12
-6	400	-10	600	-11	950	-12	1400	-13
-7	300	-11	500	-12	800	-13	1250	-14
-8	200	-12	400	-13	700	-14	1150	-15
-9	130	-13	350	-14	600	-15	1000	-16
-10	100	-14	250	-15	500	-16	850	-17
-11	75	-15	200	-16	450	-17	750	-18
-12	50	-16	175	-17	350	-18	650	-19
-13	25	-17	160	-18	300	-19	550	-20
-14	-	-	100	-19	250	-20	450	-21
-15	-	-	75	-20	200	-21	350	-22

TABELUL B.3.

Temperatura medie a aerului exterior (T'_{es}) pe baza căreia se stabileşte cantitatea de apă (m_w) care se evaporă din zona de condens pe durata de timp N_v



T_{cond} ^0C	T_{es} ^0C		
	Zona I	Zona II	Zona III
10	17	16	15
9	16	16	15
8	16	15	14
7	15	15	14
6	15	14	13
5	14	14	13
4	14	13	12
3	13	13	12
2	13	12	11
1	12	12	11
0	12	11	11
-1	11	11	10
-2	11	11	10
-3	11	10	10
-4	10	10	9
-5	10	10	9
-6	10	9	8
-7	9	9	8
-8	9	9	8
-9	9	9	8
-10	9	8	7
-11	-	-	7
-12	-	-	7
-13	-	-	6
-14	-	-	6
-15	-	-	6

TABELUL B.4

CREŞTEREA MAXIMĂ ADMISIBILĂ A UMIDITĂŢII RELATIVE MASICE ÎN PERIOADA DE CONDENSARE (ΔW_{adm})

Nr. crt.	Materialul	Creşterea maximă admisibilă a umidităţii relative masice în perioada de condensare ΔW_{adm} %
1.	Beton greu, cu densitatea aparentă peste 1800 kg/m^3	1
2	Zidărie din cărămidă plină	1,5
3	Zidărie din cărămidă sau blocuri ceramice cu goluri	2
4	Zidărie din blocuri mici din beton uşor, pline sau cu goluri	5
5	Plăci termoizolante din beton celular autoclavizat, cu densitatea aparentă până la 550 kg/m^3	5
6	Zidărie din blocuri şi pereţi din fâşii din beton celular autoclavizat	6
7	Tencuieli interioare	2
8	Panouri din beton uşor (granulit, zgură etc.)	5
9	Umplutură din zgură, cenuşă, granulit	3
10	Polistiren expandat	15
11	Poliuretan	15
12	Sticlă spongioasă	1,5
13	Vată minerală şi produse din vată minerală sau din fibre de bazalit	3
14	Lemn şi produse din lemn antiseptizate (PFL, PAL, PAF)	5
15	Produse termoizolante din deşeuri textile sintetice	2
16	Stabilit	2

[top]

ANEXA C

ZONAREA CLIMATICĂ A ROMANIEI

ZONAREA CLIMATICĂ: Fig. C.1. si Fig. C.2.

[top]

ANEXA D

EXEMPLU DE CALCUL PENTRU UN PERETE EXTERIOR

EXEMPLU DE CALCUL

Să se verifice comportarea la difuzia vaporilor de apă a structurii de perete exterior, la o clădire de locuit, amplasată în municipiul Iaşi (fig. D.1) .

D.1. Parametrii de climat interior

T_i = 20 ^{0}C – conform SR 1907 – 2 ;

φ_i = 60% - conform tabelului VI din normativul C 107/3 ;

α_i = 8 W/m^{2}K – conform normativului C 107/3

D.2. Parametrii de climat exterior

Localitatea Iaşi este amplasată în :

- zona climatică III, pe timp de iarnă, conform hărţii din fig. C.1 – ANEXA C ;
- zona climatică III, pe timp de vară, conform hărţii din fig. C.2 – ANEXA C ;

T_e = -18 ^{0}C – conform tabelului 2, cap.5.2. ;

T_{em} = +7,5 ^{0}C – conform tabelului 2, cap.5.2. ;

D.3. Se stabilesc caracteristicile materialelor din structura peretelui exterior :

- stratul I : - mortar de ciment – var (tencuială interioară) :

d = 0,015 m ;

ρ = 1700 kg/m^3 - conform normativului C 107/3

λ = 0,87 W/mK - conform normativului C 107/3

μ_D = 8,5 – conform tabelului A.1 ANEXA A

- stratul II : zidărie din cărămidă cu goluri verticale :

d = 0,24 m ;

ρ = 1700 kg/m^3 - conform normativului C 107/3

λ = 0,75 W/mK - conform normativului C 107/3

μ_D = 5,0 – conform tabelului A.1 ANEXA A

- stratul III : tencuială exterioară din mortar de ciment – var :

d = 0,015 m ;

ρ = 1700 kg/m^3 - conform normativului C 107/3

λ = 0,87 W/mK - conform normativului C 107/3

μ_D = 8,5 – conform tabelului A.1 ANEXA A

- stratul IV : termoizolaţie din polistiren expandat :

d = 0,085 m ;

ρ = 20 kg/m^3 - conform normativului C 107/3

λ = 0,044 W/mK - conform normativului C 107/3

μ_D = 30,0 – conform tabelului A.1 ANEXA A

- stratul V : zidărie protecţie termoizolaţie :

d = 0,115 m ;

ρ = 1700 kg/m^3 - conform normativului C 107/3

λ = 0,75 W/mK - conform normativului C 107/3

μ_D = 5,0 – conform tabelului A.1 ANEXA A

- stratul VI : tencuială exterioară din mortar de ciment :

d = 0,03 m ;

ρ = 1800 kg/m^3 - conform normativului C 107/3

λ = 0,93 W/mK - conform normativului C 107/3

μ_D = 7,0 – conform tabelului A.1 ANEXA A

D.4. Se calculează rezistenţele termice ale straturilor din structura elementului de construcţie

R_{si} = 0,125 m^{2}k/W – conform normativului C 107/3

$$R_{sI} = \frac{0,015}{0,87} = 0,017 \ m^2k/W$$

$$R_{sII} = \frac{0,24}{0,75} = 0,32 \ m^2k/W$$

$$R_{sIII} = \frac{0,015}{0,87} = 0,017 \ m^2k/W$$

$$R_{sIV} = \frac{0,085}{0,044} = 1,932 \ m^2k/W$$

$$R_{sV} = \frac{0,115}{0,75} = 0,153 \ m^2k/W$$

$$R_{sVI} = \frac{0,03}{0,93} = 0,032 \ m^2k/W$$

R_{se} = 0,042 m^2k/W – conform normativului C 107/3

D.5. Se calculează rezistenţa termică unidirecţională a elementului de construcţie

$$R = R_{si} + \sum R_s + R_{se} = 2,638 \ m^2k/W$$

D.6. Se calculează temperaturile T_k, în interiorul elementului de construcţie, cu formula (1) de la cap./ 5.2 şi se stabilesc presiunile de saturaţie, conform tabelului B.1 – ANEXA B

$$T_k = T_i - \frac{T_i - T_{em}}{R} \sum_{j=1}^{k} R_{s(j-1,j)}$$

$$T_1 = T_{si} = 20 - \frac{20 - 7,5}{2,638} \cdot 0,125 = 19,41\ ^0C \Rightarrow p_{s1} = 2255\ Pa$$

$$T_2 = 20 - \frac{20 - 7,5}{2,638} \cdot 0,142 = 19,33\ ^0C \Rightarrow p_{s2} = 2245\ Pa$$

$$T_3 = 20 - \frac{20 - 7,5}{2,638} \cdot 0,462 = 17,81\ ^0C \Rightarrow p_{s3} = 2040\ Pa$$

$$T_4 = 20 - \frac{20 - 7,5}{2,638} \cdot 0,479 = 17,73\ ^0C \Rightarrow p_{s4} = 2031\ Pa$$

$$T_5 = 20 - \frac{20 - 7,5}{2,638} \cdot 2,411 = 8,58\ ^0C \Rightarrow p_{s5} = 1116\ Pa$$

$$T_6 = 20 - \frac{20 - 7,5}{2,638} \cdot 2,564 = 7,85\ ^0C \Rightarrow p_{s6} = 1063\ Pa$$

$$T_6 = 20 - \frac{20 - 7,5}{2,638} \cdot 2,564 = 7,85\ ^0C \Rightarrow p_{s6} = 1063\ Pa$$

$$T_7 = 20 - \frac{20 - 7,5}{2,638} \cdot 2,596 = 7,70\ ^0C \Rightarrow p_{s7} = 1052\ Pa$$

pentru T_{em} = 7,5 $^0C \Rightarrow p_{sem} = 1038$

D.7. Se calculează rezistenţa la permeabilitate la vapori a elementului de construcţie, cu formulele de la cap. 5.2.

$$R_v = R_{v,I} + R_{v,II} + R_{v,III} + R_{v,IV} + R_{v,V} + R_{v,VI} = \sum_{j=1}^{VI} d_j(\mu_D)_j \cdot M$$

$$R_{v,I} = d_I(\mu_D)_I \cdot M = 0,015 \cdot 8,5 \cdot 54 \cdot 10^8 = 6,88 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$R_{v,II} = d_{II}(\mu_D)_{II} \cdot M = 0,24 \cdot 5,0 \cdot 54 \cdot 10^8 = 64,80 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$R_{v,III} = d_{III}(\mu_D)_{III} \cdot M = 0,015 \cdot 8,5 \cdot 54 \cdot 10^8 = 6,88 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$R_{v,IV} = d_{IV}(\mu_D)_{IV} \cdot M = 0,085 \cdot 30,0 \cdot 54 \cdot 10^8 = 137,70 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$R_{v,V} = d_V(\mu_D)_V \cdot M = 0,115 \cdot 5,0 \cdot 54 \cdot 10^8 = 31,05 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$R_{v,VI} = d_{VI}(\mu_D)_{VI} \cdot M = 0,03 \cdot 7,0 \cdot 54 \cdot 10^8 = 11,34 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$R_V = (6,88+64,80+6,88+137,70+31,05+11,34) \cdot 10^8 = 258,65 \cdot 10^8$ m/s

D.8. Se calculează valorile corectate ale presiunilor de saturaţie cu relaţiile (4) şi (5) de la cap. 5.2.

- pentru zona climatică de iarnă III :

$$p_{sk\ cor} = p_{sk} + 142\left[\sum \frac{R_s}{R}\right]^2$$

$$p_{s1\ cor} = 2255 + 142\left[\frac{0,125}{2,638}\right]^2 = 2255 \text{ Pa}$$

$$p_{s2\ cor} = 2245 + 142\left[\frac{0,142}{2,638}\right]^2 = 2245 \text{ Pa}$$

$$p_{s3\ cor} = 2040 + 142\left[\frac{0,462}{2,638}\right]^2 = 2044 \text{ Pa}$$

$$p_{s4\ cor} = 2031 + 142\left[\frac{0,479}{2,638}\right]^2 = 2036 \text{ Pa}$$

$$p_{s5\ cor} = 1116 + 142\left[\frac{2,411}{2,638}\right]^2 = 1235 \text{ Pa}$$

$$p_{s6\ cor} = 1063 + 142\left[\frac{2,564}{2,638}\right]^2 = 1197 \text{ Pa}$$

$$p_{s7\ cor} = 1052 + 142\left[\frac{2,596}{2,638}\right]^2 = 1190 \text{ Pa}$$

$p_{se\ cor} = p_{se} + 142 = 1038 + 142 = 1180$ Pa

D.9. Se calculează presiunile parţiale ale vaporilor de apă din aerul interior şi exterior, cu relaţiile (6) de la cap. 5.2.

pentru: $T_i = 20\ ^0C \Rightarrow p_{si} = 2340$ Pa conform tabelului B.1 ANEXA B

$$p_i = \frac{\varphi_i \cdot p_{si}}{100} = \frac{60 \cdot 2340}{100} = 1404 \text{ Pa}$$

$$p_{e\ cor} = \frac{\varphi_e \cdot p_{se\ cor}}{100} = \frac{80 \cdot 1180}{100} = 944 \text{ Pa}$$

D.10. Se reprezintă grafic elementul de construcţie amplasându-se pe abscisă rezistenţele la permeabilitate la vapori ale straturilor componente, iar pe verticală presiunile de vapori (fig. D.2.) .

D.11. Se reprezintă grafic curba de variaţie a presiunilor de saturaţie corectate ale vaporilor de apă din interiorul elementului de construcţie şi din aerul exterior .

COMENTARII

Din analiza graficului din fig. D.2 rezultă că nu există intersecţie între curbele p_s şi p, deci nu se produce acumulare progresivă de apă de la an la an, ca urmare a condensului în structură .

D.13. Stabilirea temperaturii aerului exterior de la care apare condens

- se reprezintă grafic elementul de construcţie, conform pct. D.11 (fig. D.3.) ;

- se stabileşte prin încercări pentru diverse temperaturi T_e, temperatura $T_{e\ cond}$. Spre exemplificare se prezintă în cele ce urmează calculul pentru $T_e = -2\ ^0C$;

- pentru $T_e = -2\ ^0C$ se calculează variaţia temperaturilor T_k, în interiorul elementului de construcţie şi se stabilesc presiunile de saturaţie necorectate ale vaporilor de apă, conform tabelului B.1 ANEXA B

$$T_1 = T_{si} = 20 - \frac{20+2}{2,638} \cdot 0,125 = 18,96\ ^0C \Rightarrow p_{s1} = 2192 \text{ Pa}$$

$$T_2 = 20 - \frac{20+2}{2,638} \cdot 0,142 = 18,82\ ^0C \Rightarrow p_{s2} = 2175 \text{ Pa}$$

$$T_3 = 20 - \frac{20+2}{2,638} \cdot 0,462 = 16,15\ ^0C \Rightarrow p_{s3} = 1836 \text{ Pa}$$

$$T_4 = 20 - \frac{20+2}{2,638} \cdot 0,479 = 16,00\ ^0C \Rightarrow p_{s4} = 1818 \text{ Pa}$$

$$T_5 = 20 - \frac{20+2}{2,638} \cdot 2,411 = -0,11^0C \Rightarrow p_{s5} = 604 \text{ Pa}$$

$$T_6 = 20 - \frac{20+2}{2,638} \cdot 2,564 = -1,38^0C \Rightarrow p_{s6} = 544 \text{ Pa}$$

$$T_7 = 20 - \frac{20+2}{2,638} \cdot 2,596 = -1,65^0C \Rightarrow p_{s7} = 533 \text{ Pa}$$

pentru $T_i = 20\ ^0C \Rightarrow p_{si} = 2340$ Pa

$$p_i = \frac{60 \cdot 2340}{100} = 1404 \text{ Pa}$$

pentru $T_e = -2\ ^0C \Rightarrow p_{se} = 517$ Pa

$$p_e = \frac{85 \cdot 517}{100} = 439 \text{ Pa}$$

- se construieşte curba de variaţie a presiunilor de saturaţie a vaporilor de apă, p_s, din interiorul elementului de construcţie şi linia presiunilor parţiale, p, (fig. D.3.) .

COMENTARII

Din graficul din fig. D.3 se constată că, pentru temperatura $T_e = -2\ ^0C$ curbele de variaţie p_s şi p sunt tangente, deci $T_e = -2\ ^0C$ este temperatura aerului exterior de la care apare condens în structură .

$T_{e\ cond} = -2\ ^0C$

- pentru $T_{e\ cond} = -2\ ^0C$, conform tabelului B.2 ANEXA B, pentru zona climatică III, rezultă $T_{es} = -8\ ^0C$

D.14. Pentru stabilirea zonei de condens se reprezintă grafic elementul de construcţie (conform pct. D.10) şi se reface curba presiunilor de saturaţie ale vaporilor e apă, p_s şi linia presiunilor parţiale p, considerând temperatura $T_{es} = -8\ ^0C$ ca temperatură de calcul pentru aerul exterior după care se duc tangente din punctele p_i şi p_{es} la curba presiunilor de saturaţie, p_s, tangente care se întâlnesc în punctul M, pe verticala S_c (fig. D.4). Zona de condens este redusă la o suprafaţă (suprafaţa de condens) .

Astfel :

$$T_1 = T_{si} = 20 - \frac{20+8}{2,638} \cdot 0,125 = 18,67\ ^0C \Rightarrow p_{s1} = 2154 \text{ Pa}$$

$$T_2 = 20 - \frac{20+8}{2,638} \cdot 0,142 = 18,49\ ^0C \Rightarrow p_{s2} = 2131 \text{ Pa}$$

$$T_3 = 20 - \frac{20+8}{2,638} \cdot 0,462 = 15,10\ ^0C \Rightarrow p_{s3} = 1717 \text{ Pa}$$

$$T_4 = 20 - \frac{20+8}{2,638} \cdot 0,479 = 14,92\ ^0C \Rightarrow p_{s4} = 1697 \text{ Pa}$$

$$T_5 = 20 - \frac{20+8}{2,638} \cdot 2,411 = -5,59\ ^0C \Rightarrow p_{s5} = 382 \text{ Pa}$$

$$T_6 = 20 - \frac{20+8}{2,638} \cdot 2,564 = -7,21\ ^0C \Rightarrow p_{s6} = 333 \text{ Pa}$$

$$T_7 = 20 - \frac{20+8}{2,638} \cdot 2,596 = -7,55\ ^0C \Rightarrow p_{s7} = 323 \text{ Pa}$$

pentru $T_i = 20\ ^0C \Rightarrow p_{si} = 2340$ Pa

$$p_i = \frac{60 \cdot 2340}{100} = 1404 \text{ Pa}$$

pentru T_e = -8 ^{0}C $\Rightarrow$ p_{ses} = 310 Pa

$$p_{es} = \frac{85 \cdot 310}{100} = 264 \text{ Pa}$$

COMENTARII

După cum se observă din graficul din fig. D.4, punctul de intersecţie al tangentelor din punctele p_i şi p_{es} cu curba presiunilor de saturaţie se află situat în stratul termoizolant din polistiren celular.

D.15. Calculul cantităţii de apă, care poate condensa în elementul de construcţie în perioada rece a anului, se face cu formula (8b) de la cap.5.4.1 (a se vedea fig. D.4.)

- pentru T_{cond} = -2 ^{0}C pentru zona climatică III, din tabelul B.2 ANEXA B, rezultă N_w = 1750 h

$$m_w = 3600\left(\frac{1404 - 382}{216{,}26 \cdot 10^8} - \frac{382 - 264}{42{,}39 \cdot 10^8}\right) \cdot 1750 = 0{,}122 \text{ kg/m}^2$$

D.16. Stabilirea cantităţii de apă acumulată în perioada rece, care se poate evapora în perioada caldă a anului, se face astfel :

- se reprezintă grafic elementul de construcţie conform pct. D.10 (fig. D.5) ;

- se calculează variaţia temperaturii T_k în interiorul elementului de construcţie pentru temperatura T'_{es} = 10 ^{0}C şi se stabilesc presiunile de saturaţie necorectate ale vaporilor de apă (pentru $T_{e\ cond}$ = -2 ^{0}C, pentru zona climatică de vară III : T'_{es} = 10 ^{0}C conform tabelului B.3 ANEXA B) şi durata de timp de evaporare;

$N_v = 8760 - N_w = 8760 - 1750 = 7010$ h

$$T_1 = 20 - \frac{20 - 10}{2{,}638} \cdot 0{,}125 = 19{,}53\ ^0\text{C} \Rightarrow p_{s2} = 2272 \text{ Pa}$$

$$T_2 = 20 - \frac{20 - 10}{2{,}638} \cdot 0{,}142 = 19{,}46\ ^0\text{C} \Rightarrow p_{s2} = 2262 \text{ Pa}$$

$$T_3 = 20 - \frac{20 - 10}{2{,}638} \cdot 0{,}462 = 18{,}25\ ^0\text{C} \Rightarrow p_{s3} = 2098 \text{ Pa}$$

$$T_4 = 20 - \frac{20 - 10}{2{,}638} \cdot 0{,}479 = 18{,}18\ ^0\text{C} \Rightarrow p_{s4} = 2089 \text{ Pa}$$

$$T_5 = 20 - \frac{20 - 10}{2{,}638} \cdot 2{,}411 = 10{,}86\ ^0\text{C} \Rightarrow p_{s5} = 1300 \text{ Pa}$$

$$T_6 = 20 - \frac{20 - 10}{2{,}638} \cdot 2{,}564 = 10{,}28\ ^0\text{C} \Rightarrow p_{s6} = 1252 \text{ Pa}$$

$$T_7 = 20 - \frac{20 - 10}{2{,}638} \cdot 2{,}596 = 10{,}16\ ^0\text{C} \Rightarrow p_{s7} = 1242 \text{ Pa}$$

pentru $T'_{es} = 10\ ^0C \Rightarrow p'_{ses} = 1228\ Pa$

$$p'_{es} = \frac{70 \cdot 1228}{100} = 860\ Pa$$

- se calculează cantitatea de apă acumulată în perioada de iarnă, care se poate evapora în perioada caldă a anului, cu relaţia (9b) de la cap. 5.5 (a se vedea fig. D.5)

$$m_v = 3600\left(\frac{1300 - 1404}{216,26 \cdot 10^8} - \frac{1300 - 860}{42,39 \cdot 10^8}\right) \cdot 7010 = 2,498\ kg/m^2$$

D.17. Se compară cantităţile m_w şi m_v .

$m_w = 0,122\ kg/m^2$; $m_v = 2,498\ kg/m^2$;

COMENTARII

Se observă că $m_w < m_v$, deci cantitatea de apă acumulată în timpul rece este mai mică decât cantitatea de apă care se poate evapora în perioada caldă a anului, astfel nu există riscul de acumulare de umiditate, de la an la an, în structura elementului de construcţie .

D.18. Se verifică creşterea umidităţii relative masice la sfârşitul perioadei de condensare (Δ W) cu umiditatea relativă masică maximă admisibilă (ΔW_{adm}) .

- pentru polistiren expandat, conform tabelului B.4 ANEXA B, $\Delta W_{adm} = 15\%$;

- se calculează ΔW cu formula (10) de la cap. 5.6.

$$\Delta W = \frac{100 \cdot 0,122}{20 \cdot 0,085} = 7,18\% < \Delta W_{adm} = 15\%$$

COMENTARII

În urma calculelor făcute, a rezultat că în structura peretelui exterior nu există riscul acumulări de umiditate de la an la an. Iar creşterea umidităţii relative masice a stratului în care se produce condensarea vaporilor de apă este mai mică decât creşterea masică maximă admisibilă. Astfel, se poate aprecia că structura aleasă are o comportare corespunzătoare la difuzia vaporilor de apă .

[top]

BIBLIOGRAFIE

[1]	pr. EN ISO 13788	Hygrothermal performance of buiding components and building elements – Estimation of internal surface temperature to avoid critical surface humidity and calculation of interstitial condensation
[2]	pr. EN ISO 12524	Building materials and products – Hygrothermal properties – Tabulated design values
[3]	pr. EN ISO 12572	Building materials – Determinatin of water vapour transmission properties
[4]	DIN 4108 – 5	Wärmeschutz im Hochbau - Berechnungsverfahren
[5]	pr. Th – U	Règles de calcul des caractéristique thermique utiles des parois de construction – Fascicule 2 : Materiaux
[6]	E.Dimitriu Vâlcea	Îndrumător de proiectare în fizica construcţiilor
[7]	Claude – Alain Roulet	Energétique du bâatiment

[top]