

**METODOLOGIE DE CALCUL AL
PERFORMANȚEI ENERGETICE A CLĂDIRILOR,
INDICATIV MC 001/2006: REVIZUIRE
METODOLOGIE; REVIZUIRE/ELABORARE DE
COMENTARII ȘI EXEMPLE DE APLICARE**

CONTRACT NR. 116/102 DIN 28.03.2017

**REDACTAREA a III-a – FAZA a III-a
(revizia 06)**

București, iulie 2021

FOAIE DE SEMNĂTURI

Contract nr. **116/102 din 28.03.2017**

DENUMIRE LUCRARE:

**Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor, indicativ Mc001/2006:
revizuire metodologie; revizuire/elaborare de comentarii și exemple de aplicare
Faza a III-a, Redactarea a III-a**

EXECUTANT: UTCB - UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII BUCUREȘTI

BENEFICIAR: MDLPA - Ministerul Dezvoltării Lucrărilor Publice și Administrației

Rector
Prof.univ.dr.ing. Radu Sorin Văcăreanu

Director de proiect
Conf.univ.dr.ing. Cătălin-Ioan LUNGU

COLECTIV DE ELABORARE

1.	LUNGU CĂTĂLIN	Director proiect, UTCB
2.	COLDA IOLANDA	Elaborator, OAER
3.	GEORGESCU MIHAELA	Elaborator, UAUIM
4.	FRUNZULICĂ RODICA	Elaborator, UTCB
5.	TEODORESCU DANIELA	Elaborator, UTCB
6.	VARTIRES ANDREEA	Elaborator, UTCB
7.	BRATA SILVIANA	Elaborator, UPT
8.	TEODOSIU RALUCA	Elaborator, UTCB
9.	IORDACHE VLAD	Elaborator, AIIR
10.	IORDACHE FLORIN	Elaborator, UTCB
11.	POPESCU RĂZVAN	Elaborator, UTCB
12.	CARACALEANU BOGDAN	Elaborator, UTCB
13.	GRASU RALUCA	Elaborator, UTCB
14.	PESCARU RADU AUREL	Elaborator, UAUIM
15.	BARAN IRINA	Elaborator, UAUIM
16.	BLIUC IRINA	Elaborator, UAUIM
17.	BURCHIU SORIN	Elaborator, AIIR
18.	ȚOROPOC MIRELA	Elaborator, OAER
19.	MOGA LIGIA	Elaborator, UTCN
20.	VITAN EUGEN	Elaborator, UTCN
21.	CATALINA TIBERIU	Elaborator, AIIR

Au colaborat voluntar în cadrul CTS "E" al MDLPA:

- Emilia-Cerna MLADIN
- Horia PETRAN
- Dan BERBECARU

CUPRINS

CAPITOLUL 1. PREVEDERI GENERALE

1.1. Obiect și domeniu de aplicare

1.2. Terminologie și notații

- 1.2.1. Clădire (ca atare)
- 1.2.2. Condiții interioare și exterioare
- 1.2.3. Procese și sisteme tehnice (instalații aferente clădirii)
- 1.2.4. Energie
- 1.2.5. Performanță energetică
- 1.2.6. Calcul energetic
- 1.2.7. Simboluri și indici

1.3. Cerințe ale parametrilor interiori pentru asigurarea confortului și calității aerului interior în clădiri

1.4. Standarde europene referitoare la performanța energetică a clădirilor (PEC)

CAPITOLUL 2. ANVELOPA TERMICĂ A CLĂDIRII

2.1. Elemente de clădire și parametrii termoenergetici asociați

- 2.1.1. Prevederi generale
- 2.1.2. Elemente componente ale anvelopei termice a clădirii
- 2.1.3. Convenții de stabilire a caracteristicilor dimensionale ale elementelor de anvelopă (parametri geometrici) necesare pentru calculul valorilor parametrilor de performanță termică
- 2.1.4. Parametri definitorii pentru caracterizarea higrotermică a materialelor. Parametri de performanță caracteristici elementelor de anvelopă necesari la evaluarea performanței energetice a clădirilor

2.2 Cerințe minime de performanță termică și energetică

- 2.2.1. Cerințe minime de performanță energetică pentru clădiri noi (NZEB)
 - 2.2.1.1. Clădiri rezidențiale NZEB
 - 2.2.1.2. Clădiri nerezidențiale NZEB
- 2.2.2. Cerințe minime de performanță energetică pentru clădiri existente renovate
 - 2.2.2.1. Clădiri rezidențiale renovate
 - 2.2.2.2. Clădiri nerezidențiale renovate
- 2.2.3. Cerințe minime de confort higrotermic în clădirile noi NZEB și existente renovate
 - 2.2.3.1. Cerințele minime de confort higrotermic pentru elementele de clădire
 - 2.2.3.2. Cerințele minime pe ansamblul clădirii; cazul clădirilor rezidențiale și asimilate acestora
 - 2.2.3.3. Cerințele minime pe ansamblul clădirii; cazul clădirilor nerezidențiale

2.3. Considerente suplimentare privind cerințe minime de performanță termică și energetică pentru clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero (NZEB)

2.4. Rezistențe termice

- 2.4.1. Calculul rezistenței termice și al transmitanței termice ale elementelor de clădire opace

2.4.2. Transmitanța termică a elementelor vitrate (ferestre și uși)

2.4.3. Stabilirea prin calcul a parametrilor de performanță termică a elementelor de anvelopă aflate în contact cu solul

2.4.4. Rezistența termică /transmitanța termică medie a anvelopei clădirii

2.5. Permeabilitatea la aer a unei clădiri

2.5.1. Determinarea permeabilității la aer (a performanței de etanșeitate la aer) a clădirii prin metoda presurizării

2.5.2. Estimarea calitativă a permeabilității la aer (a performanței de etanșeitate la aer) a clădirii prin parametri caracteristici-cazul clădirilor rezidențiale

2.6. Etape pregătitoare calculului de necesar de energie pentru încălzirea și/sau răcirea clădirilor

2.6.1. Descriere a procedurii de calcul

2.6.2. Zonarea termică

2.6.2.1. Temperatură calculată într-o zonă neîncălzită, nerăcită, neclimatizată adiacentă

2.6.2.2. Factori de corecție și de distribuție

2.6.2.3. Clădiri sau unități de clădiri rezidențiale, corecții pentru temperatura medie interioară a spațiului

2.7. Calculul necesarului de energie pentru climatizare (încălzire și răcire) folosind metoda de calcul lunar - relații generale

2.7.1. Transferul termic total

2.7.1.1. Transferul termic prin transmisie

2.7.1.2. Transferul termic prin ventilare

2.7.2. Aporturi de căldură totale și aporturi interne

2.7.3. Aporturi solare

2.7.3.1. Energia transferată prin elemente transparente

2.7.3.2. Energia transferată prin elemente opace

2.7.4. Radiația termică către cer

2.7.5. Capacitatea termică eficace interioară a zonei

2.7.6. Factori de utilizare

2.8. Particularități ale calculului necesarului de energie propriu sistemului

2.8.1. Încălzire sau răcire cu temperatură setată constantă

2.8.2. Corecție pentru încălzire intermitentă

2.8.3. Corecții pentru răcire intermitentă

2.8.4. Corecții pentru perioada de neocupare

2.8.5. Temperatură calculată într-o zonă climatizată, ca variabilă de ieșire

2.8.6. Indicator de supraîncălzire

2.9. Necesari de energie pentru umidificare și dehumidificare

2.9.1. Umidificare

2.9.2. Dehumidificare

2.10. Necesari anual de energie pentru încălzire, răcire și latent

2.11. Calcul simplificat al duratei perioadelor de încălzire/răcire

2.12. Calculul temperaturii interioare în regim liber

2.12.1. Prezentarea metodei

2.12.2. Modelul de calcul

CAPITOLUL 3. EVALUAREA CONSUMURILOR DE ENERGIE PENTRU SISTEME DE INSTALAȚII FĂRĂ SURSE REGENERABILE

Informații generale privind aplicarea procedurilor de calcul

3.1. Instalații de încălzire

- 3.1.1. Determinarea pierderilor energetice pentru emisie, $Q_{H,em,ls}$
- 3.1.2. Determinarea consumului de energie auxiliară, $W_{em,ls,aux}$
- 3.1.3. Determinarea consumului de energie și eficiența energetică a sistemelor de distribuție a apei, ca agent termic pentru încălzire/răcire, $Q_{HC,dis,ls}$
- 3.1.4. Energii auxiliare recuperabile și recuperate
- 3.1.5. Consumul de energie și eficiența energetică a sistemelor de generare a agentului termic pentru încălzire, prin arderea combustibilului fosil și a biomasei
 - 3.1.5.1. Eficiența energetică a generatorului la sarcină integrală și la sarcină parțială în funcție de puterea nominală furnizată
 - 3.1.5.2. Pierderile termice în stand-by, $P_{gen,ls,P0}$, în funcție de puterea nominală furnizată
 - 3.1.5.3. Energia auxiliară consumată
 - 3.1.5.4. Factorul de utilizare a energiei la nivelul cazanelor
 - 3.1.5.5. Energia auxiliară consumată de subsistemul de generare
 - 3.1.5.6. Pierderi termice ale subsistemului de generare
 - 3.1.5.7. Pierderi termice recuperabile și recuperate
 - 3.1.5.8. Energia auxiliară
 - 3.1.5.9. Timpul de funcționare și factorul de sarcină specifică, β

3.2. Instalații de ventilație hibridă, mecanică și climatizare; cuplarea cu celelalte instalații

- 3.2.1. Domeniu de aplicare
- 3.2.2. Calculul energetic al generării (al CTA)
- 3.2.3. Calcul energetic al distribuției
 - 3.2.3.1. Pierderi de aer în conducte și în centrala de tratare a aerului
 - 3.2.3.2. Pierderi termice ale conductelor de aer
 - 3.2.3.3. Exemplu de calcul
- 3.2.4. Consumuri energetice pentru stocarea căldurii/frigului
 - 3.2.4.1. Generalități, metode de calcul
 - 3.2.4.2. Date de intrare
 - 3.2.4.3. Metoda de calcul orar; procedură de calcul, mărimi de ieșire
 - 3.2.4.4. Metoda de calcul lunar
 - 3.2.4.5. Exemplu de calcul (la paragrafele 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3)
- 3.2.5. Consumul de energie și eficiența energetică a sistemelor de climatizare de tip aer – apă sau aer- refrigerent
 - 3.2.5.1. Tipuri de sisteme
 - 3.2.5.2. Date de intrare
 - 3.2.5.3. Calculul mărimilor de ieșire
- 3.2.6. Generarea frigului

3.2.6.1 Introducere

3.2.6.2. Date de intrare

3.2.6.3. Calculul mărimilor de ieșire ale metodei

3.2.6.4. Exemple de calcul

3.2.7. Sinteză a calculului energetic al sistemelor de încălzire, răcire, ventilare și răcire

3.3. Instalații pentru apa caldă de consum

3.3.1. Obiect și domeniu de aplicare

3.3.2 Clasificarea instalațiilor (sistemelor) de apă caldă de consum

3.3.2.1. Definirea sub-sistemelor aferente instalației (sistemului) de apă caldă de consum

3.3.2.2. Schemele de preparare a apei calde de consum adoptate

3.3.2.3. Zonarea instalațiilor/sistemelor de apă caldă de consum

3.3.3. Consumul de energie pentru instalațiile de apă caldă de consum (denumit sistem)

3.3.4. Perioadele de calcul

3.3.5. Temperaturi specifice sistemului de apă caldă de consum

3.3.6. Necesarul de căldură pentru prepararea apei calde de consum furnizată utilizatorului, $Q_{w,nd}$

3.3.6.1. Volumul necesar de apă caldă de consum $V_{w,day}$ calculat cu debite specifice [e.g. l/om, zi, l/unitate consum, zi] și număr de consumatori

3.3.6.2. Necesarul de apă caldă de consum aferente persoanelor în clădiri de locuit, $V_{w,day}$ determinat în funcție de aria utilă A_h

3.3.7 Metoda de calcul a consumurilor de energie pentru conductele de distribuție a apei calde de consum

3.3.7.1. Calculul pierderilor termice și a energiei auxiliare aferente sub-sistemului de distribuție a apei calde de consum

3.3.7.2. Determinarea pierderilor termice ale sub-sistemului de distribuție pentru apa caldă de consum, $Q_{w,dis,ls,total}$

3.3.7.3. Determinarea pierderilor termice recuperabile ale sub-sistemului de distribuție pentru apa caldă de consum, $Q_{w,dis,rbl}$

3.3.7.4. Calculul consumului de energie auxiliară al sub-sistemului de distribuție pentru apa caldă de consum

3.3.8. Pierderi termice aferente rezervoarelor de acumulare din sistemul de apă caldă de consum

3.3.9. Pierderi termice aferente subsistemului de generare din sistemul de apă caldă de consum

ANEXA 3.3.A Exemplu de calcul - Necesarul de căldură pentru prepararea apei calde de consum livrată la consumator, $Q_{w,nd}$

ANEXA 3.3.B Determinarea pierderilor termice aferente conductelor de distribuție

3.4. Instalații pentru iluminat; cuplarea cu lumina naturală

3.4.1. Informații generale; alte referințe tehnice aplicabile

3.4.2. Metode de calcul al indicatorului LENI (Lighting Energy Numeric Indicator) totale a unei clădiri/zone dintr-o clădire

3.4.2.1. Metoda complexă de calcul

3.4.2.2. Metoda simplificată de calcul

CAPITOLUL 4. EVALUAREA ENERGIEI PRODUSE CU SISTEME DE INSTALAȚII UTILIZÂND SURSE REGENERABILE

4.1. Pompe de căldură

- 4.1.1. Generalități
- 4.1.2. Mod de calcul (metoda lunară/anuală)
- 4.1.3. Metoda orară de calcul

4.2. Sisteme solare termice

- 4.2.1. Domeniu de aplicare
- 4.2.2. Descrierea metodei
- 4.2.3. Metoda lunară
- 4.2.4. Exemple de calcul pentru metoda lunară

4.3. Sisteme de cogenerare

- 4.3.1. Obiective și domenii de aplicare
- 4.3.2. Principiul metodelor de calcul
 - 4.3.2.1. Date de ieșire relevante pentru evidențierea performanței energetice
 - 4.3.2.2. Date de intrare
 - 4.3.2.3. Pasul de timp
 - 4.3.2.4. Procedura de calcul
- 4.3.3. Calculul energiei primare în cazul unităților de cogenerare

4.4. Sisteme urbane pentru încălzire/răcire

- 4.4.1. Obiective și domeniu de aplicare
- 4.4.2. Principiul metodei de calcul
 - 4.4.2.1. Date de ieșire relevante pentru evidențierea performanței energetice
 - 4.4.2.2. Date de intrare
 - 4.4.2.3. Pasul de timp
 - 4.4.2.4. Procedura de calcul
- 4.4.3. Calculul indicatorilor sursei de energie

4.5. Panouri fotovoltaice

- 4.5.1. Descrierea metodei de calcul
- 4.5.2. Metoda lunară
- 4.5.3. Exemplu de calcul

4.6. Centrale eoliene

- 4.6.1. Descrierea metodei de calcul
- 4.6.2. Exemplu de calcul

CAPITOLUL 5. CERTIFICATUL DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ

5.1. Tipuri de certificate energetice și conținutul acestora, inclusiv anexele tehnice

- 5.1.1. Detalierea conținutului CPE (pagina 1); date privind evaluarea performanței energetice a clădirii
- 5.1.2. Recomandări de reducere a consumurilor de energie ale clădirii/unității de clădire/apartamentului (Anexa 1 la CPE)
- 5.1.3. Date tehnice privind evaluarea performanței energetice a clădirii/obiectivului evaluat (Anexa 2-anexa tehnică a CPE) – cazul clădirilor/unităților de clădire

5.1.4. Date tehnice privind evaluarea performanței energetice a clădirii/obiectivului evaluat (Anexa 2: anexa tehnică a CPE) – cazul apartamentelor

5.2. Clădirea de referință

5.3. Clase energetice aferente diverselor categorii de clădiri/unități de clădire

5.4. Evaluarea consumului de energie primară și a emisiilor de CO₂ echivalent

5.4.1. Performanța energetică a clădirilor

5.4.1.1. Date de ieșire

5.4.1.2. Intervalul de calcul

5.4.1.3. Perioada de calcul

5.4.1.4. Date de intrare

5.4.2. Evaluarea globală a performanței energetice a clădirilor

5.4.2.1. Combinație de utilități ale clădirii incluse în PEC în fiecare spațiu

5.4.2.2. Aria de referință a pardoselii și volumul de aer al clădirii

5.4.2.3. Normalizare la mărimea de referință a clădirii

5.4.2.4. Contur de evaluare. Perimetre

5.4.2.5. Bilanț energetic global ponderat

5.4.2.6. Factori de conversie pentru calculul energie primare

5.4.2.7. Factorii de conversie în emisii de gaze cu efect de seră (CO₂ echivalent)

5.4.2.8. Factori de ponderare pentru energia furnizată în exterior (exportată)

5.4.2.9. Contribuția energiei din surse regenerabile

5.4.2.10. Indicatori de performanță energetică pentru sistemele tehnice ale clădirii

5.4.2.11. Metode de calcul pentru indicatori de performanță energetică pentru o parte a unei clădiri și/sau utilitate

5.4.3. Calculul performanței energetice și a bilanțului energetic

5.4.3.1. Generalități

5.4.3.2. Procedura de calcul globală

5.4.3.3. Principii de calcul al aporturilor și al pierderilor recuperate

5.4.3.4. Efectul automatizării și reglării instalațiilor aferente clădirii (BAC) și al managementului tehnic al clădirii (TBM)

5.4.3.5. Performanță energetică globală

CAPITOLUL 6. AUDITUL ENERGETIC

6.1. Obiective si domeniu de aplicare

6.2. Evaluarea performanței energetice a clădirii în condiții normale de utilizare, pe baza caracteristicilor reale ale sistemului construcție-instalații

6.2.1. Investigarea preliminară a clădirilor

6.2.1.1. Analiza elementelor caracteristice privind amplasarea clădirii în mediul construit

6.2.1.2. Analiza cărții tehnice a clădirii, respectiv a documentației care a stat la baza execuției clădirii și instalațiilor aferente

6.2.2. Evaluarea stării actuale a clădirii prin comparație cu soluția de proiect (conform cartii tehnice a clădirii)

6.2.2.1. Evaluarea stării actuale a construcției prin comparație cu soluția de proiect:

6.2.2.2. Evaluarea stării actuale a instalațiilor prin comparație cu soluția de proiect

6.2.2.3. Prelevarea de probe fizice

6.3. Determinarea performanțelor energetice și a consumului anual de energie al clădirii pentru încălzirea spațiilor, apă caldă de consum, ventilare/climatizare și iluminat

6.4. Identificarea măsurilor de renovare energetică, propunerea unor pachete de soluții de renovare și analiza eficienței economice a acestora

6.4.1. Soluții tehnice cadru recomandate pentru renovarea energetică a clădirilor existente

6.4.1.1. Intervenții asupra anvelopei clădirii

6.4.1.2. Intervenții asupra instalațiilor de încălzire și apă caldă de consum aferente clădirii

6.4.1.3. Intervenții asupra instalațiilor de ventilare/ climatizare

6.4.1.4. Intervenții asupra instalațiilor de iluminat

6.4.2. Particularități ale măsurilor de renovare energetică pentru clădiri din sectorul terțiar

6.4.3. Lucrări conexe recomandate în vederea aplicării soluțiilor de renovare energetică a clădirilor de locuit racordate la sistem centralizat de alimentare cu căldură

6.4.4. Lucrări conexe recomandate în vederea utilizării eficiente a energiei la clădirile de locuit individuale sau înșiruite dotate cu sursă proprie de căldură

6.4.5. Soluții tehnice de principiu pentru reducerea consumurilor energetice în clădiri în perioada sezonului cald care pot fi aplicate atât la clădirile noi cât și la cele existente

6.5. Indicatori de eficiență economică utilizați în auditul energetic și analiza eficienței economice a soluțiilor propuse

6.5.1. Descrierea generală a metodei

6.5.2. Pasul de timp de calcul

6.5.3. Datele de intrare

6.5.4. Procedura de aplicare

6.6. Influența renovării asupra consumului energetic al clădirii. Analiza eficienței economice a soluțiilor tehnice de creștere a performanței energetice

6.7. Raportul și întocmirea dosarului de audit energetic

ANEXA 6.1 Fișa de analiză termică și energetică (model orientativ)

ANEXA 6.2. Lista soluțiilor tehnice pentru renovarea energetică a clădirilor de locuit alimentate centralizat (de la termoficare)- informativ

ANEXA 6.3. Lista soluțiilor tehnice propuse pentru renovarea energetică a clădirilor de locuit individuale sau înșiruite dotate cu sursă proprie de căldură - informativ

ANEXE

A. Procedura de validare a programelor de calculator utilizabile pentru determinarea performanței energetice

B. Breviar de calcul pentru certificare energetică (exemplu)

C. Breviar de calcul pentru auditare energetică (exemplu)

D. Anexă recapitulativă

E. Parametri climatici pentru România

F. Bibliografie

CAPITOLUL 1. PREVEDERI GENERALE

NOTĂ GENERALĂ

Reproducerile din standardele române, cuprinse și menționate în ”Metodologia de calcul al performanței energetice a clădirilor, indicativ Mc001”, au fost făcute cu acordul Asociației de Standardizare din România – ASRO nr. LUC/30188 din 26.03.2019 și LUC/19/353 din 25.04.2019, în calitate de titular al drepturilor de autor asupra standardelor, conform legislației în vigoare. Orice încălcare a drepturilor de autor asupra standardelor constituie infracțiune și se pedepsește conform Legii nr. 8/1996 privind dreptul de autor și drepturile conexe, republicată, cu modificările și completările ulterioare.

1.1. Obiect și domeniu de aplicare

Obiectul reglementării Mc001-Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor este multiplu și constă în special în:

- evaluarea și certificarea performanței energetice a clădirilor pentru diverse categorii de clădiri noi și existente - clădiri rezidențiale unifamiliale/colective, clădiri de birouri, clădiri de învățământ, spitale, creșe, policlinici, hoteluri și restaurante, clădiri pentru activități sportive și clădiri pentru servicii de comerț en-gros și cu amănuntul, clădiri cu alte destinații și ocupare umană la care sunt asigurate cel puțin încălzirea, apa caldă de consum și iluminatul, precum și pentru unități de clădire din toate acestea, inclusiv apartamente;
- auditarea energetică a clădirilor care urmează a fi modernizate din punct de vedere energetic;
- stabilirea de cerințe minime de performanță pentru clădirile existente și clădirile noi, cu consum de energie aproape egal cu zero (NZEB);
- definirea măsurilor și pachetelor de măsuri uzuale care pot fi aplicate pentru creșterea performanței energetice a clădirilor/unităților de clădire existente și stabilirea modului de cuantificare a costurilor asociate acestor măsuri;
- prezentarea cerințelor minime de performanță energetică pentru clădiri rezidențiale și nerezidențiale, existente renovate sau pentru clădirile al căror consum de energie este aproape egal cu zero.

Domeniul de aplicare al Metodologiei Mc001:

- evaluarea și certificarea performanței energetice a clădirilor/unităților de clădire existente și noi, al căror consum de energie este aproape egal cu zero (NZEB);
- evaluarea și certificarea performanței energetice a apartamentelor;
- analiza termică și energetică, respectiv întocmirea auditului energetic al clădirilor existente care urmează a fi modernizate din punct de vedere energetic.

Nota 1: Parametrii de calcul utilizați în Metodologie, pentru care se indică faptul că au valori stabilite ”prin lipsă” preluate din anexele B ale standardelor europene, vor fi actualizați la valorile care se vor indica în Anexele Naționale ale standardelor, pe măsură ce acestea vor fi elaborate și aprobate.

Nota 2: În cazul clădirilor existente declarate "ruină" în cartea funciară, indiferent de categorie, etapele de certificare sau auditare energetică nu sunt obligatorii. De asemenea pentru clădirile aflate în proces de demolare nu este oportună elaborarea certificatului de performanță energetică sau a auditului energetic.

Nota 3: În cazul construcțiilor aflate în diferite stadii de execuție (stadiu precizat conform procesului verbal de recepție parțială sau în procesul-verbal de constatare privind stadiul realizării construcției, emise în scopul înscrierii dreptului de proprietate asupra acesteia în cartea funciară, în sensul Legii cadastrului și a publicității imobiliare nr. 7/1996, republicată, cu modificările și completările ulterioare) care se tranzacționează sau închiriază, investitorul / proprietarul / administratorul va pune la dispoziția cumpărătorului/chiriașului informații (cuprinse în documentația tehnică) în vederea evaluării performanței energetice a clădirii/unității de clădire, sub forma unui certificat (preliminar) de performanță energetică pentru care, în anexa 2, este bifată opțiunea *Clădire existentă nefinalizată*. În acest caz, certificatul (preliminar) de performanță energetică, semnat și stampilat de auditorul energetic, se va realiza pe baza datelor combinate obținute atât prin relevarea in situ a clădirii nefinalizate cât și prin analizarea proiectelor de specialitate (instalații, arhitectură, construcții civile) verificate și aprobate conform actelor normative în vigoare. Pentru recepția la finalizarea lucrărilor de execuție este obligatorie refacerea, pe baza datelor tehnice reale ale clădirii și instalațiilor aferente, a certificatului (preliminar) de performanță energetică și prezentarea acestuia conform prevederilor Legii 372/2005 privind performanța energetică a clădirilor, republicată, cu modificările și completările ulterioare.

Terminologie și notații

Terminologia utilizată în această reglementare este comună în cea mai mare parte cu cea utilizată în standardele europene privind performanța energetică a clădirilor (standardele EPB/PEC-energy performance of buildings/performanța energetică a clădirilor).

1.1.1. Clădire (ca atare)

- **Anvelopa termică a clădirii** - totalitatea elementelor de clădire perimetrare care delimitează spațiul interior al unei clădiri de mediul exterior și, dacă e cazul, de spațiile neîncălzite/neclimatizate sau mai puțin încălzite/climatizate.

- **Arie de referință a pardoselii** - arie utilizată ca parametru pentru a cuantifica condițiile specifice de exploatare, exprimate pe unitate de arie a pardoselii ca și pentru aplicarea unor simplificări și a regulilor de zonare și (re)alocare. Pentru exprimarea performanței energetice a clădirii sau a unității de clădire, aria de referință a pardoselii este aria utilă a tuturor spațiilor încălzite/răcite (incluse în anvelopa termică) ale clădirii, unității de clădire sau apartamentului, inclusiv aria proiecției în plan orizontal a pereților interiori.

- **Categorie de clădire** – noțiune utilizată la clasificarea clădirilor și a unităților de clădire în funcție de destinația lor principală sau a statutului lor special, în scopul de a se permite aplicarea corectă a procedurilor de evaluare a performanței energetice și diferențierea cerințelor de performanță energetică; *de exemplu*: clădiri protejate oficial datorită arhitecturii lor speciale sau a importanței istorice, clădiri folosite ca lăcașuri de cult, clădiri rezidențiale etc.

Clădirile sau unitățile de clădire dintr-o anumită categorie pot conține spații de altă categorie (destinație); *de exemplu* un hotel poate conține un restaurant, o piscină etc.

- **Clădire** - ansamblu de spații cu funcțiuni precizate, delimitate de elementele de clădire care alcătuiesc anvelopa clădirii, inclusiv instalațiile aferente, în care energia este utilizată pentru reglarea climatului interior. Definiția se referă la clădirea privită ca un întreg, sau la unități ale acesteia utilizate separat, inclusiv la sistemele tehnice (instalațiile) ale clădirii/unității de clădire considerate la evaluarea performanței energetice.

- **Clădire existentă** - clădire la care s-a efectuat recepția la terminarea lucrărilor, inclusiv clădirea aflată în exploatare înainte de data intrării în vigoare a Hotărârii Guvernului nr. 273/1994 privind aprobarea Regulamentului de recepție a lucrărilor de construcții și instalații aferente acestora, cu modificările și completările ulterioare

- **Element de clădire** - componentă a anvelopei termice a clădirii sau un sistem tehnic al clădirii (instalație), respectiv doar o parte a acestuia, cu care aceasta este dotată.

- **În situ / la fața locului** - parte de teren pe care este amplasată clădirea, împrejurimile și clădirea propriu-zisă. Noțiunea definește relația dintre sursa de energie (amplasare și interacțiune) și clădire.

- **Mărime de referință** – o cerință și/sau o restricție de utilizare a unei clădiri/spațiu dintr-o clădire relativ la utilitățile evaluate energetic și/sau la condițiile la limită (ex. temperatura setată pentru încălzire/răcire, debitul minim de aer necesar ventilării, necesarul de apă caldă de consum, nivelul de iluminare etc.)

- **Obiectiv evaluat** - clădire sau unitate (zonă, parte) a unei clădiri (inclusiv un apartament), sau grup de clădiri care fac obiectivul evaluării performanței energetice. Obiectivul evaluat cuprinde toate spațiile și instalațiile aferente care contribuie la realizarea performanței energetice sau care influențează evaluarea acesteia.

- **Spațiu climatizat** - spațiu încălzit, răcit, umidificat sau dehumidificat după caz, până la valori prestabilite ale parametrilor interiori de confort, cu scopul asigurării condițiilor de confort termic

- **Spațiu elementar** - o parte a unei încăperi, o încăpere sau un grup de încăperi adiacente care aparțin simultan unei zone termice și unei zone deservite de instalații pentru fiecare utilitate.

- **Unitate de clădire** - o zonă/o parte a unei clădiri (un etaj sau un apartament dintr-o clădire) care este concepută sau modificată pentru a fi utilizată separat, dispunând separat de utilități (există dotare cu sisteme tehnice); de exemplu un magazin dintr-un complex comercial, un apartament dintr-un bloc de locuințe sau o zonă de birouri de închiriat dintr-o clădire de birouri; unitatea de clădire poate fi un obiectiv evaluat.

- **Zonă termică a clădirii** – parte a clădirii cu condiții suficient de uniforme ale mediului interior (temperatură, radiație solară, aporturi interne) pentru a permite calculul unui bilanț termic conform procedurilor din standardele PEC.

- **Zonă deservită de un sistem tehnic** - parte a clădirii care constă dintr-un ansamblu de spații elementare care prezintă calcul uniform al necesarului de energie și care sunt deservite de o anumită parte a unui sistem tehnic (de încălzire, climatizare, apă caldă de consum, ventilare, iluminat).

Observație: pentru specificarea zonelor termice și a zonelor deservite de un sistem tehnic se utilizează spațiul elementar; acesta nu poate aparține parțial unei zone termice și parțial unei alte zone termice, sau parțial unei zone deservite de o instalație și parțial altei zone deservite de o altă instalație.

1.1.2. Condiții interioare și exterioare

- **Condiții nominale de exploatare (de calcul energetic)** – cerințe/restricții **constante sau variabile în timp** legate de utilitățile pentru utilizarea unei categorii clădire/spațiu, pentru evaluarea performanței energetice și/sau a condițiilor interioare de confort; *de exemplu:* temperatura interioară convențională de încălzire/răcire, debitul minim de aer de ventilare, necesarul minim de apă caldă de consum, nivelul minim de iluminare, aporturile interne de căldură etc.

- **Intensitate a radiației solare** - raport dintre fluxul solar radiant incident pe o suprafață și aria suprafeței respective [W/m^2].

- **Iradiație solară** - energie incidentă pe unitatea de arie a unei suprafețe, rezultată din integrarea intensității radiației solare într-un interval de timp (o oră sau o zi) [J/m^2].

- **Temperatură exterioară** - temperatură a aerului exterior clădirii/zonelor de calcul [$^{\circ}\text{C}$]

- **Temperatură interioară** - medie aritmetică a temperaturii aerului și a temperaturii medii de radiație în centrul unei zone sau al unui spațiu (expresie simplificată pentru temperatura operativă); nu trebuie identificată cu temperatura aerului interior [$^{\circ}\text{C}$].

1.1.3. Procese și sisteme tehnice (instalații aferente clădirii)

- **Automatizare și reglare (reglare) al instalațiilor clădirii** - echipamente, programe informatice și servicii tehnice pentru reglare automată, monitorizare, optimizare și gestionare eficientă și în condiții de siguranță a funcționării instalațiilor

- **Climatizare** - proces de tratare a aerului, simplu sau complex, prin care se reglează temperatura (creștere sau scădere a acesteia) și, după caz, umiditatea, puritatea (prin filtrare) și calitatea acestuia (prin reglarea debitului de aer proaspăt).

- **Cogenerare/producere combinată de electricitate și căldură** – proces de generare simultană a energiei termice și a energiei electrice sau mecanice.
- **Dezumidificare** - proces de eliminare a vaporilor de apă din aer.
- **Durata sezonului de încălzire**, de răcire și de umidificare (dezumidificare) - durată de funcționare al sistemelor tehnice respective.
- **Iluminat** - proces de furnizare a luminii pentru asigurarea nivelului de confort vizual necesar.
- **Încălzire a spațiilor** - proces de furnizare a căldurii în spațiul unei clădiri în scopul obținerii și menținerii unei temperaturi minime date a spațiului.
- **Sistem tehnic al clădirii/instalație** - ansamblul echipamentelor tehnice ale unei clădiri/unități de clădire destinate pentru încălzirea spațiului, răcirea spațiului, ventilare, apă caldă de consum (a.c.c.), iluminat integrat, automatizare și reglare, generare de energie electrică in situ sau pentru o combinație a acestora, inclusiv acele sisteme care folosesc energie din surse regenerabile și care pot fi prevăzute cu soluții de stocare.

1.1.4. Energie

- **Agent (vector) energetic** - substanță sau fenomen utilizată/utilizat pentru a produce lucru mecanic sau căldură, sau pentru a realiza procese chimice sau fizice generatoare de energie.
- **Contur pentru evaluare energetică** - contur în funcție de care sunt calculate sau măsurate energia primită și energia furnizată în exterior.
- **Energie primită din exterior** - energie furnizată de un agent energetic instalațiilor aferente clădirii, prin conturul de evaluare, pentru a se asigura utilitățile considerate (necesarul de energie) sau pentru a se produce energia furnizată în exterior (exportată).
- **Energie din surse neregenerabile** - energia dintr-o sursă care se epuizează prin exploatare; *de exemplu energia obținută din combustibili fosili.*
- **Energie din surse regenerabile** – energie provenită din surse nefosile, ca de exemplu energia vântului, energia solară, energia aerotermală, geotermală și hidrotermală, energia oceanică, hidroenergia, biomasa certificată, gazul din deșeuri, gazele obținute prin tratarea apelor uzate, biocombustibilii etc.
- **Energie recuperată** – energia care contribuie la diminuarea necesarului energetic al unei clădiri/unități de clădire, care provine dintr-un proces fizic natural de transfer energetic (de la un potențial termic mai mare către unul mai mic) și care nu implică o sursă regenerabilă de energie; acest tip de energie nu este contorizat ca o sursă regenerabilă de energie și nu influențează în mod direct valoarea indicatorului RER (exemple: recuperator de căldura aer-aer, recuperator de căldură aer-apă sau apă-aer).

- **Necesar de energie pentru apă caldă de consum** - căldură care trebuie furnizată cantității necesare de apă caldă de consum pentru a fi încălzită de la temperatura din rețeaua de apă rece până la temperatura prestabilită de furnizare la consumator, fără pierderile termice ale sistemului de preparare a apei calde de consum.

- **Necesar de energie pentru încălzire sau răcire** - căldură care trebuie furnizată sau extrasă dintr-un spațiu climatizat pentru a se menține condițiile de temperatură dorite pe durata unei anumite perioade de timp.

- **Perimetru** – lungimea curbei închise obținută prin proiecția în plan orizontal a conturului pentru evaluare.

- **Sursă de energie** - sursă din care poate fi extrasă sau recuperată energia utilizabilă, fie direct, fie prin intermediul unui proces de conversie sau transformare. Sursa poate fi regenerabilă sau neregenerabilă. *De exemplu:* rezervele naturale de petrol, gaze, cărbuni, soarele, vântul, pământul (energia geotermală), oceanul (energia valurilor), pădurile etc.

- **Energie primară** - energia care nu a fost supusă nici unui proces de conversie sau de transformare. Energia primară poate include energie primară din sursele neregenerabile și/sau din sursele regenerabile.

- **Energie totală** - energia provenită atât din surse regenerabile cât și neregenerabile.

1.1.5. Performanță energetică

- **Audit energetic al clădirii/unității de clădire/grupului de clădiri** - totalitate a activităților specifice, inclusiv elaborarea raportului de audit energetic, prin care se obțin date despre consumul energetic al unei clădiri/unități de clădire/grup de clădiri existente, se identifică soluțiile rentabile de economisire a energiei prin creșterea performanței energetice, se cuantifică economiile de energie și se evaluează eficiența economică a soluțiilor propuse, estimând costurile și durata de recuperare a investiției.

- **Certificat de performanță energetică** - document tehnic legal care indică performanța energetică calculată în condiții prestabilite de confort a obiectivului evaluat (clădire, unitate de clădire, apartament). Documentul trebuie elaborat conform prezentei metodologii de calcul al performanței energetice a clădirilor și cuprinde date cu privire la consumurile de energie primară și finală, inclusiv din surse regenerabile de energie, precum și cantitatea de emisii echivalente de CO₂. Pentru clădirile existente certificatul include în anexă și măsurile recomandate atât pentru reducerea consumurilor energetice cât și pentru creșterea ponderii utilizării surselor regenerabile de energie în consumul total.

- **Clădire al cărei consum de energie este aproape egal cu zero (NZEB-nearly zero energy building)** - clădire cu o performanță energetică foarte ridicată, la care consumul de energie este aproape egal cu zero sau este foarte scăzut și este acoperit, în proporție de minimum 30%, cu energie din surse regenerabile, inclusiv cu energie din surse regenerabile produsă la fața locului

sau în apropiere, pe o rază de 30 de km față de coordonatele GPS ale clădirii, începând cu anul 2021 (după 2031 proporția minimă de energie din surse regenerabile se va stabili prin Hotărâre a Guvernului, conform prevederilor din legea 372/2005, republicată, cu modificările și completările ulterioare).

- **Factor echivalent de emisii de CO₂** - cantitatea echivalentă de CO₂ emisă în timpul desfășurării unui proces (cum ar fi arderea unui combustibil) prin care o resursă primară devine utilizabilă sub formă de energie la un consumator final; poate include emisiile echivalente în CO₂ ale altor gaze cu efect de seră [kgCO₂/kWh].

- **Rata de energie primară din sursă regenerabilă (RER)** – proporția de energie primară furnizată din surse regenerabile (pentru toți agenții/vectorii energetici) aflate la fața locului, în apropiere sau la distanță, din valoarea energiei primare totale furnizată clădirii (pentru toți agenții/vectorii energetici).

- **Indicator de performanță energetică a clădirii/unității de clădire/apartamentului (indicator PEC)** - mărime calculată (sau măsurată), care definește o caracteristică energetică a unui obiectiv evaluat; indicatorii PEC sunt utilizați pentru încadrarea în clasele de performanță energetică, pentru verificarea respectării cerințelor de performanță energetică și/sau pentru completarea certificatului de performanță energetică. Un indicator PEC se poate referi atât la performanța energetică globală (pentru toate utilitățile) cât și la performanța energetică parțială (pentru o anumită utilitate).

- **Performanța energetică a clădirii/unității de clădire/apartamentului** - energia estimată prin calcul (sau efectiv consumată) în condițiile utilizării în condiții de confort și siguranță de către ocupanții clădirii/unității de clădire/apartamentului, cu respectarea tuturor cerințelor minime de confort privind încălzirea, utilizarea apei calde de consum, răcirea, ventilarea și iluminatul. Performanța energetică a clădirii se determină în România conform prezentei metodologii de calcul și se exprimă prin mai mulți indicatori numerici (consumuri specifice) care se calculează luându-se în considerare caracteristicile tehnice ale clădirii și ale instalațiilor (sistemele tehnice), factorii climatici exteriori de calcul energetic, condițiile interioare minime de confort, sursele de producere a energiei consumate, alți factori care influențează necesarul și, în final, consumul de energie.

- **Performanța energetică a clădirii de referință** – în cazul categoriilor de clădiri noi sau existente mai puțin categoria de clădiri cu alte funcțiuni, este performanța energetică a unei clădiri virtuale având aceleași caracteristici geometrice ca și clădirea reală, cerințele termotehnice minimale ale clădirilor NZEB (conform tabelelor 2.4 și 2.7) și definită din punct de vedere energetic și al nivelului de poluare prin valorile consumului total de energie primară, respectiv emisiile echivalente de CO₂, conform tabelului 2.10a; în cazul clădirilor cu alte funcțiuni, noi sau existente, este performanța energetică calculată cu datele geometrice (ajustate sau nu) ale clădirii reale, cu cerințele termotehnice minimale aferente clădirilor NZEB (conform tabelelor 2.4 și 2.7),

inclusiv cele privind confortul higrotermic, echipată cu sisteme virtuale predefinite de utilități, fiind predefinit inclusiv modul de utilizare (condițiile de confort și scenariile de utilizare).

Performanța energetică a clădirii de referință este utilizată pentru completarea certificatului de performanță energetică și pentru verificarea conformității cu cerințele reglementare.

- **Performanță energetică după execuție** - performanță energetică calculată cu datele tehnice ale clădirii după finalizarea procesului de construire/renovare energetică (înainte sau după începerea exploatarei), respectiv la recepția la terminarea lucrărilor, luând în calcul și date reglementare privind modul de utilizare. Aceasta reprezintă consumul anual de energie al unei clădiri construite, **calculat în condiții standard de utilizare**.

În prezenta metodologie, s-a adoptat varianta determinării performanței energetice calculate a unei clădiri/unități de clădire/apartament, în condiții standard de utilizare.

- **Raport de audit energetic** - document elaborat în urma desfășurării activității de auditare energetică a clădirii, care conține descrierea modului în care a fost efectuat auditul energetic, a principalelor caracteristici termice și energetice ale clădirii/unității de clădire și, acolo unde este cazul, a măsurilor propuse pentru creșterea performanței energetice a clădirii/unității de clădire și instalațiilor interioare aferente acesteia, precum și a principalelor concluzii referitoare la eficiența economică a aplicării măsurilor propuse și durata de recuperare a investiției.

- **Valoare de referință** - valoarea reglementată sau calculată cu care se compară un indicator energetic; aceasta poate să fie fixă pentru anumite tipuri de clădiri sau pentru anumite caracteristici energetice, sau poate fi variabilă.

1.1.6. Calcul energetic

- **Aport de căldură** - căldură generată în interiorul spațiului climatizat sau care intră în spațiul climatizat din surse de căldură altele decât cele utilizate în mod intenționat pentru încălzirea, răcirea sau prepararea apei calde de consum.

- **Aporturi interne de căldură** - căldura furnizată de diverse surse interioare cum ar fi oamenii, iluminatul, aparatele electrocasnice consumatoare de energie electrică sau alte echipamente care generează energie termică în interiorul clădirii.

- **Aporturi solare de căldură** - căldura furnizată de radiația solară care pătrunde în clădire, direct sau indirect (după absorbția în elementele de clădire), prin elemente de clădire transparente sau opace sau sisteme solare pasive.

- **Aporturi utile de căldură** - partea din aporturile termice interne și solare de căldură care contribuie la reducerea necesarului de căldură pentru încălzire

- **Bin** - clasă de temperatură statistică (sau interval de clasă) pentru temperatura aerului exterior, cu limitele exprimate într-o unitate de măsură a temperaturii; binul include de obicei intervale de timp neconsecutive cu aceleași valori de temperatură.

- **COP (coeficient de performanță)** - eficiența energetică a unui echipament pentru producerea căldurii, definit ca raport între puterea termică livrată și puterea electrică absorbită efectiv de echipament.

- **Domeniu de funcționare** - domeniu cuprins între limitele superioară și inferioară ale utilizării (de exemplu temperaturile, umiditatea aerului, tensiunea) în care un echipament funcționează; caracteristicile care definesc domeniul de funcționare sunt publicate de producător.

- **EER** - eficiența energetică a unui echipament care produce frig, definit ca raport între puterea termică absorbită de vaporizator și energia consumată de compresor; reprezintă performanța energetică a pompei de căldură reversibile care funcționează în regim de răcire.

- **Perioadă de evaluare a performanței energetice** - perioadă de timp în care este evaluată performanța energetică; este de obicei un an - nu trebuie să aibă aceeași valoare ca perioada de calcul sau intervalul de calcul.

- **Perioadă/sezon de încălzire sau răcire** - perioadă a anului pentru care este necesară o cantitate semnificativă de energie pentru încălzire sau răcire; sunt utilizate pentru a se determina perioadele de funcționare a instalațiilor respective.

- **Pompă de căldură combinată** – echipament care furnizează energie pentru două sisteme tehnice diferite ale unei/unor clădiri sau unitate/unități de clădire ca de exemplu sistemul de încălzire și sistemul de apă caldă de consum, în funcționare alternativă sau simultană.

- **Pompă de căldură** - echipament care preia căldura dintr-un mediu la o anumită temperatură mai scăzută și o transferă unui mediu la o temperatură mai ridicată; poate funcționa în regim de încălzire (când furnizează căldură) sau în regim de răcire (în cazul pompelor reversibile).

- **Pierderi termice ale instalației** – disipări de căldură ale unei instalații a clădirii, care nu contribuie la energia utilă/netă furnizată de instalație; acestea pot să fie nerecuperabile, recuperabile sau recuperate.

- **Putere absorbită efectiv** - puterea electrică medie absorbită de unitatea de pompă de căldură într-un interval de timp dat, care include: puterea de intrare pentru funcționarea compresorului (sau a arzătorului și orice altă sursă de energie pentru dezghețare), puterea de intrare pentru dispozitivele de reglare și siguranță și puterea dispozitivelor care asigură vehicularea agentului termic.

1.1.7. Simboluri și indici

În tabelul 1.1 sunt prezentate simbolurile iar în tabelul 1.2 sunt explicați indicii folosiți în metodologia de față. Datorită folosirii unor notații specifice pentru capitolul 4, acestea sunt explicate la începutul acelu capitol.

Tabel 1.1. Simboluri

Simbol	Denumire mărime		Unitate de măsură	Capitole
A	arie		m^2	2,3,4,5,6
a,b,c	parametri de calcul		-	3
A_{panou}	suprafață echivalentă de captare a panoului		m^2	4
$asol$	coeficient de absorbție solară		—	2
A_{tot}	aria totală a captatoarelor solare utilizate în sistem		m^2	4
b	factor de corecție pentru coeficientul de transfer termic/factor de reducere a temperaturii		—	2,5,6
B	dimensiune caracteristică a planșeului, lățime		m	2
b	lățime, perpendicular pe direcția fluxului termic		m	2
B'	parametru geometric al plăcii planșeului		m	3
C	capacitate termică		J/K	2,5,6
c	capacitate termică masică		J/(kg·K)	2,3,5,6
C	capacitate de acumulare termică		Wh/K	3
c	capacitate volumică de acumulare termică		Wh/(m ³ ·K)	3
C	cost		€ b	4
c	concentrație		mg×m ⁻³	4
CG	cost global		€	5,6
CHR	pondere a căldurii cogenerate		-	4
CO	costuri		€	5,6
cp	căldură specifică masică a aerului la presiune constantă		Wh/(kg·K), J×kg ⁻¹ ×K ⁻¹	2,3,4
D	adâncime, diametru		m	2, 5,6
d	distanță, grosime, grosime totală echivalentă, adâncime, paralel cu direcția fluxului termic		m	2,3,5,6
D	zi		zile/lună	3
d	diametru		m	4
D_f	factor de reducere		-	5,6
Dp	diferență de presiune		Pa	4
$Dq a$	diferență de temperatură		K	4
E	emisivitate între suprafețe		—	2
e	coeficient de performanță		%	4
E	consum de energie		J, (kW·h)	4,5,6
ε	factor de cheltuieli		—	5,6
$EATR$	raport de transfer de aer evacuat		%	4
EER	randament energetic pentru producerea frigului		%	2,4
$E_{inc,i}$	energie totală incidentă în luna de calcul i		kWh	4
$E_{i,i}$	energie obținută în luna de calcul i		kWh	4
Ep	utilizare a energiei primare specifică ventilării		W h m ⁻³ h a ⁻¹	4
EP	indicator de performanță energetică, indicator energetic		kW·h/(m ² ·a), d	5,6
ES	flux al radiației solare incidente, irradiație solară		W/m ²	2
$Et; Es$	eficiență a filtrului (totală, pe treaptă)		%	4
ev	eficiență a ventilării		%	4
f	factor de temperatură al suprafeței interioare, factor de amortizare		—	2
F	sarcină de încălzire sau de răcire		W	4
f	scurgere specifică		m ³ ×s ⁻¹ ×m ⁻²	4

Simbol	Denumire mărime		Unitate de măsură	Capitole
f	factor (de exemplu factor de energie primară, ...)		— d	5,6
F sau f	factor, fracție		—, %	2,3,4
f_{cap}	factor de corecție al intensității globale a radiației solare datorat unghiului de înclinare al captatorilor solari și unghiului de deviație de la orientarea sud al captatorilor solari		-	4
fP	factor de energie primară		—	4
fpv	factor de actualizare		—	4
Ft	raport de temperatură		—	4
G	debit de umiditate		kg/s	2
g	factor de transmisie a energiei solare totale (factor solar)		—	2
G	gradient vertical de temperatură		K/m	3
Gw	factor de corecție pentru apa subterană		-	3
H	coeficient de transfer termic		W/K	2,3,5,6
h	căldură latentă		kJ/kg	2,3
h	coeficient de transfer termic superficial		W/(m ² ·K)	2,5,6
h	eficiență		%	4
H, h	înălțime		m	2,3,4
$Hsol$	radiație solară (cumulată, lunară)		kWh/m ²	2
I	investiție inițială		€ b	4
I	intensitate a radiației solare		W/m ²	5,6
Icl	izolație termică a îmbrăcăminții		clo	4
INT	rată a dobânzii		%	5,6
k	parametru de calcul (factor)		-	3
k	treaptă de sarcină parțială		-; %	4
k	coeficient		-; %	5,6
K	coeficient de emisii de CO ₂		kg/(kW·h)	5,6
k_{pk}	factor de putere de vârf		-	4
L	coeficient de cuplaj termic		W/(m·K)	2
l	Lungime (a unei punți termice liniare)		m	3
l	Lungime a conductelor		m	3
L, l	lungime		m	2,4,5,6
$L2D$	coeficient de cuplaj termic în calculul bidimensional		W/(m·K)	2
$L3D$	coeficient de cuplaj termic în calculul tridimensional		W/K	2
Lmn	conductanță termică periodică		W/K	2
LR	raport de sarcină parțială		-	3
LS	durată de viață, ciclu de viață sau durată de proiectare		An - a	5,6
m	numărul lunii (m = 1 pentru ianuarie la m = 12 pentru decembrie)		—	2
M	nivel metabolic (activitate)		met	4
m	masă (de exemplu cantitatea de emisii de CO ₂)		kg	5,6
N	număr de elemente (număr întreg)		—	2,3,5,6
n	număr de schimburi de aer		h ⁻¹	2,3,5,6
n	durată de viață		ani	4
n	număr de rotații		min ⁻¹	4
$n1...3$	parametri de calcul (exponent)		-	3
$nTap$	profil de consum		1/h	3
O	ocupare		persoane	5,6

Simbol	Denumire mărime		Unitate de măsură	Capitole
<i>OACF</i>	factor de corecție a aerului exterior		—	4
<i>P</i>	perimetru		m	2,3
<i>P</i>	putere		W	4,5,6
<i>p</i>	presiune		Pa	4,5,6
<i>p</i>	putere specifică		kW/kW	4
<i>PB</i>	perioadă de recuperare a investiției		An - a	5,6
<i>PEC</i>	performanță energetică a clădirilor		-	
<i>PSFP</i>	putere specifică a ventilatorului		W×m ⁻³ ×s	4
<i>PV</i>	valoare actualizată		€ b	4
<i>PVAL</i>	valoare actuală		€	5,6
<i>PVAL_f</i>	factor de actualizare		-	5,6
<i>Q</i>	cantitate de căldură, energie		kWha	2,3,4,5,6
<i>q</i>	densitate de flux termic		W/m ²	2,5,6
<i>q</i>	permeabilitate specifică la aer a anvelopei clădirii		m ³ /(m ² ·h)	3
<i>q(v)</i>	debit de aer volumic		m ³ /h	3
<i>q, qv</i>	debit volumic de aer		m ³ /h	2,5,6
<i>q'</i>	pierdere termice pe unitatea de lungime a conductei		W/m	3
<i>qm</i>	debit masic		kg×s ⁻¹	4
<i>qv</i>	debit volumic		m ³ ×s ⁻¹	4
<i>R</i>	rezistență termică		m ² ·K/W	2,3,5,6
<i>r</i>	distanță		m	2
<i>r</i>	rată a dobânzii		%	4
<i>r</i>	căldură latentă de evaporare a apei		kWh/kg	4
<i>RAT</i>	rată, rată a dobânzii, rată de actualizare, rată de evoluție a prețurilor		%	5,6
<i>RER</i>	contribuția energiei din surse regenerabile		—	5,6
<i>RF</i>	factor de radiație		—	3
<i>S</i>	spațiu, spațiu elementar		-	2
<i>s</i>	lățime a unui spațiu		m	2
<i>S</i>	dimensiune		—	5,6
<i>SA</i>	zonă deservită (de sistem)		—	5,6
<i>S_c</i>	suprafața totală a captatoarelor solare utilizate de sistem		m ²	4
<i>T</i>	temperatură termodinamică		K	2,3,5,6
<i>T</i>	supra temperatură cumulată sau sub temperatură cumulată		K·h	2
<i>t</i>	timp		s sau h	2,5,6
<i>T</i>	perioadă de variație		s	2
<i>t</i>	o perioadă sau un pas de timp		min, h, an	3,5,6
<i>t_{eq}</i>	Diferență de timp între timpul solar aparent și timpul solar mediu (formula de timp)		h	3
<i>t_r</i>	temperatura apei reci		°C	4
<i>tTC</i>	perioadă de calcul		An	5,6
<i>U</i>	transmitanța termică		W/(m ² ·K)	2,3,5,6
<i>U</i>	transmitanță termică (liniară) a conductelor		W/mK	3
<i>V</i>	volum		m ³	2,3,4,5,6
<i>v</i>	exponent de presiune pentru pierderile de aer		-	3
<i>v</i>	viteză		m/s	3,4
<i>VAL</i>	valoare		€	5,6

Simbol	Denumire mărime		Unitate de măsură	Capitole
v_{SUP}	volum specific al aerului de introducere		m ³ /kg de aer uscat	4
w	factor de pondere		-	2
w	grosime a peretelui		m	2
w	energie auxiliară		kWh	4
W, w	lățime, lățime (parțială)		m	2
WHR	pondere a căldurii reziduale		-	4
x	conținut de umiditate		kg/kg aer uscat	2,4
x	distanță în interiorul elementului		m	2
x	cantitate relativă de apă extrasă într-o anumită perioadă de timp		-	3
X	fracție din volum		%	5,6
X, Y	orice proprietate, sistem, ...		—	5,6
Y_{mm}	admitanță termică		W/(m ² ·K)	2
Y_{mn}	transmitanță termică periodică		W/(m ² ·K)	2
Z	parametru de transmisie termică pentru pereți captatori solari		W/(m ² ·K)	2
Z	zonă		—	2,5,6
z	adâncime, adâncimea plăcii planșeului sub nivelul solului		m	2,3
Z	factor de pierdere de sarcină		—	2
z	coordonată verticală		m	2
Z	matrice de transfer de la un mediu la altul		—	2
α	factor de absorbție		—	2
α	coeficient de transfer termic		W/(m ² K)	3
α	factor de repartizare		-	4
α_e	factor de absorbție solară directă		—	2
α_{sol}	unghi de înălțime solară		°	2
β	unghi de înclinare		°	2
β	Sarcină parțială medie raportată la un pas de timp		-	3
β	factor de sarcină		-	3
γ	unghi de azimut		°	2
γ	raport de bilanț termic		—	2
δ	declinație (solară)		°	2
δ	adâncime de penetrare periodică		m	2
Δ	delta (diferență), prefix care se combină cu simboluri		diverse	3, 5,6
ε	emisivitate		—	2
ε	Factor de consum energetic		-	3
ε	randament		-	3
ε	Eficiență a recuperării de căldură		—	4
ε_{PV}	eficiența captatorului fotovoltaic		-	4
ζ	raport de căldură		—	4
η	randament, factor de utilizare		—	2,3,5,6
η_{inv}	randamentul invertorului		-	4
η_t	randamentul captatorului în funcție de temperatura din anexa națională, valori informative în anexa A2		-	4
θ	temperatură		°C	2,3,5,6
κ	capacitate termică a suprafeței		J/(m ² ·K)	2
λ	conductivitate termică		W/(m·K)	2,3

Simbol	Denumire mărime		Unitate de măsură	Capitole
λ	lungime de undă		μm	2
v	umiditate volumică		kg/m^3	2
ξ	raport între grosimea stratului și adâncimea de penetrare		—	2
ρ	densitate (masa volumică)		$\text{kg/m}^3, \text{kg/l}$	2,3,5,6
ρ	factor de reflexie a feței orientate către radiația incidentă		—	2
ρ'	factor de reflexie a feței opuse radiației incidente		—	2
σ	raport între putere electrică și căldură		-	4
τ	constantă de timp		s,h	2,3,5,6
φ	umiditate relativă		%	2,5,6
φ	latitudine		°	2
Φ	flux termic, sarcină termică, putere termică		W	2,3,5,6
φ	Putere termică specifică		W/m^2	3
φ	diferența de fază		rad	2
ψ	transmitanța termică liniară a punții termice		W/mK	2
χ	transmitanța termică punctuală a punții termice		W	2
φ_{sol}	unghi de azimut solar		°	2

Tabel 1.2.Indici

Indice	Termen	Capitol
a	aer	2,3,4,5,6
A	aparate ^a	2
a	adiacent	2
a	absorbit	2
a	ambiant	3
A	debit extras	3
A	alte aparate ^a	5,6
abs	răcitor cu absorbtie	4
ac	răcire ambiantă	4
add	suplimentar	3
adj	potrivit/corectat	2
ahu, AHU	unitate de tratare a aerului	2,4
air	aer	2,3
al	strat de aer	2
alt	altitudine	2
an	anual	2,5,6
ann	anual	3
Apl	aparate	5,6
ATD	dispozitiv de transfer de aer	3
aux	auxiliar	5,6
avg	medie temporală	5,6
b	subsol, sub nivelul solului; lățime	2
B	jaluzea, stor, dispozitiv de protecție solară	2
b	necesar al clădirii	3

Indice	Termen	Capitol
B	clădire	5,6
BAC	reglare și automatizare clădiri	5,6
BE	indice de numerotare pentru unități de clădire ^a	3
bg	subsol, inclusiv efectul solului	2
BG	clădire	5,6
bin	bin	5,6
biv	bivalent(ă)	3
bm	biomasă	5,6
boost	relansare a încălzirii	3
brm	spațiul în care este instalat cazanul	3
bu	rezervă	3
build	clădire	3
C	răcire	2,5,6
c	structură, element de clădire	2
c	convecție, convectiv, conductiv	2
c	element opac	2
c	componentă	2
c	referitor la apa rece	3
calc	calcul	2,5,6
cch	răcitor cu compresie	4
ce	convectiv exterior (~c;e)	2
cgn	cogenerare	4
CGN_FUEL	tipul de combustibil	4
CGN_NR	numărul generatorului preferențial	4
CGN_TYPE	tipul de aparat	4
CGN_USE	serviciul	4
ch	coș	3
ch	acumulare	3
chp	producere combinată de căldură și energie electrică	4
ci	convectiv interior (~c;i)	2
ci	interval de calcul	3
cm	regim de cogenerare	4
Cnd	condiționat	4
CO ₂	emisii de CO ₂	5,6
coal	cărbune	4
Coil	baterie	4
comb	combustibil	3
Comp	compresor	3
con	convectiv	3
cond	condensare, condensator	3
cont	continuu	2,3
corr	corectat(ă)/corecție	3
cr	agent energetic	5,6

Indice	Termen	Capitol
ctr	reglare	5,6
Ctrl	reglare	4
cu	de la o zonă climatizată la o zonă neclimatizată	2
cvd	acoperit	4
cw	fațadă ușoară	2
cw	perete cortină	2
CW	răcire și preparare a apei calde de consum ^a	5,6
d	direct; ușă	2
D	ușă	2
d	desfășurat	2
d	difuzat	2
D	direct	2
D	(coeficient de) descărcare	3
<i>D</i>	proiectare	3
<i>d, day</i>	pe zi, zilnic	3
day	zilnic	2,5,6
dc	răcire centralizată	5,6
del	furnizat	5,6
des	rețea de distribuție a energiei	4
Des	proiectare	4
design	se referă la o condiție de calcul (de proiectare) sau proprietăți tehnice	3
dgn	proiectare	3
dh	scădere a încălzirii	3
dh	încălzire centralizată	5,6
DHU	dezumidificare	2,5,6
dhum	(instalație de) dezumidificare	5,6
dif	difuz	2,4
dir	direct	2
dir	direcție, orientare	3
dis	distribuție	3,5,6
Disc	reducere	5,6
Disp	eliminare	5,6
distant	la distanță	5,6
<i>draw</i>	extras, referitor la proprietățile apei furnizate la punctul de consum (armătură)	3
dry	gaze uscate	3
du	învechit	3
Du	conductă	4
e	extern, exterior, mediul exterior	2,3,5,6
E	fotovoltaic, vânt	5,6
e,m	exterior mediu (anual)	3
ed	marginie	2
eff	efectiv	2,3

Indice	Termen	Capitol
EHA	aer evacuat	4
el	element	2
el	electric	4
el	electricitate	5,6
em	emisie/emițător	5,6
emb	integrat	3
emt	emițător	3
EN, En	energie	5,6
eng	motor	3
env	anvelopă	3,5,6
EPus	utilitățile clădirii incluse în evaluarea performanței energetice, servicii PEC	5,6
eq	echivalent	2
est	estimat	5,6
ETA	aer extras	4
evap	vaporizator, evaporare	3
exer	exergie	3
exh	extras	3
exp	exportat	5,6
f	planșeu, ramă, cadru (al unei ferestre),	2, 5,6
f	referitor la factorul de amortizare	2
fac	fațadă; perete exterior vertical	3
fan	ventilator	3
fg	placa pe sol a parterului, inclusiv efectul solului	2
fg	produse de ardere	3
Fin	final, rezidual	5,6
fin, finl, finr, fins	ecran (lateral) (stânga, dreapta, amândouă)	2
fl, floor	pardoseală	2,3
fr	cadru	2
g	sol	2, 3
g	strat de aer	2
g	gaz	2, 5,6
gn, gain	aporturi de căldură	2,3,5,6
gb	bară-distanțier	2
gen	generare	5,6
gf	combustibil gazos	4
g, gl	vitraj, element vitrat	2
gr	sol	2
grid	de la rețeaua publică (rețea)	5,6
GW	apă subterană	3
H	încălzire	2,5,6
h	orar	2,3,5,6
Hc	circuit de încălzire	3
HC	încălzire și răcire	5,6

Indice	Termen	Capitol
HCW	încălzire, răcire și preparare a apei calde	5,6
HE	schimbător de căldură	3
hem	emisferic	2
HG	generator de căldură	3
HL	sarcină termică	3
hn	rețeaua de încălzire	4
hr	recuperare de căldură	4
hr	sistem de evacuare a căldurii	4
hru	unitate de recuperare de căldură	2
Hs/Hi	raport putere calorică superioară/putere calorică inferioară	3
ht	transfer termic	2,5,6
HU	umidificare	2,5,6
hu	Preîncălzire	3
Hu	Uman	5,6
hum	(instalație de) umidificare	5,6
HVAC	încălzire, ventilare, climatizare	2
HW	încălzire și preparare a apei calde ^a	5,6
hydr	echilibrare hidraulică	3
i	interior, mediul interior	2
i	inferior (inferioară)	3
i	indice general de numerotare	3
i	ciclu / pas de calcul (un ciclu pentru fiecare minut al perioadei luate în considerare); referitor la elemente cumulate	3
i, j	indici de numerotare pentru spații încălzite; unde (i) este în mod normal utilizat pentru spațiile încălzite analizate și (j) pentru alte spații încălzite în relație cu (i), cum ar fi o încăpere alăturată etc.	3
i,j,k,z	indici	2,5,6
IDA	aer interior	4
ie	de la interior la exterior	2,3
ig	de la spațiul interior considerat (i) spre sol (g)	3
im	intermitent	3
in	aport, intrare	5,6
inc	creștere	3
inf	infiltrație	3
inf-add	infiltrație suplimentară	3
infra	încorporată în infrastructură	4
ini	inițial	3
INIT	inițial	5,6
innr	intern/interior, se referă la dimensiuni interioare	3
ins	izolație	2
int	intern sau interior	2,3,5,6
interm	intermitent	2
Inv	investiție	5,6
iu	între un spațiu climatizat/interior și un spațiu neclimatizat/neîncălzit	2

Indice	Termen	Capitol
ix	de la un spațiu (i) spre un alt spațiu; x fiind substituent pentru e, a, g etc.	3
j	indice de însumare	2
j, k	integral, număr al stratului sau spațiului	2
ju	de la un spațiu (j) spre un spațiu (u) care este considerat ca nefiind încălzit, deși, prin proiectare, (u) poate fi încălzit sau poate conține spații încălzite	3
k	indice de numerotare pentru elemente ale clădirii (pereți, ferestre, tavane etc.)	3
l	scurgere	2
L	iluminat	2
l	indice de numerotare pentru punți termice liniare	3
l	încărcare	3
L	iluminat	5,6
lag	decalaj (temporal)	3
lat	latent	5,6
LC	ciclu de viață	5,6
ld	sarcină	2
lea	scurgere	4
leak	Scurgeri	3
lf	combustibil lichid	4
lim	limitat, limită	2,3
lr	radiație de lungime mare de undă	2
LRxx	raport de sarcină xx%	3
ls	pierdere	2,5,6
lw	inferior	3
m	număr al lunii, lunar	2,5,6
m	conductanță sau capacitatea raportată la masă	2
m	mijloc (de clădire)	2
m	mediu	2, 3
m	element	2
m	indice de numerotare pentru punți termice punctiforme	3
m, n	indice pentru zonele termice	2
Ma	întreținere	5,6
max	maxim, limită superioară	3, 5,6
meas	măsurat	5,6
mech	mecanic (sistem de ventilare)	3
mig	dispozitiv de generare cu mai multe intrări	4
min	minim, limită inferioară	2
mm, mn	efect pe fața m, determinat de o cauză ce acționează pe fața m respectiv n	2
mn	medie (temporală sau spațială)	2,5,6
mos	sistem cu mai multe ieșiri	4
n	perpendicular pe suprafață	2
n	indice al radiatorului, nominal	3
N	Aria de referință a pardoselii	3

Indice	Termen	Capitol
<i>N,n</i>	Nominal	3,4
nc	Necon condiționat	4
ncm	regim de non-cogenerare	4
ncv	putere calorifică inferioară	4
nd	necesar	2, 5,6
nEPus	servicii care nu aparțin de PEC/ care nu au legătură cu sistemele clădirii analizate	5,6
ngen	fără generare	5,6
nlim	nelimitat	2
noc	perioadă de neocupare	2
nom	Nominal	4
nrbl	nerecuperabil	5,6
nrby	în apropiere	5,6
nren	neregenerabil	5,6
nrvd	nerecuperat	5,6
ntdel	net furnizat	5,6
nused	neutilizat (în același interval de calcul)	5,6
nut	neutilizat	5,6
O ₂	oxigen	3
obst	obstacole	2
oc	ocupanți	2
occ	perioadă de ocupare	2
ODA	aer exterior	4
<i>OFF, off</i>	punct de oprire; setare la care senzorul de temperatură oprește generatorul de căldură, oprit	3,5,6
OH	supraîncălzire	2
oil	petrol, păcură	5,6
OL	limită de funcționare	3
<i>ON,on</i>	punct de pornire; setare la care senzorul de temperatură pornește generatorul de căldură (reîncălzirea)	3,5,6
op	opac	2
op	operativă	2
op, Op	operațional (operațională), în funcționare	3,4,5,6
open	deschideri	3
out	producție, ieșire	5,6
ovh	consolă	2
p	proiectat	2
p	presiune constantă	2,3
p	panou (opac)	2
P	energie primară	5,6
P0	la sarcină nulă	3
pa	suprafață elementară/parțială	3
Pdn	la putere de calcul	3
pe	periodic exterior	2
Per,per	periodic, pentru o perioadă de timp	5,6

Indice	Termen	Capitol
pi	periodic intern	2
pilot	lumină de veghe	4
Pint	la sarcină intermediară	3
Pint	la sarcină intermediară	3
pk	vârf	5,6
pl	plan, strat	2
PL	sarcină parțială	4
pmp	pompă	3
Pn	la sarcină nominală	3
Pnren	energie primară din surse neregenerabile	5,6
pol	referitor la politici	5,6
pr	produs	5,6
prio	prioritate	3
proc	procedeu	2
Ptot	energie primară totală	5,6
pv	energie solară (fotovoltaică)	5,6
Px	sarcină reală	3
$Q_{w,dis,nom}$	pierdere termică aferentă recirculării, între utilizări ale apei calde de consum	3
$Q_{w,dis,stub}$	pierdere termică aferentă sistemului de distribuție, în timpul utilizării apei calde de consum	3
r	radiație, radiant	2
rad	radiant	3
rbl	recuperabil	5,6
RCA	aer recirculat	4
Re	real	5,6
re, ri	radiativ exterior, interior	2
rec	recuperare de căldură	3
red	reduc	2,5,6
ref	reflectat	2
ref	referință	3,4
Ref	poziție de referință	3
rej	evacuat	4
ren	energie din surse regenerabile	5,6
Rep	reparație	5,6
req	cerut/necesar	4
return	retur	4
roomaut	reglare automată în încăpere	3
rot	rotație	4
Rpl	înlocuire	5,6
RT	retur	3
Run	funcționare	5,6
rvd	recuperat	5,6
s	spațiu (spațiu de aer sau gaz)	2
s	suprafață	2

Indice	Termen	Capitol
s	superior (superioară)	3
S	stocare	3
sat	saturație	3
saX	zonă deservită (X este înlocuitor pentru C, H etc.)	5,6
sb	cutia oblonului	2
sb	scădere	3
sb	rezervă, standby	3
sb	în așteptare/regim stabilizat	4
se	suprafață exterioară	2
seas	sezonier	5,6
sens	sensibil	5,6
sensor	senzor de temperatură al rezervorului de acumulare	3
Ser	serviciu	5,6
set	setat	2
set	fixat	5,6
setb	reduc	3
sewage	nămol de epurare	4
sf	combustibil solid	5,6
sh	reducere a radiației solare, protecție solară	2
shield	protecție	3
sht	umbră, oblon	2
si	suprafață interioară	2
si,se	transmisie termică exterioară sau interioară (de exemplu: aerul interior spre un element de clădire, element de clădire spre aerul exterior)	3
sim	simultan (simultană)	3
sol	solar	2,5,6
sos	sistem cu o singură ieșire	4
sp	spațiu	5,6
spec	specifică	2
ss	subsistem	2
st	stoichiometric	3
st1..stn	de la etapa 1 la etapa n	4
stb	în așteptare	3
stc	spațiu climatizat	2
sto	acumulare	3
sto	stocare	5,6
str	stratificare	3
stub	racorduri deschise	3
sup	alimentare, furnizare	2,3
SUP	aer de introducere	4
sur	mediu înconjurător	4
surf	suprafață	3
sus	suspendat	2

Indice	Termen	Capitol
sys	sistem	2
t	punte termică inclusă (total)	2
t	element transparent	2
T	termic	2,5,6
t	timp	2
t	pas de timp, un minut; referitor la elementele necumulate	3
TB, tb	punte termică	2,3
techn	tehnic, tehnic necesar sau datorat unor cauze tehnice	3
test	încercare	3
th	termic	2,3,4
tmp	temporar	5,6
tot	total	2,5,6
total	total(e), global(e)	3
tr	transmisie (transfer termic)	2,3,5,6
Tr	transport	5,6
transfer	se referă la debite volumice între încăperi	3
u	necon condiționat/neclimatizat	2
U	se referă la o calitate sau o condiție relativă la transmitanța termică (valoare U)	3
ub	subsolul neîncălzit, inclusiv efectul solului	2
UC	subdimensionarea unui sistem de răcire	2
ue	între un spațiu neclimatizat/neîncălzit și mediul exterior	2,3
UH	subdimensionarea unui sistem de încălzire	2
up	superior	3
upstr	partea de amonte a lanțului	4
us	utilizare	5,6
use	util	2
use	utilă (aria pardoselii)	5,6
used	utilizat în același interval de calcul	5,6
ut	utilizat	5,6
v	ventilat	2
v	volum sau debit volumic	3
V	ventilare	3,5,6
ve	ventilare	2,3,5,6
vi	virtual	2
w	perete	2
W	apă caldă de consum (ca utilitate energetică)	2,5,6
w	generat(ă) de vânt	3
W	apă	3,5,6
DHW	preparare a apei calde de consum	5,6
W,w	fereastră	2
wb	bulb umed	4
wd	lemn	5,6
we	evaporare de apă	2
we	ponderare	5,6

Indice	Termen	Capitol
wf	îmbinare perete / planșeu	2
wfg	apă în produsele de ardere	3
wg	perete, inclusiv efectul solului	2
wk	săptămânal	5,6
WS	deșeuri	5,6
WS, ws	fereastră cu oblon închis	2
wte	producere a energiei din deșeuri	4
$W_{x,dis}$	regim de funcționare	3
x	combinat (prin pereții spațiului tehnic de sub planșeu și prin ventilarea spațiului tehnic de sub planșeu)	2
X	oricare utilitate a clădirii considerată	5,6
Xc	circuit al întregului sistem tehnic al clădirii considerate	3
xr	recuperare de umiditate	4
XY	combinație de H, C, W	5,6
Y	orice subsistem	5,6
z	indice de numerotare pentru zone ale clădirii	3
zt	zonă termică	2,4,5,6
ztc	zonă climatizată	2
ztu	zonă neclimatizată	2
zv	zonă ventilată	4

1.2. Cerințe ale parametrilor interiori pentru asigurarea confortului și calității aerului interior în clădiri

Parametrii interiori de confort și de calitate a aerului interior, considerați în calculele energetice ale clădirilor, sunt aceiași cu cei utilizați pentru dimensionarea sistemelor de încălzire, ventilare și climatizare.

Calitatea aerului interior se asigură prin ventilare, în funcție de destinația încăperii, în conformitate cu reglementarea tehnică indicativ I5 - Normativ pentru proiectarea, execuția și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare, astfel:

- Pentru zona ocupată din încăperile civile, se stabilesc patru categorii de calitate a aerului interior (IDA1 – IDA4 conform Normativului I5, respectiv IEQ1 – IEQ4 conform SR EN 16798-1); pentru încăperi civile în care criteriile de ambianță sunt determinate de prezența umană, calitatea aerului interior se va asigura folosind debitul de aer proaspăt, care se stabilește în funcție de destinația încăperilor, de numărul și de activitatea ocupanților precum și de emisiile poluante ale clădirii (de la elementele de construcție, finisaje, mobilier și sistemele de instalații);
- Pentru încăperi fără o destinație precisă (*de exemplu* spații de depozitare), clasificarea calității aerului și respectiv debitul de aer de ventilare introdus, care poate fi exterior sau transferat din alte încăperi, se stabilește în funcție de aria utilă a pardoselii;
- Pentru încăperile civile și industriale în care există emisii de poluanți altele decât bioefluenții și emisiile clădirii, calitatea aerului interior trebuie asigurată prin respectarea valorilor de concentrație admisă în zona ocupată.

Se va considera că echipamentele de birou (computere, imprimante, copiatoare, monitoare) se caracterizează printr-un grad de emisie neglijabil (pentru substanțe ca de exemplu TCOV, HCHO, NH₃ și alte produse cancerigene).

Debitele minime de aer exterior pentru ventilarea locuințelor, preluate din reglementarea tehnică pentru proiectarea, execuția și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare și din Anexa Națională standardului SR EN 16798-1, sunt cele din tabelul următor:

	Număr de încăperi principale						
	1	2	3	4	5	6	7
debit total minim [m ³ /h] din care	35	60	75	90	105	120	135
debit minim în bucătărie [m ³ /h]	20	30	45	45	45	45	45

Confortul termic este determinat de următorii parametri principali:

- temperatura aerului interior,
- temperatura medie de radiație a suprafețelor cu care corpul uman schimbă căldură prin radiație,
- umiditatea relativă a aerului,
- viteza curenților de aer din interior,
- gradul de izolare termică a îmbrăcăminții,
- activitatea ocupanților care determină căldura degajată de corp (metabolismul).

Parametrii secundari sunt diferența de temperatură pe verticală, pardoseală/tavan/pereți rece/caldă sau reci/calzi, asimetria temperaturii de radiație etc.

Confortul termic dintr-o încăpere se exprimă prin valoarea Votului Mediu Previzibil, PMV, care pentru fiecare categorie de ambianță trebuie să fie cuprins în plaja de valori indicată în reglementările tehnice pentru proiectarea, execuția și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare, respectiv ale instalațiilor de încălzire centrală.

În anumite condiții de activitate și îmbrăcăminte, tipice unor destinații de încăperi, considerând umiditatea relativă a aerului de 50% și viteze scăzute ale aerului din încăperi, calculul valorilor PMV poate fi înlocuit prin calculul temperaturii operative. Valorile de temperatură a aerului interior și valorile de temperatură operativă pentru diferite destinații și categorii de ambianță sunt date de asemenea în reglementările tehnice menționate și în Anexa Națională a standardului SR EN 16798-1.

În conformitate cu reglementarea tehnică pentru proiectarea, execuția și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare, sunt stabilite patru categorii de ambianță interioară pentru care se indică valorile PMV acceptate.

În privința confortului vizual, atât clădirile existente cât și cele noi sau renovate trebuie să fie echipate, sau se consideră că sunt echipate, cu sisteme de iluminat care respectă bunele practici și cerințele de proiectare prezentate în:

- SR EN 12464-1 pentru spațiile din clădirile nerezidențiale noi sau renovate destinate activităților lucative
- SR EN 12193 pentru clădirile nerezidențiale noi sau renovate, destinate activităților sportive
- SR EN 1838 pentru iluminatul de siguranță din clădirile nerezidențiale noi sau renovate
- SR EN 15193-1 pentru sistemul de iluminat din clădirile rezidențiale
- SR EN 12665 Lumină și iluminat. Termeni de bază și criterii pentru specificarea cerințelor de iluminat.

1.3. Standarde europene referitoare la performanța energetică a clădirilor (PEC)

Standardul SR EN ISO 52000-1 stabilește structura sistematică, completă și modulară pentru evaluarea performanței energetice a clădirilor, prin calcul sau prin măsurare, precum și calculul performanței energetice în funcție de energia primară. Lista standardelor europene aplicabile domeniului PEC este prezentată schematic în tabelul 1.3.

Tabel 1.3. Standarde PEC

STANDARDE GENERALE			CLADIREA			INSTALATII																											
DESC		ST	DESCRIERE		ST	DESCRIERE		INCALZIRE	CLIMA/RACIRE	VENTILARE	UMIDIFICARE	DEZUMIDIFICARE	ACC	ILUMINAT	BACS	SURSE REGEN																	
sub 1	M1		sub 1	M2		sub 1		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11																	
1	GENERAL	SR EN ISO 52000-1	1	General	-	1	General	SR EN 15316-1 & SR CEN/TR 15316-6-1	SR EN 16798-9	SR EN 16798-3 (SR EN 13779 rev.)	SR EN 16798-3 (SR EN 13779 rev.)	SR EN 16798-3 (SR EN 13779 rev.)	SR EN 15316-1 & SR CEN/TR 15316-6-1	SR EN 15193-1	SR EN 15232-1																		
												SR CEN/TR 15232-2																					
2	Termeni comuni si definitiit; simboluri, UM si indici	SR EN ISO 52000-1	2	Necesar de energie	SR EN ISO 52016-1	2	Necesar						SR EN 12831-3	SR EN 15193-1																			
		SR EN ISO 52017-1																															
		SR CEN ISO/TR 52016-2																															
3	Situatii de aplicare	SR EN ISO 52000-1	3	Conditii interioare fara prezenta instalatii	SR EN ISO 52016-1	3	Incarcari si puteri maxime	SR EN 12831-1					SR EN 12831-3																				
		SR EN ISO 52017-1																															
		SR CEN ISO/TR 52016-2																															
4	Variante de exprimare a performantei energetice	SR EN ISO 52003-1	4	Variante de exprimare a performantei energetice	SR EN ISO 52018-1	4	Variante de exprimare a performantei energetice	SR EN 15316-1 & SR CEN/TR 15316-6-1	SR EN 16798-9	SR EN 16798-3 (SR EN 13779 rev.)	SR EN 16798-3 (SR EN 13779 rev.)	SR EN 16798-3 (SR EN 13779 rev.)	SR EN 15316-1 & SR CEN/TR 15316-6-1	SR EN 15193-1	SR EN 15232-1																		
		SR CEN ISO/TR 52003-2							SR CEN/TR 16798-10	SR CEN/TR 16798-4	SR CEN/TR 16798-4	SR CEN/TR 16798-4		SR CEN/TR 15193-2	SR CEN/TR 15232-2																		
5	Funcitiile si contururile cladirilor	SR EN ISO 52000-1	5	Transfer termic prin transmisie	SR EN ISO 13789	5	Emisia de energie si sistemul de control	SR EN 15316-2 & SR CEN/TR 15316-6-2	SR EN 15316-2	SR EN 16798-7	SR EN 16798-5-1	SR EN 16798-5-1			SR EN 15232-1																		
					SR EN ISO 13370			SR EN 15500-1		SR CEN/TR 16798-8	SR EN 16798-5-2	SR EN 16798-5-2																					
					SR EN ISO 6946			SR CEN/TR 15500-2			SR EN 15500-1																						
					SR EN ISO 10211			SR EN 12098-1	SR EN 15500-1																								
					SR EN ISO 14683			SR CEN/TR 12098-6																									
					SR CEN ISO/TR 52019-2			SR EN 12098-3																									
		SR CEN ISO/TR 52000-2			SR CEN/TR 12098-7			SR CEN/TR 15500-2																									
					SR EN ISO 10077-1				SR EN 12098-5 & SR CEN/TR 12098-8																								
					SR EN ISO 10077-2																												
6	Ocuparea si conditiile de utilizare a cladirilor	SR EN 16798-1	6	Transfer termic prin infiltratii si ventilare	SR EN ISO 13789	6	Distributia de energie si sistemul de control	SR EN 15316-3 & SR CEN/TR 15316-6-3	SR EN 15316-3 & SR CEN/TR 15316-6-3	SR EN 16798-5-1		SR EN 15316-3 & SR CEN/TR 15316-6-3		SR EN 15232-1																			
		SR CEN/TR 16798-2 (ISO 17772-1, ISO/TR 17772-2)						SR EN 12098-1		SR EN 16798-5-2																							
7	Agregarea serviciilor energetice si agentilor termici	SR EN ISO 52000-1	7	Aporturi interioare de caldura	SR EN 16798-1	7	Stocarea de energie si sistemul de control	SR EN 15316-5		SR EN 16798-15								SR EN 15316-5		SR EN 15232-1													
					SR CEN ISO/TR 52000-2			SR EN 12098-1														SR EN 12098-6	SR CEN/TR 16798-16										
		SR CEN/TR 16798-2 (ISO 17772-1, ISO/TR 17772-2)						SR EN 12098-3														SR CEN/TR 12098-7											
		SR EN 12098-5			SR CEN/TR 16798-16																												
		SR CEN/TR 12098-8						SR EN 16798-13	SR EN 16798-5-1		SR EN 16798-5-1	SR EN 16798-5-1	SR EN 15316-4-1 & SR CEN/TR 15316-6-4	SR EN 15316-4-3 & SR CEN/TR 15316-6-7	SR EN 15316-4-5 & SR CEN/TR 15316-6-8							SR EN 15316-4-3 & SR CEN/TR 15316-6-6	SR EN 15316-4-4 & SR CEN/TR 15316-6-7	SR EN 15316-4-5 & SR CEN/TR 15316-6-8	SR EN 15316-4-5								
		SR EN 12098-1																								SR EN 12098-6	SR EN 12098-7	SR EN 15316-4-1 & SR CEN/TR 15316-6-4	SR EN 15316-4-2 & SR CEN/TR 15316-6-5	SR EN 15316-4-3 & SR CEN/TR 15316-6-6	SR EN 15316-4-4 & SR CEN/TR 15316-6-7	SR EN 15316-4-5 & SR CEN/TR 15316-6-8	SR EN 15316-4-8 & SR CEN/TR 15316-6-9
		SR EN 12098-3			SR EN 12098-5					SR EN 15316-4-1 & SR CEN/TR 15316-6-4																SR EN 15316-4-2 & SR CEN/TR 15316-6-5	SR EN 15316-4-3 & SR CEN/TR 15316-6-6	SR EN 15316-4-4 & SR CEN/TR 15316-6-7	SR EN 15316-4-5 & SR CEN/TR 15316-6-8	SR EN 15316-4-8 & SR CEN/TR 15316-6-9	SR EN 15316-4-10		
		SR EN 12098-8			SR EN 15316-4-5 & SR CEN/TR 15316-6-8			SR EN 15316-4-8 & SR CEN/TR 15316-6-9	SR EN 15316-4-10																								
		SR EN 12098-1			SR EN 12098-6			SR EN 12098-7	SR EN 15316-4-1 & SR CEN/TR 15316-6-4	SR EN 15316-4-2 & SR CEN																							

Tabel 1.3 (continuare)

Nr.crt.	Număr	Titlul standardului
1.	SR EN ISO 52000-1	Performanța energetică a clădirilor. Evaluarea de ansamblu a PEC. Partea 1: Cadru general și metode
2.	SR EN ISO 52003-1	Performanța energetică a clădirilor. Indicatori, cerințe, evaluare și certificate. Partea 1: Aspecte generale și aplicarea la performanța energetică globală
3.	SR EN 15316-4-10	Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie și al eficienței instalațiilor. Partea 4-10: Sisteme de generare a energiei eoliene. Modul M11-8-3
4.	SR EN 16798-1	Performanța energetică a clădirilor – Ventilarea clădirilor. Partea 1: Parametrii ambientali pentru proiectare și evaluarea performanței energetice a clădirilor, privind calitatea aerului interior, confortul termic, iluminatul și acustica (Modulul M1-6)
5.	SR EN ISO 52010-1	Performanța energetică a clădirilor. Condiții climatice exterioare. Partea 1: Prelucrarea datelor climatice pentru calculele energetice
6.	SR EN 15459-1	Performanța energetică a clădirilor. Procedură de evaluare economică a sistemelor energetice din clădiri Partea 1: proceduri de calcul, Modul M1-14
7.	SR EN ISO 52016-1	Performanța energetică a clădirilor. Necesarul de energie pentru încălzire și răcire, temperaturi interioare și sarcini termice sensibile și latente. Partea 1: Metode de calcul
8.	SR EN ISO 52017-1	Performanța energetică a clădirilor. Sarcini termice sensibile și latente și temperaturi interioare. Partea 1: Metode de calcul generale
9.	SR EN ISO 52018-1	Performanța energetică a clădirilor. Indicatori pentru cerințe PEC parțiale referitoare la bilanțul termic energetic și la caracteristicile elementelor de clădire. Partea 1: Prezentare generală a opțiunilor
10.	SR EN ISO 13789	Performanța termică a clădirilor. Coeficienți de transfer termic prin transmisie și prin ventilare. Metodă de calcul
11.	SR EN ISO 13370	Performanța termică a clădirilor. Transfer termic prin sol. Metode de calcul
12.	SR EN ISO 10211	Punți termice în alcătuirea clădirilor. Fluxuri termice și temperaturi superficiale. Calcule detaliate
13.	SR EN ISO 14683	Punți termice în alcătuirea clădirilor. Transmitanța termică liniară. Metode simplificate și valori implicite
14.	SR EN ISO 10077-1	Performanța termică a ferestrelor, ușilor și obloanelor. Calculul transmitanței termice. Partea 1: Generalități
15.	SR EN ISO 10077-2	Performanța termică a ferestrelor, ușilor și obloanelor. Calculul transmitanței termice. Partea 2: Metoda numerică pentru profilurile de tâmplărie
16.	SR EN ISO 12631	Performanța termică a fațadelor cortină. Calculul transmitanței termice
17.	SR EN ISO 13786	Performanța termică a elementelor de clădire. Caracteristici termice dinamice. Metode de calcul

Nr.crt.	Număr	Titlul standardului
18.	SR EN ISO 52022-3	Performanța energetică a clădirilor. Proprietățile termice, solare și de lumină naturală ale componentelor și elementelor clădirii. Partea 3: Metodă de calcul detaliată a caracteristicilor solare și de lumină naturală pentru dispozitive de protecție solară asociate vitrajelor
19.	SR EN ISO 52022-1	Performanța energetică a clădirilor. Proprietățile termice, solare și de lumină naturală ale componentelor și elementelor clădirii. Partea 1: Metodă de calcul simplificată a caracteristicilor solare și de lumină naturală pentru dispozitive de protecție solară asociate vitrajelor
20.	SR EN 15316-1	Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie și al eficienței instalațiilor. Partea 1: Generalități și exprimarea performanței energetice, Modulele M3-1, M3-4, M3-9, M8-1, M8-4
21.	SR EN 12831-1	Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al sarcinii termice de dimensionare. Partea 1: Necesarul de căldură pentru încălzire, Modul M3-3
22.	SR EN 15316-2	Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie și al eficienței instalațiilor. Partea 2: Sisteme de emisie (încălzire și răcire), Modulele M3-5, M4-5
23.	SR EN 15316-3	Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie și al eficienței instalațiilor. Partea 3: Sisteme de distribuție (apă caldă de consum, încălzire și răcire), Modulele M3-6, M4-6, M8-6
24.	SR EN 15316-5	Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie și al eficienței instalațiilor. Partea 5: Sisteme de stocare aferente instalațiilor de încălzire și de apă caldă de consum (nu de răcire), Modulele M3-7, M8-7
25.	SR EN 15316-4-1	Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie și al eficienței instalațiilor. Partea 4-1: Sisteme de producere a căldurii pentru încălzire și prepararea apei calde de consum: instalații de ardere (cazane, biomasă), Modulele M3-8-1, M8-8-1
26.	SR EN 15316-4-2	Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie și al eficienței instalațiilor. Partea 4-2: Sisteme de producere a căldurii pentru încălzire: pompe de căldură, Modulele M3-8-2, M8-8-2
27.	SR EN 15316-4-3	Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie și al eficienței instalațiilor. Partea 4-3: Sisteme de producere a căldurii: instalații termice solare și fotovoltaice, Modulele M3-8-3, M8-8-3, M11-8-3
28.	SR EN 15316-4-4	Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie și al eficienței instalațiilor. Partea 4-4: Sisteme de producere a căldurii: instalații de cogenerare integrate în clădiri, Modulele M8-3-4, M8-8-4, M8-11-4
29.	SR EN 15316-4-5	Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie și al eficienței instalațiilor. Partea 4-5: Încălzire și răcire centralizată. Modulele M3-8-5, M4-8-5, M8-8-5, M11-8-5
30.	SR EN 15316-4-8	Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al necesarului de energie și al eficienței instalațiilor. Partea 4-8: Sisteme de producere a căldurii pentru încălzire: panouri radiante suspendate și instalații de încălzire cu aer cald, inclusiv sobe (local) Modul M3-8-8

Nr.crt.	Număr	Titlul standardului
31.	SR EN 15378-3	Performanța energetică a clădirilor. Instalații de încălzire și de apă caldă de consum în clădiri. Partea 3: Performanța energetică măsurată, Modulele M3-10, M8-10
32.	SR EN 15378-1	Performanța energetică a clădirilor. Instalații de încălzire și de apă caldă de consum în clădiri. Partea 1: Inspecția cazanelor, a instalațiilor de încălzire și de apă caldă de consum, Modulele M3-11, M8-11
33.	SR EN 16798-9	Performanța energetică a clădirilor. Ventilarea clădirilor. Partea 9: Metode de calcul pentru necesarul de energie al sistemelor de răcire (Modulele M4-1, M4-4, M4-9). Generalități
34.	SR EN 16798-15	Performanța energetică a clădirilor. Ventilarea clădirilor. Partea 15: Calculul sistemelor de răcire. (Modul M4-7). Stocare
35.	SR EN 16798-13	Performanța energetică a clădirilor. Partea 13: Modul M4-8. Calculul sistemelor de răcire. Producere
36.	SR EN 16798-17	Performanța energetică a clădirilor. Ventilarea clădirilor. Partea 3: Pentru clădiri nerezidențiale. Cerințe de performanță pentru sistemele de ventilare și de climatizare a încăperilor (Modulele M5-1, M5-4)
37.	SR EN 16798-3	Performanța energetică a clădirilor. Ventilarea clădirilor. Partea 17: Ghid pentru inspecția instalațiilor de ventilare și de climatizare (Modulele M4-11, M5-11, M6-11, M7-11)
38.	SR EN 16798-7	Performanța energetică a clădirilor. Ventilarea clădirilor. Partea 7: Metode de calcul pentru determinarea debitelor de aer în clădiri, inclusiv prin infiltrație (Modulul M5-5).
39.	SR EN 16798-5-1 și SR EN 16798-5-2	Performanța energetică a clădirilor. Ventilarea clădirilor - Partea 5-1: Metode de calcul pentru necesarul de energie al sistemelor de ventilare și de climatizare. Modulele M5-6, M5-8, M6-5, M6-8, M7-5, M7-8. Metoda 1: Distribuție și producere Performanța energetică a clădirilor. Ventilarea clădirilor. Partea 5 2: Metode de calcul pentru necesarul de energie al sistemelor de ventilare (Modulele M5-6, M5 8, M6-5, M6-8, M7-5, M7-8). Metoda 2 - Distribuție și producere
40.	SR EN 12831-3	Performanța energetică a clădirilor. Metodă de calcul al sarcinii termice de dimensionare. Partea 3: Necesarul de căldură pentru prepararea apei calde de consum și caracterizarea necesarului, Modulele M8-2, M8-3
41.	SR EN 15193-1	Performanța energetică a clădirilor. Cerințe energetice pentru iluminat. Partea 1: Specificații, Modul M9
42.	SR EN 15232-1	Performanța energetică a clădirilor. Partea 1: Impact al automatizării, reglării și managementului tehnic al clădirii. Module M10-4,5,6,7,8,9,10
43.	SR EN ISO 52127-1	Performanța energetică a clădirilor. Sistem de management tehnic al clădirilor. Partea 1: Modul M10-12
44.	SR EN 16946-1	Performanța energetică a clădirilor. Inspecția sistemelor de automatizare, reglare și management tehnic al clădirilor. Partea 1: Modul M10-11
45.	SR EN ISO 10456	Materiale și produse pentru construcții. Proprietăți higrotermice. Valori tabelare de proiectare și proceduri pentru determinarea valorilor termice declarate și de proiectare

CAPITOLUL 2. ANVELOPA TERMICĂ A CLĂDIRII

Elemente de clădire și parametrii termoenenergetici asociați

2.1.1. Prevederi generale

Evaluarea performanței energetice a clădirilor cu ocupare umană (clădirea propriu-zisă și sistemele de instalații aferente) precum și stabilirea cerințelor minime de performanță energetică a clădirilor (clădire, unitate de clădire, parte de clădire, grup de clădiri, apartament) țin seama de condițiile generale de climat exterior și interior (asigurând realizarea condițiilor de confort interior pentru utilizatori), de condițiile locale, de destinația dată în proiect precum și de vechimea clădirii, și se aplică diferențiat pentru diferite categorii de clădiri, atât pentru clădirile noi, cât și pentru clădirile existente.

Capitolul 2.1 din Metodologie se referă la evaluarea nivelului de protecție termică pentru anvelopa termică a clădirilor noi (NZEB) precum și a celor care fac obiectivul unor lucrări de modernizare termică și energetică (renovare majoră, renovare aprofundată) din următoarele categorii: sectorul rezidențial - blocuri de apartamente sau locuințe unifamiliale - și din sectorul nerezidențial – clădiri pentru instituții publice/birouri, clădiri de învățământ, clădiri spitalicești, clădiri pentru comerț, clădiri social-culturale etc.

Cerințele stabilite în metodologie nu sunt obligatorii următoarelor categorii de clădiri:

- a) clădiri și monumente protejate care fie fac parte din zone construite protejate, conform legii, fie au valoare arhitecturală sau istorică deosebită, cărora, dacă li s-ar aplica cerințele, li s-ar modifica în mod inacceptabil caracterul ori aspectul exterior;
- b) clădiri utilizate ca lăcașuri de cult sau pentru alte activități cu caracter religios;
- c) clădiri provizorii prevăzute a fi utilizate pe perioade de până la 2 ani, din zone industriale, ateliere și clădiri nerezidențiale din domeniul agricol care necesită un consum redus de energie;
- d) clădiri rezidențiale care sunt destinate a fi utilizate mai puțin de 4 luni pe an;
- e) clădiri independente, cu o arie utilă a spațiului încălzit mai mică de 50 m².

Pentru procedura de calcul higrotermic al elementelor componente ale anvelopei termice se vor aplica formulele de calcul din reglementarea tehnică C107 cu completările și modificările ulterioare, care a fost elaborată pe baza prevederilor din standardele europene.

Pentru caracteristicile termotehnice ale materialelor de construcție recente, până la revizuirea reglementării tehnice C107, vor fi utilizate tabele actualizate de valori de proiectare însușite de autoritatea de reglementare, la propunerea companiilor specializate și asociațiilor profesionale, respectând atât toate procedurile tehnice prevăzute în standardele și reglementările naționale și internaționale, precum și în standardele europene SR EN ISO 10456, SR EN 1745, dar și reglementarea tehnică MP 022-02.

Se remarcă câteva aspecte noi față de cele avute în vedere la elaborarea reglementării tehnice *C107*, cuprinse în noile standarde SR CEN ISO:

- este prezentat calculul transmitanței termice a elementelor vitrate, cu aspectele noi față de cele cuprinse în reglementările în vigoare (documente de referință *SR EN ISO 10077-1*, *SR EN ISO 10077-2*);
- au fost făcute completări referitoare la influența dispozitivelor de umbrire și protecție solară (parasolare cu diverse poziționări), conform prevederilor din *SR EN ISO 52016-1*, *SR EN ISO 52022-1*.
- au fost introduse prevederi referitoare la calculul specific pereților cortină (conform *SR EN ISO 12631*).
- este prezentat un calcul simplificat pentru elementele în contact cu solul, elaborat pe baza prevederilor din *SR EN 12831 – 1*; au fost revizuite prevederile din *SR EN ISO 13370*.

Au fost evidențiate cerințele minime de performanță termică și energetică la nivelul anvelopei clădirilor, pentru fiecare categorie de clădire/unitate/element al acesteia, inclusiv pentru clădirile al căror consum de energie este aproape egal cu zero – NZEB.

Sunt prezentate: harta României cu zonele climatice pentru perioada de iarnă pentru calculele termotehnice pe durata sezonului rece și parametrii de performanță pentru clădirile al căror consum de energie este aproape zero – NZEB.

Conform Directivei EPB, 2010/31/UE, *clădirea al cărei consum de energie este aproape egal cu zero* reprezintă o clădire cu o performanță energetică foarte ridicată, stabilită în conformitate cu anexa I a Directivei. Necesarul de energie aproape egal cu zero sau foarte scăzut ar trebui să fie acoperit, într-o foarte mare măsură, cu energie din surse regenerabile, inclusiv cu energie din surse regenerabile produsă la fața locului sau în apropiere.

În cazul clădirilor din România, ”NZEB” se definește ca o clădire cu o performanță energetică foarte ridicată, la care consumul de energie pentru asigurarea performanței energetice este aproape egal cu zero sau este foarte scăzut (conform tabelului 2.11) și este acoperit în proporție de minim 30%, cu energie din surse regenerabile, inclusiv cu energie din surse regenerabile produsă la fața locului sau în apropiere, pe o rază de 30 de km față de coordonatele GPS ale clădirii, începând cu anul 2021. Pentru perioadele 2031-2040, 2041-2050 și după 2051, proporțiile minime de energie asigurată din surse regenerabile, inclusiv energia din surse regenerabile produsă la fața locului sau în apropiere, pe o rază de 30 de km față de coordonatele GPS ale clădirii, se stabilesc ulterior prin hotărâre a Guvernului.

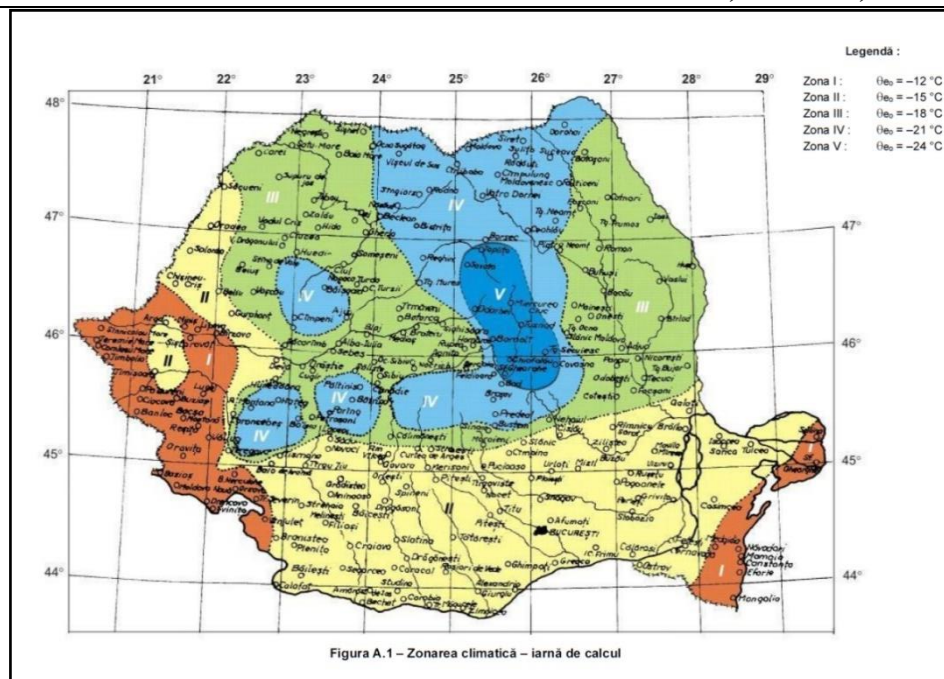


Figura 2.1. Harta de zonare climatică în România pentru perioada de iarnă (conform Ordin nr. 386/28.03.2016 publicat în MO PI, nr. 306/21.04.2016)

În cadrul structurii modulare a setului de standarde europene privind performanța energetică a clădirilor (PEC/EPB), clădirea (ca atare) este poziționată în modulul M2, fiind recomandate prevederile cuprinse în standardele menționate în tabelul 2.1.

Informațiile cuprinse în acest capitol, privind caracteristicile geometrice ale clădirii (aria elementelor de anvelopă, lungimea punților termice, volumul de aer etc.), condițiile la limita clădirii (temperaturi), caracteristicile termice ale elementelor de clădire care alcătuiesc anvelopa termică (conductivități termice, masa volumică, căldura specifică masică, rezistențe termice, transmitanțe termice, coeficienți de transfer termic etc.), respectiv datele de ieșire, sunt utilizate pentru calculele din capitolele următoare, pentru determinarea necesarului de energie pentru încălzire /răcire, conform standardelor menționate în tabelul următor.

Tabel 2.1. Tabel sintetic privind aspectele și calculele pentru care se utilizează prevederile din capitolul 2 și standardele europene recomandate

Clădirea (ca atare)		
Submodul 1	Descriere	Standarde
	M2	
1	Generalități	-
2	Necesar de energie al clădirii	SR EN ISO 52016-1 SR EN ISO 52017-1 SR CEN ISO/TR 52016-2
3	Condiții interioare fără sisteme (liber)	SR EN ISO 52016-1 SR EN ISO 52017-1 SR CEN ISO/TR 52016-2
4	Modalități de exprimare a performanței energetice	SR EN ISO 52018-1 SR CEN ISO/TR 52018-2

Cladirea (ca atare)		
Submodul 1	Descriere	Standarde
	M2	
5	Transfer termic prin transmisie	SR EN ISO 13789 SR EN ISO 13370 SR EN ISO 6946 SR EN ISO 10211 SR EN ISO 14683 SR CEN ISO/TR 52019-2 SR EN ISO 10077-1 SR EN ISO 10077-2 SR EN ISO 12631
6	Transfer termic prin infiltrații și ventilare	SR EN ISO 13789
7	Aporturi interne de căldură	A se vedea M1-6
8	Aporturi solare de căldură	SR EN ISO 52022-3 SR EN ISO 52022-1 SR CEN ISO/TR 52022-2
9	Dinamica clădirii (masa termică)	SR EN ISO 13786
10	Permeabilitatea la aer a anvelopei clădirii	SR EN ISO 9972
11	Proprietăți higrotermice ale materialelor de construcție	SR EN ISO 10456

2.1.2. Elemente componente ale anvelopei clădirii

Clasificare în raport cu poziția în cadrul sistemului clădire:

- elemente exterioare în contact direct cu aerul exterior (ex: pereți exteriori, inclusiv suprafața adiacentă rosturilor deschise);
- elemente interioare care delimitează spațiile încălzite față de spațiile adiacente neîncălzite sau mai puțin încălzite (ex: pereții și planșeele care separă volumul clădirii de spații precum garaje, casa scării etc.), sau de spațiul rosturilor închise;
- elemente în contact cu solul.

Clasificare în funcție de tipul elementelor de clădire:

- elemente opace;
- elemente vitrate – elemente care permit transmisia luminii, al căror factor de transmisie luminoasă TL este mai mare de 0,05 (componentele transparente sau translucide ale pereților exteriori și acoperișurilor - tâmplăria exterioară, pereții vitrați și luminatoarele)

Clasificare în funcție de poziția elementelor de clădire în cadrul anvelopei :

- verticale - elemente de clădire care fac un unghi cu planul orizontal mai mare de 60 grade (ex: pereților exteriori);
- orizontale – elemente de clădire care fac un unghi cu planul orizontal mai mic de 60 grade.

2.1.3. Convenții de stabilire a caracteristicilor dimensionale ale elementelor de anvelopă (parametri geometrici) necesare pentru calculul valorilor parametrilor de performanță termică

Anvelopa termică a unei clădiri este alcătuită dintr-o serie de suprafețe prin care are loc fenomenul de transfer termic.

Aria anvelopei termice a clădirii - A - reprezentând suma ariilor tuturor elementelor perimetrice ale clădirii, prin care are loc transfer termic, se calculează în funcție de A_j , ariile elementelor de clădire care intră în alcătuirea anvelopei clădirii, A_j , cu relația:

$$A = \sum A_j \quad [\text{m}^2] \quad (2.1)$$

Aria anvelopei se determină, conform convenției stabilite în reglementările românești, având în vedere exclusiv suprafețele interioare ale elementelor perimetrice ale clădirii, ignorând existența elementelor interioare (pereții interiori structurali și nestructurali, precum și planșeele intermediare) - dimensiune interioară totală (figura 2.2).

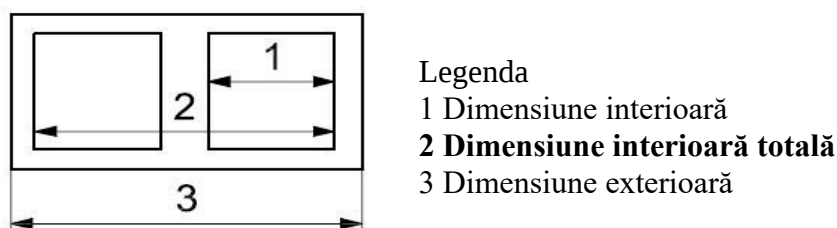


Figura 2.2. Sistem de dimensiuni conform SR EN ISO 13789

Volumul interior total al clădirii - V - reprezintă volumul delimitat de suprafețele perimetrice care alcătuiesc anvelopa termică a clădirii, având în vedere exclusiv suprafețele interioare ale elementelor perimetrice ale clădirii, ignorând existența elementelor interioare (pereții interiori structurali și nestructurali, precum și planșeele intermediare).

Volumul interior total al clădirii cuprinde atât încăperile încălzite direct (cu elemente de încălzire), cât și unele încăperi adiacente, încălzite indirect (fără elemente de încălzire), dacă pereții/planșeele nu au o termoizolație semnificativă. Sunt incluse în volumul clădirii: cămări, debarale, vestibuli, holuri de intrare, casa scării încălzită, mai puțin încălzită sau interioară, incinte cu destinație tehnologică (uscătorii, spălătorii etc.), precum și mansarde și încăperile de la subsol, încălzite la temperaturi apropiate de temperatura predominantă a clădirii (diferență de temperatură mai mică de 4°C).

Nu se includ în volumul interior total al clădirii:

- încăperile cu temperaturi mult mai mici decât temperatura predominantă a clădirii, de exemplu la clădirile de locuit - camerele de pubele, casele de scară neîncălzite;
- verandele, balcoanele și logiile închise cu tâmplărie exterioră; dar dacă, de exemplu, anvelopa termică se închide la peretele exterior (cu fereastră) al unei logii cuprinse în volumul de aer climatizat, atunci logia va trebui inclusă în acesta; este și cazul unei case de scară neîncălzită,

inclusă în volumul interior total al unei clădiri la care anvelopa termică se închide la pereții exteriori ai casei scării.

La clădirile cu acoperiș terasă, în cazul în care casa scării se ridică peste cota generală a planșeului terasei, pereții exteriori ai acesteia se consideră ca elemente ale anvelopei clădirii.

Volumul interior total al clădirii se utilizează la determinarea raportului de compactitate al clădirii, A/V .

Volumul util al clădirii – V_u – reprezintă volumul de aer interior al clădirii corespunzător ariei utile A_u a pardoselii spațiului climatizat direct sau indirect al clădirii (aria utilă, A_u , conform STAS 4908-85, reprezintă aria desfășurată A_d , mai puțin aria pereților; nu cuprinde aria logiilor și balcoanelor).

$$V_u = \sum V_j \quad [\text{m}^3] \quad (2.1)$$

Aria de referință a pardoselii este aria utilă a pardoselii tuturor spațiilor încălzite/răcite ale clădirii sau unității de clădire/apartamentului (incluse în anvelopa termică), inclusiv aria proiecției pereților interiori în plan orizontal.

Aria construită A_c , aria desfășurată A_d și aria desfășurată construită la locuințe A_{dc} a clădirii, se consideră cu definițiile date în STAS 4908-85, coroborat cu documentul recomandat ISO 9836.

Ca principiu general, suprafețele elementelor de construcție perimetrale care alcătuiesc împreună anvelopa clădirii, se delimitează față de mediile exterioare prin fețele interioare ale elementelor de construcție (conform prevederilor din C107 și SR EN ISO 13789 – convenția de măsurare a suprafețelor – total interior).

Lungimile punților termice liniare (l) se măsoară în funcție de lungimile lor reale, existente în cadrul ariilor A determinate mai sus; în consecință ele sunt delimitate la extremități de conturul suprafețelor respective.

Punțile termice liniare care trebuie în mod obligatoriu să fie luate în considerare la determinarea parametrilor “ l ” și “ ψ ” sunt, în principal, următoarele:

- îmbinarea dintre pereții exteriori și planșeul de terasă (în zona aticului sau a cornișei);
- îmbinarea dintre pereții exteriori și planșeul de pod (în zona streșinii);
- îmbinarea dintre pereții exteriori și planșeul peste subsolul neîncălzit (în zona soclului);
- îmbinarea dintre pereții exteriori și placa pe sol (în zona soclului);
- colțurile verticale (ieșinde și întrânde) formate la îmbinarea dintre doi pereți exteriori ortogonali;
- punțile termice verticale de la îmbinarea pereților exteriori cu pereții interiori structurali (de ex. stâlpișori din beton armat monolit protejați sau neprotejați, pereții din beton armat adiacenți logiilor, ș.a);

- îmbinarea pereților exteriori cu planșeele intermediare (în zona centurilor și a consolelor din beton armat monolit, ș.a.);
- plăcile continue din beton armat care traversează pereții exteriori la balcoane și logii;
- conturul tâmplăriei exterioare (la buiandrugi, solbancuri și glafuri verticale).

2.1.4. Parametri definitorii pentru caracterizarea higrotermică a materialelor. Parametrii de performanță caracteristici elementelor de anvelopă necesari la evaluarea performanței energetice a clădirilor

Caracteristicile higrotermice ale materialelor de construcție utilizate la evaluarea performanțelor energetice ale clădirilor sunt:

- conductivitatea termică, λ , în $W/(m \cdot K)$;
- căldura specifică masică, c , în $J/(kg \cdot K)$;
- densitatea, ρ , în kg/m^3 ;
- factorul de permeabilitate la vapori de apă/rezistență la vapori de apă, μ .

Conductivitatea termică de calcul este valoarea conductivității termice a unui material sau produs de construcție, în condiții specifice, care poate fi considerată ca fiind caracteristică pentru performanța aceluia material, atunci când este încorporat într-un element de clădire.

Conductivitatea termică de calcul se stabilește pe baza conductivității termice declarate, avându-se în vedere condițiile reale de exploatare referitoare la temperatura și umiditatea materialului (documente recomandate standardele europene *SR EN ISO 10456*, *SR EN 1745* precum și reglementarea tehnică *MP 022-02*).

Pentru condițiile climatice din România, conductivitatea termică de calcul este definită pentru o temperatură medie de $10^{\circ}C$ și o umiditate de exploatare stabilită conform următoarelor convenții:

- pentru materialele ne higroscopice (care nu conțin sau nu păstrează apa de fabricație și nu absorb umiditatea din aer), conductivitatea termică de calcul este conductivitatea termică a materialului aflat în stare uscată;
- pentru materialele higroscopice, conductivitatea termică de calcul este conductivitatea termică corespunzătoare umidității de echilibru a materialului aflat într-un mediu ambiant cu temperatura de $23^{\circ}C$ și umiditatea relativă de 50%.
- pentru materialele termoizolante care conțin în pori alte gaze decât aerul, conductivitatea termică de calcul este conductivitatea termică a materialului aflat în stare uscată, după un interval de timp de îmbătrânire, specific pentru fiecare tip de material.

Factorul rezistenței la permeabilitate la vapori, μ , al unui material este o mărime adimensională care arată de câte ori stratul de material este mai puțin permeabil decât un strat de aer de aceeași grosime. Factorul rezistenței la permeabilitate la vapori este utilizat la verificarea elementelor de clădire componente ale anvelopei clădirii la riscul de condens interstițial.

La evaluarea performanțelor termice ale clădirilor existente, caracteristicile higrotermice de calcul ale materialelor de construcție se vor considera astfel:

- pentru materialele tradiționale aflate în regim normal de exploatare și la care, în urma expertizei termice, nu s-au constatat degradări, conform tabelelor actualizate de valori de proiectare înscrise de autoritatea de reglementare, la propunerea companiilor specializate și asociațiilor profesionale, respectând toate procedurile tehnice prevăzute în standardele și reglementările naționale și internaționale, cu aplicarea coeficienților de majorare din tabelul 2.2.

Conductivitatea termică de calcul a materialului termoizolant se stabilește în funcție de:

- tipul și caracteristicile termotehnice ale materialului termoizolant prevăzut în proiectul inițial;
- deteriorarea caracteristicilor termoizolante ale materialului, produsă în timp, ca urmare a diferiților factori, dar în principal ca urmare a umezirii materialului prin infiltrații și/sau condens interior.

Conductivitatea termică se stabilește concret prin:

- examinarea proiectului inițial;
- identificarea materialului prin sondaje și/sau decopertări locale;
- determinări de laborator ale unor probe extrase “în situ”;
- examinarea stării în care se află materialul (în stare uscată, afectat de condens, igrasie sau infiltrații de apă etc.)

Pentru a ține seama de efectul negativ al umezirii, îmbătrânirii și deteriorării în timp a materialelor care intră în alcătuirea elementelor de construcție și, în special, a materialelor termoizolante, asupra conductivității termice, valorile normate ale acestora vor fi corectate prin multiplicarea cu coeficienții de majorare “a”, care se dau în tabelul 2.2.

$$\lambda = a \cdot \lambda_{\text{normat}} \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \quad (2.3)$$

Coeficientul de majorare aferent unui material de construcții se obține prin multiplicarea coeficientului care depinde de vechimea materialului cu cel mai mare din coeficienții care depind de starea materialului (condens, igrasie, infiltrații).

Tabel 2.2. Coeficienți de majorare a conductivității termice a materialelor de construcție în funcție de starea și vechimea lor

Material	Starea materialului	Coeficient de majorare “a”
1	2	3
Zidărie din cărămidă sau blocuri ceramice	vechime ≥ 30 ani în stare uscată	1,03
	afectată de condens	1,15
	afectată de igrasie	1,30
Zidărie din blocuri de b.c.a sau betoane ușoare; plăci termoizolatoare din b.c.a.	vechime ≥ 20 ani în stare uscată	1,05
	afectată de condens	1,15
	afectată de igrasie	1,30

Material	Starea materialului	Coefficient de majorare "a"
Zidărie din piatră	vechime ≥ 20 ani în stare uscată	1,03
	afectată de condens	1,10
	afectată de igrasie	1,20
Beton armat	afectat de condens/igrasie	1,10
Beton cu agregate ușoare	vechime ≥ 30 ani în stare uscată	1,03
	afectat de condens	1,10
	afectat de igrasie	1,20
Tencuială	vechime ≥ 20 ani în stare uscată	1,03
	afectată de condens	1,10
	afectată de igrasie	1,30
Pereți din paianță sau chirpici	vechime ≥ 10 ani în stare uscată, fără degradări vizibile	1,10
	în stare uscată, cu degradări vizibile (fisuri, exfolieri)	1,15
	afecțați de igrasie, condens	1,30
Vată minerală în vrac, saltele, păsle	vechime ≥ 10 ani în stare uscată	1,15
	afectată de condens	1,30
	în stare umedă datorită infiltrațiilor de apă (în special la acoperișuri)	1,60
Plăci rigide din vată minerală	vechime ≥ 10 ani în stare uscată	1,10
	afectată de condens	1,20
	în stare umedă datorită infiltrațiilor de apă (în special la acoperișuri)	1,30
Polistiren expandat	vechime ≥ 10 ani în stare uscată	1,05
	afectat de condens	1,10
	în stare umedă datorită infiltrațiilor de apă (în special la acoperișuri)	1,15
Polistiren extrudat	vechime ≥ 10 ani în stare uscată	1,02
	afectat de condens	1,05
	în stare umedă datorită infiltrațiilor de apă (în special la acoperișuri)	1,10
Poliuretan rigid	vechime ≥ 10 ani în stare uscată	1,10

Material	Starea materialului	Coeficient de majorare "a"
	afectat de condens	1,15
	în stare umedă datorită infiltrațiilor de apă (în special la acoperișuri)	1,25
Spumă de poliuretan aplicată în situ	vechime ≥ 10 ani în stare uscată	1,15
	cu degradări vizibile datorită expunerii la radiațiile UV	1,20
	în stare umedă datorită infiltrațiilor de apă (în special la acoperișuri)	1,25
Elemente din lemn	vechime ≥ 10 ani în stare uscată, fără degradări vizibile	1,10
	în stare uscată, cu degradări vizibile (fisuri, microorganisme)	1,20
	în stare umedă	1,30
Plăci din aşchii de lemn liate cu ciment	vechime ≥ 10 ani în stare uscată	1,10
	afectate de condens	1,20
	în stare umedă datorită infiltrațiilor de apă (în special la acoperișuri)	1,30

- pentru materialele la care, în urma expertizei termice, s-a constatat creșterea umidității peste umiditatea de echilibru, conductivitatea termică de calcul se va stabili astfel:
 - prin conversia conductivității de calcul corespunzătoare regimului normal de exploatare la condițiile reale constatate conform *SR EN ISO 10456, MP 022-02*, atunci când se dispune de date privind umiditatea reală a materialului;
 - prin utilizarea coeficienților de majorare a conductivității termice prezentați în tabelul de mai sus atunci când nu se dispune de date privind umiditatea reală a materialului;
- pentru alte materiale, care nu sunt cuprinse în tabelele actualizate de valori de proiectare însoțite de autoritatea de reglementare, la propunerea companiilor specializate și asociațiilor profesionale, conductivitatea termică de calcul se va stabili pe baza conductivității termice declarate de producător (documente recomandate standardele europene *SR EN ISO 10456, SR EN 1745* precum și reglementarea tehnică *MP 022-02*), luându-se în considerare condițiile reale de exploatare.

Nota 1: În mod particular, standardul precizează că, dacă setul de condiții utilizat pentru valorile declarate, măsurate sau tabelare, poate fi considerat adecvat pentru aplicația respectivă, aceste valori pot fi utilizate direct ca valori de proiectare. De exemplu: pentru o zidărie din blocuri ceramice optimizată din punct de vedere energetic, se pune la dispoziție de către producător o măsurare directă a conductivității termice a materialului (conform *SR EN ISO 8990*), măsurare făcută cu cutia caldă gardată și calibrată, de către un laborator de încercări autorizat, în condiții similare cu cele de calcul energetic al clădirii, atunci, practic, acea valoare măsurată ar putea fi utilizată direct ca valoare de proiectare.

Nota 2: Pentru zidăriile din blocuri de BCA, la clădirile noi, se va opera în calculele termotehnice cu valorile corectate ale conductivității termice, conform prevederilor din MP022-2/2002.

Parametrii de performanță caracteristici elementelor de anvelopă, necesari pentru evaluarea performanței energetice a clădirilor sunt :

- rezistențe termice totale unidirecționale (R), respectiv transmitanțe termice unidirecționale (U),
- rezistențe termice (R'), respectiv transmitanțe termice (U') totale corectate cu efectul punților termice; raportul dintre rezistența termică totală corectată și rezistența termică totală unidirecțională este coeficientul de reducere a rezistenței termice totale, unidirecționale (r),
- rezistențe termice corectate, medii, pentru fiecare tip de element de clădire perimetral, pe ansamblul clădirii (R'_m);
- rezistență termică corectată, medie, a anvelopei clădirii (R'_M); respectiv transmitanță termică corectată, medie, a anvelopei clădirii (U'_M);
- transmitanța termică liniară a punților termice liniare, medie, a anvelopei clădirii ψ_m [$W/(m \cdot K)$].
- transmitanța termică punctuală a punților termice punctuale, medie, a anvelopei clădirii χ_m [W/K].

Alți parametri utilizați sunt:

- indicele de inerție termică D ,
- rezistența la difuzia vaporilor de apă,
- coeficienții de stabilitate termică pentru elemente de clădire (coeficientul de amortizare ν_T , coeficientul de defazaj ε , coeficientul de stabilitate Φ_i); pentru determinarea stabilității termice a încăperilor se calculează amplitudinea de oscilație a aerului interior A_{Ti} ;
- coeficientul de absorbție a suprafeței corelat cu culoarea și starea suprafeței,
- factorul solar pentru vitraje, g ,
- raportul de vitrare $v = A_{\text{tamplarie exterieara}} / (A_{\text{opacă pereti exteriori}} + A_{\text{tamplarie exterieara}})$

Se determină următorii parametri:

- Rezistențele termice unidirecționale (R) și rezistențele termice corectate ale elementelor anvelopei clădirii (R'), respectiv transmitanțele termice corectate (U') - cu luarea în considerare a influenței punților termice, permițând :
 - compararea valorilor calculate pentru fiecare încăpere în parte, cu valorile normate: rezistențele termice, minime necesare din considerente igienico-sanitare și de confort (R'_{nec});
 - compararea valorilor calculate pe ansamblul clădirii (R'_m), cu valorile normate/de referință: rezistențele termice minime, normate, stabilite în mod convențional, în scopul economisirii energiei în exploatare (R'_{min}); respectiv compararea valorilor calculate pe ansamblul clădirii (U'_m), cu transmitanțele termice maxime, normate/de referință, stabilite în mod convențional, în scopul economisirii energiei în exploatare (U'_{max});
- Rezistența termică corectată, medie, a anvelopei clădirii (R'_M); respectiv transmitanța termică corectată, medie, a anvelopei clădirii (U'_M); acești parametri se utilizează pentru determinarea

consumului anual de energie total și specific (prin raportare la aria de referință a pardoselii) pentru încălzirea spațiilor la nivelul sursei de energie a clădirii - conform prevederilor din Metodologie referitoare la Auditul și certificatul de performanță energetică ale clădirii;

- Temperaturile pe suprafețele interioare ale elementelor de clădire, permițând :
 - verificarea riscului de condens superficial, prin compararea temperaturilor minime θ_{si} cu temperatura punctului de rouă θ_r și calculul factorului de temperatură superficială f_{Rsi} conform *SR EN ISO 13788* și compararea acestuia cu valoarea critică, funcție de umiditatea relativă a aerului interior și temperatura aerului exterior;
 - verificarea condițiilor de confort interior, prin asigurarea indicilor globali de confort termic PMV și PPD.

Pentru a se evita pierderile termice excesive și problemele locale de formare a condensului pe suprafețele reci, trebuie să se acorde atenție asigurării continuității izolației și limitării punților termice locale, de exemplu în jurul ferestrelor, ușilor și altor deschideri în anvelopa clădirii, la intersecțiile dintre elemente de construcție și în alte locuri (de exemplu punți termice străpunse). În general, punțile termice nu trebuie să prezinte riscul de condensare la suprafață sau interstițială și nici să favorizeze dezvoltarea mușgaiurilor, în acest sens fiind obligatorie verificarea cerinței în condiții de referință / de proiectare.

Pentru evitarea riscului de apariție a unor fenomene legate de confortul interior și condițiile minime igienico-sanitare, se atrage atenția asupra importanței efectuării următoarelor verificări :

- evaluarea comportării elementelor de construcție perimetrale la fenomenul de condens superficial;
- evaluarea comportării elementelor de construcție perimetrale la difuzia vaporilor de apă;
- evaluarea stabilității termice a elementelor de construcție perimetrale și a încăperilor.

Influența punților termice asupra necesarului de energie se ia în considerare prin corectarea rezistențelor termice unidirecționale R , respectiv a transmitanțelor termice unidirecționale U cu valorile transmitanțelor termice liniare ψ și punctuale χ și astfel obținând valorile corectate R' și U' .

Fizic, condiția de evitare a riscului de condens superficial este ca valoarea temperaturii superficiale minime să nu coboare sub temperatura punctului de rouă, $\theta_{si} > \theta_r$.

Cei doi parametri nu reflectă doar caracteristicile constructive al punții termice, ci depind și de o serie de parametri variabili: temperatura interioară, temperatura aerului exterior, umiditatea relativă a aerului interior. Acest lucru face dificilă utilizarea acestui parametru într-un material de tip catalog.

A apărut propunerea de utilizare a factorului de temperatură pentru aprecierea riscului de condens superficial în zona punților termice, introducând un criteriu care poate fi exprimat prin valori ale parametrilor caracteristici punților termice, rezistența termică în câmp, R , și în dreptul punții R_{min} . Acest parametru, care poate fi definit și ca un indicator al nivelului de izolare termică, poate fi calculat în orice punct al anvelopei, inclusiv în zona de rezistență termică minimă din dreptul

punții termice. În aceste condiții, fiecare tip de punte poate fi caracterizată prin valoarea coeficientului ψ și a factorului de temperatură, f_{Rsi} .

Factorul de temperatură superficială, f_{Rsi} , este definit cu relația:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} = \frac{R - R_{si}}{R} \quad (2.4)$$

Astfel, cu ajutorul acestui factor, se apreciază că nu există risc de condens superficial dacă:

$$f_{Rsi} > f_{Rsi, critic}$$

Acest factor a fost introdus în reglementarea românească prin ORDIN MDRT nr. 1590/24.08.2012 pentru modificarea și completarea Părții a 3-a - Normativ privind calculul performanțelor termoenergetice ale elementelor de construcție ale clădirilor, indicativ C 107/3, din cadrul Reglementării tehnice "Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor", indicativ C107- Anexa K: Catalog cu punți termice specifice clădirilor (publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 650bis/12.IX.2012).

Apare problema valorii critice a factorilor de temperatură, respectiv a valorilor sub care este posibilă apariția condensului; aceste valori depind de parametrii caracteristici mediului interior, dar și de condițiile de climat exterior, ca urmare, sunt diferite de la o țară la alta.

Pentru condiții specifice României, valorile critice ale factorului temperaturii superficiale sunt prezentate în fig. 2.3. Umiditatea relativă maximă la care apare riscul de condens este în funcție de valoarea factorului de temperatură superficială și temperatura aerului exterior. Temperatura interioară a fost considerată $\theta_i = 20^\circ \text{C}$.

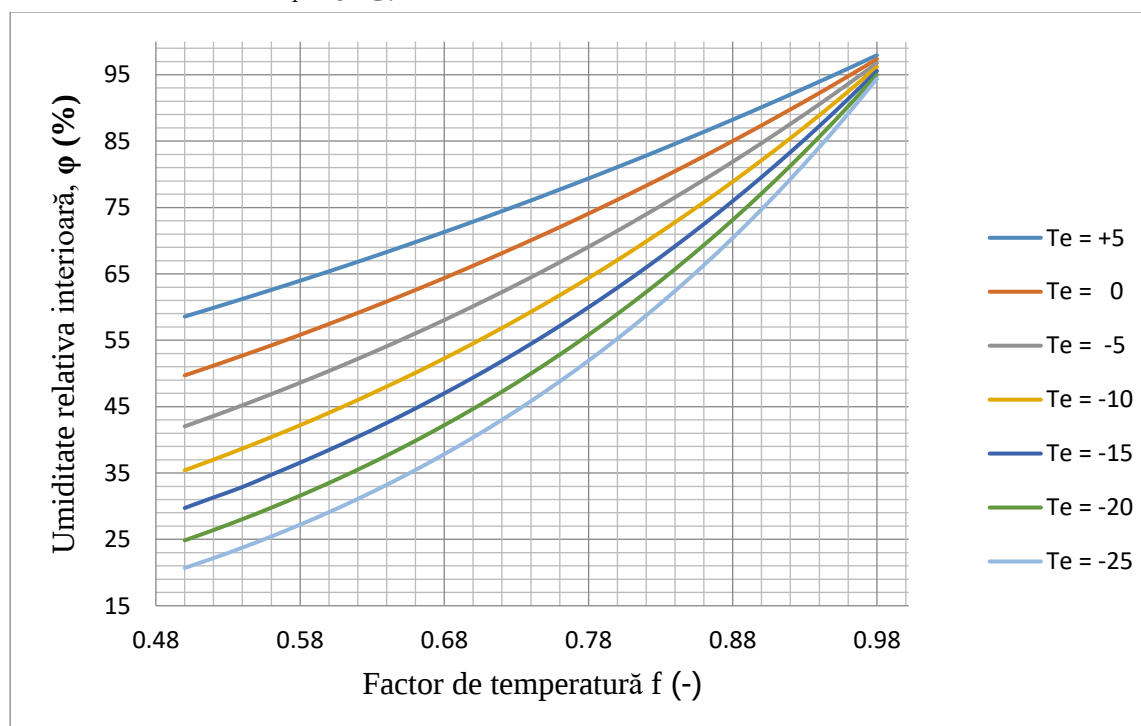


Figura 2.3. Valorile critice ale factorului de temperatură funcție de umiditatea relativă a aerului interior și temperatura aerului exterior.

Tabel 2.3. Valori ale umidității relative limită de evitare a condensului superficial pentru diferite valori ale factorului de temperatură superficială și ale temperaturii aerului exterior ($\theta_i = 20^\circ\text{C}$)

f_{Rsi}	$\theta_e^\circ\text{C}$							
	+5°C	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	-20°C	-25°C	-30°C
0.50	58.57	49.71	42.03	35.41	29.73	24.85	20.70	17.16
0.52	59.89	51.18	43.59	37.02	31.32	26.41	22.18	18.56
0.54	61.23	52.69	45.21	38.68	32.89	28.05	23.76	20.06
0.56	62.59	54.23	46.88	40.41	34.73	29.77	25.44	21.67
0.58	63.97	55.82	48.60	42.20	36.56	31.59	27.22	23.38
0.60	65.38	57.45	50.37	44.07	38.47	33.50	29.10	25.22
0.62	66.82	59.12	52.20	46.01	40.46	35.51	31.10	27.18
0.64	68.29	60.83	54.09	48.02	42.55	37.63	33.22	29.27
0.66	69.79	62.58	56.04	50.10	44.73	39.86	35.46	31.50
0.68	71.31	64.38	58.05	52.27	47.01	42.21	37.84	33.87
0.70	72.87	66.23	60.13	54.52	49.38	44.67	40.35	36.41
0.72	74.45	68.12	62.26	56.85	51.86	47.25	43.01	39.11
0.74	76.06	70.06	64.47	59.27	54.45	49.97	45.82	41.98
0.76	77.71	72.04	66.74	61.78	57.15	52.83	48.79	45.03
0.78	79.38	74.08	69.08	64.38	59.97	55.82	51.93	48.27
0.80	81.09	76.16	71.49	67.08	62.91	58.96	55.24	51.93
0.82	82.82	78.29	73.98	69.88	65.97	62.26	58.74	55.39
0.84	84.60	80.48	76.54	72.78	69.17	65.72	62.43	59.27
0.86	86.40	82.72	79.18	75.78	72.50	69.35	66.32	63.40
0.88	88.24	85.02	81.90	78.89	75.97	73.14	70.41	67.77
0.90	90.11	87.37	84.70	82.11	79.58	77.12	74.73	72.41
0.92	92.02	89.78	87.59	85.44	83.34	81.29	79.28	77.32
0.94	93.96	92.24	90.55	88.89	87.26	85.65	84.07	82.52
0.96	95.93	94.77	93.61	92.47	91.34	90.22	89.12	88.02
0.98	97.95	97.35	96.76	96.17	95.58	95.00	94.42	93.84

Pentru o valoare φ_i impusă și pentru diferite valori ale temperaturii aerului exterior θ_e , se poate afla care este valoarea $f_{Rsi \min}$, astfel încât să nu existe risc de condens superficial. De exemplu, pentru $\theta_e = -15^\circ\text{C}$ și $\varphi_i = 60\%$, din tabel rezultă că trebuie ca $f_{Rsi} > 0,78$ pentru evitarea riscului de condens superficial.

Utilizarea factorului de temperatură superficială pentru verificarea riscului de condens a fost introdusă în SR EN ISO 13788. În România criteriul de evaluare a riscului de condens superficial și al mucegaiului este factorul temperaturii superficiale care reflectă nivelul de izolare în diferite zone ale anvelopei.

- ▶ pentru a evita apariția mucegaiului: $f_{Rsi} > 0,77$ (0,80)
- ▶ pentru evitarea riscului de condens: $f_{Rsi} > 0,70$

Pentru proiectarea corectă a clădirilor noi și a soluțiilor de renovare energetică pentru clădirile existente, este necesar din acest punct de vedere ca valoarea factorului de temperatură superficială să nu prezinte valori mai mici de 0,80 în nici un punct al anvelopei.

2.2. Cerințe minime de performanță termică și energetică

Aplicarea cerințelor minime de performanță energetică la clădirile noi (NZEB) și la unitățile acestora, precum și la clădirile existente, unitățile de clădire și elementele care alcătuiesc anvelopa clădirii supusă unor lucrări de renovare majoră/aprofundată, precum și în cazul instalării/înlocuirii/modernizării sistemelor tehnice ale clădirilor, se face conform legislației în vigoare.

Cerințele minime de performanță energetică pentru elementele de clădire care fac parte din anvelopa clădirii, precum și pentru ansamblul clădirii, denumite în continuare *cerințe minime*, sunt stabilite diferențiat pentru clădirile noi (NZEB) și existente, precum și pe tipuri de clădiri (rezidențiale și nerezidențiale).

Aceste cerințe se grupează după schema următoare:

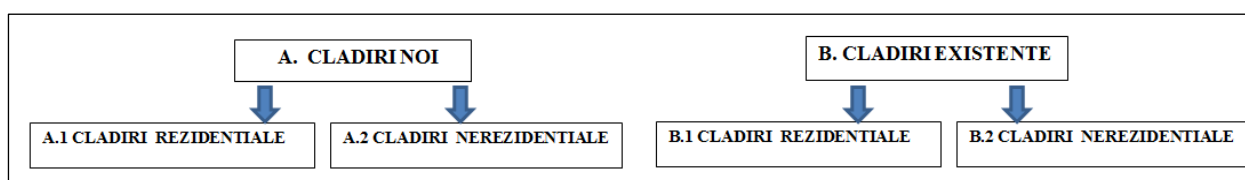


Figura 2.4. Schema cerințelor minime

Cerințele minime (obligatorii) precizate în continuare în metodologie, țin seama de asigurarea condițiilor de climat interior confortabil și sănătos, inclusiv de calitatea corespunzătoare a aerului interior (pentru a preveni eventualele efecte negative cum sunt ventilarea necorespunzătoare), condițiile locale, destinația dată în proiect și vechimea clădirii.

2.2.1. Cerințe minime de performanță energetică pentru clădiri noi (NZEB)

Toate clădirile noi, pentru care recepția la terminarea lucrărilor se efectuează în baza autorizației de construire emise începând cu 31 decembrie 2020, vor fi clădiri al căror consum de energie este aproape egal cu zero (NZEB).

Clădirea cu consum de energie aproape de zero, NZEB, este definită (conform EPBD și legii 372/2005, republicată în 23 septembrie 2020, cu modificările și completările ulterioare) ca o clădire cu o performanță energetică foarte ridicată, caracterizată de un consum de energie pentru asigurarea performanței energetice foarte scăzut, aproape egal cu zero, acoperit inclusiv cu energie din surse regenerabile produsă la fața locului sau în apropiere, în proporție de minimum 30% (proporție stabilită în România prin procedura de definire a cerințelor minime, în conformitate cu prevederile art. 4 și art. 5 ale Directivei 2010/31/UE).

Cerințele specifice clădirilor NZEB sunt stabilite în funcție de categoria clădirii și de zona climatică. Sunt precizate valorile maxim admise pentru consumul de energie primară exprimat în kWh/m²,an și pentru emisiile de CO₂ exprimate în kg/m²,an. Contribuția din surse regenerabile în consumul de energie primară livrată clădirii este exprimată în % din energia primară totală.

Pentru clădirile noi (NZEB)/ansamblurile de clădiri noi (NZEB), se va întocmi un raport privind cerințele minime de conformare a unei clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero, parte a proiectului de autorizare a construcției și prin care se evaluează încadrarea performanțelor clădirii în cerințele minime de performanță energetică. Raportul de conformare NZEB se poate baza pe concluziile studiului privind fezabilitatea tehnică, economică și din punct de vedere al mediului înconjurător a utilizării sistemelor alternative de înaltă eficiență, stabilind cea mai bună soluție tehnico-economică de furnizare din surse regenerabile a minim 30% din consumul de energie primară. Studiul cu privire la fezabilitatea utilizării sistemelor alternative, parte a studiului de fezabilitate (SF) sau a documentației de avizare a lucrărilor de intervenții (DALI), se poate integra în raportul de conformare NZEB (rezultând un studiu unic privind fezabilitatea utilizării sistemelor alternative de înaltă eficiență și cerințele minime de conformare a unei clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero).

În tabelul următor este detaliat modul de aplicare a prevederilor legale privind întocmirea:

- Studiului privind fezabilitatea din punct de vedere tehnic, economic și al mediului înconjurător a utilizării sistemelor alternative de înaltă eficiență (denumit pe scurt Studiul SRE; SRE-surse regenerabile de energie)
- Raportului privind cerințele minime de conformare a unei clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero (denumit pe scurt Raportul de conformare NZEB; NZEB-nearly zero energy building)
- Raportului de audit energetic (denumit pe scurt RAE)

TIP CLĂDIRI		SE ÎNTOCMEȘTE ...	CONFORM ...	LA FAZA:
CLĂDIRI NOI & EXTINDERI de clădiri existente	cu SF (fonduri publice, private, mixte)	STUDIUL SRE conform L372/2005 & H907/2016	RAPORT NZEB conform Mc001 REVIZUITĂ	SF ¹⁾
	fără SF (fonduri private)	X	RAPORT NZEB conform Mc001 REVIZUITĂ	DTAC ²⁾
CLĂDIRI EXISTENTE, ÎN RENOVARE	cu DALI (fonduri publice, private, mixte)	STUDIUL SRE conform L372/2005 & H907/2016	RAE conform Mc001 REVIZUITĂ	DALI ³⁾
	fără DALI (fonduri private)	X	RAE conform Mc001 REVIZUITĂ	DTAC

1) SF= studiu de fezabilitate

2) DALI=documentația de avizare a lucrărilor de intervenții

3) DTAC=documentația tehnică pentru autorizarea executării lucrărilor de construire

Studiul privind fezabilitatea tehnică, economică și din punct de vedere al mediului înconjurător a utilizării sistemelor alternative de înaltă eficiență are conținutul cadru precizat mai jos. Acest studiu se prezintă separat de SF, anexat acestuia conform articol 3.4 din anexa 4 la Hotărârea nr. 907/2016 privind etapele de elaborare și conținutul-cadru al documentațiilor tehnico-economice aferente obiectivelor/proiectelor de investiții finanțate din fonduri publice.

CONȚINUTUL CADRU AL STUDIULUI PRIVIND FEZABILITATEA DIN PUNCT DE VEDERE TEHNIC, ECONOMIC ȘI AL MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR A UTILIZĂRII SISTEMELOR ALTERNATIVE DE ÎNALTĂ EFICIENȚĂ

1-COPERTA (cu datele prestatorului și ale beneficiarului, număr contract, data etc.)

2-FOAIE DE SEMNĂTURI CU PARTICIPANȚII LA ÎNTOCMIREA STUDIULUI (echipa de lucru va include obligatoriu un auditor energetic gradul I C&I și un proiectant de instalații pentru construcții)

A. PIESE SCRISE

3-GENERALITĂȚI / INTRODUCERE

(scopul lucrării și justificarea legală, lista de acte normative aplicabile ...)

4-DESCRIEREA OBIECTIVULUI

(anvelopa, structura & instalații; asigurarea din punct de vedere tehnic și funcțional a cerințelor fundamentale aplicabile, astfel cum sunt prevăzute la art. 5 alin. (1) din Legea nr. 10/1995)

5-ANALIZA POTENȚIALULUI LOCAL PRIVIND UTILIZAREA SURSELOR ALTERNATIVE ȘI ADAPTAREA SCHEMELOR DE PRINCIPIU PENTRU FURNIZAREA UTILITĂȚILOR; ALEGEREA SOLUȚIILOR FEZABILE DIN PUNCT DE VEDERE TEHNIC

(descrierea soluțiilor care implementează surse alternative de eficiență ridicată, scheme de principiu; se analizează surse descentralizate de alimentare cu energie bazate pe surse regenerabile de energie, de cogenerare/trigenerare, surse centralizate de încălzire sau de răcire ori de bloc, pompe de căldură, schimbătoare de căldură sol-aer, recuperatoare de căldură ș.a)

6-DETERMINAREA CONSUMURILOR DE ENERGIE ÎN SITUAȚIA UTILIZĂRII SURSELOR ALTERNATIVE (INDIVIDUAL SAU CUPLATE) ȘI IMPACTUL ASUPRA MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR

(calcul consumuri cu și fără surse alternative utilizând Mc001, calcul emisii CO₂ cu și fără surse alternative, alte influențe negative posibile asupra mediului ...)

7-ANALIZA ECONOMICĂ A VARIANTELOR FEZABILE TEHNIC ȘI ÎNCADRAREA ÎN NIVELUL OPTIM, DIN PUNCTUL DE VEDERE AL COSTURILOR, A CERINȚELOR MINIME DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ (se va utiliza metoda costului global optim)

8-CONCLUZIILE PROIECTANTULUI PRIVIND FEZABILITATEA UTILIZĂRII SISTEMELOR ALTERNATIVE DE ÎNALTĂ EFICIENȚĂ (rezultate prezentate sintetic/tabelar cu consumuri de energie, emisii echivalente CO₂, costuri, ierarhizare variante și recomandările elaboratorilor)

9- ANEXE (exemple de fișe tehnice ale echipamentelor SRE etc.)

B. PIESE DESENATE

Raportul privind cerințele minime de conformare a unei clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero include verificarea cerințelor NZEB definite conform Mc001-revizuită și are conținutul cadru de mai jos. Acest raport se întocmește pentru orice tip de clădire nouă din categoriile pentru care este definit conceptul NZEB conform Mc001-revizuită și se va utiliza la AUTORIZAREA CONSTRUCȚIEI; raportul se poate prezenta independent dacă nu se întocmește SF, sau anexat SF conform articol 3.4 din anexa 4 la Hotărârea nr. 907/2016 privind etapele de elaborare și conținutul-cadru al documentațiilor tehnico-economice aferente obiectivelor/proiectelor de investiții finanțate din fonduri publice.

CONȚINUTUL CADRU AL RAPORTULUI PRIVIND CERINȚELE MINIME DE CONFORMARE A UNEI CLĂDIRI CU CONSUM DE ENERGIE APROAPE EGAL CU ZERO (NZEB)

1-COPERTA (cu datele prestatorului și ale beneficiarului, număr contract, data etc.)

2-FOAIE DE SEMNATURI CU PARTICIPANȚII LA ÎNTOCMIREA RAPORTULUI
(echipa de lucru va include obligatoriu un auditor energetic gradul I C&I)

A. PIESE SCRISE

3-GENERALITĂȚI / INTRODUCERE

(scopul lucrării și justificarea legală, lista de acte normative aplicabile ...)

4-DESCRIEREA OBIECTIVULUI

(anvelopa, structura & instalații; asigurarea din punct de vedere tehnic și funcțional a cerințelor fundamentale aplicabile, astfel cum sunt prevăzute la art. 5 alin. (1) din Legea nr. 10/1995)

5-CERINȚE MINIME DE PERFORMANȚĂ PENTRU ELEMENTELE ANVELOPEI CLĂDIRII

(breviar de calcul termotehnic prin care se verifică condițiile privind valorile rezistentelor termice ale elementelor de construcții care formează envelopa clădirii, influența punților termice)

6-CERINȚE MINIME DE PERFORMANȚĂ ENERGETICĂ ȘI IMPACTUL ASUPRA MEDIULUI ÎNCONJURĂTOR

(breviar de calcul pentru determinarea consumurilor de energie primară totală, considerând cazul utilizării surselor alternative, inclusiv determinarea emisiilor de CO₂ și compararea cu valorile limită indicate în Mc001-revizuită)

7-CERINȚE MINIME PRIVIND UTILIZAREA SURSELOR REGENERABILE DE ENERGIE

(breviar de calcul pentru a determina consumul de energie primară asigurat din surse regenerabile-indicatorul RER)

8-ALTE CERINȚE MINIME DE CONFORMARE "NZEB"

(nivel de permeabilitate, nivel de ventilare etc.)

9-CONCLUZIILE AUDITORULUI ENERGETIC

(se prezintă sintetic, eventual tabelar și în format CPE - preliminar, valorile calculate ale cerințelor minime de conformare a unei clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero - NZEB)

10-ANEXE (fișe tehnice ale echipamentelor selectate etc.)

B. PIESE DESENATE

Notă:

Concluzia unui raport privind cerințele minime de conformare a unei clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero poate fi și aceea că realizarea unei anumite clădiri NZEB nu este fezabilă din punct de vedere economic (exemplu: la extinderea unei clădiri existente, noua clădire poate să nu îndeplinească cerințele minime NZEB dacă nu este fezabil din punct de vedere economic).

Monitorizarea respectării tuturor cerințelor minime de performanță energetică specifice clădirilor NZEB, respectiv clădirilor renovate se face de către instituțiile abilitate ale statului, cu respectarea prevederilor legale. Documentele obligatorii în etapele de verificare a conformării clădirilor din punct de vedere energetic sunt:

- pentru clădirile noi (NZEB) la nivelul autorizării construcției, studiul privind cerințele minime de conformare a unei clădiri NZEB;
- pentru clădirile noi (NZEB) în etapa recepției la finalizarea lucrărilor de execuție, certificatul de performanță energetică;
- pentru clădirile renovate, în etapa autorizării lucrărilor de renovare, raportul de audit energetic;
- pentru clădirile renovate, la recepția la finalizarea lucrărilor de renovare, certificatul de performanță energetică.

Se va acorda atenție următoarelor aspecte:

- prevederea straturilor termoizolante continuu pe conturul anvelopei clădirilor,
- asigurarea unor detalii de îmbinare a elementelor care alcătuiesc anvelopa termică astfel încât influența punților termice, cuantificată prin transmitanțele termice liniare și punctuale, să fie atenuate (valoarea a transmitanței termice liniare medii la nivelul anvelopei clădirii $\psi_{med} < 0,15$ W/mK),
- montarea corespunzătoare în peretele opac a tâmplăriei exterioare performante, în scopul minimizării efectului de punte termică,
- minimizarea infiltrațiilor (scurgerilor) de aer prin zonele de neetanșitate ale clădirii, respectiv prevederea unui strat continuu de etanșare la aer.

La clădirile rezidențiale noi (NZEB) se recomandă prevederea sistemelor de ventilare cu recuperarea căldurii cu eficiența nominală $\geq 75\%$ și consumul specific electric $\leq 0,15...0,30$ Wh/m³ iar la clădirile nerezidențiale noi (NZEB) se impune introducerea sistemelor de ventilare mecanică cu recuperarea căldurii cu eficiența nominală $\geq 75\%$ și consumul specific electric $\leq 0,15...0,30$ Wh/m³.

Pentru sistemele de încălzire, răcire, preparare și consum a.c.c., și iluminat ale clădirilor rezidențiale sau nerezidențiale, noi sau renovate, se vor utiliza doar echipamente de instalații ale căror caracteristici tehnice și energetice respectă reglementările naționale și/sau regulamentele europene de proiectare ecologică, acolo unde există; dacă pentru anumite echipamente de instalații nu există reglementări naționale sau regulamente europene de proiectare ecologică care să conțină cerințe minime de performanță, atunci cerințele minime de performanță energetică ale acestora se vor stabili ca medie aritmetică a minim 3 produse similare tehnic, existente pe piață.

Notă:

Performanța energetică a unei clădiri reprezintă o fațetă a sustenabilității acesteia, conferind calitățile și capacitățile clădirii de a atenua impactul mediului înconjurător. Și reciprocă este valabilă, astfel, devine foarte important și impactul construcției asupra mediului înconjurător, inclusiv asupra mediului construit existent. Abordarea în contextul implementării conceptului NZEB devine complexă, având în vedere diversitatea parametrilor care intră în analiză, și:

- se răsfrânge asupra întregului ciclu de viață al clădirilor,
- se adresează tuturor etapelor care intervin în existența unei construcții, prin managementul întregului proces (concept, proiectare în toate fazele sale, execuție, exploatare, post-utilizare – reutilizare, reciclare).

- se referă la posibilitățile de intervenție aflate în reglarea proiectantului-arhitect (încă) din faza de concept, astfel conformarea arhitecturală constituind un răspuns pasiv la solicitările mediului.

Conceptul arhitectural al unei clădiri noi se bazează obligatoriu, în contextul actual al încălzirii globale, al schimbărilor climatice caracterizate de fenomene meteorologice extreme, pe o abordare analitică și se referă la: conformarea geometrică, raportul arie anvelopă / volum închis, respectarea în cazul clădirilor rezidențiale a prevederilor prevăzute în Legea locuinței privind ariile minime ale încăperilor și poziția acestora în raport cu orientarea cardinală, asigurarea unui nivel de asigurare a luminii naturale corespunzător utilizării încăperilor prin aria vitrată prevăzută, dimensiunile și proporțiile încăperilor, orientarea cardinală, evaluarea impactului exercitat de construcție prin poziționarea în sit, în relație cu mediul construit existent (distanțe impuse față de vecinătăți, înălțimea clădirilor etc.), din punct de vedere al asigurării însoririi, din punct de vedere al securității la incendiu, evaluarea necesității prevederii dispozitivelor de protecție solară.

2.2.1.1. Clădiri rezidențiale NZEB

Pentru clădirile rezidențiale noi (NZEB), cerințele minime pentru proiectarea clădirilor din punct de vedere energetic sunt structurate astfel:

- pe elementele de construcție care fac parte din anvelopa clădirii, unde cerința minimă este rezistența termică corectată minimă pentru fiecare element al clădirii, R'_{min} [m^2K/W], respectiv transmitanța termică corectată maximă a acestora, U'_{max} [$W/(m^2K)$] conform tabel 2.4.; se va respecta condiția: $R'_m \geq R'_{min}$ pentru fiecare element de clădire, respectiv, $U' \leq U'_{max}$ [$W/(m^2K)$]
- pe ansamblul clădirii, unde cerințele minime sunt:
 - a) valorile limită maxim admise ale consumului total de energie primară (din surse regenerabile și neregenerabile) – conform tabel 2.10a
 - b) valorile limită maxim admise ale emisiilor echivalente de CO_2 – conform tabel 2.10a
 - c) energia primară totală consumată să fie produsă în proporție de minim 30%, cu energie din surse regenerabile, inclusiv cu energie din surse regenerabile produsă la fața locului sau în apropiere, pe o rază de 30 de km față de coordonatele GPS ale clădirii.

Tabel 2.4 Rezistențe termice corectate minime (valori normate/de referință) pentru clădiri rezidențiale NZEB

ELEMENT DE ANVELOPĂ	R'_{min} [m^2K/W]	U'_{max} [W/m^2K]
Pereți exteriori (exclusiv suprafețele vitrate, inclusiv pereții adiacenți rosturilor deschise)	4,00	0,25 ¹⁾
Tâmplărie exterioară	1,11	0,90 ²⁾
Planșee peste ultimul nivel, sub terase sau poduri	6,67	0,15 ¹⁾
Planșee peste subsoluri neîncălzite și pivnițe	3,40	0,29 ¹⁾
Pereți adiacenți rosturilor închise	1,50	0,67 ¹⁾
Planșee care delimitează clădirea la partea inferioară, de exterior (la bowindowuri, ganguri de trecere, ș.a.)	5,00	0,20 ¹⁾

ELEMENT DE ANVELOPĂ	R'_{min} [m ² K/W]	U'_{max} [W/m ² K]
Plăci pe sol (peste cota terenului sistematizat - CTS)	5,00	0,20 ¹⁾
Plăci la partea inferioară a demisolurilor sau a subsolurilor încălzite (sub CTS)	5,30	0,19 ¹⁾
Pereți exteriori, sub CTS, la demisolurile sau la subsolurile încălzite	3,40	0,29 ¹⁾

Nota

- 1) Rezistența termică poate fi redusă în cazurile în care montarea termoizolației este limitată din considerente tehnico-economice justificate în studiul de conformare NZEB.
- 2) Sunt obligatorii măsurile pentru asigurarea ventilării corecte a clădirii (exemplu: aplicarea unui concept de ventilare care poate include grile higroreglabile pentru asigurarea necesarului de aer proaspăt); valoarea este dată pentru fereastra montată, prevăzută sau nu cu dispozitive de protecție solară.

În cazul clădirilor rezidențiale NZEB pentru care nu se pot respecta cerințele minime pentru unul sau mai multe elemente ale clădirii, adică atunci când $R'_m < R'_{min}$, de exemplu la calcanele învecinate cu alte clădiri, este obligatorie numai îndeplinirea condițiilor din tabelul 2.10a și a celor privind confortul higrotermic.

Pentru elementele vitrate ale clădirilor rezidențiale, care fac parte din anvelopa clădirii, unde, pe lângă transmitanța termică corectată maximă a acestora, este necesară și cerința de alegere a unui factor solar optim, se recomandă:

- a) în cazul în care există sisteme de umbrire exterioare, cu ajutorul cărora se poate regla cantitatea de energie solară incidentă pe vitraj, factorul solar g se recomandă să fie mai mare de 0,50;
- b) în cazul în care se folosesc vitraje cu factor solar g scăzut (tabel 2.5. - factorul solar g al vitrajului în funcție de expunerea vitrajului la radiația solară și de zona climatică) nu mai sunt necesare elemente exterioare de umbrire.

Notă: factorul solar g reprezintă fracția din energia solară incidentă, care trece prin elementul vitrat.

Sunt considerate expuse la radiația solară vitrajele care au orientarea cuprinsă în unghiul AOB indicat cu albastru, din figura 2.5 :

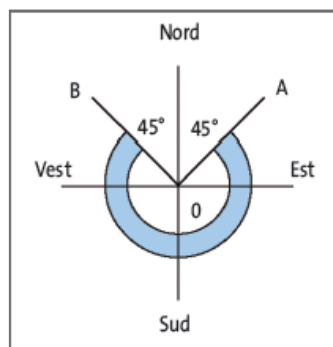


Figura 2.5. Orientarea vitrajelor expuse la radiația solară

Factorul solar g optim se alege în funcție de mai mulți factori, cum ar fi:

- minimizarea energiei necesare pe perioada unui an pentru încălzire + răcire;
- ponderea ariei vitrate în cadrul anvelopei.

Prin alegerea unui factor solar optim, dimensionarea instalațiilor de încălzire, ventilare și condiționare va fi de asemenea optimă.

Tabel 2.5. Factorul solar g al elementelor vitrate din anvelopa clădirilor rezidențiale (valori recomandate)

Factor solar, g - elemente vitrate					
Orientare elemente vitrate	Zona climatică				
	I	II	III	IV	V
Expuse la radiația solară	0,30 ÷ 0,37	0,33 ÷ 0,43	0,37 ÷ 0,47	0,43 ÷ 0,50	> 0,50

Pentru vitrajele care nu sunt expuse la radiația solară directă, factorul solar g poate fi > 0,50 indiferent de zona climatică.

Dacă se dorește același aspect al vitrajelor pe toate orientările, vitrajul ales pentru orientarea expusă la radiația solară directă se poate pune și pe orientarea neexpusă la radiația solară directă.

Valorile normate pentru aprecierea stabilității termice la clădirile de locuit sunt indicate în tabelele următoare.

Tabel 2.6a. Stabilitatea termică a elementelor de construcție

ELEMENTUL DE CONSTRUCȚIE		VALORI MINIME		
		v_T	ε	Φ_i
		-	ore	-
Zona opacă a pereților exteriori		15	8	5
Planșeul peste ultimul nivel (parte opacă)	Sub terase	25	10	6
	Sub poduri	10	8	3

Tabel 2.6b. Stabilitatea termică a încăperilor

Amplitudinea de oscilație a temperaturii interioare	a iarna	$A_{Ti} \leq$	1°C
---	---------	---------------	-----

2.2.1.2. Clădiri nerezidențiale NZEB

Pentru clădirile nerezidențiale, cerințele minime pentru proiectarea clădirilor din punct de vedere energetic sunt structurate astfel:

- pe elementele de construcție care fac parte din anvelopa clădirii, unde cerința minimă este rezistența termică corectată minimă pentru fiecare element al clădirii, R'_{min} [m²K/W], respectiv transmittanța termică corectată maximă a acestora, U'_{max} [W/(m²K)] conform tabel 2.7.; se va respecta condiția $R'_m \geq R'_{min}$ pentru fiecare element de clădire, respectiv, $U' \leq U'_{max}$ [W/(m²K)]
- pe ansamblul clădirii, unde cerințele minime sunt
 - a) valorile limită maxim admise ale consumului total de energie primară (din surse regenerabile și neregenerabile) – conform tabel 2.10a
 - b) valorile limită maxim admise ale emisiilor echivalente de CO₂ – conform tabel 2.10a

c) energia primară totală consumată să fie produsă în proporție de minim 30%, cu energie din surse regenerabile, inclusiv cu energie din surse regenerabile produsă la fața locului sau în apropiere, pe o rază de 30 de km față de coordonatele GPS ale clădirii.

Tabel 2.7. Rezistențe termice corectate minime (valori normate/de referință) pentru clădiri nerezidențiale NZEB

ELEMENT DE ANVELOPĂ	R'_{min} [m ² K/W]	U'_{max} [W/m ² K]
Pereți exteriori (exclusiv suprafețele vitrate, inclusiv pereții adiacenți rosturilor deschise)	3,00	0,33 ¹⁾
Tâmplărie exterioară	0,90	1,10 ²⁾
Fațade vitrate tip cortină	0,77	1,30 ¹⁾
Planșee peste ultimul nivel, sub terase sau poduri	6,00	0,17 ¹⁾
Planșee peste subsoluri neîncălzite și pivnițe	3,40	0,29 ¹⁾
Pereți adiacenți rosturilor închise	1,50	0,67 ¹⁾
Planșee care delimitează clădirea la partea inferioară, de exterior (la bowindouri, ganguri de trecere, ș.a.)	5,00	0,20 ¹⁾
Plăci pe sol (peste cota terenului sistematizat - CTS)	5,00	0,20 ¹⁾
Plăci la partea inferioară a demisolurilor sau a subsolurilor încălzite (sub CTS)	5,30	0,19 ¹⁾
Pereți exteriori, sub CTS, la demisolurile sau la subsolurile încălzite	3,40	0,29 ¹⁾

Nota

1) Rezistența termică poate fi redusă în cazurile în care montarea termoizolației este limitată din considerente tehnico-economice justificate în studiul de conformare NZEB.

2) Sunt obligatorii măsurile pentru asigurarea ventilării corecte a clădirii (exemplu: aplicarea unui concept de ventilare care poate include grile higroreglabile pentru asigurarea necesarului de aer proaspăt); valoarea este dată pentru fereastra montată, prevăzută sau nu cu dispozitive de protecție solară.

În cazul clădirilor nerezidențiale NZEB pentru care nu se pot respecta cerințele minime pentru unul sau mai multe elemente ale clădirii, adică $R'_m < R'_{min}$, de exemplu la calcanele învecinate cu alte clădiri, este obligatorie numai îndeplinirea condițiilor din tabelul 2.10a și a celor privind confortul higrotermic.

Pentru elementele vitrate ale clădirilor nerezidențiale, care fac parte din anvelopa clădirii, unde, pe lângă transmitanța termică corectată maximă a acestora, este necesară și cerința de alegere a unui factor solar optim (factorul solar g reprezintă fracția din energia solară incidentă ce trece prin elementul vitrat), se recomandă:

- în cazul în care există sisteme de umbrire exterioare, cu ajutorul cărora se poate regla cantitatea de energie solară incidentă pe vitraj, factorul solar g se recomandă să fie mai mare de 0,50;
- în cazul în care se folosesc vitraje cu factor solar g scăzut (Tabel 2.8. - factorul solar g al vitrajului în funcție de expunerea vitrajului la radiația solară și de zona climatică) nu mai sunt necesare elemente exterioare de umbrire.

Tabel 2.8. Factorul solar g al elementelor vitrate care fac parte din anvelopa clădirilor nerezidențiale (valori recomandate)

Factor solar, g - elemente vitrate					
Orientare elemente vitrate	Zona climatică				
	I	II	III	IV	V
Expuse la radiația solară	0,18 ÷ 0,35	0,21 ÷ 0,38	0,24 ÷ 0,40	0,27 ÷ 0,43	> 0,40

Pentru vitrajele care nu sunt expuse la radiația solară directă, factorul solar g se recomandă a fi > 0,50 indiferent de zona climatică. Dacă se dorește același aspect al vitrajelor pe toate orientările, se poate pune și pe orientarea neexpusă la radiația solară directă vitrajul ales pentru orientarea expusă la radiația solară directă.

Factorul solar g optim se alege în funcție de mai mulți factori, cum ar fi:

- minimizarea energiei necesare pe perioada unui an pentru încălzire + răcire;
- ponderea ariei vitrate în cadrul anvelopei;
- modul de ocupare / funcționare al clădirii (exemplu, unitățile de învățământ nu funcționează sau au funcționare foarte scăzută în perioada vacanței de vară, deci se poate alege un factor solar mai ridicat).

Prin alegerea unui factor solar optim, dimensionarea instalațiilor de încălzire/climatizare/ventilare va fi afectată pozitiv.

2.2.2. Cerințe minime de performanță energetică pentru clădiri existente renovate

Conform prevederilor legii privind performanța energetică a clădirilor, la clădirile existente la care se execută lucrări de renovare majoră/aprofundată, performanța energetică a acestora sau a unităților de clădire care fac obiectul renovării trebuie îmbunătățită, pentru a satisface cerințele stabilite în metodologie, în măsura în care acest lucru este posibil din punct de vedere tehnic, funcțional și economic, conform raportului de audit energetic.

În cazul renovării majore/aprofundate a clădirilor, pot fi montate și sisteme alternative de înaltă eficiență de producere a energiei, în măsura în care prin auditul energetic al clădirii se stabilește că acest lucru este fezabil din punct de vedere tehnic, funcțional și economic.

Aplicarea cerințelor minime de performanță energetică la clădirile existente, unitățile de clădire și elementele care alcătuiesc anvelopa clădirii supuse unor lucrări de renovare majoră, precum și în cazul instalării/înlocuirii/modernizării sistemelor tehnice ale clădirilor se face în condițiile realizării unor renovări majore (lucrările proiectate și efectuate la anvelopa clădirii și/sau la sistemele tehnice ale acesteia, ale căror costuri depășesc 25% din valoarea de impozitare a clădirii, exclusiv valoarea terenului pe care este situată clădirea) sau aprofundate (renovare care conduce la îmbunătățirea cu peste 60% a performanței energetice a unei clădiri, estimată prin calcul potrivit metodologiei, în raport cu starea actuală și utilizarea normală a clădirii).

Renovarea energetică a clădirii se realizează prin foaia de parcurs care reprezintă un plan personalizat de renovare stabilit în baza auditului energetic, luându-se în considerare nevoile beneficiarilor, un obiectiv de economii de emisii de carbon stabilit împreună cu proprietarul clădirii, precum și o planificare de aplicare în etape a unor măsuri rezonabile și coordonate pentru îmbunătățirea

performanței energetice a clădirii pe termen lung. Foaia de parcurs reprezintă un instrument de diagnostic pentru performanța energetică a clădirii și un plan de renovare în etape pentru proprietarii de clădiri, pentru finanțarea renovării clădirii din surse proprii ale proprietarilor sau pentru oferirea de asigurări instituțiilor de finanțare în vederea disponibilizării fondurilor necesare pentru renovarea energetică aprofundată a clădirii.

Pașaportul pentru renovarea energetică a clădirilor este un document sau set de documente, structurat în format electronic și fizic, care conține informații relevante pentru renovarea energetică a clădirii și care permite menținerea imaginii de ansamblu asupra istoricului acesteia, precum și planificarea etapelor de renovare în vederea obținerii unor niveluri de renovare majoră cu un orizont de timp lung. Pașaportul pentru renovarea energetică a clădirii include foaia de parcurs elaborată pentru clădire și un registru în care pot fi stocate toate informațiile disponibile referitoare la clădire din punctul de vedere al eficienței energetice. Pașaportul pentru renovare energetică se anexează la cartea tehnică a construcției astfel cum este prevăzut în Legea nr. 10/1995, republicată, cu modificările și completările ulterioare.

Prin renovarea aprofundată se urmărește realizarea unui fond decarbonat de clădiri, adică a unui fond de clădiri ale căror emisii de carbon au fost aproape reduse la zero, prin reducerea necesarului de energie și asigurarea acestuia, în măsura posibilităților, din surse cu emisii de carbon aproape egale cu zero.

În cazul renovării majore/aprofundate a clădirilor, trebuie abordate (inclusiv în strategia de renovare pe termen lung) și aspectele legate de condițiile care caracterizează un climat interior sănătos, protecția împotriva incendiilor și riscurile legate de activitatea seismică, precum și cele privind eliminarea barierelor existente în materie de accesibilitate; aceste aspecte pot afecta renovarea energetică și durata de viață a unei clădiri.

2.2.2.1 Clădiri rezidențiale renovate

La renovarea/renovarea majoră/aprofundată din punct de vedere energetic a clădirilor rezidențiale existente, este obligatorie îndeplinirea cumulativă a următoarelor condiții:

- pe elementele de construcție care fac parte din anvelopa clădirii, unde cerința minimă este rezistența termică corectată minimă pentru fiecare element al clădirii, R'_{min} [m^2K/W], respectiv transmitanța termică corectată maximă a acestora, U'_{max} [$W/(m^2K)$], conform tabel 2.9a.; se va respecta condiția: $R'_m \geq R'_{min}$ pentru fiecare element de clădire, respectiv, $U' \leq U'_{max}$ [$W/(m^2K)$]
- pe ansamblul clădirii
 - a) valorile limită maxim admise ale consumului total de energie primară (din surse regenerabile și neregenerabile) – conform tabel 2.10b;
 - b) valorile limită maxim admise ale emisiilor echivalente de CO_2 – conform tabel 2.10b;
 - c) energia primară totală consumată de clădirea renovată să fie produsă în proporție de minimum 10%, din surse regenerabile, la fața locului sau în apropiere, **dacă este fezabil din punct de vedere tehnic, economic și al mediului înconjurător.**

Tabel 2.9a. Rezistențe termice corectate minime (valori normate/de referință) pentru renovarea clădirilor rezidențiale existente

ELEMENT DE ANVELOPĂ	R'_{min} [m ² K/W]	U'_{max} [W/m ² K]
Pereți exteriori (exclusiv suprafețele vitrate, inclusiv pereții adiacenți rosturilor deschise)	3,00	0,33 ¹⁾
Tâmplărie exterioară	0,90	1,10 ²⁾
Planșee peste ultimul nivel, sub terase sau poduri	5,00	0,20 ³⁾
Planșee peste subsoluri neîncălzite și pivnițe	2,50	0,40 ⁴⁾
Pereți adiacenți rosturilor închise	1,10	0,90 ¹⁾
Planșee care delimitează clădirea la partea inferioară, de exterior (la bowindowuri, ganguri de trecere, ș.a.)	4,50	0,22 ⁴⁾
Plăci pe sol (peste cota terenului sistematizat - CTS)	4,50	0,22 ⁴⁾
Plăci la partea inferioară a demisolurilor sau a subsolurilor încălzite (sub CTS)	4,80	0,21 ⁴⁾
Pereți exteriori, sub CTS, la demisolurile sau la subsolurile încălzite	2,90	0,35 ⁴⁾

Nota

- 1) Rezistența termică poate fi redusă în cazurile în care montarea termoizolației este limitată din considerente tehnico-economice justificate în raportul de audit energetic.
- 2) Sunt obligatorii măsurile pentru asigurarea ventilării corecte a clădirii (exemplu: aplicarea unui concept de ventilare care poate include grile higroreglabile pentru asigurarea necesarului de aer proaspăt); valoarea este dată pentru fereastra montată, prevăzută sau nu cu dispozitive de protecție solară.
- 3) Rezistența termică poate fi redusă în cazurile în care grosimea termoizolației nu permite înălțimile minime de evacuare a apelor pluviale sau grosimea și tipul termoizolației depășește capacitatea portantă a structurii de rezistență.
- 4) Rezistența termică poate fi redusă în cazurile în care grosimea termoizolației nu permite respectarea gabaritelor minime cerute din alte considerente tehnice.

Pentru clădirile rezidențiale existente pentru care nu se pot realiza prin renovare cerințele minime pentru unul sau mai multe elemente ale anvelopei termice, adică $R'_m < R'_{min}$, de exemplu la calcanele învecinate cu alte clădiri sau când se consideră că trebuie păstrate fațade cu valoare arhitecturală, este obligatorie numai îndeplinirea condițiilor din tabelul 2.10b și a celor privind confortul higrotermic. Se recomandă să nu se intervină cu termoizolație suplimentară pe exteriorul fațadelor cu valoare arhitecturală care se doresc a fi păstrate.

2.2.2.2 Clădiri nerezidențiale renovate

La renovarea majoră/aprofundată din punct de vedere energetic a clădirilor nerezidențiale existente, este obligatorie îndeplinirea cumulativă a următoarelor condiții:

- pe elementele de construcție care fac parte din anvelopa clădirii, unde cerința minimă este rezistența termică corectată minimă pentru fiecare element de clădire al clădirii, R'_{min} [m²K/W], respectiv transmitanța termică corectată maximă a acestora, U'_{max} [W/(m²K)], conform tabel 2.9b.; se va respecta condiția: $R'_m \geq R'_{min}$ pentru fiecare element de clădire, respectiv, $U' \leq U'_{max}$ [W/(m²K)].
- pe ansamblul clădirii
 - a) valorile limită maxim admise ale consumului total de energie primară (din surse regenerabile și neregenerabile) – conform tabel 2.10b;

- b) valorile limită maxim admise ale emisiilor echivalente de CO₂ – conform tabel 2.10b;
 c) energia primară totală consumată de clădirea renovată să fie produsă în proporție de minimum 10%, din surse regenerabile, la fața locului sau în apropiere, **dacă este fezabil din punct de vedere tehnic, economic și al mediului înconjurător.**

Tabel 2.9b. Rezistențe termice corectate minime (valori normate/de referință) pentru renovarea clădirilor nerezidențiale existente

ELEMENT DE ANVELOPĂ	R'_{min} [m ² K/W]	U'_{max} [W/m ² K]
Pereți exteriori (exclusiv suprafețele vitrate, inclusiv pereții adiacenți rosturilor deschise)	3,00	0,33 ¹⁾
Tâmplărie exterioară	0,90	1,10 ²⁾
Fațade vitrate tip cortină	0,77	1,30 ²⁾
Planșee peste ultimul nivel, sub terase sau poduri	5,00	0,20 ³⁾
Planșee peste subsoluri neîncălzite și pivnițe	2,50	0,40 ⁴⁾
Pereți adiacenți rosturilor închise	1,10	0,90 ¹⁾
Planșee care delimitează clădirea la partea inferioară, de exterior (la bowindouri, ganguri de trecere, ș.a.)	4,50	0,22 ⁴⁾
Plăci pe sol (peste cota terenului sistematizat - CTS)	4,50	0,22 ⁴⁾
Plăci la partea inferioară a demisolurilor sau a subsolurilor încălzite (sub CTS)	4,80	0,21 ⁴⁾
Pereți exteriori, sub CTS, la demisolurile sau la subsolurile încălzite	2,90	0,35 ⁴⁾

Nota

- 1) Rezistența termică poate fi redusă în cazurile în care montarea termoizolației este limitată din considerente tehnico-economice justificate în raportul de audit energetic.
 2) Sunt obligatorii măsurile pentru asigurarea ventilării corecte a clădirii (exemplu: aplicarea unui concept de ventilare care poate include grile higroreglabile pentru asigurarea necesarului de aer proaspăt); valoarea este dată pentru fereastra montată, prevăzută sau nu cu dispozitive de protecție solară.
 3) Rezistența termică poate fi redusă în cazurile în care grosimea termoizolației nu permite înălțimile minime de evacuare a apelor pluviale sau grosimea și tipul termoizolației depășește capacitatea portantă a structurii de rezistență.
 4) Rezistența termică poate fi redusă în cazurile în care grosimea termoizolației nu permite respectarea gabaritelor minime cerute din alte considerente tehnice.

Pentru clădirile nerezidențiale existente pentru care nu se pot realiza prin renovare cerințele minime pentru unul sau mai multe elemente ale clădirii, adică $R'_m < R'_{min}$, de exemplu la calcanele învecinate cu alte clădiri sau când se consideră că trebuie păstrate fațade cu valoare arhitecturală, este obligatorie numai îndeplinirea condițiilor din tabelul 2.10b și a celor privind confortul higrotermic. Se recomandă să nu se intervină cu termoizolație suplimentară pe exteriorul fațadelor cu valoare arhitecturală care se doresc a fi păstrate.

2.2.3. Cerințe minime de confort higrotermic în clădirile noi NZEB și existente renovate

Cerințele minime de confort higrotermic pentru elementele de clădire care fac parte din anvelopa clădirii, precum și pentru ansamblul clădirilor noi și existente, sunt stabilite diferențiat pentru diverse categorii de clădiri:

- a) pe elementele de clădire care fac parte din anvelopa clădirii;
- b) pe ansamblul clădirii.

2.2.3.1. Cerințele minime de confort higrotermic pentru elementele de clădire

Pentru clădirile rezidențiale și nerezidențiale, acestea se referă la:

- a. diferența maximă de temperatură admisă între temperatura interioară și temperatura medie a suprafeței interioare - $\Delta\theta_{i \max}$ pentru considerente de confort higrotermic. Pentru partea opacă a clădirii, valorile normate $\Delta\theta_{i \max}$ sunt prezentate în Tabelul VI din Partea 3 - Normativ privind calculul performanțelor termoeenergetice ale elementelor de construcție ale clădirilor, indicativ C107/3 pentru diverse destinații și funcțiuni specifice. La elementele de clădire ale încăperilor în care staționarea oamenilor este de scurtă durată (*de exemplu* casa scării, holurile de intrare în clădirile de locuit, ș.a.) valorile $\Delta\theta_{i \max}$ se măresc cu 1 K.
- b. rezistența termică corectată a elementului de clădire, calculată cu luarea în considerație a influenței tuturor punților termice asupra acestuia, calculată pentru fiecare încăpere, să fie mai mare decât valoarea de reglare R'_{nec} – rezistența termică necesară din considerente igienico-sanitare, calculată conform art. 13.1 din Partea 3 - Normativ privind calculul performanțelor termoeenergetice ale elementelor de construcție ale clădirilor, indicativ C107/3;
- c. temperatura superficială minimă $\theta_{si \min}$ pentru evitarea riscului de condens superficial pe suprafața interioară a elementelor de construcție care alcătuiesc anvelopa clădirilor, pentru care trebuie respectată condiția $\theta_{si, \min} > \theta_r$ [°C], unde valorile temperaturilor superficiale medii $\theta_{si, \min}$ se limitează indirect prin normarea indicatorilor globali de confort termic, precum și a indicatorilor specifici disconfortului local.

Pentru cazurile și detaliile curente, temperaturile superficiale minime $\theta_{si, \min}$ se dau în tabelele cuprinse în cataloagele de valori precalculate pentru punți termice uzuale, prezentate în Anexa K din Partea 3 - Normativ privind calculul performanțelor termoeenergetice ale elementelor de construcție ale clădirilor, indicativ C107/3;

θ_r - temperatura punctului de rouă se poate determina din anexa B din Partea 3 - Normativ privind calculul performanțelor termoeenergetice ale elementelor de construcție ale clădirilor, indicativ C 107/3, în funcție de temperatura interioară convențională de calcul și de umiditatea relativă a aerului interior, sau

$f_{Rsi} > f_{Rsi, critic}$ (0,80), conform 2.1.4 și ORDIN MDRT nr. 1590/24.08.2012 pentru modificarea și completarea Părții a 3-a - Normativ privind calculul performanțelor termoeenergetice ale elementelor de construcție ale clădirilor, indicativ C 107/3, din cadrul Reglementării tehnice "Normativ privind calculul termotehnic al elementelor de construcție ale clădirilor", indicativ C107-2005, aprobată prin Ordinul ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului nr. 2055/2005 – Anexa K: Catalog cu punți termice specifice clădirilor (publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr.650bis/12.IX.2012).

Notă: Pentru zidăriile din blocuri de BCA, la clădirile noi, se va opera în calculele termotehnice cu valorile corectate ale conductivității termice, conform prevederilor din MP022-2/2002.

2.2.3.2 Cerințele minime pe ansamblul clădirii; cazul clădirilor rezidențiale și asimilate acestora

Din punct de vedere al confortului higrotermic, acestea se referă la debitul minim de aer proaspăt. Debitul minim de aer proaspăt pentru clădirile rezidențiale (sau asimilate acestora) neventilate mecanic, corespunde unui număr orar de schimburi de aer de $0,5 \text{ h}^{-1}$ în sezonul de încălzire. Pentru clădirile rezidențiale ventilate mecanic se vor respecta prevederile Normativului pentru proiectarea, executarea și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare, indicativ I5.

Pentru clădirile rezidențiale prevăzute cu un nivel ridicat de protecție termică este recomandată încercarea de performanță conform *SR EN ISO 9972*. Performanțele minime de etanșeitate/permeabilitate la aer a anvelopei clădirii trebuie să respecte următoarele cerințe:

- la clădiri cu ventilare naturală (exclusiv efectul deschiderilor de ventilare reglăreată/reglabile), $n_{50} < 3,0 \text{ sch/h}$ la 50 Pa sau $q_{50} < 3,0 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$,
- la clădiri cu ventilare mecanică $n_{50} < 1,5 \text{ sch/h}$ la 50 Pa sau $q_{50} < 1,5 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$,
- pentru NZEB, $n_{50} < 1,0 \text{ sch/h}$ la 50 Pa sau $q_{50} < 1,0 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$.

Pentru clădirile rezidențiale la care $n_{50} < 1,5 \text{ sch/h}$ la 50 Pa sau $q_{50} < 1,5 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$, se recomandă prevederea de sisteme de ventilare mecanică cu recuperarea căldurii.

2.2.3.3. Cerințele minime pe ansamblul clădirii; cazul clădirilor nerezidențiale

Din punct de vedere al confortului higrotermic acestea se referă la:

- a) debitul de aer proaspăt pentru clădirile nerezidențiale, pentru care sunt prezentate valori, în funcție de clasa de ambianță, în Tabelele 5.4.1 și 5.4.2 din Normativ pentru proiectarea, executarea și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare, indicativ I5.
- b) permeabilitatea la aer a elementelor de închidere ale unei clădiri trebuie să fie astfel încât rata de ventilare suplimentară în raport cu rata de ventilare specifică să nu fie mai mare, în medie, de 0,2 schimburi pe oră, în sezonul de încălzire. Cerințele minime privind asigurarea calității aerului interior prin ventilare trebuie respectate în funcție de destinația încăperii, tipul surselor de poluare și activitatea care se desfășoară în încăpere. Nivelul de CO_2 pentru diferite categorii de calitate a aerului interior este prezentat în Tabelul 3.2 din Normativ pentru proiectarea, executarea și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare, indicativ I5.

Pentru clădirile nerezidențiale prevăzute cu un nivel ridicat de protecție termică este recomandată încercarea de performanță conform *SR EN ISO 9972*. Performanțele minime de etanșeitate/permeabilitate la aer a anvelopei clădirii trebuie să respecte următoarele cerințe:

- la clădiri cu ventilare naturală (exclusiv efectul deschiderilor de ventilare reglăreată/reglabile), $n_{50} < 3,0 \text{ sch/h}$ la 50 Pa sau $q_{50} < 3,0 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$,
- la clădiri cu ventilare mecanică $n_{50} < 1,5 \text{ sch/h}$ la 50 Pa sau $q_{50} < 1,5 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$,
- pentru NZEB, $n_{50} < 1,0 \text{ sch/h}$ la 50 Pa sau $q_{50} < 1,0 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$.

Pentru clădirile nerezidențiale la care $n_{50} < 1,5$ sch/h la 50 Pa sau $q_{50} < 1,5$ m³/(h.m²), este obligatorie prevederea de sisteme de ventilare mecanică cu recuperarea căldurii.

2.3. Considerente suplimentare privind cerințele minime de performanță termică și energetică pentru clădiri cu consum de energie aproape egal cu zero (NZEB)

Documentele care conduc în România la realizarea unor clădiri cu un nivel de performanță NZEB sunt:

- Legea 372/2005, consolidată în 2016 prin OUG 13 și în 2020 prin legea nr. 101/2020 pentru modificarea și completarea legii 372/2005, care reprezintă transpunerea Directivei privind Performanța Energetică a Clădirilor EPBD 2010/31/EU consolidată ulterior prin Directiva UE 2018/844 aprobată pe 30.05.2018 și publicată în Jurnalul Oficial al Uniunii Europene din 19.06.2018;
- Strategia națională de renovare pe termen lung pentru sprijinirea renovării parcului național de clădiri rezidențiale și nerezidențiale, atât publice, cât și private, și transformarea sa treptată într-un fond de clădiri cu un nivel ridicat de eficiență energetică și decarbonat până în 2050, aprobată prin Hotărârea nr. 1034/2020 publicată în Monitorul Oficial, Partea I nr. 1247 din 17 decembrie 2020;
- Standardul european *SR EN ISO 52000-1*, Anexa H - informativă, unde este schematizată o propunere de indicatori pentru evaluarea clădirilor cu consum de energie aproape egal cu zero (NZEB).

Clădirile reprezentative (existente/noi) se consideră a fi clasificate în următoarele categorii:

- clădiri de locuit de tip condominiu (blocuri de apartamente, cămine de studenți/nefamiliști ...)
- clădiri de locuit unifamiliale
- clădiri de birouri/administrative
- clădiri din sistemul de educație și învățământ
- clădiri din sistemul de sănătate
- clădiri destinate turismului (hoteluri și restaurante)
- clădiri destinate activităților comerciale
- clădiri destinate activităților sportive
- clădiri cu alte funcțiuni (teatre, muzee și alte clădiri cu activitate/ocupare umană și în care sunt furnizate, sau ar trebui furnizate cel puțin încălzirea, apa caldă de consum și iluminatul).

Pentru clădirile noi (NZEB), se recomandă ca în faza de proiectare tehnică să fie simulate mai multe pachete de soluții care conduc la respectarea tuturor cerințelor minime de performanță energetică și confortului higrotermic. Investiția suplimentară într-o clădire NZEB față de o clădire nouă executată înainte de 31 decembrie 2020 (clădirea de referință) trebuie să conducă, în cazul clădirii rezidențiale/nerezidențiale NZEB, în maxim 30/20 de ani, la un cost global mai mic (adică în maxim 30/20 de ani, cost global clădire NZEB-cost global clădire de referință=valoarea negativă sau $\Delta VNA < 0$ unde VNA reprezintă valoarea netă actualizată).

În cazul renovării unei clădiri existente, indiferent de categorie, pachetul optim de soluții de renovare se va stabili prin selectarea, pentru diferitele pachete de soluții care conduc la respectarea cerințelor minime de performanță energetică și confort higrotermic, a costului global minim, stabilit prin comparație cu situația clădirii nerenovate.

Parametrii energetici și de mediu adaptabili clădirilor NZEB se definesc în raport cu cerințele minime actuale impuse clădirilor noi și cu restricțiile climatice și tehnologice zonale. Definirea clădirii cu consum energetic aproape de zero reprezintă rezultanta respectării a două componente care condiționează performanța energetică a unei clădiri, după cum urmează:

- configurația arhitecturală a clădirii cu respectarea principiilor Dezvoltării Durabile și în special cu minimizarea impactului asupra mediului natural, inclusiv asupra microclimatului zonal;
- asigurarea necesarului de utilități energetice, prin dotarea clădirilor cu surse de energie regenerabile - amplasate fie pe clădire, fie pe un teren aflat în proprietatea clădirii ; echiparea cu surse regenerabile trebuie însă atent analizată, în stadiul de proiect zonal urban, din punct de vedere al impactului asupra mediului natural, pe de o parte, și din punct de vedere propriu clădirii, pe de altă parte.

Contribuția din surse regenerabile de energie (SRE) pentru a se verifica îndeplinirea nivelului NZEB de 30% **din energia primară totală utilizată în clădire**, se va face prin includerea tuturor:

- surselor regenerabile individuale montate în/pe clădire, respectiv amplasate pe proprietatea (terenul) aferentă clădirii respective;
- cotelor de surse regenerabile din surse de energie amplasate în apropierea (vecinătatea) clădirii, surse (inclusiv centralizate) care pot fi utilizate în comun de mai multe clădiri ale căror proprietăți sunt adiacente clădirii respective;
- surselor regenerabile amplasate la o distanță de cel mult 30 km față de coordonatele GPS ale clădirii;
- cotei de surse regenerabile din energia electrică furnizată din SEN sau din unități de cogenerare locale care folosesc combustibil neconvențional.

Se acceptă, deci, ca la procentajul de 30% aferent consumului din surse regenerabile să contribuie și sistemul electroenergetic național (SEN) sau local de alimentare cu energie electrică al cărui mix energetic include energie din SRE (exclusiv energie electrică provenită din unități hidroenergetice de mare capacitate) dar și SACET (Sistemul de Alimentare Centralizată cu Energie Termică) la care este racordat obiectivul analizat, atunci când sunt utilizate surse regenerabile în sursele de producere ale energiei furnizate prin SACET.

Nivelurile maxime de consum total de energie primară se referă la energia totală utilizată din surse neregenerabile și regenerabile, în condițiile realizării confortului interior, în conformitate cu prevederile reglementărilor tehnice în vigoare.

Cerințele minime de performanță energetică pentru clădirile cu consum de energie aproape egal cu zero, privind consumul de energie primară și emisiile echivalente de CO₂, sunt prezentate distinct, în tabelul 2.10a, pe categorii de clădiri și zone climatice.

Cerințele minime de performanță energetică pentru clădirile existente renovate, privind consumul de energie primară și emisiile echivalente de CO₂, sunt prezentate distinct, în tabelul 2.10b, pe categorii de clădiri și zone climatice.

Atât valorile maxime ale consumurilor de energie primară, respectiv ale emisiilor echivalente de CO₂, indicate pentru clădirile NZEB în tabelul 2.10a cât și cele pentru clădirile renovate indicate în tabelul 2.10b au fost determinate pentru cazurile asigurării clădirilor cu toate utilitățile (încălzire, răcire, ventilare, apă caldă de consum și iluminat). În cazul în care pentru clădirea nouă sau renovată vor lipsi una sau mai multe utilități care nu sunt obligatorii dar care rezultă din calcul ca necesare (ex. ventilare mecanică și/sau răcire conform tabel 5.6 cap. 5.3), se vor calcula totuși consumuri de energie primară, respectiv emisii echivalente CO₂, și pentru acestea, considerând principiul sistemului virtual (ales astfel încât consumurile/emisiile virtuale să fie cât mai mici). Încadrarea în consumurile maxime de energie primară totală, respectiv emisii echivalente de CO₂, indicate în tabelele 2.10a sau 2.10b va ține astfel cont și de consumurile și emisiile aferente acestor utilități virtuale care nu sunt obligatorii dar care rezultă din calcul ca fiind necesare.

Tabel 2.10a. Valorile limită maxim admise ale consumului total de energie primară (din surse regenerabile și neregenerabile) și ale emisiilor echivalente de CO₂ pentru clădirile NZEB

Zona climatică	Începând cu	Clădiri de birouri		Clădiri destinate învățământului		Clădiri de locuit colective		Clădiri de locuit individuale	
		Energie prim. TOTALĂ [kWh/m ² ,an]	Emisii echiv CO ₂ [kg/m ² ,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m ² ,an]	Emisii echiv CO ₂ [kg/m ² ,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m ² ,an]	Emisii echiv CO ₂ [kg/m ² ,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m ² ,an]	Emisii echiv CO ₂ [kg/m ² ,an]
I	2021	83.0	8.9	57.0	6.9	89.0	10.9	110.0	13.7
II	2021	86.0	9.5	62.0	7.7	93.0	11.6	119.0	15.2
III	2021	86.0	9.9	66.0	8.4	95.0	12.3	125.0	16.4
IV	2021	87.0	10.6	71.0	9.2	98.0	13.0	134.0	17.9
V	2021	88.6	11.2	76.4	10.0	101.2	13.8	141.2	19.3

Zona climatică	Începând cu	Clădiri destinate sistemului sanitar		Clădiri destinate turismului		Spații comerciale		Clădiri destinate activităților sportive	
		Energie prim. TOTALĂ [kWh/m ² ,an]	Emisii echiv CO ₂ [kg/m ² ,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m ² ,an]	Emisii echiv CO ₂ [kg/m ² ,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m ² ,an]	Emisii echiv CO ₂ [kg/m ² ,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m ² ,an]	Emisii echiv CO ₂ [kg/m ² ,an]
I	2021	143.0	17.0	82.0	10.3	103.0	12.6	87.0	10.0
II	2021	150.0	18.2	86.0	10.9	114.0	14.3	93.0	11.0
III	2021	153.0	19.2	89.0	11.5	123.0	15.9	96.0	11.8
IV	2021	158.0	20.5	91.9	12.1	134.0	17.8	101.0	12.8
V	2021	163.0	21.7	95.7	12.8	145.1	19.7	105.2	13.7

Nota 1 – În România este legal stabilit că energia primară totală consumată de clădirile NZEB să fie produsă în proporție de minimum 30%, din surse regenerabile, inclusiv din cele la fața locului sau în apropiere (maxim 30 km față de coordonatele GPS ale clădirii).

Nota 2 – Clădirile multizonale-multiserviciu cu mai multe destinații se vor încadra într-o categorie sau alta, după destinația principală / a zonei cu ponderea cea mai mare în consumul total de energie primară al clădirii.

Tabel 2.10b. Valorile limită maxim admise ale consumului total de energie primară (din surse regenerabile și neregenerabile) și ale emisiilor echivalente de CO₂ pentru renovarea clădirilor existente

Zona climatică	Orizont	Clădiri de birouri		Clădiri destinate învățământului		Clădiri de locuit colective		Clădiri de locuit individuale	
		Energie prim. TOTALĂ [kWh/m ² ,an]	Emisii echiv CO ₂ [kg/m ² ,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m ² ,an]	Emisii echiv CO ₂ [kg/m ² ,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m ² ,an]	Emisii echiv CO ₂ [kg/m ² ,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m ² ,an]	Emisii echiv CO ₂ [kg/m ² ,an]
I	31-Dec-20	91.0	12.3	61.0	9.3	95.0	14.7	117.0	18.6
II	31-Dec-20	93.0	13.0	66.0	10.3	99.0	15.7	126.0	20.4
III	31-Dec-20	93.0	13.6	70.0	11.2	101.0	16.5	130.0	21.8
IV	31-Dec-20	92.0	14.2	75.2	12.4	103.0	17.4	139.0	23.9
V	31-Dec-20	93.9	15.0	79.5	13.3	106.4	18.4	146.5	25.8

Zona climatică	Orizont	Clădiri destinate sistemului sanitar		Clădiri destinate turismului		Spații comerciale		Clădiri destinate activităților sportive	
		Energie prim. TOTALĂ [kWh/m ² ,an]	Emisii echiv CO ₂ [kg/m ² ,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m ² ,an]	Emisii echiv CO ₂ [kg/m ² ,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m ² ,an]	Emisii echiv CO ₂ [kg/m ² ,an]	Energie prim. TOTALĂ [kWh/m ² ,an]	Emisii echiv CO ₂ [kg/m ² ,an]
I	31-Dec-20	153.0	23.0	87.0	13.8	111.0	17.2	95.0	13.8
II	31-Dec-20	159.0	24.6	91.0	14.7	121.0	19.3	100.0	15.0
III	31-Dec-20	161.0	25.7	93.0	15.3	129.0	21.2	103.0	16.0
IV	31-Dec-20	165.0	27.3	97.3	16.3	141.0	23.9	107.0	17.3
V	31-Dec-20	170.3	28.9	100.7	17.2	151.3	26.2	111.4	18.5

Nota 1 – Conform actualei metodologii, din energia primară totală consumată de clădirile existente renovate, minim 10% trebuie să fie produsă din surse regenerabile, inclusiv din cele la fața locului sau în apropiere (maxim 30 km față de coordonatele GPS ale clădirii), dacă este fezabil tehnic și economic

Nota 2 – Clădirile multizonale-multiserviciu existente, cu mai multe destinații, se vor încadra într-o categorie sau alta după destinația principală / a zonei cu ponderea cea mai mare în consumul total de energie primară al clădirii.

Nota 3 – În cazul clădirilor existente care se renovează și se extind, noua clădire rezultată trebuie să îndeplinească cerințele de conformare NZEB doar dacă extinderea majorează suprafața clădirii existente cu mai mult de 100%. În cazul extinderilor simple (fără renovarea clădirii existente), unitatea de clădire nou rezultată trebuie să respecte cerințele de conformare NZEB.

Obținerea unui nivel ridicat de performanță energetică al clădirilor se poate face având în vedere următoarele cerințe:

- *Geometria și orientarea clădirii* - geometria mai compactă poate să asigure un nivel de performanță energetică mai ridicat prin minimizarea suprafeței de transfer termic; aceasta este identificată prin raportul suprafață exterioară a anvelopei pe volum interior total al clădirii (A/V). Un nivel de compactitate avantajos este $A/V \leq 0,7 \text{ m}^2/\text{m}^3$. În cazul unei geometrii mai puțin compacte performanța energetică poate fi compensată prin creșterea nivelului de izolare termică a elementelor opace/transparente;
- *Strategii de iluminat și soluții de umbrire* - La proiectarea anvelopei clădirii se recomandă crearea unei strategii de iluminare pentru a se asigura un reglare adecvat al nivelului de lumină naturală cât și a aportului solar de căldură mai ales pe fațada sudică și vestică. Funcțiunile clădirii care au nevoie de un nivel de iluminare mare se recomandă a fi dispuse pe fațada sudică iar spațiile cu un nivel de iluminare mai scăzut pe fațada opusă. Suprafața vitrată dispusă pe fațada sudică trebuie să asigure un raport optim suprafață vitrată-suprafața opacă, respectiv suprafața vitrată să fie în proporție de 25-35%.
 - se recomandă ca suprafața vitrată să asigure o cantitate de lumină naturală necesară în vederea desfășurării activităților specifice, folosind soluții care asigură autonomia luminoasă spațială de minim 50% (pentru o valoare de 300 lux) calculată pe perioada unui an calendaristic;
 - se recomandă utilizarea de soluții vitrate cu o transmisie luminoasă (TL) cât mai mare care să ofere posibilitatea pătrunderii unei cantități mai mari de lumină naturală, fără a crește dimensiunea ferestrelor;
 - se recomandă alegerea de soluții de vitrare cu index de redare a culorii, R_a cât mai ridicat ($R_a > 83\%$) pentru a răspunde cerințelor de confort vizual al utilizatorilor;
 - în ceea ce privește suprafața peretelui în contact cu fereastra, se poate realiza o teșire care să ofere posibilitatea pătrunderii unei cantități mult mai mari de lumină naturală, fără a crește dimensiunea ferestrelor. Sistemele de umbrire se aleg din faza inițială de proiectarea clădirii, acestea având rolul de a reduce excesul de radiație solară care pătrunde în spațiile clădirii în perioada caldă a anului, precum și pentru reglarea distribuției luminii naturale în încăpere;
 - o metodă eficientă de reglare a radiației solare care pătrunde în spațiile clădirii constă în utilizarea sticlelor „dinamice” cu un factor solar g variabil;
 - o metodă eficientă dar și ușor accesibilă, constă în folosirea de vitraje cu un factor solar g optim în funcție de zona climatică (Tabel 2.5., Tabel 2.8.);
 - sistemele de umbrire exterioare sunt cele mai eficiente în blocarea accesului aportului solar în spațiile clădirii, în timp ce sistemele interioare de umbrire nu sunt atât de eficiente având în vedere că radiația solară traversează suprafața de sticlă ajungând în spațiul interior, astfel că acest sistem asigură doar un reglare al luminii naturale;
 - cerințele funcționale ale sistemelor de umbrire se modifică în funcție de regiunea geografică și zona climatică unde este amplasată clădirea. Jaluzelele orizontale sunt indicate pentru orientarea Sud iar cele verticale pentru Est și Vest. Pentru a nu adăuga un alt consum de energie și alte costuri în funcționarea clădirii, sunt de preferat sistemele de umbrire create cu ajutorul anvelopei clădirii și/sau cele acționate manual.

- *Asigurarea unei ventilări adecvate a spațiului* – prin prevederea de sisteme de ventilare mecanică dublu flux cu recuperarea căldurii (cu eficiență termică / de recuperare ridicată și consum specific de energie electrică pentru vehicularea aerului foarte redus). În vederea utilizării acestor sisteme în condiții de eficiență energetică, este necesară asigurarea unei permeabilități la aer a anvelopei clădirii cât mai reduse. Se recomandă folosirea de sisteme de ventilare mecanică cu un nivel de zgomot cât mai redus (se vor respecta prevederile C125 - "Normativ privind acustica în construcții și zone urbane") precum și folosirea de canale de ventilare cu atenuarea zgomotului cât mai mare sau folosirea de atenuatoare de zgomot;
- *Strategii de ventilare naturală* - Eficiența ventilării naturale depinde de o serie de factori: amplasamentul clădirii, împrejurimile clădirii, microclimat, geometria clădirii, dimensiunile ferestrelor, nivelul de zgomot exterior etc. Utilizarea răcirii nocturne prin ventilare naturală în timpul verii este indicată atunci când temperaturile aerului exterior sunt cu cel puțin 5K mai scăzute decât temperaturile interioare.
- *Materialele utilizate* - Pentru a cuantifica impactul materialelor utilizate se recomandă folosirea de materiale cu declarații de mediu (environmental product declaration EPD)
- *Soluții constructive pentru anvelopa clădirii* - o abordare corectă a proiectării soluțiilor constructive pentru anvelopa clădirii va prioritiza soluțiile ce permit minimizarea consumurilor energetice și în același timp creșterea sau menținerea confortului interior acustic, vizual și al calitatii aerului adecvat funcțiunii clădirii
- *Evitarea și/sau minimizarea efectelor punților termice* – o abordare atentă a punților termice trebuie să asigure continuitatea stratului de termoizolație a anvelopei și limitarea punților termice (la nivelul izolației termice a elementelor opace, la îmbinarea ferestrelor, ușilor și altor deschideri în anvelopa clădirii cu elementele de construcție opace, punți termice străpunse).

Notă: O problemă complementară performanței energetice a clădirilor o reprezintă acustica clădirii care include: izolarea acustică definită prin izolarea la zgomotul aerian și izolarea la zgomot de impact, tratarea fonică și stabilirea unui timp de reverberație adecvat funcțiunii clădirii. Acustica clădirii este influențată semnificativ de materialele utilizate la realizarea elementelor de clădire.

Soluțiile optime se vor identifica din punctul de vedere al costurilor, relevante pentru tipul de clădire și zona climatică, ținând cont, după caz, de potențialele praguri de declanșare relevante din ciclul de viață al clădirii. Se va urmări stimularea renovărilor aprofundate și/sau a renovărilor majore, inclusiv a renovărilor aprofundate și/sau a renovărilor majore efectuate în etape, prin introducerea foilor de parcurs și a sistemului opțional de pașapoarte pentru renovarea clădirilor.

Proiectarea la nivel NZEB a unei clădirii trebuie realizată pe principiile conceptelor de clădiri performante energetic construite cât mai ecologic și monitorizate pe durata utilizării (de exemplu: Casa Pasivă, Casa Activă, Clădiri Verzi etc). În acest sens, o deosebită atenție trebuie acordată următoarelor aspecte, cu condiția prioritară de asigurare a condițiilor interioare de confort și sănătate pentru utilizatori:

- (1) Conformarea arhitecturală cu o geometrie cât mai compactă (raport A/V cât mai mic) și o amplasare avantajoasă pe sit precum și o poziționare a încăperilor în funcție de orientarea cardinală și de vecinătăți;
- (2) Prevederea unui strat termoizolant continuu pe conturul anvelopei clădirii și realizarea unui nivel de izolare termică care să asigure valorile rezistențelor termice cerute pentru nZEB,

- inclusiv un impact minim al punților termice prin tratarea adecvată a detaliilor de îmbinare care reprezintă punți termice;
- (3) Tâmplărie exterioară cu performanță termică ridicată: rama termoizolantă și vitraj dublu sau triplu (două sau trei foi de geam), cu tratare low-e și/sau de protecție solară, cu aer sau cu gaze rare între foile de geam și, cu baghetă caldă), permeabilitate la aer redusă; poziționarea corectă a acestora în raport cu alcătuirea constructivă a părții opace și etanșarea corectă pe contur, reglarea unui factor de transmisie a energiei solare, g, adaptat la condițiile particulare ale fiecărei fațade în funcție de destinație, procent de vitrare, condiții de confort, orientare etc. precum și prevederea de dispozitive de protecție solară termică adecvate;
 - (4) Prevederea unui strat continuu de etanșare la aer a anvelopei;
 - (5) Evaluarea soluțiilor de anvelopă la transferul de masă;
 - (6) Utilizarea inerției termice a clădirii și întocmirea verificărilor privind stabilitatea termică pentru alcătuirile constructive ușoare;
 - (7) Prevederea de elemente de stocaj a energiei termice și sau electrice produse local;
 - (8) Materiale ecologice sau cu impact minim asupra sănătății utilizatorilor clădirii;
 - (9) Surse de energie regenerabilă înglobate în elementele de construcție ale anvelopei (de exemplu: celule PV în învelitoarea clădirii sau în structura unor suprafețe vitrate);
 - (10) Utilizarea unor materiale și/sau soluții constructive care să permită economia circulară după terminarea duratei de viață a acestora;
 - (11) Utilizarea unor materiale și sisteme tehnice cu valori cât mai scăzute de energie înglobată (și cu amprentă de carbon cât mai redusă).
 - (12) Prevederea de sisteme adaptate corespunzător pentru încălzirea, răcirea, sau ventilarea aerului.

2.4. Rezistențe termice

2.4.1. Calculul rezistenței termice și al transmitanței termice ale elementelor de clădire opace

Calculul rezistenței termice și al transmitanței termice ale elementelor de clădire opace se face conform prevederilor din reglementarea termică C107, cu modificările, precizările și completările făcute, în continuare, în prezentul subcapitol.

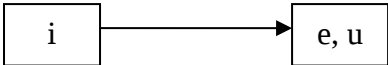
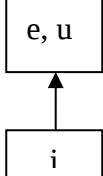
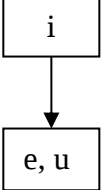
Pentru calculul rezistenței termice unidirecționale, documentul recomandat este *SR EN ISO 6946*.

Rezistența termică totală unidirecțională a unui element de clădire alcătuit din unul sau mai multe straturi din materiale omogene, fără punți termice, inclusiv din eventuale straturi de aer neventilat, dispuse perpendicular pe direcția fluxului termic, se calculează cu relația :

$$R = R_{si} + \sum R_j + \sum R_a + R_{se} \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (2.6)$$

Rezistențele la transfer termic superficial (R_{si} și R_{se}) se consideră în calcule în funcție de direcția și sensul fluxului termic; $R_{si} = 1/h_i$ și $R_{se} = 1/h_e$.

Tabel 2.11. Coeficienți de transfer termic superficial h_i și h_e [$W/(m^2K)$] și rezistențe termice superficiale R_{si} și R_{se} [m^2K/W]

DIRECȚIA ȘI SENSUL FLUXULUI TERMIC	Elemente de clădire în contact cu:		Elemente de clădire în contact cu spații ventilate neîncălzite:	
	- exteriorul - pasaje deschise (ganguri)		- subsoluri și pivnițe - poduri - balcoane și logii închise - rosturi închise - alte încăperi neîncălzite	
	h_i/R_{si}	h_e/R_{se}	h_i/R_{si}	h_e/R_{se}
	$\frac{8}{0,125}$	$\frac{24}{0,042}^{*)}$	$\frac{8}{0,125}$	$\frac{12}{0,084}$
	$\frac{8}{0,125}$	$\frac{24}{0,042}^{*)}$	$\frac{8}{0,125}$	$\frac{12}{0,084}$
	$\frac{6}{0,167}$	$\frac{24}{0,042}^{*)}$	$\frac{6}{0,167}$	$\frac{12}{0,084}$

Valorile rezistențelor termice superficiale interioare din tabelul anterior sunt valabile pentru suprafețele interioare obișnuite și includ atât convecția termică cât și radiația termică, ambele approximate pentru condiții uzuale la clădirile rezidențiale și nerezidențiale. Ele corespund următoarelor condiții:

- suprafața exterioară netratată, cu un coeficient de emisie $\varepsilon = 0,9$
- temperatură interioară evaluată la $+ 20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- temperatura exterioară $\theta_e = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- viteza vântului adiacent suprafeței exterioare $v = 4\text{ m/s}$

Pentru alte viteze ale vântului, rezistența termică superficială exterioară se poate considera orientativ astfel:

Tabel 2.12. Rezistența de transfer termic superficial R_{se}

v	R_{se}
[m/s]	[m^2K/W]
1	0,08
2	0,06
3	0,05
5	0,04

v	R_{se}
[m/s]	[m ² K/W]
7	0,03
10	0,02

Rezistențele termice ale straturilor de aer neventilat (R_a) se consideră, în funcție de direcția și sensul fluxului termic și de grosimea stratului de aer (document recomandat *SR EN ISO 6946*), pentru toate elementele de clădire, cu excepția elementelor de clădire vitrate.

Pentru modul în care se pot considera straturile de aer în calculele termotehnice în care există un oarecare grad de ventilare al spațiului de aer, deci o comunicare cu mediul exterior, se poate consulta documentul recomandat *SR EN ISO 6946*.

Relația de calcul a rezistenței termice totale unidirecționale se utilizează și pentru determinarea rezistenței termice în câmp curent, a elementelor de clădire neomogene (cu punți termice).

Pentru calculul câmpului de temperaturi în vederea verificării temperaturilor superficiale, valoarea rezistenței la transfer termic superficial interior R_{si} , în câmpul curent al elementului și pentru îmbinări 2-D sau 3-D în anvelopă, se consideră diferențiat (documente recomandate: *SR EN ISO 10211*).

În calculul unidirecțional, suprafețele izoterme se consideră că sunt paralele cu suprafața elementului de construcție.

La elementele de construcție cu straturi de grosime variabilă (*de exemplu* la planșeele de la terase), rezistențele termice se pot determina pe baza grosimilor medii ale acestor straturi, aferente suprafețelor care se calculează.

Transmitanța termică prin suprafață se determină cu relația :

$$U = \frac{1}{R} \quad [W/(m^2K)] \quad (2.7)$$

Dacă valorile R și U reprezintă rezultate finale ale calculelor termotehnice, ele pot fi rotunjite la 3 cifre semnificative (2 zecimale).

Punțile termice la clădiri determină o modificare a fluxurilor termice și a temperaturilor superficiale în comparație cu cele corespunzătoare unei structuri fără punți termice. Aceste fluxuri termice și temperaturi pot fi determinate prin calcule numerice (document recomandat *SR EN ISO 10211*).

Pentru punțile termice liniare este mai operativ să se utilizeze metode simplificate pentru estimarea transmitanțelor termice liniare (document recomandat *SR EN ISO 14683*).

Rezistența termică corectată (cu influența punților termice) se determină la elementele de clădire cu alcătuire neomogenă; ea ține seama de influența punților termice asupra valorii rezistenței

termice determinate pe baza unui calcul unidirecțional în câmp curent, respectiv în zona cu alcătuirea predominantă.

Rezistența termică corectată R' și respectiv transmitanța termică corectată U' se calculează cu relația generală :

$$U' = \frac{1}{R'} = \frac{1}{R} + \frac{\sum(\psi \cdot l)}{A} + \frac{\sum\chi}{A} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{K})] \quad (2.8)$$

în care :

- R rezistența termică totală, unidirecțională, aferentă ariei A
- l lungimea punților liniare de același fel, din cadrul suprafeței A
- ψ transmitanța termică liniară a tuturor punților termice liniare din cadrul suprafeței A
- χ transmitanța termică punctuală a tuturor punților termice liniare din cadrul suprafeței A .

Rezistența termică corectată se mai poate exprima prin relația :

$$R' = r \cdot R \quad [\text{m}^2\text{K}/\text{W}] \quad (2.9)$$

în care r reprezintă coeficientul de reducere a rezistenței termice totale, unidirecționale :

$$r = \frac{1}{R \cdot \left[\sum(\psi \cdot l) + \sum\chi \right] + A} \quad [-] \quad (2.10)$$

Transmitanțele termice liniare ψ și punctuale χ aduc o corecție a calcului unidirecțional, ținând seama atât de prezența punților termice constructive, cât și de comportarea reală, bidimensională, respectiv tridimensională, a fluxului termic, în zonele de neomogenitate a elementelor de construcție.

Punțile termice punctuale rezultate la intersecția unor punți termice liniare, de regulă, se neglijează în calcule.

Transmitanțele termice liniare ψ și punctuale χ nu diferă în funcție de zonele climatice; ele se determină pe baza calculului numeric automat al câmpurilor de temperaturi. Pentru detalii uzuale se pot folosi valorile precalculate din tabelele cuprinse în Cataloage cu valori precalculate ale transmitanțelor termice liniare și punctuale (Anexa la ordinul nr. 1590/24.08.2015 și C107).

Notă: Pentru zidăriile din blocuri de BCA, la clădirile noi, se va opera în calculele termotehnice cu valorile corectate ale conductivității termice, conform prevederilor din MP022-2/2002.

Documentarea calculelor valorilor transmitanțelor termice liniare și punctuale aferente tuturor punților termice semnificative, ψ și χ se face prin prezentarea analizei tuturor detaliilor reprezentative anexat la raportul de calcul pentru îndeplinirea cerințelor minime de performanță energetică.

Rezistențele termice corectate cu efectul punților termice, R' , respectiv inversul acestora - transmitanțele termice, U' , se utilizează pentru determinarea coeficientul de transfer termic prin transmisie prin elementele clădirii care separă spațiul condiționat de aerul exterior, H_d .

Clădirile pot avea punți termice semnificative, unul dintre efecte fiind cel de creștere a fluxurilor termice disipate prin anvelopa clădirilor. În acest caz, pentru a se obține un coeficient de cuplaj termic corect, este necesară adăugarea unor termeni de corecție prin transmitanțele termice liniare și punctuale, astfel coeficientul de transfer termic direct se calculează cu relația :

$$H_d = \sum U_j A_j + \sum \psi_k l_k + \sum \chi_j \quad [\text{W/K}] \quad (2.11)$$

unde:

- H_d este coeficientul de transfer termic direct (cuplaj termic), în [W/K]; ;
- U_j este transmitanța termică unidimensională a părții j de anvelopă a clădirii, în [W/(m²K)];
- A_j este aria pentru care se calculează U_j , în [m²];
- ψ_k este transmitanța termică liniară a punții termice liniare k , în [W/(mK)];
- l_k este lungimea pe care se aplică ψ_k , în m;
- χ_j este transmitanța termică punctuală a punții termice punctuale j , în [W/K].

sau, același lucru exprimat utilizând transmitanța termică corectată U'_j :

$$H_d = \sum U'_j A_j \quad [\text{W/K}] \quad (2.12)$$

unde:

- U'_j este transmitanța termică corectată cu efectul punților termice, a părții j de anvelopă a clădirii, în [W/(m²K)];

Valorile transmitanțelor termice liniare depind de sistemul de dimensiuni ale clădirii utilizat în calculul ariilor, efectuat pentru fluxurile unidimensionale.

Transmitanța termică liniară, ψ , se calculează cu relația:

$$\psi_j = \frac{1}{l_j} (L^{2D} - \sum U_j A_j) \quad [\text{W/(mK)}] \quad (2.13)$$

unde:

- L^{2D} este coeficientul liniar de cuplaj termic obținut printr-un calcul bidimensional al componentei care separă cele două medii considerate, în [W/K] ;
- U_j este transmitanța termică unidimensională prin suprafața componentei j care separă mediile considerate, în [W/(m²K)];
- A_j este aria pentru care se calculează U_j , în [m²];
- l_j este lungimea din modelul geometric bidimensional pe care se aplică valoarea U_j , în metri.

Fluxul termic disipat prin anvelopa clădirii, Φ , între mediile interior și exterior, având ca temperaturi θ_i și θ_e , poate fi calculat cu relația:

$$\Phi = H_{tr} (\theta_i - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (2.14)$$

Conform SR EN ISO 13789, coeficientul de transfer termic prin transmisie H_{tr} , se calculează cu relația:

$$H_{tr} = H_d + H_g + H_u + H_a \quad [\text{W/K}] \quad (2.15)$$

unde:

- H_d este coeficientul de transfer termic direct (coeficientul de cuplaj termic) între spațiile încălzite/răcite și exterior, prin anvelopa clădirii, definit prin relația 2.12 în [W/K];
- H_g este coeficientul de transfer termic (cuplaj termic) prin sol, (documente recomandate: *SR EN ISO 13370*, *SR EN ISO 12631*) și care se admite a fi calculat în regim staționar (document recomandat: *SR EN ISO 13789*), în [W/K];
- H_u coeficientul de transfer termic prin transmisie prin spații neîncălzite (document recomandat: *SR EN ISO 13789*), în [W/K];
- H_a coeficientul de transfer termic prin transmisie, către clădirile adiacente, în [W/K].

Coeficientul de transfer termic direct prin transmisie între mediile interior și exterior, reprezintă un flux de căldură datorită transmisiei termice printr-un element de clădire împărțit la diferența dintre temperaturile mediilor de pe fiecare față a construcției. Prin convenție, atunci când transferul de căldură se face între un spațiu climatizat și mediul exterior, semnul este pozitiv dacă transferul se face dinspre spațiu către exterior (pierdere de căldură).

Coeficientul de transfer termic prin ventilare reprezintă un flux de căldură datorită aerului care intră într-un spațiu încălzit/răcit prin infiltrare sau ventilare împărțit la diferența dintre temperatura aerului interior și temperatura aerului pătruns la interior. Temperatura aerului infiltrat este egală cu temperatura aerului exterior:

$$Q_v = H_v \cdot (\theta_{int} - \theta_{ext}) = \dot{m}_{aer} \cdot c_p \cdot (\theta_{int} - \theta_{ext}) = 0,33 \cdot n \cdot V_{aer} \cdot (\theta_{int} - \theta_{ext}) \quad [W]$$

Înainte de calcul, trebuie definit în mod clar spațiul climatizat al clădirii considerate. Elementele clădirii care se iau în considerare în calcule sunt cele care delimitează spațiile încălzite sau răcite (în mod direct sau indirect).

Anvelopa supratcrană a clădirii se modelează prin elemente plane și liniare. Limitele dintre partea subterană a clădirii, care implică transferul termic prin pământ și partea supratcrană a clădirii, care are transfer termic direct către mediul exterior sau către spațiile neclimatizate, se consideră, următoarele:

- pentru clădiri cu planșee pe sol, planșee suspendate și subsoluri neîncălzite: nivelul suprafeței interioare a parterului (excluzând orice formă de acoperire a planșeului, cum ar fi covoarele);
- pentru clădiri cu subsolul încălzit: nivelul exterior al solului.

În privința pereților exteriori la clădiri cu pereți cortină în vederea elaborării CPE sau auditului energetic, se menționează următoarele (document de referință *SR EN ISO 12631*) :

Aspecte specifice

- Stabilirea rezistenței termice corectate, R' /transmitanței termice corectate, U' , pentru zonele de fațadă cu pereți cortină;
- Stabilirea transmitanțelor termice liniare ψ pentru îmbinări în colț ieșind, perete –acoperiș, perete - soclu sau perete cortină - fațadă tradițională, dacă este cazul.

Situații posibile

1. Există proiectul clădirii, inclusiv a peretelui cortină și informații certe privind caracteristicile termice ale peretelui cortină, puse la dispoziție de către furnizor.
Este situația cea mai simplă, în care datele oferite de furnizor sunt introduse în calculul anvelopei.

Este necesară stabilirea transmitanțelor termice liniare ψ pentru îmbinări în colț ieșind, perete – acoperiș, perete- soclu sau perete cortină- fațadă tradițională, dacă este cazul

2. *Există proiectul clădirii inclusiv al fațadei cortină din care rezultă:*

- geometria fațadei, respectiv distribuția montanților, traverselor, părților opace, vitrate, mobile sau fixe;
- caracteristicile geometrice ale elementelor metalice;
- detalii de îmbinări;
- caracteristicile termice ale părții opace/vitrate;
- transmitanțele termice liniare ψ pentru îmbinări.

Se stabilește performanța termică a fațadei cortină conform *SR EN ISO 12631*.

Pentru determinarea rezistenței termice medii pe întreaga clădire, este necesară stabilirea coeficienților liniari de transfer termic pentru îmbinări în colț ieșind, perete – acoperiș, perete - soclu sau perete cortină - fațadă tradițională, dacă este cazul.

3. *Nu există proiectul clădirii sau există dar nu conține informațiile referitoare la fațada cortină care să justifice încadrarea în situația 1 sau 2.*

Etape :

- Relevul fațadei cortină cu precizarea poziției zonelor opace/vitrate, mobile sau fixe;
- Stabilirea prin măsurători a procentului de suprafață metalică (îmbinări) în raport cu întreaga suprafață a fațadei;
- Stabilirea/adoptarea valorii U_v , caracteristica termică a vitrajului pe baza observațiilor directe corelate cu date din documentații făcute publice de firme producătoare;
- Stabilirea/adoptarea valorii U_p , pentru partea opacă, funcție de grosime, considerând conductivitatea termică a materialului termoizolant de 0,04 W/m.K.
- Determinarea transmitanței termice a panoului de perete cortină, U_w , ca o medie ponderată cu suprafețele opace/vitrate;
- Determinarea transmitanței termice corectate a panoului de perete cortină prin aplicarea unei reduceri de 25...35%, funcție de ponderea suprafețelor metalice față de aria totală.

Pentru determinarea rezistenței termice medii pe întreaga clădire, este necesară stabilirea transmitanțelor termice liniare ψ pentru îmbinări în colț ieșind, perete – acoperiș, perete - soclu sau perete cortină - fațadă tradițională, dacă este cazul.

2.4.2. Transmitanța termică a elementelor vitrate (ferestre și uși)

Transmitanța termică a elementelor vitrate se va calcula fie utilizând metoda simplificată (document recomandat *SR EN ISO 10077-1*), fie metoda numerică bidimensională (document recomandat *SR EN ISO 10077-2*).

Calculul acestor elemente de clădire se face conform prevederilor din reglementarea tehnică C107, cu modificările și completările ulterioare.

Pentru pereții cortină documentul de referință este *SR EN ISO 12631*. Pentru a trata atât transferul de căldură cât și aporturile solare, pentru ferestre combinate cu un oblon și pentru elemente dinamice (vitrate) de clădire, transmitanțele termice sunt detaliate la paragraful 2.7.3.1.

Tabel 2.13. Mărimi relative la transmisia energiei solare

Coeficient de transmisie a energiei solare totale la o incidență normală, $g_{gl,n}$, pentru tipurile obișnuite de sticlă, geam necolorat și nedifuzant, pentru un unghi de înălțime solară de 45^0	
Tip	$g_{gl,n}$
Vitraj simplu	0,85
Vitraj dublu	0,75
Fereastră dublă	0,75
Vitraj triplu	0,70
Vitraj dublu, acoperire cu emisivitate redusă	0,65
Vitraj dublu, acoperire cu funcție multiplă (emisivitate redusă + reglare solar)	$0,21 \div 0,55^{(*)}$
Vitraj triplu, două acoperiri cu emisivitate redusă	0,50
Vitraj triplu, o acoperire cu funcție multiplă (emisivitate redusă + reglare solar) și o acoperire cu emisivitate redusă	$0,19 \div 0,45^{(*)}$

(*) – în funcție de tipul acoperirii cu funcție multiplă

2.4.3. Stabilirea prin calcul a parametrilor de performanță termică a elementelor de anvelopă aflate în contact cu solul

Pentru stabilirea prin calcul a parametrilor de performanță termică a elementelor de anvelopă aflate în contact cu solul se recomandă documentele C107/5-2005, SR EN ISO 13370, SR EN 12831-1.

Coeficientul de transfer termic prin sol, H_g , se poate calcula conform SR EN ISO 13370. În cazul în care există spații necondiționate, H_g se calculează ca și cum nu ar exista spațiile necondiționate.

SR EN ISO 13370 stabilește metode de calculul ale coeficientului de transfer termic prin transmisie pe bază lunară, $H_{g,an,m}$, luând în considerare inerția termică a solului.

2.4.4. Rezistența termică/transmitanța termică medie a anvelopei clădirii

Rezistența termică corectată medie (R'_m) a unui element de clădire al anvelopei clădirii/transmitanța termică corectată medie a unui element de clădire al anvelopei clădirii, se calculează cu relația :

$$R'_m = \frac{1}{U'_m} = \frac{\sum A_j}{\sum (A_j \cdot U'_j)} \quad [m^2K/W] \quad (2.16)$$

în care :

U'_j transmitanțe termice corectate $[W/(m^2K)]$ aferente suprafețelor A_j .

Relația de calcul este valabilă și pentru determinarea rezistențelor termice medii ale unor elemente de clădire alcătuite din două sau din mai multe zone cu alcătuire omogenă; în această situație în această relație, în loc de U'_j se introduce transmitanța termică unidirecțională U_j , obținându-se rezistența termică medie $R_m = 1/U_m$.

Rezistența termică corectată medie a anvelopei clădirii (R'_M) / transmitanța termică medie a anvelopei clădirii ($U'_{cladire}$), se calculează cu relația :

$$R'_M = \frac{1}{U'_{cladire}} = \frac{\sum A_k}{\sum (A_k \cdot U'_{k})} \quad [m^2K/W] \quad (2.17)$$

Coeficientul de cuplaj termic (L), aferent unui element de clădire se calculează cu relația generală:

$$L_j = A_j \cdot U'_j = \frac{A_j}{R'_j} \quad [W/K] \quad (2.18)$$

în care indicele j se poate referi la o suprafață a elementului de construcție, la o încăpăre, la un nivel sau la ansamblul clădirii.

Pentru ansamblul mai multor elemente de construcție, valorile L se pot însuma.

Fluxul termic Φ aferent unui element de clădire se calculează cu relația generală :

$$\Phi = L_j \cdot \Delta \theta \quad [W] \quad (2.19)$$

În cazul elementelor de construcție care separa spațiul interior încălzit de un spațiu neîncălzit, în locul valorii $\Delta \theta = \theta_i - \theta_e$ se utilizează diferența de temperatură ($\theta_i - \theta_u$) în care θ_u reprezintă temperatura din spațiul neîncălzit, determinată pe baza unui calcul de bilanț termic.

Pentru ansamblul mai multor elemente de construcție, valorile Φ se pot însuma.

Permeabilitatea la aer a unei clădiri

Parametrul fizic care descrie permeabilitatea (etanșeitatea) la aer a unei clădiri este rata de infiltrații sau numărul de schimburi de aer pe oră, notat cu n_a (h^{-1}), reprezentând debitul de aer infiltrat raportat la volumul util al clădirii la o diferență de presiune dată. În calculele de certificare energetică a clădirilor ventilate natural se va folosi valoarea parametrului n_a , corespunzătoare unei acțiuni medii a vântului; aceasta se materializează printr-o diferență de presiune exterior-interior medie anuală de 4Pa (presiune mai mare la exteriorul clădirii). Principalii parametri care influențează permeabilitatea la aer a clădirii sunt diferența de presiune exterior-interior și starea de degradare a tâmplăriei exterioare a clădirii. Alți parametri precum expunerea clădirii la acțiunea vântului și adăpostirea clădirii față de acțiunea vântului au o influență asupra diferenței de presiune exterior-interior.

Pentru determinarea permeabilității la aer a unei clădiri se pot folosi metode experimentale (metoda presurizării – SR EN ISO 9972, a se vedea 2.5.1) sau se estimează această performanță în funcție de principalii factori ce influențează permeabilitatea la aer a clădirii (a se vedea 2.5.2).

Pentru clădirile prevăzute cu ventilare mecanică dublu flux (sistem echilibrat) este recomandată determinarea permeabilității la aer a clădirii prin metoda presurizării – SR EN ISO 9972.

2.5.1. Determinarea permeabilității la aer (a performanței de etanșeitate la aer) a clădirii prin metoda presurizării

Determinarea permeabilității la aer se realizează prin metoda creării unei diferențe de presiune prin intermediul unui ventilator, în conformitate cu prevederile SR EN ISO 9972. În acest context, se definesc:

Debit de aer prin neetanșeități – debitul de aer care traversează anvelopa clădirii,

Anvelopa clădirii – contur sau limite care separă interiorul clădirii, sau o parte a clădirii în care se face încercarea, de mediul exterior sau de o altă clădire sau parte de clădire,

Număr de schimburi de aer – debitul de aer prin neetanșeități care traversează anvelopa clădirii împărțit la volumul interior al clădirii,

Permeabilitate la aer – debitul de aer prin neetanșeități care traversează anvelopa clădirii împărțit la aria totală a anvelopei.

Indicatorii de performanță pentru permeabilitatea la aer a clădirii, determinați conform SR EN ISO 9972, sunt:

- numărul de schimburi de aer prin infiltrații la o diferență de presiune de 50 Pa, n_{50} [1/h] (valori indicative pentru clădirile rezidențiale existente în tabelul 2.14a),
- permeabilitatea la aer a anvelopei clădirii la 50 Pa, q_{50} [m³/h/m²].

Legea de permeabilitate este relația de legătură între debitul de aer infiltrat, Q , și diferența de presiune, Δp ($Q = C_L \cdot \Delta p^n$) definită prin exponentul, n [-], și de coeficientul de permeabilitate, C_L [m³/h/Paⁿ].

În tabelul 2.14b este indicat numărul de schimburi de aer la o diferență de presiune de 4 Pa (valoarea de expunere medie a unei clădiri), n_4 [1/h] (valori de calcul pentru clădirile rezidențiale ventilate natural).

Tabel 2.14a. Număr de schimburi de aer echivalent (infiltrații) la o diferență de presiune de 50 Pa pentru clădiri de locuit existente (n_{50})

Categorie clădiri	Clasa de Expunere	Clasa de Adăpostire	Categorie de tâmplărie																	
			Lemn						Metal					PVC				Aluminiu		
			L1	L2	L3	L4	L5	L6	M1	M2	M3	M4	M5	P1	P2	P3	P4	A1	A2	A3
Clădiri individuale (unifamiliale, cuplate, înșiruite)		NA	1,90	3,48	4,75	6,59	8,01	9,44	1,47	4,14	6,38	8,62	10,86	0,54	1,36	3,94	5,57	1,63	4,55	5,77
		MA	1,74	3,33	4,35	5,77	6,79	7,81	1,17	3,73	5,57	7,60	9,23	0,43	1,09	3,53	4,75	1,30	3,94	4,75
		A	1,36	3,17	3,94	4,96	5,57	6,18	0,88	3,33	4,75	6,38	7,60	0,33	0,81	3,12	3,94	0,98	3,33	3,94
Clădiri cu mai multe apartame nte	ED	NA	1,79	3,02	3,94	5,36	6,59	7,60	1,17	3,53	5,16	6,99	8,83	0,43	1,09	3,33	4,55	1,30	4,35	4,75
	Dubla	MA	1,63	2,87	3,53	4,75	5,57	6,38	1,03	3,12	4,55	6,06	7,60	0,38	0,95	2,92	3,94	1,14	3,73	4,14
		A	1,47	2,72	3,33	4,14	4,55	5,16	0,88	2,72	3,94	5,16	6,38	0,33	0,81	2,72	3,33	0,98	3,12	3,53
	EM	NA	1,74	2,87	3,53	4,96	5,97	6,79	1,03	3,12	4,75	6,59	8,22	0,38	0,95	2,92	4,14	1,14	3,94	4,55
	Medie	MA	1,58	2,82	3,33	4,35	5,16	5,77	0,88	2,92	4,14	5,57	6,99	0,33	0,81	2,72	3,53	0,98	3,53	3,94
		A	1,41	2,72	3,12	3,73	4,14	4,75	0,73	2,72	3,53	4,55	5,77	0,27	0,68	2,44	3,12	0,81	3,00	3,33
	ES	NA	1,63	2,82	3,33	4,55	5,57	6,59	0,88	2,92	4,55	6,18	7,81	0,33	0,81	2,92	3,94	0,98	3,53	4,35
	Simpla	MA	1,52	2,77	3,12	4,14	4,75	5,36	0,81	2,72	3,94	5,36	6,79	0,33	0,81	2,72	3,33	0,92	3,25	3,73
		A	1,36	2,72	2,92	3,53	3,94	4,35	0,73	2,44	3,33	4,35	5,36	0,27	0,68	2,17	2,92	0,81	2,92	3,12

Tabel 2.14b. Valori de calcul ale numărului mediu de schimburi de aer (la o diferență de presiune de 4 Pa) pentru clădiri rezidențiale ventilate natural nereglareat (nu se aplică pentru clădiri ventilate mecanic)

Categorie Clădirii	Clasa Expunere	Clasa Adăpostire	Categorie de tamplarie																	
			Lemn						Metal					PVC				Aluminiu		
			L1	L2	L3	L4	L5	L6	M1	M2	M3	M4	M5	P1	P2	P3	P4	A1	A2	A3
Clădiri individuale (unifamiliale, cuplate, insiruite)		NA	0.50	0.69	0.88	1.21	1.48	1.74	0.50	0.76	1.18	1.59	2.00	0.50	0.50	0.73	1.03	0.50	0.84	1.06
		MA	0.50	0.65	0.80	1.06	1.25	1.44	0.50	0.69	1.03	1.40	1.70	0.50	0.50	0.65	0.88	0.50	0.73	0.88
		A	0.50	0.61	0.73	0.91	1.03	1.14	0.50	0.61	0.88	1.18	1.40	0.50	0.50	0.58	0.73	0.50	0.61	0.73
Clădiri cu mai multe apartamente	ED Dubla	NA	0.50	0.58	0.73	0.99	1.21	1.40	0.50	0.65	0.95	1.29	1.63	0.50	0.50	0.61	0.84	0.50	0.80	0.88
		MA	0.50	0.54	0.65	0.88	1.03	1.18	0.50	0.58	0.84	1.12	1.40	0.50	0.50	0.54	0.73	0.50	0.69	0.76
		A	0.50	0.50	0.61	0.76	0.84	0.95	0.50	0.50	0.73	0.95	1.18	0.50	0.50	0.50	0.61	0.50	0.58	0.65
	EM Medie	NA	0.50	0.54	0.65	0.91	1.10	1.25	0.50	0.58	0.88	1.21	1.51	0.50	0.50	0.54	0.76	0.50	0.73	0.84
		MA	0.50	0.50	0.61	0.80	0.95	1.06	0.50	0.54	0.76	1.03	1.29	0.50	0.50	0.50	0.65	0.50	0.65	0.73
		A	0.50	0.50	0.58	0.69	0.76	0.88	0.50	0.50	0.65	0.84	1.06	0.50	0.50	0.50	0.58	0.50	0.55	0.61
	ES Simpla	NA	0.50	0.50	0.61	0.84	1.03	1.21	0.50	0.54	0.84	1.14	1.44	0.50	0.50	0.54	0.73	0.50	0.65	0.80
		MA	0.50	0.50	0.58	0.76	0.88	0.99	0.50	0.50	0.73	0.99	1.25	0.50	0.50	0.50	0.61	0.50	0.60	0.69
		A	0.50	0.50	0.54	0.65	0.73	0.80	0.50	0.50	0.61	0.80	0.99	0.50	0.50	0.50	0.54	0.50	0.54	0.58

Stabilirea lui n_4 prin selectarea valorilor din tabelul 2.14b (conform paragraf 2.5.2), reprezintă o metodă aproximativă bazată pe aprecierea vizuală a stării de degradare a rosturilor elementelor de construcție mobile și a altor neetanșități ale clădirii. În cazul în care sunt necesare valori ale n_4 cu o precizie ridicată, se recomandă adoptarea metodei experimentale de determinare prin măsurare a acestei caracteristici a clădirii (metoda presurizării – SR EN ISO 9972).

2.5.2. Estimarea calitativă a permeabilității la aer (a performanței de etanșeitate la aer) a clădirii prin parametri caracteristici-cazul clădirilor rezidențiale

Metoda se aplică exclusiv la clădirile cu ventilare naturală nereglareată. Pentru această metodă de estimare a permeabilității unei clădiri se vor determina mai întâi clasele parametrilor care influențează permeabilitatea la aer.

Clasa de expunere a unei clădiri față de acțiunea vântului se va determina funcție de poziționarea ferestrelor pe anvelopa clădirii. Se vor considera trei clase de expunere: expunere simplă (ES), expunere medie (EM) și expunere dublă (ED), diferențiate conform figurii 2.6.

Clasa de adăpostire a clădirii la acțiunea vântului depinde de poziția clădirii față de clădirile învecinate: clădiri neadăpostite (NA), clădiri moderat adăpostite (MA) și clădiri adăpostite (A).

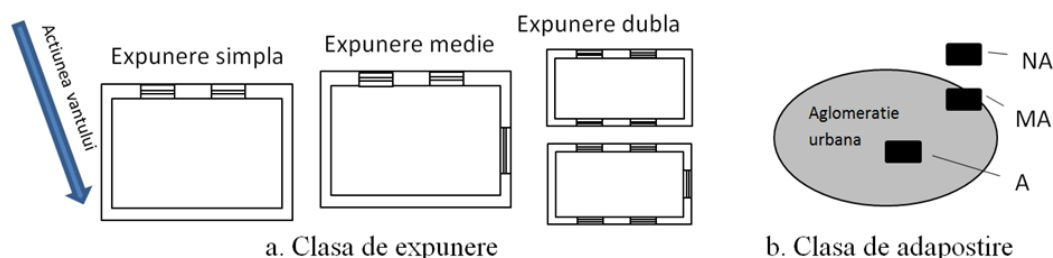


Figura 2.6. Clasa de expunere și clasa de adăpostire a clădirii

Starea de degradare a tâmplăriei reprezintă principalul factor care influențează debitul de aer infiltrat și permeabilitatea la aer a unei clădiri. Vizual, se va estima starea de degradare a tâmplăriei. Mai jos se prezintă o descriere a diferitelor stări de degradare pentru tâmplărie (clasică de lemn, metalică, PVC, aluminiu) și valorile medii de permeabilitate la aer.

Stările de degradare ale tâmplăriei clasice de lemn:

- L1 - în stare bună, nouă, cu garnituri de etanșare
- L2 - în stare bună, nouă, fără garnituri de etanșare
- L3 - veche, fără o stare de degradare vizibilă
- L4 - veche, cu ramă mobilă puțin curbată (trebuie ridicată rama pentru a fi închisă fereastra)
- L5 - veche, cu ramă mobilă intrată în proces de degradare a lemnului (lemn putred) dar rostul nu este vizibil
- L6 - cu ramă putredă, cu rost vizibil (3-4 mm lățimea rostului la partea opusă a balamalelor)

Stări de degradare ale tâmplăriei clasice cu ramă metalică (cornier):

- M1 - în stare bună, cu garnituri de etanșare
- M2 - în stare bună, fără garnituri de etanșare
- M3 - vizibilă degradată, vopsea dezlipită
- M4 - în stare ruginită
- M5 - cu metal umflat de rugină în zona balamalelor (5mm lățimea rostului la partea opusă balamalelor)

Stările de degradare ale tâmplăriei de PVC (simplu/dublu/triplu vitraj):

- P1 - cu garnitură nouă, în stare bună, flexibilă (min 0.5)
- P2 - cu garnitură învechită, care nu mai este flexibilă

- P3 - cu rama deformată sub acțiunea căldurii
P4 - cu rama căzută, din cauza degradării feroneriei

Stările de degradare ale tâmplăriei de Aluminiu (simplu/dublu/triplu vitraj):

- A1 - cu garnitură nouă, în stare bună, flexibilă
A2 - cu garnitură învechită
A3 - cu rama degradată din cauza degradării feroneriei

Pentru clădiri existente, numărul de schimburi de aer la o diferență de presiune de 4 Pa, n_a , se va estima din tabelul 2.14b, în funcție de: categoria clădirii (clădire individuală / cu mai multe apartamente), clasa de expunere, clasa de adăpostire și starea de degradare a tâmplăriei. Dacă starea de degradare a tâmplăriei clădirii existente nu se regăsește în stările de degradare mai sus menționate, se recomandă folosirea aceluiași tabel, iar estimarea etanșeității se va realiza prin interpolare sau extrapolare după caz.

În cazul alegerii numărului de schimburi de aer n_a , se va ține cont de faptul că acesta este un parametru de calcul ce provine din raportul dintre debitul de aer și volumul de aer al spațiului respectiv. De exemplu, se va alege un parametru n_a corespunzător unui spațiu neîncălzit (funcție de starea de degradare a tâmplăriei exterioare a spațiului neîncălzit) și se va înmulți cu volumul aceluiași spațiu neîncălzit.

În cazul clădirilor a căror fațadă este caracterizată de mai multe tipuri de tâmplărie se va estima o permeabilitate medie ce caracterizează întreaga clădire sau întreaga fațadă. În această situație, estimare permeabilitatii la aer a clădirii se realizează în trei etape:

- se determină din planuri suprafețele utile încălzite ale apartamentelor corespunzătoare pentru fiecare tip de tâmplărie S_{ui} (m²) ;
- se determină ratele de infiltrații pentru fiecare tip de tâmplărie, n_{ai} (1/h), fie prin metoda experimentală fie prin estimare în funcție de starea de degradare a tâmplăriei);
- se calculează o valoare medie pentru întreaga clădire, n_a (1/h), ca medie ponderată cu ariile de referință ale pardoselilor,

$$n_a = \sum_i \frac{S_{ui}}{\sum S_{ui}} n_{ai} \quad (2.20)$$

În situația în care clădirea care trebuie certificată/auditată nu are o înălțime constantă a nivelurilor, atunci ponderarea se face cu volumele încălzite ale apartamentelor corespunzătoare pentru fiecare tip de tâmplărie în loc de suprafețele utile.

Etape pregătitoare calculului de necesar de energie pentru încălzirea și/sau răcirea clădirilor

2.6.1. Descrierea procedurii de calcul

Etapele care trebuie urmate pentru evaluarea necesarului de energie în clădirile dotate cu sisteme de încălzire, răcire, umidificare, dezumidificare, climatizare (încălzire și răcire) și ventilare mecanică, sunt prezentate succint în continuare, într-o ordine care asigură o abordare rapidă și coerentă. Acestea sunt detaliate în această metodologie, în paragrafele specificate.

- Se definește clădirea (destinația principală și tipul clădirii : exemplu, școală, clădire nouă, veche, reabilitată etc.) ;
- Se precizează caracteristicile geometrice și termice ale elementelor de anvelopă ale clădirii exprimate prin suprafețe : exterioare, interioare, pe sol, volume, rezistențe termice, punți termice, capacități termice ;
- Se stabilesc sistemele cu care este dotată clădirea ; în cazul în care acestea lipsesc, dar sunt necesare din considerente minime de confort termic, se consideră dotări fictive, care funcționează la parametrii corespunzători tipului de clădire ;
- Se stabilesc condițiile interioare de referință (temperaturi, umidități, pentru sezonul de încălzire și cel de răcire, după caz) - (date din proiect, reglementări tehnice, anexe naționale ale standardelor) precum și debitele de aer de ventilare necesare (proiect, reglementarea tehnică pentru proiectarea, execuția și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare, Anexa Națională a SR EN 16798-1) ;
- Se alege metoda de calcul (orară, lunară, în funcție de tipul sistemului, de complexitatea și de precizia urmărită a calculelor; în această metodologie, necesarul de energie pentru încălzire, răcire, climatizare este evaluat cu o metodă de calcul lunar. Un calcul orar necesită un program de calcul care rezolvă sisteme mari de ecuații. Pentru determinarea temperaturii interioare în clădiri, care se stabilește în regim liber (fără sisteme de încălzire sau răcire), se prezintă o metodă de calcul orar (paragraful 2.12) ;
- Se stabilesc parametrii climatici exteriori, în funcție de amplasarea clădirii și de metoda de calcul aleasă (date lunare, orare) ;
- Se realizează zonarea termică a clădirii urmărind principiile din 2.6.2; această etapă este foarte importantă, deoarece calculul termic și energetic se efectuează pe zonă termică. De asemenea, se alege dacă se adoptă modelul cu zone termice cuplate sau necuplate termic; deoarece zonele cuplate termic necesită date suplimentare și procedura de calcul este dificilă, acest model nu se recomandă pentru metoda de calcul lunar ;
- Se stabilește perioada de calcul; pentru metoda lunară detaliată în continuare, perioada de calcul este perioada de funcționare a instalațiilor – o metodă simplificată este prezentată la paragraful 2.11 .
- Se determină, după caz, temperatura interioară folosind o metodă orară ; la nivelul de tratare din această metodologie, se urmărește posibilitatea funcționării în regim liber, fără sisteme, folosind o secvență climatică corespunzătoare (dorită de evaluator pentru a evita climatizarea în acea perioadă).

2.6.2. Zonarea termică

Pentru calculul performanței energetice, obiectivul evaluat (clădire sau unitate de clădire) trebuie tratat ca o **zonă termică** unică sau, dacă este necesar, trebuie împărțit în mai multe zone termice. Zonarea termică ia în considerare complexitatea clădirii și a instalațiilor, diferitele condițiile de exploatare.

Pentru zonare, se iau de asemenea în considerare **zonele deservite** de un sistem tehnic (instalație), sau de o parte a acestuia, care reprezintă o parte a clădirii care are un necesar de calcul relativ

uniform pentru utilitatea deservită de instalație (datorită unor parametri apropiați ca valori: temperatură, debit de aer etc).

Tipul de obiectiv evaluat (clădire nouă, clădire existentă) și tipul de aplicație (certificat energetic, cerințe minime de performanță energetică), poate influența diferențierea în zone termice și zone deservite de sisteme tehnice.

Acolo unde zona deservită de o instalație care asigură o utilitate nu coincide cu o zonă termică, se introduc reguli de împărțire și grupare care sunt prezentate mai jos.

Pentru specificarea zonelor termice și a zonelor deservite de o instalație, se utilizează **spațiile elementare**. Un spațiu elementar aparține unei singure zone termice și unei singure zone deservite de o utilitate. O zonă termică este o parte a clădirii care constă dintr-un set de spații elementare pentru care se efectuează același bilanț termic.

O zonă deservită de un sistem tehnic este o parte a clădirii care constă dintr-un set de spații elementare care împart, pentru calcul, un necesar uniform sau sunt deservite de o anumită parte a unui sistem (subsistem) tehnic.

O tratare completă a regulilor adecvate pentru zonare, este dezvoltată SR EN ISO 52000-1 (art. 3, 9, 10).

Exemplu : un spațiu elementar constă dintr-un grup de birouri adiacente care sunt în aceeași zonă termică și în aceeași zonă deservită de instalația de preparare a apei calde de consum, aceeași zonă deservită de sistemul de ventilare, de instalațiile de încălzire și răcire și de subsistemele acestora și de instalația de iluminat.

Spațiul elementar este utilizat de asemenea pentru schimbul de date de calcul între zonele deservite de o instalație și zonele termice, utilizând regulile de împărțire și grupare. Acest fapt dă posibilitatea atribuirii de date unui grup de spații elementare care formează o unitate de clădire sau o anumită parte a clădirii.

Spațiul elementar nu este utilizat în calculele reale: calculele reale sunt realizate pe zonă termică (calcule de bilanț termic) și suplimentar pe fiecare tip de zonă deservită de un sistem tehnic (pentru calcule legate de sistem/instalații).

În metoda pas cu pas, prezentată în continuare, spațiile sunt combinate sau împărțite pentru a constitui zone termice. Metoda permite ca să se aleagă proceduri diferite pentru una sau mai multe etape. Se disting următoarele etape:

- a) - se specifică, pentru fiecare spațiu, categoria acestuia;
- b) - în cazul unor deschideri mari între spații, acestea sunt incluse în aceeași zonă termică;
- c) - o zonă termică este împărțită astfel încât să nu conțină decât spații deservite de aceleași utilități;
- d) - zonele încălzite, răcite, climatizate alăturate pot să fie combinate, dacă au condiții termice sau de utilizare identice sau similare;
- e) - în cazul unui calcul propriu (specific, - acest tip de calcul se va detalia în continuare) al unui sistem, o zonă termică poate să fie împărțită, pentru a se obține o oarecare omogenitate în sistemul sau subsistemul din interiorul zonei;

f) - o zonă termică trebuie împărțită astfel încât să fie, într-o oarecare măsură, omogenă în bilanțul termic; criteriile sunt mai stricte dacă este implicată și răcirea.

În acest scop, sunt considerate două părți diferite ale zonei termice, (fiecare acoperind minim 25% din aria de referință a pardoselii zonei) dacă este îndeplinit unul din criteriile următoare:

- între cele două părți ale zonei termice, aporturile interne medii lunare (inclusiv pierderile recuperabile ale sistemului) plus aporturile solare dintr-o lună rece reprezentativă, sunt estimate ca fiind diferite de cel puțin trei ori. Aceasta nu se aplică dacă valoarea medie este mai mică de 15W/m^2 de arie de referință.
- în plus, dacă este implicat calculul necesarului sau sarcinilor de răcire, sau calculul de temperatură interioară, zona termică trebuie împărțită dacă:
 - o se estimează că între cele două părți, capacitatea termică eficace interioară (metodă lunară), diferă cu mai mult de două clase,
 - o se estimează că între cele două părți, aporturile interne medii lunare, inclusiv pierderile recuperabile ale sistemului, plus aporturile solare ale unei luni calde reprezentative, diferă de cel puțin trei ori. Aceasta nu se aplică dacă valoarea medie este inferioară valorii 30W/m^2 de arie utilă de pardoseală.

g) - zonele neîncălzite, nerăcite, neclimatizate alăturate pot să fie combinate ;

h) - o zonă termică mică poate fi (re)combinată cu o zonă termică adiacentă dacă are același ansamblu de utilități, dar condiții de utilizare diferite;

i) - o zonă termică foarte mică poate fi (re)combinată cu o zonă termică adiacentă chiar dacă are un ansamblu diferit de utilități. Astfel, anumite spații foarte mici (cu volume de maxim 2% din volumul total de referință) neîncălzite, nerăcite, neclimatizate pot avea prin ipoteză, din motive de simplificare, aceleași condiții de utilizare ca și spațiile climatizate alăturate, urmând ca ulterior să fie racordate la acestea. *De exemplu:* pod, scară, atrium și garaj. Totuși alegerea ipotezei că aceste spații neîncălzite, nerăcite, neclimatizate au aceleași condiții de utilizare ca spațiile încălzite, răcite, climatizate alăturate, poate avea o influență foarte importantă asupra performanței energetice calculate. De asemenea, alegerea de a include dimensiunea acestor spații, cum ar fi aria utilă de pardoseală, aria de referință a pardoselii sau volumul de referință (afărent ariei de referință), în dimensiunea clădirii poate avea o influență foarte importantă asupra indicatorului numeric pentru performanța energetică.

Dacă există infiltrații mari de aer, vitraje, punți termice, suprafețe de pardoseală pe sol, nu este posibil să se aleagă zonele numai pe baza considerentelor fizice și geometrice ale clădirii; este necesar să se urmărească ponderea acestora în bilanțul termic, a cărui uniformitate relativă devine criteriul preponderent pentru zonarea termică.

Următoarele spații vor fi considerate întotdeauna ca neclimatizate:

- spațiile puternic ventilate; un spațiu este considerat puternic ventilat dacă debitul de ventilare este mai mare de $3\text{ dm}^3/(\text{s.m}^2)$ de arie utilă de pardoseală ($10.8\text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$)
- spațiile cu deschidere mare spre exterior; un spațiu este considerat cu o deschidere mare spre aerul exterior dacă are o suprafață totală (deschisă permanent) mai mare de $0,003\text{ m}^2/\text{m}^2$ de arie utilă de pardoseală.

O categorie de spațiu este caracterizată printr-un ansamblu specific de condiții de utilizare. Toate spațiile alăturate care aparțin aceleiași categorii de spațiu sunt deci inițial grupate într-o zonă termică.

Spațiile neîncalzite, nerăcite, neclimatizate, alăturate spațiilor încălzite, răcite, climatizate, sunt în general modelate în mod simplificat; totuși, dacă o zonă neîncălzită, nerăcită, neclimatizată are un efect important asupra calculului global, ea poate fi considerată ca o zonă încălzită, răcită, climatizată (a cărei putere de încălzire și de răcire este zero).

Aceste spații, complet înconjurate de alte spații din anvelopa termică, sunt prin ipoteză, de aceeași categorie ca și spațiul adiacent. În cazul în care există mai multe categorii alăturate, este aleasă categoria cu cea mai mare suprafață de pardoseală.

În cazul deschiderilor mari, permanente între două spații, spațiile sunt combinate într-o singură zonă termică. Ușile care pot rămâne deschise frecvent sunt considerate ca deschideri mari permanente. O deschidere a unui spațiu către alte spații din anvelopa termică este considerată mare, ca și în cazul deschiderilor spre exterior, dacă are o suprafață totală (deschisă permanent) de cel puțin $0,003 \text{ m}^2/\text{m}^2$ de arie utilă de pardoseală a acestui spațiu.

Dacă între spații sunt condiții termice de utilizare diferite, se aplică condițiile cele mai severe, cu excepția zonelor mici sau foarte mici, idem condițiile h) și i) de mai sus.

Condițiile termice de utilizare sunt definite ca fiind reglaje minime și maxime de temperatură/umiditate și perioadă de reglare, ca număr de ore/zi și de zile/săptămână.

Zonele încălzite, răcite, climatizate alăturate pot fi combinate dacă au condiții termice de utilizare identice sau similare și anume când sunt îndeplinite condițiile următoare:

- diferența dintre reglajele de temperatură pentru încălzire este mai mică de 4 grade și diferența dintre reglajele de conținut de umiditate minim și maxim este mai mică de 0,2 kg/kg aer uscat; și
- perioadele de funcționare zilnice nu diferă cu mai mult de trei ore ; rezultă astfel că astfel gruparea nu este posibilă dacă o zonă termică este utilizată în weekend și cealaltă nu este.

În cazul combinării zonelor climatizate alăturate, cu îndeplinirea condițiilor de mai sus, se aplică valorile medii ponderate pentru condițiile termice. Ponderarea este realizată conform regulilor de aplicare date în SR EN ISO 52000-1, pentru subdivizarea zonelor termice.

Zonele încălzite, răcite, climatizate alăturate pot fi de asemenea combinate, pentru clădirile rezidențiale; în acest caz, regula se aplică pentru media spațială a încăperilor de calcul.

Împărțirea în funcție de proprietățile specifice sistemului/subsistemului tehnic se face astfel : în cazul calculului propriu (specific) al un sistem, ținând seama de parametrii specifici de încălzire, răcire, ventilare sau umidificare/dezumidificare ale sistemului, s-ar putea să fie necesar ca o zonă termică să fie împărțită, pentru a atinge o oarecare omogenitate în sistemul sau subsistemul unei zone termice.

Pentru evaluarea proprietăților de transmisie a căldurii și aprecierii transferului termic și a aporturilor din zona neclimatizată, se disting două tipuri de zone neîncălzite, nerăcite, neclimatizate:

- a) zonă interioară (ztui): frontiera pentru transmisia termică este considerată închiderea exterioară.

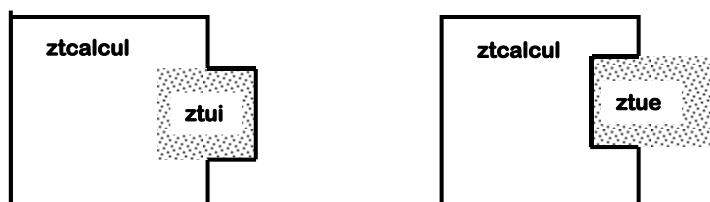


Figura 2.7. Reprezentarea schematică a zonelor neclimatizate interioare și exterioare

O zonă este considerată interioară, ztui, în cazul în care:

- proprietățile termice și geometrice ale elementelor de clădire exterioare pot fi determinate mai precis decât cele ale elementelor interioare;
 - aporturile interne și solare în spațiului adiacent nu sunt foarte mari (seră, atrium).
- b) zonă exterioară (ztue): frontiera pentru transmisia căldurii este considerată închiderea interioară; acesta este de obicei tipul de zonă considerat, dacă nu există condițiile enunțate mai sus.

Pentru a avea suficientă omogenitate în bilanțul termic, divizarea se poate baza pe următoarele criterii de bună practică: diferențe de 4 W/m^2 pentru aporturile interioare, la care se adaugă $0,20 \times 150 \text{ W/m}^2$ aporturi solare, ceea ce conduce la diferențe maxime între spații de 34 W/m^2 (conform SR CEN ISO/TR 52016-2).

Pentru a lua în considerare efectul unei zone neîncălzite, nerăcite, neclimatizate, adiacentă unei zone încălzite, răcite, climatizate, este necesar să se utilizeze un factor de corecție. În cazul mai multor zone de acest tip este necesar și un factor de distribuție, pentru care calculul va fi detaliat în continuare.

2.6.2.1. Temperatură calculată într-o zonă neîncălzită, nerăcită, neclimatizată adiacentă

Temperatura în zona neîncălzită, nerăcită, neclimatizată este necesară pentru a evalua transferul de căldură al zonelor încălzite/răcite, către o astfel de zonă, precum și pierderile termice ale generatoarelor de căldură sau de frig, ale sistemelor de stocare și de distribuție (canale și conducte) situate în spațiile neclimatizate. Pentru simplificare, se va considera temperatura aerului și nu cea operativă.

Temperatura medie lunară într-o zonă neîncălzită, nerăcită, neclimatizată exterioară sau interioară k , $\theta_{ztu,k;m}$, în $^{\circ}\text{C}$, este dată de relația:

$$\theta_{ztu,k;H/C;m} = \theta_{e;a;m} + b_{ztu,k;m} \cdot (\theta_{calc;H/C;ztc,j;m} - \theta_{e;a;m}) \quad (2.21)$$

unde, pentru fiecare lună m :

- $b_{z_{tu},k;m}$ - factorul de corecție pentru zona neîncălzită, nerăcită, neclimatizată adiacentă k , în luna m , determinat în continuare ;
- $\theta_{calc;H/C;ztc,j;m}$ - temperatura setată (de calcul) din zona adiacentă j , încălzită, răcită, climatizată, conform reglementărilor tehnice de instalații, în °C;
- $\theta_{e;a;m}$ - temperatura medie lunară a aerului exterior, în °C.

În cazul mai multor zone încălzite, răcite, climatizate alăturate, temperaturile sunt ponderate folosind factorul de distribuție pentru transferul termic dintre zona ztc,j și zona neîncălzită, k , $F_{ztc,j;z_{tu},k;m}$.

Temperatura din zona neîncălzită, nerăcită, neclimatizată, nu ia în considerare efectul aporturilor interne sau solare. Acestea sunt atribuite, după caz, zonei sau zonelor încălzite, răcite, climatizate alăturate.

În cazul zonelor încălzite, răcite, climatizate aflate în contact cu zone neîncălzite sau mai puțin încălzite, nerăcite, neclimatizate (casa scării, subsol, pod etc.) sunt necesare bilanțuri termice pentru toate zonele.

2.6.2.2. Factori de corecție și de distribuție

Factorul de corecție pentru zona neîncălzită, nerăcită în luna m , $b_{z_{tu},m}$, este dat de:

$$b_{z_{tu},m} = \frac{H_{z_{tu},e;m}}{H_{z_{tu},tot;m}} \quad \text{unde,} \quad (2.22)$$

$$H_{z_{tu},tot;m} = \sum_j \left(H_{ztc,j;z_{tu},m} \right) + H_{z_{tu},e;m} \quad (2.23)$$

Formula de calcul pentru b este valabilă doar dacă zona neîncălzită nu este adiacentă altei zone neîncălzite.

În cazul zonelor climatizate alăturate multiple, temperaturile sunt ponderate folosind un factor de distribuție pentru transferul termic dintre zona climatizată ztc,j și zona neclimatizată k , $F_{ztc,j;z_{tu},k;m}$,

Sintetic, factorul de distribuție este calculat pentru luna m , ca în figura 2.8,

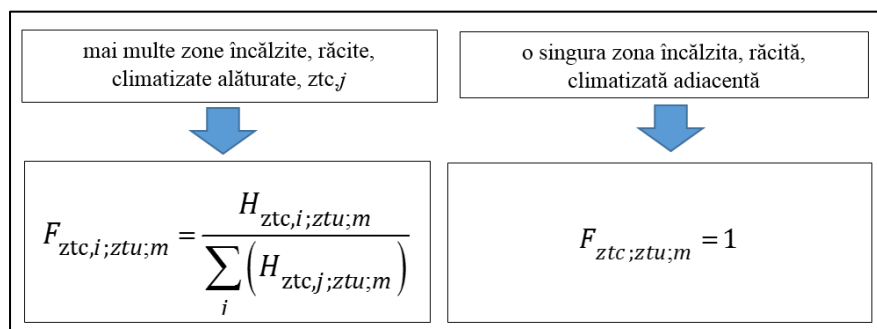


Figura 2.8. Determinarea factorului de distribuție

unde

$$\begin{aligned}
 F_{ztc,i;ztu;m} & - \text{factorul de distribuție pentru transfer termic între zona încălzită, răcită, climatizată} \\
 & \text{i și o zonă neîncălzită, nerăcită, neclimatizată adiacentă } ztu, \\
 H_{ztu,e;m} & - \text{coeficientul de transfer termic între zona neîncălzită, nerăcită, neclimatizată } ztu \text{ și} \\
 & \text{exterior în W/K;} \\
 H_{ztu,tot;m} & - \text{suma coeficienților de transfer termic dintre zona neîncălzită, nerăcită, neclimatizată} \\
 & \text{ztu, și zonele încălzite, răcite, climatizate alăturate și exterior, în W/K;} \\
 H_{ztc,j;ztu;m} & - \text{coeficientul de transfer termic dintre zona încălzită, răcită, climatizată } ztc,j \text{ și zona} \\
 & \text{neîncălzită, nerăcită, neclimatizată } ztu, \text{ în W/K;} \\
 H_{ztu,e;k;m} & = \left(1 + c_{ztu,ve}\right) \cdot H_{tr,ue;k;m}
 \end{aligned} \tag{2.24}$$

unde, pentru o zonă neîncălzită, nerăcită, neclimatizată k , în lună m :

$$\begin{aligned}
 H_{ztu,e;k;m} & - \text{coeficientul de transfer termic între zona neîncălzită/nerăcită/neclimatizată și} \\
 & \text{exterior, în W/K;} \\
 H_{tr,ue;k;m} & - \text{coeficientul de transfer termic prin transmisie între zona} \\
 & \text{neîncălzită/nerăcită/neclimatizată și mediul exterior, în W/K;} \\
 C_{ztu,ve} & - \text{un coeficient care exprimă efectul ventilării prin închiderea exterioară; se} \\
 & \text{recomandă } C_{ztu,ve} = 0,5.
 \end{aligned}$$

2.6.2.3. Clădiri sau unități de clădiri rezidențiale, corecții pentru temperatura medie interioară a spațiului

Pentru clădirile /unitățile de clădiri rezidențiale, unde părți importante nu sunt încălzite sau răcite, temperatura setată trebuie să fie corectată. Sunt prezentate trei opțiuni pentru corecția temperaturii, după cum urmează:

- pentru zonă unică, fără corecție:

Când clădirea sau unitatea de clădire rezidențială este calculată ca o zonă unică, ztc : temperatura setată pentru clădirea/unitatea de clădire, calculată ca o singură zonă ztc , este egală cu temperatura setată a spațiilor complet încălzite, răcite, climatizate, stabilită conform reglementărilor tehnice de instalații de încălzire și de ventilare/climatizare.

- pentru zonă unică, cu corecție:
 - pentru încălzire

În acest caz, temperatura setată corectată este egală cu temperatura setată a spațiilor complet climatizate (conform reglementărilor tehnice de instalații de încălzire și de ventilare/climatizare), din care se scade mărimea $\Delta\theta_{int;set;H,m}$:

$$\Delta\theta_{int;set;H;ztc;m} = \frac{\left(f_{mod;t} f_{mod;sp}\right) \times \left(f_{mod;sp} H_{H,e;spec;ztc;m}\right) \times \left(\theta_{int;set;H;stc} - \theta_{e;a;m}\right)}{\left(f_{mod;sp} \times H_{H,e;spec;ztc;m}\right) + H_{H,int;spec}} \tag{2.25}$$

unde, pentru zonă unică, ztc , în luna m .

$H_{H,e;spec;ztc;m}$ - coeficient de transfer termic specific prin transmisie și ventilare, în $W/(m^2 \cdot K)$
calculat cu:

$$H_{H;e;spec;ztc;m} = \frac{H_{H;tr;ztc;m} + H_{H;ve;ztc;m}}{A_{use;ztc}} \quad (2.26)$$

$H_{H;tr;ztc;m}$ - coeficient de transfer termic global prin transmisie, în W/K;

$H_{H;ve;ztc;m}$ - coeficient de transfer termic prin ventilare, în W/K;

$A_{use;ztc}$ - aria de referință a pardoselii, în m²;

$f_{mod;t}$ - fracția de timp în care partea climatizată a clădirii este utilizată la un nivel de confort moderat față de nivelul de confort maxim ; se recomandă : $f_{mod;t} = 0,8$;

$f_{mod;sp}$ - fracția din spațiul clădirii climatizat moderat; se recomandă : $f_{mod;sp} = 0,5$;

$H_{H;int;spec}$ - coeficientul de transfer termic interior global, raportat la aria de referință a pardoselii în W/(m²·K) ; se recomandă : $H_{H;int;spec} = 2$;

$\theta_{int;set;H;stc}$ - temperatura setată în spațiile complet climatizate, în °C;

$\theta_{e;a;m}$ - temperatura exterioară medie lunară, în °C.

- pentru răcire:

Temperatura setată pentru o clădire/unitate de clădire, calculată ca o zonă unică *ztc*, este considerată egală cu temperatura setată din spațiile climatizate conform reglementării tehnice pentru proiectarea, execuția și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare.

- pentru zone termice necuplate: calculul se efectuează pentru zone diferite, necuplate termic. În acest caz, este neglijat schimbul de căldură interior prin transmisie termică, ventilare și circulația aerului între zone.

2.7. Calculul necesarului de energie pentru climatizare (încălzire și răcire) folosind metoda de calcul lunar - relații generale

Metoda de calcul lunar se aplică pentru determinarea necesarului de energie (căldură sensibilă și latentă), în situația de încălzire și de răcire a clădirilor.

Există două categorii de calcul: al necesarului **de bază** și al necesarului **propriu** (specific) al sistemului.

Calculul necesarului de energie lunar **de bază** pentru încălzire/răcire și pentru umidificare/dezumidificare, se face fără a lua în considerare influența instalațiilor din clădire. Un astfel de calcul se efectuează dacă, pentru categoria de spațiu dată, condițiile interioare necesită un sistem de încălzire/răcire, dar acesta nu există sau este subdimensionat. În calculele necesarului de bază trebuie însă inclusă, unitatea de recuperare de căldură din instalația de ventilare.

Calculul necesarului de căldură **propriu** al sistemului ia în considerare influența sistemelor asupra energiei necesare. Astfel, se includ :

- pierderile termice recuperabile ;
- corectarea temperaturii setate ;
- limitarea sezonului de încălzire sau de răcire pentru calcul ;
- calculul cu un sistem de încălzire fictiv, în absența unui sistem de încălzire.

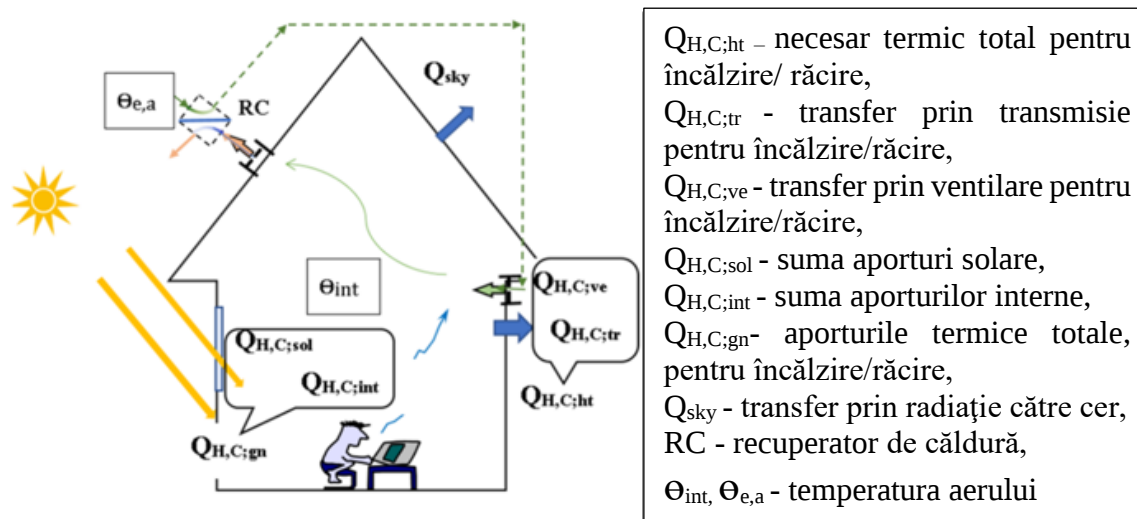
În calculul necesarului de energie propriu al sistemelor, trebuie luată în considerare durata sezonului de funcționare a instalațiilor. Aceasta poate să fie mai scurtă decât în calculul necesarului de energie de bază. În cazul utilizării acestui tip de calcul, poate fi necesară repetarea în buclă a calculelor datorită interacțiunii dintre cerințele de calcul și caracteristicile specifice și de reglare ale sistemelor.

Necesarul de energie pentru încălzire, răcire și umidificare/dezumidificare este calculat în ipoteza unei puteri infinite a sistemelor.

Pe perioada unei luni, la limita dintre sezonul de încălzire și răcire, necesarul de energie este determinat făcând două calcule separate, cu valori corespunzătoare pentru diferitele variabile și parametri, în condiții specifice pentru încălzire sau răcire (*de exemplu*, pentru ventilare, recuperarea de căldură, protecție solară etc.).

Necesarul de energie pentru încălzirea/răcirea aerului de ventilare într-o unitate centrală sau locală de tratare a aerului, nu este inclus în această metodă.

Calculul include componentele energiei care traversează lunar anvelopa zonei termice, între interior și exterior (transfer, aporturi solare și radiația către cer) și energia provenită de la sursele interioare de căldură și umiditate (aporturi interne). Acestea sunt reprezentate sintetic în figura 2.9. Relațiile de calcul sunt detaliate în paragrafele următoare 2.7.1 – 2.7.4.



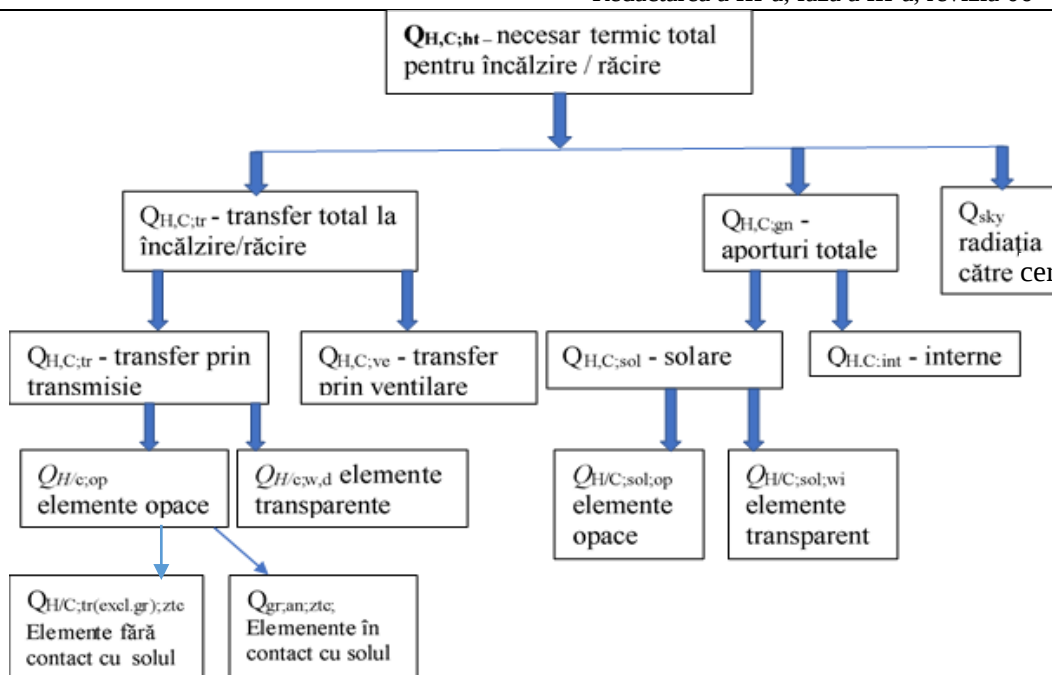


Figura 2.9. Componente ale energiei care intră/ies din clădire, incluse în calculul necesarului de energie pentru încălzire/răcire

Notă: În figură s-au folosit aceleași notații cu cele din relațiile de calcul, unde însă, sunt date separat pentru încălzire (H), respectiv răcire (C) și includ în plus indicii pentru zonă termică (ztc) și lună (m).

2.7.1. Transferul termic total

Energia termică este **transferată** între exteriorul și interiorul clădirii, prin două moduri: prin transmisie și prin ventilare. Pentru fiecare zonă termică *ztc* și pentru fiecare lună *m*, energia totală este evaluată pentru situația de încălzire și de răcire, corespunzător stării de confort cerută în interior, pentru fiecare sezon, separat. Calculul valorilor necesare, $Q_{H;ht;ztc;m} / Q_{C;ht;ztc;m}$, se face ca în figura 2.10:

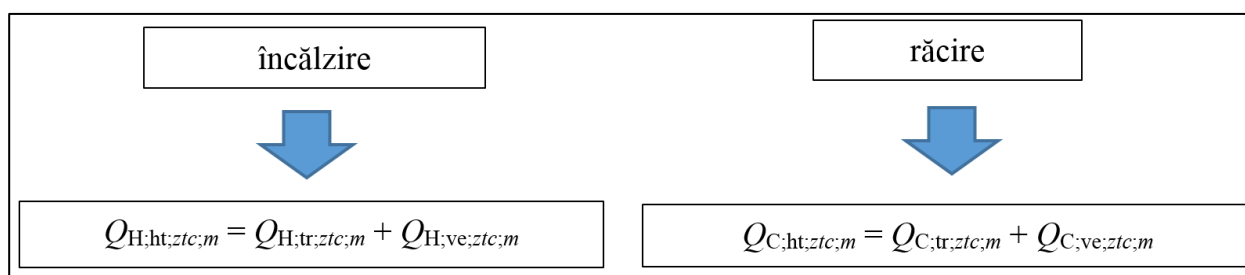


Figura 2.10. Transferul total de căldură

unde:

- $Q_{H;tr;ztc;m} / Q_{C;tr;ztc;m}$ - căldura transferată prin transmisie pentru încălzire/răcire, în kWh;
- $Q_{H;ve;ztc;m} / Q_{C;ve;ztc;m}$ - căldura transferată prin ventilare pentru încălzire/răcire, în kWh;

2.7.1.1. Transferul termic prin transmisie

Detaliind separat transferul prin elemente care nu sunt în legătură cu solul și prin cele care sunt în legătură cu solul, valorile $Q_{H;tr;ztc;m}$ și $Q_{C;tr;ztc;m}$, în kWh, se calculează cu formulele din figura 2.11.

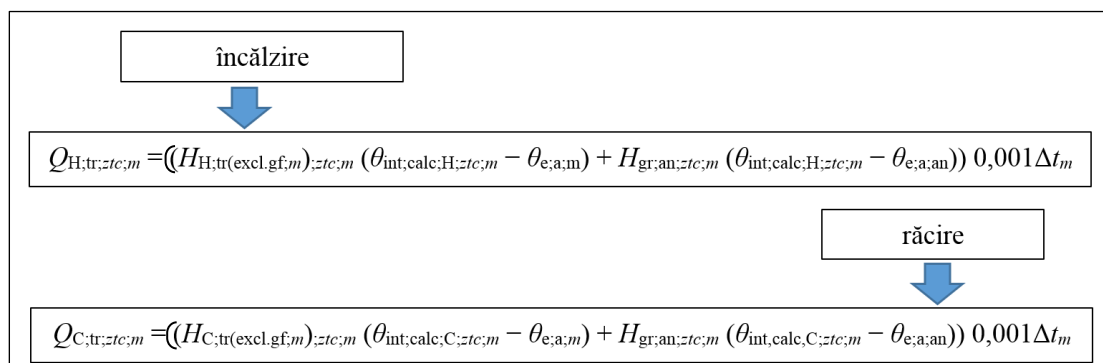


Figura 2.11. Transferul termic total prin transmisie

unde,

$H_{H/C,tr(excl.gr);ztc;m}$ - coeficientul de transfer termic global prin transmisie pentru încălzire, respectiv răcire, pentru toate elementele de clădire cu excepția celor în legătură cu solul, în W/K;

$\theta_{int;calc;H/C;ztc;m}$ - temperatura setată din zonă, pentru încălzire/ răcire, în °C;

$\theta_{e;a;m}$ - temperatura exterioară medie lunară, în °C;

$H_{gr;an;ztc;m}$ - coeficientul de transfer termic către sol, pentru elementele de clădire în contact cu solul (pardoselile pe pământ, peste subsol tehnic și subsol), depinzând de diferența de temperatură anuală, în W/K;

$\theta_{e;a;an}$ - temperatura medie anuală a mediului exterior, în °C;

Δt_m - durata lunii m , în ore.

Observație: Prin convenție, transferul de căldură este pozitiv de la interior către exterior (pierdere de căldură); dacă pentru o perioadă de timp, transferul de căldură are un semn negativ, căldura este adăugată zonei (aport de căldură).

Coeficientul de transfer termic global prin transmisie pentru încălzire/răcire, pentru toate elementele de clădire cu excepția celor în legătură cu solul, pentru zona climatizată ztc , $H_{H/C,tr(excl.gmd flr);m}$, în W/K, este calculat cu :

$$H_{H/C,tr(excl.gf);ztc;m} = \sum_k (H_{H/C,el,k;m}) + H_{tr,tb;ztc} \quad (2.27)$$

unde:

$H_{H/C,el,k;m}$ - coeficientul de transfer termic global pentru încălzire/răcire, pentru elementul de clădire k , în luna m , în W/K;

$H_{tr,tb;ztc}$ - coeficientul de transfer termic global pentru punțile termice, în W/K.

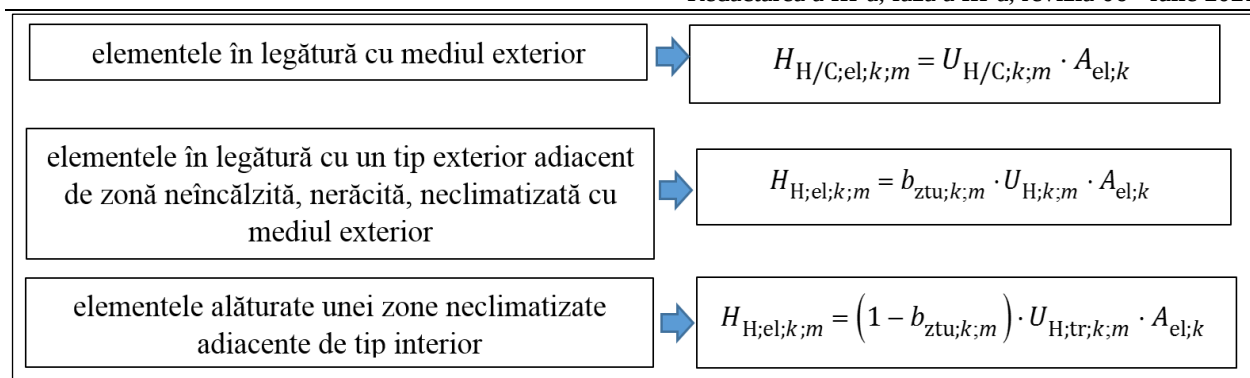


Figura 2.12. Coeficientul global de transfer termic prin transmisie

Transmitanța termică pentru fiecare element de clădire fără legătură cu solul, $U_{H/C;m}$, se calculează separat: pentru elementele de clădire **opace**, $U_{H/C;op}$ sau pentru cele **transparente** (ferestre sau uși), U_w și U_d .

Pentru situații particulare, ca de exemplu transmitanța termică a unei ferestre cu obloanele închise, U_{wsht} , sau coeficientul de transfer termic pentru fațade ușoare, U_{cw} , transmitanțele se determină pe baza standardului SR EN ISO 13789; în paragraful 2.7.3.1 sunt date mai multe detalii.

Coeficientul de transfer termic global pentru punțile termice, pentru zona termică zt , $H_{tr;tb;zt}$, în W/K, este calculat cu relația următoare:

$$H_{tr;tb;zt} = \sum_k (l_{tb;k} \cdot \Psi_{tb;k}) \quad (2.28)$$

unde,:

$l_{tb;k}$ - lungimea unei punți termice liniare k , în m;

$\Psi_{tb;k}$ - transmitanța termică a unei punți termice liniare k , în W/(m·K), conform paragraf 2.4.1.

2.7.1.2. Transferul termic prin ventilare se determină separat, pentru fiecare debit de aer care pătrunde în încăperea/zonă, din exterior sau din spații adiacente, natural sau mecanic, cu sau fără tratare prealabilă. Fiecare debit de aer este considerat o componentă „ k ” a debitului total de aer care ventilează încăperea/zonă. Calculul nu ia în considerare consumul de energie pentru tratarea și vehicularea aerului introdus. Temperatura de introducere a debitului de aer al componentei k , $\theta_{sup;k;H/C;m}$, se stabilește funcție de sistemul de ventilare/climatizare adoptat.

Factorul de corecție dinamică $f_{ve;dyn;k;m}$ pentru elementul k al fluxului de aer, corectează diferențele dintre scenariile adoptate.

Pentru fiecare zonă climatizată ztc și pentru fiecare lună m , transferul termic total prin ventilare, pentru încălzire/ răcire, $Q_{H/C;ve;ztc;m}$, în kWh, este calculat cu relația:

$$Q_{H/C;ve;ztc;m} = H_{H/C;ve;ztc;m} \cdot (\theta_{int;calc;H/C;ztc} - \theta_{e;a;m}) \cdot \Delta t_m \quad (2.29)$$

unde:

$H_{H/C;ve;ztc;m}$ - coeficientul de transfer termic global prin ventilare pentru încălzire/răcire, în W/K;

$\theta_{int;calc;H/C;ztc}$ - temperatura interioară setată pentru încălzire/răcire a zonei, în °C;

$\theta_{e;a;m}$	- temperatura (aerului) medie lunară a mediului exterior, în °C
Δt_m	- durata de timp din luna m , în h.

Deoarece în metoda de calcul lunar, zonele termice nu sunt cuplate, nu există transfer de aer cu spațiul adiacent.

Coeficientul de transferul termic global prin ventilare, pentru luna m , $H_{H/C;ve;ztc;m}$, în W/K, este calculat cu relația:

$$H_{H/C;ve;ztc;m} = \rho_a \cdot c_a \cdot \sum_k \left(b_{ve,k;H/C;m} \cdot q_{V,k;H/C;m} \cdot f_{ve,dyn;k;m} \right) \quad (2.30)$$

unde:

- $\rho_a \cdot c_a$ - capacitatea termică volumică a aerului, în J/(m³·K);
- $q_{V,k;H/C;m}$ - media temporală lunară a debitului de aer pentru componenta k a debitului de aer care pătrunde în zona termică, pentru încălzire/răcire (infiltrație, ventilarea naturală, sau mecanică, ventilarea suplimentară pentru răcire nocturnă), în m³/s; aceste debite sunt tratate în detaliu în SR EN 16798-7;
- $f_{ve,dyn;k;m}$ - factorul de corecție dinamică pentru componenta k a debitului de aer; pentru calcul lunar se consideră $f_{ve,dyn;k;m}=1$;

În general, factorul de corecție de temperatură, $b_{ve,k;H/C;m}$, se calculează cu relația:

$$b_{ve,k;H/C;m} = \frac{(\theta_{calc;H/C;m} - \theta_{sup,k;H/C;m})}{(\theta_{calc;H/C;m} - \theta_{e;a;m})} \quad (2.31)$$

unde:

- $\theta_{calc;H/C;ztc;m}$ - temperatura setată a zonei pentru încălzire/răcire, în °C;
- $\theta_{sup,k;H/C;m}$ - temperatura de introducere a debitului de aer k , pentru încălzire/răcire, în °C;
- $\theta_{e;a;m}$ - temperatura medie lunară a aerului exterior, în °C.

Valoarea $b_{ve,k;H/C;m} \neq 1$ dacă temperatura de introducere, $\theta_{sup,k;H/C;m}$, este diferită de temperatura aerului exterior, de exemplu dacă aerul intră din spații alăturate climatizate la altă temperatură, sau dacă trece printr-un recuperator de căldură.

Dacă pentru ventilare (inclusiv infiltrația de aer) se utilizează aer dintr-o zonă neclimatizată, exterioară sau interioară, factorul de corecție de temperatură, $b_{ve,k;H/C;m}$, este egal cu factorul de corecție pentru zonele neclimatizate $b_{ztu,m}$ - conform paragraf 2.6.2.2.:

$$b_{ve,k;H/C;m} = b_{ztu,m} \quad (2.32)$$

2.7.2. Aporturi de căldură totale și aporturi interne

Aporturile termice totale pentru încălzire și pentru răcire, $Q_{H;gn;ztc;m}$ și $Q_{C;gn;ztc;m}$, în kWh, sunt calculate cu următoarele două relații (figura 2.13):

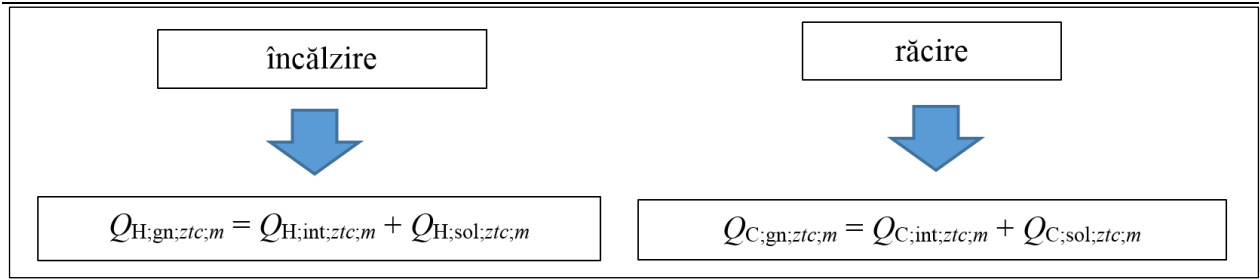


Figura 2.13. Aporturile termice totale

unde, pentru fiecare zonă climatizată ztc și lună m :

$Q_{H;int;ztc;m}/Q_{C;int;ztc;m}$ - suma aporturilor interne pentru încălzire/răcire, în kWh;

$Q_{H;sol;ztc;m}/Q_{C;sol;ztc;m}$ - suma aporturilor solare pentru încălzire/răcire, în kWh;

Pentru o zonă încălzită, răcită, climatizată ztc , aporturile de căldură din surse termice interne, pentru încălzire/răcire, $Q_{H/C;int;ztc;m}$, în kWh, sunt calculate cu relația:

$$Q_{H/C;int;ztc;m} = Q_{H/C;int;dir;ztc;m} \quad (2.33)$$

În cazul uneia sau mai multor zone alăturate neîncălzite, nerăcite sau neclimatizate (necuplate):

$$Q_{H/C;int;ztc;m} = Q_{H/C;int;dir;ztc;m} + \sum_{k=1}^n \left[(1 - b_{ztu,k;m}) \cdot F_{ztc;ztu,k;m} \cdot f_{gn,max;H;ztu,k;m} \cdot Q_{H/C;int;dir;ztu,k} \right] \quad (2.34)$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată ztc și lună m :

$Q_{H/C;int;dir;ztc;m}$ - aporturile interne lunare în zona climatizată ztc , pentru încălzire/răcire, în kWh;

$b_{ztu,k;m}$ - factorul de corecție pentru zona neclimatizată adiacentă k ;

$F_{ztc;ztu,k;m}$ - factorul de distribuție a aporturilor în zona neclimatizată k care influențează zona climatizată adiacentă ztc ;

$f_{gn,max;H;ztu,k;m}$ - factorul de reducere pentru a evita supraestimarea aporturilor în zona climatizată, provenite din zona adiacentă k , în W/K;

$Q_{H/C;int;dir;ztu,k;m}$ - reprezintă aporturile interne lunare interioare sau exterioare din zona neîncălzită, nerăcită, neclimatizată adiacentă k , pentru încălzire/răcire, în kWh. Aporturile interne în zona neclimatizată ztu , $Q_{int;dir;ztu,m}$, în kWh, pentru luna m , se calculează la fel cu cele dintr-o zonă încălzită, răcită, climatizată.

Pentru fiecare zonă climatizată sau neclimatizată zt și pentru fiecare lună m , aporturile de căldură de la sursele interne, pentru încălzire/răcire, $Q_{int;dir;zt}$, în kWh, sunt calculate cu relația:

$$Q_{H/C;int;dir;zt;m} = \left(Q_{H/C;spec;int;oc;zt;m} + Q_{H/C;spec;int;A;zt;m} + Q_{H/C;spec;int;L;zt;m} + Q_{H/C;spec;int;WA;zt;m} + Q_{H/C;spec;int;HVC;zt;m} + Q_{H/C;spec;int;proc;zt;m} \right) \times A_{use;zt} \quad (2.35)$$

unde:

$Q_{H/C;spec;int;oc;zt;m}$ - aporturile de căldură interne specifice de la ocupanți, în kWh/m²;

$Q_{H/C;spec;int;A;zt;m}$ - idem de la aparate, în kWh/m²;

$Q_{H/C;spec;int;L;zt;m}$ - idem din pierderile recuperabile de la iluminat, pentru încălzire/răcire, în kWh/m²;

$Q_{H/C;spec;int;WA;zt;m}$	- idem din pierderile recuperabile ale sistemelor de apă, apă caldă și ape uzate, în kWh/m ² ;
$Q_{H/C;spec;int;HVAC;zt;m}$	- idem din pierderile recuperabile ale sistemelor de încălzire, răcire și ventilare sau către acestea, în kWh/m ² ; pentru calculul necesarului de energie propriu al sistemului, se vor folosi valori specifice sistemului;
$Q_{H/C;spec;int;proc;zt;m}$	- idem de la pierderile recuperabile din procedee și mărfuri sau către acestea, în kWh/m ²
$A_{use;zt}$	- aria de referință a pardoselii zonei, în m ² .

Pentru necesarul de energie **propriu** al sistemului, valorile lunare ale diferitelor componente $Q_{H/C;spec;int;x;zt;m}$ ale aporturilor interne, sunt determinate conform surselor disponibile; în caz contrar, trebuie utilizată o procedură de mediere lunară. Dacă sunt cunoscute sursele de căldură și durata lor de emisie, se recomandă să se calculeze energia disipată de aceste surse pe perioada pasului de timp de calcul (lunar sau orar, după metoda de estimare a necesarului de energie).

În general se cunosc fluxurile de căldură degajate (de la oameni, calculatoare, iluminat etc), în W și densitățile de ocupare a spațiului, în m²/tip de degajare; astfel:

- se calculează; Q_{spec} - aportul specific orar, în Wh/m² pentru fiecare tip de degajare (de exemplu pentru un om care degajă $Q = 120 \text{ Wh}$ și i se atribuie o suprafață specifică de ocupare de $A_{use} = 5 \text{ m}^2/\text{om}$, degajarea specifică va fi $120/5 = 24 \text{ Wh/m}^2$,
- se calculează un factor de timp mediu de degajare ft = număr de ore de degajare pe lună/număr total de ore ale lunii (de exemplu, pentru un birou -ocupare 8 ore/zi, 22 zile/lună, $ft = 0,25$; pentru o clădire rezidențială – ocupare 12 ore/zi, toate zilele săptămânii, $ft = 0,5$);
- se calculează aportul specific mediu lunar : $Q_{spec} \times ft$. Astfel pentru ocupanți, pentru un birou $Q_{H/C;spec;int;oc;zt;m} = 24 \times 0,25 = 6 \text{ Wh/m}^2$.

În tabelul 2.15 sunt date valori uzuale de fluxuri de căldură medii lunare de aporturi interne date „prin lipsă” conform SR EN 15316-1.

Tabel 2.15. Valori indicate pentru aporturi interne specifice – din SR EN 15316-1, pentru situațiile în care acestea un sunt semnificative (se aplică numai le metoda BIN pentru condițiile climatice)

Categorie a clădirii	Aporturi de căldură interne constante, $\Phi_{g,ev}$
Rezidențială (colectivă)	3,1 W/m ²
Rezidențială (unifamilială)	2,4 W/m ²
Administrativă	3,3 W/m ²
Școli	2,3 W/m ²
Spitale	4,0 W/m ²

2.7.3. Aporturi solare

Pentru o zonă ztc climatizată, aporturile solare, pentru încălzire/răcire, $Q_{H/C;sol;zt;m}$, în kWh, într-o zonă singură sau cu zone alăturate climatizate, sunt calculate cu relația:

$$Q_{H/C;sol;ztc;m} = Q_{H/C;sol;dir;ztc;m} \quad (2.36)$$

În cazul unor zone alăturate neclimatizate (necuplate):

$$Q_{H/C;sol;ztc;m} = Q_{H/C;sol;dir;ztc;m} + \sum_{k=1}^n \left[(1 - b_{ztu,k;m}) \cdot F_{ztc;ztu,k;m} \cdot f_{gn;max;H;ztu,k;m} \cdot Q_{H/C;sol;dir;ztu,k} \right] \quad (2.37)$$

unde, pentru fiecare zonă ztc și lună m :

- $Q_{H/C;sol;dir;ztc;m}$ - reprezintă aporturile solare lunare din zona climatizată ztc , în kWh;
- $b_{ztu,k;m}$ - factorul de corecție pentru zona neclimatizată adiacentă k , conform 2.6.2.2;
- $F_{ztc;ztu,k;m}$ - factorul de distribuție a aporturilor din zona neclimatizată k ce influențează zona climatizată adiacentă ztc , conform 2.6.2.2;
- $f_{gn;max;H;ztu,k;m}$ - factor de reducere pentru a evita supraestimarea aporturilor în zona neclimatizată k , pentru modul de încălzire, conform 2.7.3.2;
- $Q_{H/C;sol;dir;ztu,k;m}$ - aporturile solare lunare din zona alăturată, neclimatizată k , care poate fi de tip exterior sau interior, în kWh.

Pentru o zonă **climatizată sau neclimatizată** zt pentru luna m , aporturile solare $Q_{sol;dir;zt}$, în kWh, sunt calculate luând în considerare elementele opace și transparente:

$$Q_{H/C;sol;dir;zt;m} = \sum_{k=1} Q_{H/C;sol;wi,k} + \sum_{k=1} Q_{H/C;sol;op,k} \quad (2.38)$$

unde, pentru fiecare element k :

- $Q_{H/C;sol;wi,k;m}$ - aporturile solare lunare prin elementul transparent k , în kWh;
- $Q_{H/C;sol;op,k;m}$ - aporturile solare lunare prin elementul opac k , în kWh.

2.7.3.1. Energia transferată prin elemente transparente (sursa-paragrafele G 2.2.2.1., G 2.2.2.2. și G 2.1. din SR EN ISO 52016-1*)

Energia transferată prin elementul transparent wi , în kWh, este dat de relația:

$$Q_{H/C;sol;wi} = g_{gl;wi;H/C;m} \cdot A_{wi} \cdot (1 - F_{fr;wi}) \cdot F_{sh;obst;wi;m} \cdot H_{sol;wi;m} - Q_{sky;wi;m} \quad (2.39)$$

unde:

- $g_{gl;wi;H/C;m}$ - coeficient mediu lunar de transmisie a energiei solare totale, dat în relația 2.43;
- A_{wi} - suprafața elementului transparent wi , în m^2 ; în cazul elementelor bordate, trebuie utilizată suprafața golului;
- $F_{fr,wi}$ - fracția de suprafață a cadrului ferestrei; în lipsă de date particulare, $F_{fr,wi} = 0,25$;
- $F_{sh;obst;wi;m}$ - factorul de umbrire pentru obstacole exterioare, dat de relația 2.47; un calcul detaliat este dat în standardul SR EN ISO 52016-1, Anexa F;
- $H_{sol;wi;m}$ - intensitatea radiației solare lunare pe suprafața înclinată cu unghiul β_{wi} față de orizontală și cu un unghi de orientare γ_{wi} , în kWh/m^2 ;
- $Q_{sky;wi;m}$ - fluxul termic suplimentar lunar datorat radiației termice către cer, în kWh

Unghiul de orientare al ferestrei, γ_{wi} reprezintă unghiul de azimut geografic al proiecției pe orizontală a normalei la suprafața înclinată, față de direcția N-S. Convențional, pentru orientare sud ($\gamma_{wi} = 0$), pentru orientare est ($\gamma_{wi} = 90^0$), pentru orientare vest ($\gamma_{wi} = -90^0$).

$H_{sol;wi;m}$ pentru suprafețe verticale cu diferite orientări și pentru suprafețe orizontale se cunoaște din date climatice; pentru alte unghiuri de înclinare β_{wi} , intensitatea trebuie calculată – o metodă detaliată este dată în SR EN ISO 52010-1.

Coeficientul de transmisie a energiei solare totale g_{gl} , depinde de unghiul de incidență (înălțime și azimut) al radiației solare; valoarea medie este puțin inferioară valorii la incidență normală, $g_{gl;n,wi}$; pentru corecție, se utilizează un factor de 0,9. Astfel, coeficient de transmisie a energiei solare totale, corectat cu unghiul de incidență, $g_{gl;wi}$ va fi:

$$g_{gl;wi} = 0,9 \cdot g_{gl;n, wi} \quad (2.40)$$

Coeficientul de transmisie a energiei solare totale la o incidență normală, $g_{gl;n}$, pentru tipurile obișnuite de sticlă, geam necolorat și nedifuzant, pentru un unghi de înălțime solară de 45^0 este dat în tabelul 2.8.

Tabel 2.16. Valori referitoare la tipurile obișnuite de storuri (sursa : tabel B.22 din SR EN ISO 52016-1)

Tip de stor	Proprietăți optice ale storului		Factor de reducere f_{sh} pentru	
	absorbție	transmisie	stor la interior	stor la exterior
Storuri venețiene albe	0,1	0,05	0,25	0,10
		0,1	0,30	0,15
		0,3	0,45	0,35
Perdele albe	0,1	0,5	0,65	0,55
		0,7	0,80	0,75
		0,9	0,95	0,95
Textile colorate	0,3	0,1	0,42	0,17
		0,3	0,57	0,37
		0,5	0,77	0,57
Textile acoperite cu aluminiu	0,2	0,05	0,20	0,08

În cazul utilizării unor storuri obișnuite, în tabelul 2.16 sunt indicate valori ale factorului de reducere f_{sh} a factorului de transmisie a energiei solare totale. Acești factori de reducere trebuie să fie înmulțiți cu factorul de transmisie a energiei solare totale a vitrajului, pentru a obține valoarea factorului de transmisie a vitrajului cu storuri: $g_{gl;sh,wi} = 0,9 \cdot g_{gl;n, wi} \cdot f_{sh}$.

Pentru ferestre cu geam difuzant, factorul de transmisie a energiei solare totale, trebuie corectat în funcție de unghiul de incidență și calculat cu relația:

$$g_{gl;wi} = a_{gl} \cdot g_{gl,alt;wi} + (1 - a_{gl}) \cdot g_{gl,dif;wi} \quad (2.41)$$

$g_{gl;wi}$ - coeficient total de transmisie a energiei solare a vitrajului ferestrei wi ;

a_{gl} - factor de ponderare, (recomandat $a_{gl} = 0,75$);

$g_{gl,alt;wi}$ - factor de transmisie a energiei solare a vitrajului, în funcție de unghiul de înălțime solară alt_{gl} ; pentru metoda lunară se recomandă $alt_{gl} = 45^0$.

$g_{gl,dif}$ - factor de transmisie a energiei solare pentru radiație solară difuză izotropă, dat în standardul ISO 15099, tabel C1; acest factor regroupează radiația difuză provenind de la cer și pe cea reflectată de sol.

Pentru alte tipuri de **dispozitive** amovibile **de umbrire solară** decât cele cuprinse în tabelul 2.16, ca de exemplu: jaluzelele cu lamele, jaluzelele venețiene, jaluzelele cu rulou, factorul de transmisie a energiei solare totale pentru vitraj, $g_{gl;sh}$, se calculează conform SR EN ISO 52022-3.

Conform SR EN ISO 52016-1, dacă o fereastră este combinată cu un oblon, valoarea U efectivă medie lunară a ferestrei w_i , $U_{w;m}$, pentru luna m , este dată de:

$$U_{w;m} = (1 - f_{sht;with}) \cdot U_w + f_{sht;with} \cdot U_{w;sht} \quad (2.42)$$

unde :

- $U_{w;m}$ - transmitanța termică pentru energia solară totală efectivă medie lunară a vitrajului;
- U_w - transmitanța termică a ferestrei dacă oblonul nu este utilizat, în $W/(m^2 \cdot K)$;
- $U_{w;sht}$ - transmitanța termică a ansamblului fereastră și oblon, dacă oblonul este utilizat, obținut pe baza standardului SR EN ISO 13789, în $W/(m^2 \cdot K)$;
- $f_{sht;with}$ - fracția ponderată de umbrire (în funcție de climat și de sezon) de timpul de utilizare a oblonului, de exemplu durata în ore din zi și din noapte, luând în considerare diferența medie de temperatură interioară - exterioară (inclusiv efectul de reducere de temperatură noaptea). Mai multe exemple pentru diferite țări sunt date în SR EN ISO 52016-1, Anexa B.

Dacă vitrajul este combinat cu un dispozitiv de umbrire amovibil, care umbrește parțial elementul vitrat, factorul de transmisie a energiei solare totale, efective, medie lunară, a părții vitrate a ferestrei $g_{gl;wi;m}$, pentru luna m , este dat de:

$$g_{gl;wi;m} = (1 - f_{sh;with}) \cdot g_{gl;wi} + f_{sh;with} \cdot g_{gl;sh;wi} \quad (2.43)$$

unde

- $g_{gl;wi;m}$ este factorul de transmisie a energiei solare totale efective medie lunară a vitrajului; acesta reprezintă raportul între energia care traversează fereastra și energia incidentă,
- $g_{gl;wi}$ este factorul de transmisie a energiei solare totale a vitrajului, fără umbrire
- $g_{gl;sh;wi}$ este valoarea factorului de transmisie a vitrajului cu storuri.

Pentru elemente transparente dinamice, calculul coeficientului $g_{gl;wi;H/C;m}$ necesită să fie stabilit printr-o procedură specială, conform din standardul SR EN ISO 52016-1, anexa G.

Proprietățile principale pentru un element dinamic de clădire k , cu diferite valori pentru fiecare stare i , sunt:

- $U_{dyn;k;I}$, în $W/(m^2 \cdot K)$;
- $g_{dyn;k;I}$ factorul total;
- $\tau_{sol; dyn;k;I}$ factorul de transmisie solară;
- $\tau_{vis; dyn;k;I}$ factorul de transmisie vizuală.

Aceste proprietăți pot să varieze în mod pasiv sau să fie reglate în mod activ, în funcție condițiile la limită particulare.

Pentru metoda de calcul lunar, se detaliază în continuare calculul pentru transmitanța termică, pentru factorul total de transmisie a energiei solare și pentru factorul de transmisie solară; calculul se face în două etape:

- 1) Dacă se cunosc condițiile care determină situațiile la limita elementului vitrat transparent, (ocuparea, temperatura exterioară, intensitatea radiației solare), se face o primă aproximare, calculând inițial o proprietate medie ponderată în timp, obținută din însumarea pentru toți pașii de timp (ore) Δt_h din lună:

$$U_{\text{dyn};k;m} = \frac{\sum_t (U_{\text{dyn};k;i} \cdot \Delta \theta_{\text{int-e};t})}{\sum_t (\Delta \theta_{\text{int-e};t})} \quad (2.44)$$

$$g_{\text{dyn};k;m} = \frac{\sum_t (g_{\text{dyn};k;m;mn} \cdot I_{\text{sol};t})}{\sum_t I_{\text{sol};t}} \quad (2.45)$$

$$\tau_{\text{sol};\text{dyn};k;m} = \frac{\sum_t (\tau_{\text{sol};\text{dyn};k;m;mn} \cdot I_{\text{sol};t})}{\sum_t I_{\text{sol};t}} \quad (2.46)$$

Unde:

- $U_{m;mn}$ - valoarea U medie lunară, cu diferite valori U_i pentru diferite stări i , în $W/(m^2 \cdot K)$;
- $g_{m;mn}$ - valoarea g medie lunară cu diferite valori g_i pentru diferite stări i ;
- $\tau_{\text{sol};m;mn}$ - valoarea medie lunară a proprietății τ_{sol} , cu diferite valori $\tau_{\text{sol};i}$ pentru stări i ;
- $\Delta \theta_{\text{int-e}}$ - aproximarea diferenței dintre temperatura interioară și temperatura exterioară, în K ; în acest ecart de temperatură, temperatura interioară este temperatura setată, corectată pentru intermitență dacă este cazul, ca valoare ponderată în timp sau cu o valoare diferită pentru perioada de intermitență;
- $I_{\text{sol};\text{tot};t}$ - intensitatea radiației solare totale (directe + difuze) pe elementul transparent, în W/m^2 ;
- Δt_h - pasul de timp, în h ;
- i - un indice pentru diferitele stări care pot să fie orar diferite, în funcție de una sau mai multe condiții la limită.

Intensitatea radiației solare totale depinde de orientarea și de unghiul de înclinare al elementului transparent și de obstacole exterioare .

- 2) La pasul următor de calcul, vor fi adăugați factori de corecție, luând în considerare efectele dinamice datorate inerției clădirii și a celor datorate interacțiunilor dinamice cu alte fenomene fizice. Astfel de factori de corecție se pot determina comparând rezultatele calculului orare, pentru mai multe cazuri reprezentative.

Dacă se iau în considerare obstacole exterioare care umbresc, factorul de umbră al suprafeței k pentru obstacolele exterioare, $F_{\text{sh};\text{obst};k;m}$, în luna m se va calcula cu:

$$F_{sh;obst;k;m} = F_{sh;dir;k;m} \cdot f_{sol;dir;m} \quad (2.47)$$

unde, pentru fiecare suprafață umbrită k și pentru fiecare lună m :

$F_{sh;obst;k;m}$ - factorul de umbrire adimensional pentru obstacole exterioare;

$F_{sh;dir;k;m}$ - factorul de umbrire pentru intensitatea radiației solare directe, determinat conform anexei F din SR EN ISO 52016-1;

$f_{sol;dir;m}$ - fracția de radiație solară directă din radiația totală, obținută în funcție de datele climatice și de orientare; valori recomandate, pentru latitudinea de 40^0 nord sunt date în tabelele 2.17 (iarna) și 2.18 (vara), unde $w_{obst.}$ este factorul de ponderare pentru un segment i , pentru luna m , în funcție de latitudinea de amplasare și de orientarea obiectului umbrît; în metoda lunară se consideră 4 segmente fixe și suma factorilor de ponderare pe cele 4 segmente trebuie să fie 1 sau 0; mai multe detalii se pot obține din anexa F, SR EN ISO 52016-1

Factorul de umbrire directă, $F_{sh;dir;k,t}$, este determinat de unghiul de înălțime solară mediu lunar sau factori de corelație simplificați (pentru obiecte simple care umbresc) și de geometria suprafeței umbrite, k , și de cea a obiectelor care umbresc.

Intensitatea radiației solare totale pe suprafața k , $H_{tot;sh;k;m}$, inclusiv efectul de umbrire, este suma dintre intensitatea radiației solare totale calculate, corectată în funcție de umbrirea produsă de obiecte, cu ajutorul factorului de umbrire pentru intensitatea radiației solare directe și a fracției de radiație solară directă în radiația totală.

Tabel 2.17. și 2.18. Parametrii pentru umbrirea lunară datorată obstacolelor (sursa-tabelele B48.a și B48.b din SR EN ISO 52016-1)

Poziție	40° latitudine nord								
Perioadă:	iarna: octombrie - mai								
Orientare	Pondere, $w_{obst;m;i}$ pe sector				Înălțime solară, $\alpha_{sol;m;i}$ pe sector				$f_{sol;dir;m}$ (*)
	1	2	3	4	1	2	3	4	
N	0	0	0	0	-	-	-	-	0
NE	0	0	0	1,00	-	-	-	7,6	0,10
E	0	0	0,31	0,69	-	-	9,0	20,8	0,50
SE	0	0,14	0,58	0,28	-	9,2	22,2	24,0	0,70
S	0,06	0,40	0,47	0,07	9,4	22,8	22,6	9,7	0,75
SV	0,22	0,63	0,15	0	24,2	22,0	9,6	-	0,70
V	0,70	0,30	0	0	20,6	9,5	-	-	0,50
NV	1,00	0	0	0	8,7	-	-	-	0,10
Poziție	40° latitudine nord								
Perioadă:	vara: iunie – septembrie								
Orientare	Pondere, $w_{obst;m;i}$ pe sector				Înălțime solară, $\alpha_{sol;m;i}$ pe sector				$f_{sol;dir;m}$
	1	2	3	4	1	2	3	4	(*)

N	0	0	0	1,00	-	-	-	17,4	0,10
NE	0	0	0,62	0,38	-	-	20,9	50,2	0,30
E	0	0,48	0,48	0,04	-	21,8	52,5	74,4	0,45
SE	0,33	0,53	0,10	0,03	23,2	54,0	74,4	74,4	0,55
S	0,30	0,20	0,21	0,29	60,5	74,4	74,4	60,7	0,50
SV	0,03	0,11	0,52	0,34	74,4	74,4	54,2	23,1	0,55
V	0,04	0,47	0,49	0	74,4	52,7	21,8	-	0,45
NV	0,37	0,63	0	0	50,3	20,9	-	-	0,30

Zonă neclimatizată cu aporturi interne sau solare (inclusiv seră sau atrium)

Pentru zone neclimatizate cu aporturi interne/solare, adiacentă la una sau mai multe zone climatizate, separată de zonele climatizate de unul sau mai mulți pereți, metoda de calcul evaluează efectul pozitiv în timpul sezonului de încălzire. Procedura trebuie să fie utilizată și pentru a calcula aporturile în timpul la sezonului de răcire, luând în considerare protecția solară (sezonieră) suplimentară și dispozitivele de ventilare.

Altfel, pot să fie utilizate valorile prin lipsă ale factorului de corecție, $b_{ztu;m}$, în funcție de tipul și/sau de dimensiunea spațiului neclimatizat adiacent, care includ efectul aporturilor.

Pentru aporturile solare, în metoda de calcul lunar, într-o primă aproximare, se ia ca ipoteză, că suprafețele absorbante sunt toate umbrite în aceeași proporție de obstacolele exterioare și de anvelopa exterioară a zonei neclimatizate.

Factorul de reducere pentru radiația solară prin închiderea exterioară a unei zone neclimatizate ztu , pentru încălzire/răcire, $F_{sol;ue;ztu;H/C;m}$, este calculat cu relația:

$$F_{sol;ue;ztu;H/C;m} = g_{gl;ue;ztu;H/C;m} \cdot (1 - F_{fr;ue;ztu}) \quad (2.48)$$

unde

$g_{gl;ue;ztu;H/C;m}$ - valoarea factorului de transmisie a energiei solare totale a vitrajului închiderii exterioare a zonei neclimatizate ztu , pentru încălzire/răcire, pentru luna m ,
 $F_{fr;ue;ztu}$ - fracția de suprafață a cadrului închiderii exterioare, calculată ca raport între aria totală a zonelor opace și aria totală a zonelor opace plus transparente ale închiderii exterioare a zonei neclimatizate ztu . În cazul elementelor debordante, trebuie utilizată suprafața proiectată.

Notă: Factorul de transmisie a energiei solare totale este o valoare medie lunară, incluzând o corecție în cazul unui dispozitiv de umbră amovibil sau utilizat cu întreruperi.

Aporturile solare interioare din zona neclimatizată ztu , pentru încălzire/răcire, $Q_{H/C;sol;ztu;m}$, în kWh, la luna m , sunt calculate adunând aporturile solare ale fiecărei suprafețe opace, j , în zona neclimatizată:

$$Q_{H/C;sol;ztu;m} = F_{sol;ue;ztu;H/C;m} \cdot F_{sh;obst;ztu;m} \cdot \sum_{j(\text{opaque})} (a_{sol;j} \cdot A_j H_{sol;j;m}) \quad (2.49)$$

unde, pentru fiecare lună m :

$F_{sol;ue,ztu;H/C;m}$	- factorul de reducere a radiației solare care traversează închiderea exterioară a zonei neclimatizate ztu , pentru încălzire/răcire,
A_j	- aria fiecărei suprafețe opace j în interiorul zonei neclimatizate ztu , în m^2 ; în cazul elementelor debordante, trebuie utilizată suprafața proiectată;
$\alpha_{sol;j}$	- coeficientul mediu de absorbție solară a suprafeței opace j în interiorul zonei neclimatizate ztu , (vezi relația 39);
$F_{sh;obst;ztu;m}$	- factorul de umbră a obstacolelor exterioare pentru închiderea exterioară a zonei neclimatizate, ztu ;
$H_{sol;j;m}$	- intensitatea radiației solare lunare totale pe elementul transparent j , cu un unghi de orientare și de înclinare, în kWh/m^2 .

2.7.3.2. Energia transferată prin elemente opace

Energia provenită din aporturile solare, prin elementul de anvelopă opac k , pentru încălzire/răcire, $Q_{H/C;sol;k;m}$, în kWh, la lună m , este calculată cu relația:

$$Q_{H/C;sol;op;k;m} = \alpha_{sr;k} \cdot R_{se;k} \cdot U_{c;op;k} \cdot A_{c;k} \cdot F_{sh;obst;k;m} \cdot H_{sol;k;m} - Q_{sky;k;m} \quad (2.50)$$

unde, pentru fiecare element opac k și lună m :

- $\alpha_{sr;k}$ - coeficientul de absorbție adimensional pentru radiația solară, (se recomandă $\alpha_{sol} = 0,3$ pentru culoare deschisă, $\alpha_{sol} = 0,6$ - culoare intermediară și $\alpha_{sol} = 0,9$ - culoare închisă)
- $R_{se;k}$ - rezistența termică superficială exterioară, $R_{se} = (1/h_{ce} + 1/h_{re})$, cu coeficienții de transfer termic superficiali la exterior h_{ce} (convecție) și h_{re} (radiație).
- $U_{c;op;k}$ transmitanța termică, în $W/(m^2 \cdot K)$;
- $A_{c;k}$ - suprafața proiectată, în m^2 ;

și cu celelalte notații declarate în formulele precedente (înlocuind indicele wi cu indicele k).

Dacă elementul de clădire conține un strat ventilat (natural) cu aer exterior și valoarea U nu ia în considerare acest fapt, aportul solar transmis va fi supraestimat; în acest caz se utilizează o valoare U corectată, în care stratul ventilat este considerat ca un mod de eliminare a unei părți din căldura solară. Calculul este detaliat în anexa E din SR EN ISO 52016-1.

Factor de reducere pentru evitarea supraestimării aporturilor, metodă lunară (sursa: paragraf E.3.3 din SR EN ISO 52016-1)

Pentru metoda de calcul lunar, în cazul unei zone neclimatizate exterioare, se aplică un factor de reducere pentru a evita supraestimarea aporturilor în modul de încălzire, bazat pe raportul dintre transferul termic și aporturi:

- în cazul unei zone climatizate adiacente unice:

$$f_{gn,max;H;ztu;m} = \frac{b_{ztu;m} \cdot H_{ztc;ztu;m} \cdot (\theta_{int;set;H;ztc;m} - \theta_{e;a;m}) \times 0,001 \times t_m}{(Q_{H,int;ztu;m} + Q_{H,sol;ztu;m})} \quad (2.51)$$

- în cazul mai multor zone climatizate alăturate:

$$f_{gn,max;H;ztu;m} = \frac{b_{tuz,k;m} \cdot \sum_{ztc} \left(H_{ztc;ztu;m} \cdot (\theta_{int;set;H;ztc;m} - \theta_{e;a;m}) \right) \times 0,001 \times t_m}{(Q_{H,int;ztu;m} + Q_{H,sol;ztu;m})} \quad (2.52)$$

unde, pentru luna m :

- $f_{gn,max;H;ztu;m}$ - factorul de reducere pentru a evita supraestimarea aporturilor dinspre zona neclimatizată ztc , pentru modul de încălzire, în W/K;
- $b_{ztu;m}$ - factorul de corecție pentru zona neclimatizată adiacentă ztu ;
- $H_{ztc;ztu;m}$ - coeficientul de transfer termic dintre zona neclimatizată ztu și zona climatizată adiacentă ztc , în W/K;
- $\theta_{int;set;H;ztc;m}$ - temperatura setată de zona climatizată adiacentă ztc pentru încălzire; în cazul unor zone climatizate alăturate multiple, temperaturile sunt ponderate conform unui factor de distribuție $F_{ztc;ztu;m}$ pentru transfer termic între zona climatizată ztc și zona neclimatizată ztu , în °C;
- $\theta_{e;a;m}$ - temperatura medie a aerului exterior, în °C;
- $Q_{H,int;ztu,k;m}$ - aporturile interne pentru modul de încălzire, în zona neclimatizată exterioară ztu , în kWh;
- $Q_{H,sol;ztu;m}$ - idem aporturile solare, în kWh;
- t_m - durata din luna m , în h.

Pentru metoda de calcul lunar, în cazul unei zone neclimatizate interne, deoarece acest tip de zonă este aplicabil numai în cazul aporturilor nesemnificative:

$$f_{gn,max;H;ztu;m} = 1 \quad (2.53)$$

Pentru metoda de calcul lunar, se poate utiliza procedura următoare:

- pentru modul de încălzire, nu se consideră în zona de calcul, aporturile (indirecte) suplimentare din spațiul de seră: $\Phi_{sol;ztu;m} = 0$.
- pentru modul de răcire, se procedează la fel ca pentru modul de încălzire: $\Phi_{sol;ztu;m} = 0$, dar în plus, se ignoră spațiul de seră pentru calculul aporturilor solare în zona de calcul. Aceasta implică ignorarea reducerii factorului de transmisie a energiei solare prin anvelopa serei, exceptând măsurile de umbrire aplicate în permanență pe toată durata sezonului de răcire.

2.7.4. Radiația termică către cer (sursa - SR EN ISO 52016-1)

Bolta cerească are un efect de răcire prin radiație asupra Pământului. Pentru a calcula fluxul termic (de lungime mare de undă) emis de anvelopa clădirii către cer, se consideră că între pământ și boltă există o diferență de temperatură aparentă $\Delta\theta_{sky}$. Pentru calculul lunar al necesarului de energie, se determină un flux suplimentar, $Q_{sky;m}$, emis către cer de fiecare element k al anvelopei clădirii.

Astfel, pentru luna m , fluxul în kWh, se va calcula în mod simplificat cu relația din standardul SR EN ISO 52016-1:

$$Q_{sky;k;m} = 0,001 \times F_{sky;k} \cdot R_{se;k} \cdot U_{c;k} \cdot A_{c;k} \cdot h_{lr;e;k} \cdot \Delta\theta_{sky;m} \cdot \Delta t_m \quad (2.54)$$

unde:

- $F_{sky;k}$ - factorul de formă între elementul k și cer, pentru suprafețe orizontale, fără ecranare

- $F_{sky;k}=1$, pentru suprafețe verticale, fără ecranare, $F_{sky;k} = 0.5$;
- $R_{se;k}$ - rezistența termică superficială exterioară a elementului k, în $m^2 K/W$;
- $U_{c;k}$ - transmitanța termică a elementului de anvelopă k, în $W/(m^2 \cdot K)$;
- $A_{c;k}$ - suprafața elementului de anvelopă k, conform SR EN ISO 52016-1, în m^2 ;
- $h_{lre;k}$ - coeficientul de transfer termic exterior pentru radiația de lungime mare de undă, în $W/(m^2 \cdot K)$;
- $\Delta\theta_{sky;m}$ - diferența medie între temperatura aparentă a cerului și temperatura aerului, pentru condițiile din România se poate considera $\Delta\theta_{sky;m} = 11 K$, în K;
- Δt_m - durata din luna m, în h.

2.7.5. Capacitatea termică eficace interioară a zonei

(sursa: SR EN ISO 52016-1 paragraful 6.6.9)

Metoda de calcul lunar necesită capacitatea termică interioară eficace a zonei termice (aer, mobilier și elemente de clădire). Această cantitate reprezintă capacitatea termică totală, văzută de la interior.

În această metodologie a fost adoptată metoda simplificată din standardul SR EN ISO 52016-1. În tabelele 2.19 și 2.20 sunt date valori recomandate pentru capacitățile termice specifice la interior și respectiv clasele de tipuri de clădire cu valori recomandate pentru capacitatea termică interioară.

Tabel 2.19. Capacitate termică specifică a elementelor opace și a parterului (sursa: tabel B14 din SR EN ISO 52016-1)

Clasa	$\kappa_{m;op}$ $J/(m^2 \cdot K)$	Specificarea clasei
Foarte ușoară	50 000	Clădirea nu conține nicio componentă de masă, de exemplu o placă de plastic și/sau un înveliș de lemn, sau echivalent
Ușoară	75 000	Clădirea nu conține nicio componentă de masă decât cărămizi sau beton ușor de 5 cm 10 cm, sau echivalent
Medie	110 000	Clădirea nu conține nicio componentă de masă decât cărămizi sau beton ușor de 10 cm 20 cm, sau cărămizi sau beton greu de 7 cm, sau echivalent
Masivă	175 000	Clădire care conține cărămizi pline sau beton greu de 7 cm până la 12 cm, sau echivalent
Foarte masivă	250 000	Clădire care conține cărămizi pline sau beton greu de mai mult de 12 cm, sau echivalent

Tabel 2.20. Clasele de tipuri de clădire cu valori recomandate pentru capacitatea termică interioară

Clasa	Metodă lunară $C_{m,int;eff;ztc} J/K [J/(K \cdot m^2) m^2]$
Foarte ușoară	$80\,000 \times A_{use;ztc}$

Ușoară	$110\,000 \times A_{\text{use};ztc}$
Medie	$165\,000 \times A_{\text{use};ztc}$
Masivă	$260\,000 \times A_{\text{use};ztc}$
Foarte masivă	$370\,000 \times A_{\text{use};ztc}$

unde

$A_{\text{use};ztc}$ - suprafața utilă de pardoseală a zonei termice ztc , în m^2 .

Capacitatea termică interioară calculată include rezistența superficială interioară.

2.7.6. Factori de utilizare

În metoda lunară, efectele regimului nestaționar de transfer de căldură sunt luate în considerare prin introducerea factorului de utilizare a aporturilor pentru încălzire și a factorului de utilizare a transferului termic pentru răcire. În cazul încălzirii/ răcirii intermitente, efectul inerției termice este luat în considerare separat.

Factor de utilizare a aporturilor pentru încălzire (sursa – SR EN ISO 52016-1)

Factorul de utilizare a aporturilor pentru încălzire, $\eta_{H;gn}$, este funcție de raportul de bilanț termic, γ_H , și de un parametru, a_H , care depinde de inerția clădirii. El este calculat pentru fiecare zonă și pentru fiecare lună cu formulele din figura 2.14, unde, pentru fiecare zonă climatizată ztc și lună m :

$\gamma_{H;ztc;m}$ - raportul de bilanț termic adimensional pentru modul de încălzire;

$a_{H;ztc;m}$ - parametru adimensional, determinat cu relația 2.55 ;

$Q_{H;ht;ztc;m}$ - transferul termic total pentru modul de încălzire, în kWh;

$Q_{H;gn;ztc;m}$ - aporturile termice totale pentru modul de încălzire, în kWh.

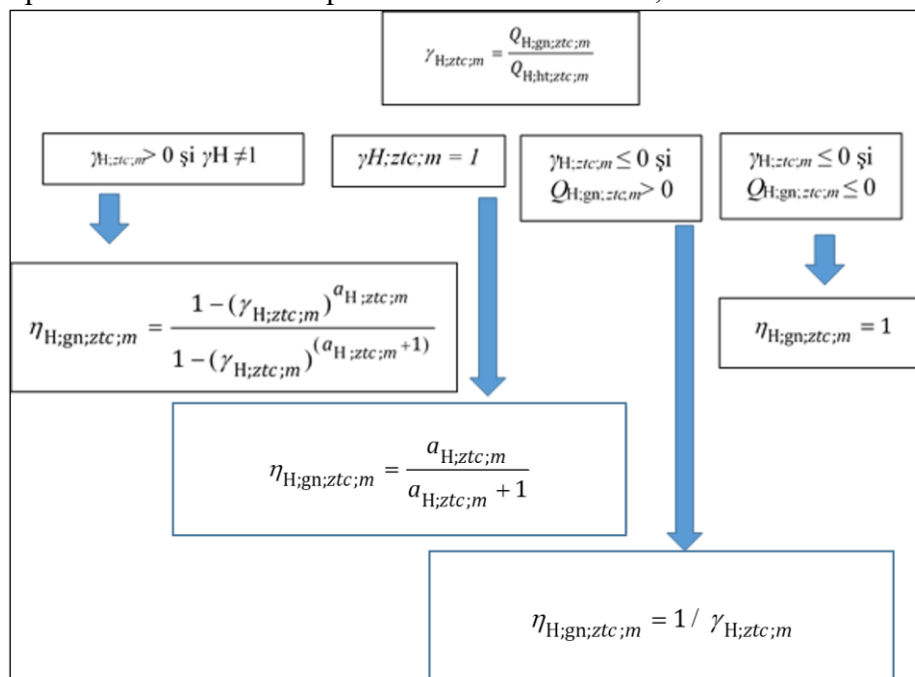


Figura 2.14. Factorul de utilizare a aporturilor pentru încălzire

Parametrul adimensional $a_{H;ztc;m}$ este calculat cu relația:

$$a_{H;ztc;m} = a_{H;0} + \frac{\tau_{H;ztc;m}}{\tau_{H;0}} \quad (2.55)$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată ztc și lună m :

- $a_{H;0}$ - parametru de referință, ($a_{H;0} = 1$);
- $\tau_{H;ztc;m}$ - constanta de timp a zonei, pentru încălzire, determinată cu relația 2.57, în h;
- $\tau_{H;0}$ - o constantă de timp de referință, ($\tau_{H;0} = 15$), în h.

NOTA Pentru aplicarea corectă a inegalităților, se precizează că prin convenție, semnul este pozitiv dacă fluxul termic iese de spațiul considerat (pierdere termică/de căldură). De asemenea, fluxul termic transferat prin ventilare este pozitiv când temperatura aerului introdus este mai mică decât temperatura interioară. Aporturile de căldură solare și interne sunt considerate negative

Factor de utilizare a transferului termic pentru răcire

Similar calculului pentru încălzire, factorul de utilizare a transferului termic pentru răcire, $\eta_{C;ht;ztc;m}$, este o funcție de raportul de bilanț termic pentru răcire, $\gamma_{C;ztc;m}$, și de un parametru $a_{C;ztc;m}$, care depinde de inerția termică a clădirii. El este calculat pentru fiecare zonă și pentru fiecare lună ca în figura 2.15 unde, pentru fiecare zonă climatizată ztc și lună m :

- $\gamma_{C;ztc;m}$ - raportul de bilanț termic adimensional pentru modul de răcire;
- $a_{C;ztc;m}$ - un parametru, determinat cu relația 2.56;
- $Q_{C;ht;ztc;m}$ - transferul termic total prin transmisie și ventilare pentru modul de răcire, în kWh;
- $Q_{C;gn;ztc;m}$ reprezintă aporturile termice totale pentru modul de răcire, în kWh.

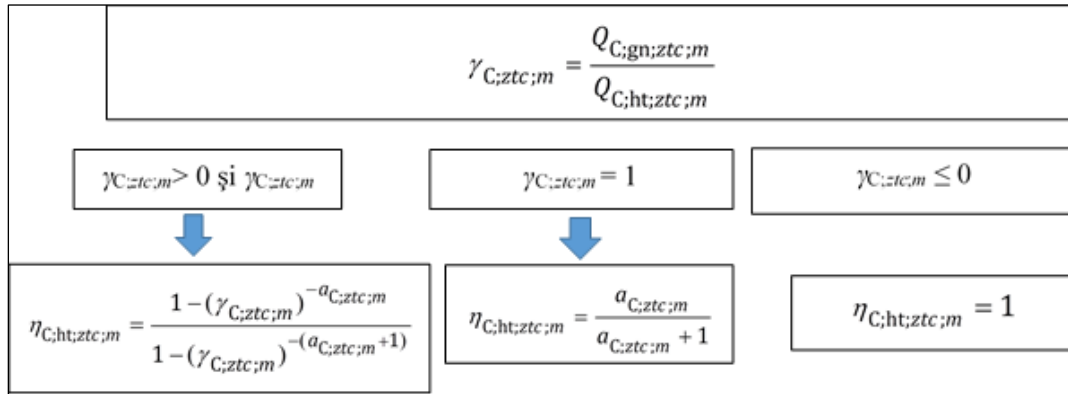


Figura 2.15. Factorul de utilizare al transferului termic adimensional pentru răcire
(sursa: SR CEN ISO/TR 52016-2)

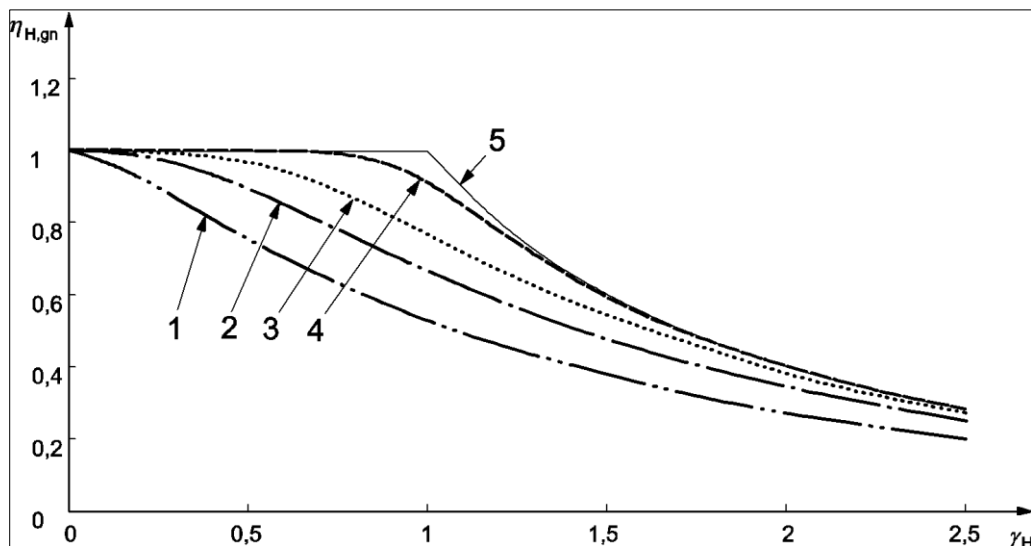
Parametrul numeric adimensional $a_{C;ztc;m}$ este calculat cu relația:

$$a_{C;ztc;m} = a_{C;0} + \frac{\tau_{C;ztc;m}}{\tau_{C;0}} \quad (2.56)$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată ztc și lună m :

- $a_{C;0}$ - un parametru numeric adimensional de referință, ($a_{C;0} = 1$);
- $\tau_{C;ztc;m}$ - constanta de timp a unei zone răcite, determinată cu relația 2.58, în h;
- $\tau_{C;0}$ - o constantă de timp de referință, ($\tau_{C;0} = 15$), în h.

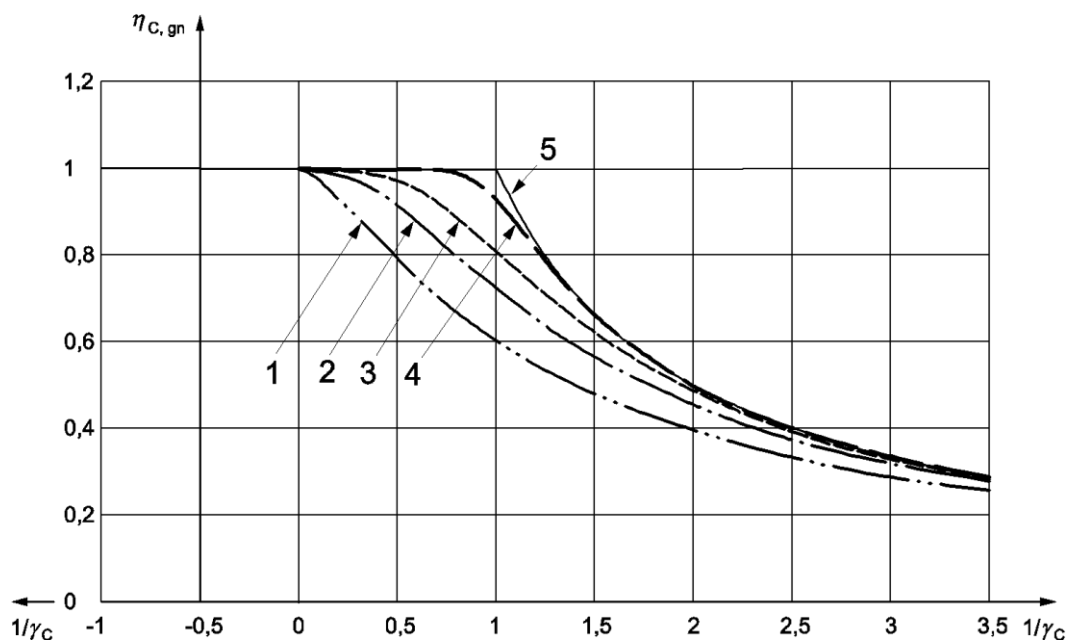
Figurile următoare ilustrează grafic variația factorilor de utilizare a aporturilor pentru metoda de calcul lunară și pentru diferite constante de timp, pentru încălzire, precum și variația factorilor de utilizare a aporturilor pentru metoda de calcul lunară și pentru diferite constante de timp, pentru răcire.



Legendă

- 1 constanta de timp pentru 8 h (inerție mică),
- 2 idem pentru 1 zi, 3 idem pentru 2 zile, 4 idem pentru 7 zile,
- 5 constanta de timp infinită (inerție mare)

Figura 2.16. Factorul de utilizare a aporturilor pentru încălzire (sursa: SR CEN ISO / TR 52016-2)



Legendă

- 1 constanta de timp pentru 8 h (inerție mică)
- 2 constanta de timp pentru 1 d
- 3 constanta de timp pentru 2 d
- 4 constanta de timp pentru 7 d

5 constanta de timp infinită (inerție ridicată)

Figura 2.17. Factorul de utilizare a transferului de căldură, pentru răcire
(sursa: SR CEN ISO/TR 52016-2)

Constanta de timp a unei zone (sursa – SR EN ISO 52016-1)

Constanta de timp a unei zone climatizate ztc , în ore, caracterizează inerția termică interioară a zonei climatizate. Ea poate fi diferită în calculele pentru încălzire și răcire și să varieze de la o lună la alta, în funcție de variația mărimilor care o determină, în particular H_{tr} și H_{ve} . Ea este calculată cu următoarele două formule:

$$\tau_{H;ztc;m} = \frac{C_{m;eff;ztc} / 3600}{H_{H,tr(excl. grfl);ztc;m} + H_{H,gr;adj;ztc} + H_{H,ve;ztc;m}} \quad (2.57)$$

$$\tau_{C;ztc;m} = \frac{C_{m;eff;ztc} / 3600}{H_{C,tr(excl. grfl);ztc;m} + H_{C,gr;adj;ztc} + H_{C,ve;ztc;m}} \quad (2.58)$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată ztc și lună m :

$C_{m;eff;ztc}$ - capacitatea termică interioară eficace a zonei, în J/K;

$H_{H/C,tr(excl. grfl);ztc;m}$ - coeficientul global de transferul prin transmisie pentru încălzire, respectiv răcire, fără pardoseala de jos, în W/K;

$H_{H/C,ve;ztc;m}$ - coeficientul global de transferul prin ventilare pentru încălzire, respectiv răcire, în W/K;

$H_{H/C,gr;adj;ztc}$ - coeficientul de transfer termic globală medie sezonieră pentru transmisia prin pardoseala de jos, raportată la diferența de temperatură sezonieră, pentru sezonul de încălzire, respectiv de răcire, în W/K.

Temperatură setată și moduri de intermitență (sursa – SR EN ISO 52016-1)

Sunt considerate diferite moduri de încălzire și de răcire și anume :

- încălzire/răcire la temperatură setată constantă;
- încălzire sau răcire intermitentă: temperatură setată redusă și/sau oprire în timpul zilei, noaptea și/sau în week-end;
- perioade de neocupare.

În caz de intermitență a funcționării, este posibilă o simplificare considerând o temperatură constantă echivalentă.

Pentru fiecare lună, profilul de temperatura operativă interioară setată pentru încălzire, $\theta_{int;set;H;ztc}$, și răcire, $\theta_{int;set;C;ztc}$, pentru fiecare zonă climatizată, ztc , trebuie cunoscut pentru zilele din săptămână, cele de week-end și pentru perioadele de neocupare.

Dacă regula se aplică la media spațială de temperatură setată pentru clădirile rezidențiale, temperatura setată pentru încălzire trebuie ajustată corespunzător.

2.8. Particularități ale calculului necesarului de energie propriu sistemului

Din cauza pasului de timp de calcul lunar, interacțiunile cu sistemele tehnice din clădire sunt modelate într-un mod simplificat, introducând coeficienți de corecție. Valorile acestor coeficienți sunt funcții de climat, de comportamentul utilizatorului, de tipul de sistem și de modul de reglare a sistemului.

Pentru calculul necesarului de energie propriu al sistemului (încălzire și răcire), se va aplica o corecție a valorilor de temperaturi setate (sau a perioadelor - conform numărului de ore pe zi și de zile pe săptămână), în funcție de caracteristicile specifice ale sistemului din clădire.

2.8.1. Încălzire sau răcire cu temperatură setată constantă

Pentru încălzire continuă la temperatură setată constantă pe durata unei luni, temperatura setată pentru încălzire, $\theta_{\text{int};H;\text{set};ztc}$, în °C, este utilizată ca temperatură de calcul a zonei, $\theta_{\text{int};\text{calc};H}$. La fel se procedează pentru temperatura de calcul pentru răcire, $\theta_{\text{int};C;\text{set};ztc}$, în °C, care trebuie utilizată ca temperatură setată de zonă, $\theta_{\text{int};\text{calc};C}$. Atunci, valoarea factorului de reducere pentru încălzire sau răcire intermitentă, $a_{H,\text{red};ztc;m} = a_{C,\text{red};ztc;m} = 1$.

2.8.2. Corecție pentru încălzire intermitentă (sursa – SR EN ISO 52016-1)

În cazul încălzirii la temperaturi setate diferite și cu eventuale perioade de oprire, **temperatura setată** pentru zona de încălzire, $\theta_{\text{int};\text{calc};H;m}$, în °C, este calculată cu relația:

$$\theta_{\text{int};\text{calc};H;ztc;m} = a_{H,\text{red};ztc;m} \times (\theta_{\text{int};\text{set};H;ztc} - \theta_{e;a;m}) + \theta_{e;a;m} \quad (2.59)$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată ztc și lună m :

$\theta_{\text{int};\text{set};H;ztc}$ - temperatura setată normală de încălzire, pentru realizarea confortului termic, în °C;

$\theta_{e;a;m}$ - temperatura medie lunară a aerului exterior, în °C;

$a_{H,\text{red};ztc;m}$ - factorul de reducere pentru un încălzire intermitentă, determinat în continuare (relația 2.60 cu completările 2.61 și 2.62)

$$a_{H,\text{red};ztc;m} = 1 - \left(1 - a_{H,\text{red};\text{day};ztc;m}\right) - \left(1 - a_{H,\text{red};\text{night};ztc;m}\right) - \left(1 - a_{H,\text{red};\text{wknd};ztc;m}\right) \quad (2.60)$$

Pentru fiecare perioadă de reducere y , care poate fi: zi, noapte sau week-end:

$$a_{H,\text{red};y;ztc;m} = 1 - f_{H,\text{red};y;ztc} + f_{H,\text{red};y;ztc} \cdot d\theta_{H,\text{red};mn;y;ztc;m} \quad (2.61)$$

cu

$$f_{H,\text{red};y;ztc} = \frac{\Delta t_{H,\text{red};y;ztc} \cdot n_{\text{rep};H,\text{red};y;ztc}}{24 \times 7} \quad (2.62)$$

$a_{H,\text{red};y;ztc;m}$ - factorul de reducere pentru încălzire intermitentă la temperatură setată redusă, cu y = zi, noapte sau week-end;

$f_{H,\text{red};y;ztc}$ - partea relativă de timp la valoarea setată redusă pentru încălzire;

$n_{\text{rep};H,\text{red};y;ztc}$ - numărul de repetiții ale perioadei de reducere y , într-o săptămână. De exemplu: $n_{\text{rep};H,\text{red};y;ztc} = 7$ pentru o reducere zilnică de temperatură noaptea ; sau 5 dacă se combină cu o reducere de temperatură (sau oprire) de 2 zile în week-end.

$d\theta_{H;red;mn;y;ztc;m}$ - reducerea (relativă) medie a diferenței de temperatură în timpul perioadei cu temperatură setată redusă, determinată mai jos;

$\Delta t_{H;red;y;ztc}$ - durata perioadei de timp în care se prevede o temperatură setată redusă, în h.

Pentru a calcula reducerea (relativă) medie a diferenței de temperatură $d\theta_{H;red;mn;y;ztc;m}$, se vor determina următoarele **trei mărimi** suplimentare:

1) Reducerea adimensională a diferenței dintre temperatura redusă setată și temperatura exterioară (sursa – SR EN ISO 52016-1), $d\theta_{set;H;low;y;ztc;m}$, dată pentru diferite situații astfel:

$$\text{dacă } (\theta_{int;set;H;ztc} - \theta_{e;a;m}) \leq 0: \quad d\theta_{set;H;low;y;ztc;m} = 1 \quad (2.63)$$

$$\text{dacă } (\theta_{int;set;H;low;y;ztc} - \theta_{e;a;m}) \leq 0: \quad d\theta_{set;H;low;y;ztc;m} = 0 \quad (2.64)$$

Dacă nu:

$$d\theta_{set;H;low;y;ztc;m} = \frac{\theta_{int;set;H;low;y;ztc} - \theta_{e;a;m}}{\theta_{int;set;H;ztc} - \theta_{e;a;m}} \quad (2.65)$$

În aceste relații, s-a considerat că $\theta_{int;set;H;low;y;ztc}$ reprezintă temperatura setată redusă de încălzire din zonă, în timpul perioadei de intermitență y.

2) Reducerea adimensională a diferenței dintre temperatura interioară în regim liber (când încălzirea este oprită) și temperatura exterioară (sursa – SR EN ISO 52016-1), $d\theta_{float;ztc;m}$ este dată de:

$$d\theta_{float;ztc;m} = \frac{\theta_{int;float;ztc;m} - \theta_{e;a;m}}{\theta_{int;set;H;ztc} - \theta_{e;a;m}} \quad (2.66)$$

Dacă $(\theta_{int;set;H;ztc} - \theta_{e;a;m}) \leq 0$:

$$d\theta_{float;ztc;m} = 1 \quad \text{În acest caz, nu este nevoie de încălzire.}$$

Dacă nu:

$$d\theta_{float;ztc;m} = \frac{Q_{H;gn;ztc;m}}{(H_{H;tr;ztc;m} + H_{H;ve;ztc;m}) \cdot (\theta_{int;set;H;ztc} - \theta_{e;a;m}) \cdot \Delta t_m} \quad (2.67)$$

cu valoare maximă : $d\theta_{float;m} = 1$ și valoare minimă : $d\theta_{float;m} = 0$

unde, pentru fiecare zonă climatizată ztc și lună m:

$Q_{H;gn;ztc;m}$ - reprezintă aporturile totale de căldură pentru modul de încălzire, în kWh;

$H_{H;tr;ztc;m}$ - coeficientul global de transfer de căldură prin transmisie pentru încălzire, în W/K;

$H_{H;ve;ztc;m}$ - coeficientul global de transfer de căldură prin ventilare pentru încălzire, în W/K.

3) Durata (relativă), adimensională a perioadei (sursa – SR EN ISO 52016-1), până la atingerea valorii reduse setate :

Dacă: $(d\theta_{set;H;low;y;ztc;m} - d\theta_{float;ztc;m}) \leq 0$ sau în cazul unei opriri a încălzirii

$$\text{se consideră } f_{H;red;low;y;ztc;m} = 1. \quad (2.68)$$

$$\text{dacă : } d\theta_{float;ztc;m} = 1 \text{ se consideră } f_{H;red;low;y;ztc;m} = 0. \quad (2.69)$$

Dacă nu:

$$f_{H;red;low;y;ztc;m} = \frac{\Delta t_{H;red;low;y;ztc;m} / \tau_{H;ztc;m}}{\Delta t_{H;red;y;ztc;m} / \tau_{H;ztc;m}} \quad (2.70)$$

unde :

$$\frac{\Delta t_{H;red;low;y;ztc;m}}{\tau_{H;ztc;m}} = - \ln \left(\frac{d\theta_{set;H;low;y;ztc;m} - d\theta_{float;ztc;m}}{1 - d\theta_{float;ztc;m}} \right) \quad (2.71)$$

și:

$\tau_{H;ztc;m}$ - constanta pentru modul de încălzire, în h.

Reducerea (relativă) medie a diferenței de temperatură în timpul perioadei temperatura setată redusă, $d\theta_{H;red;mn;y;ztc;m}$, este egală cu:

Dacă $f_{H;red;low;y;ztc;m} \geq 1$:

$$d\theta_{H;red;mn;y;ztc;m} = d\theta_{float;y;ztc;m} + \left(\frac{1 - d\theta_{float;ztc;m}}{\Delta t_{H;red;y;ztc;m} / \tau_{H;ztc;m}} \right) \cdot \left(1 - e^{-\left(\Delta t_{H;red;y;ztc;m} / \tau_{H;ztc;m} \right)} \right) \quad (2.72)$$

În alte cazuri:

$$d\theta_{H;red;mn;y;ztc;m} = \left(\frac{1 - d\theta_{set;H;low;y;ztc;m}}{\Delta t_{H;red;y;ztc;m} / \tau_{H;ztc;m}} \right) + f_{H;red;low;y;ztc;m} \cdot d\theta_{float;ztc;m} + \left(1 - f_{H;red;low;y;ztc;m} \right) \cdot d\theta_{set;H;low;y;ztc;m} \quad (2.73)$$

2.8.3. Corecții pentru răcire intermitentă (sursa – SR EN ISO 52016-1)

Corecțiile în cazul răcirii la temperaturi setate diferite și eventual cu perioade de oprire a răcirii, sunt aplicate la necesarul de răcire și nu la temperatura de calcul (ca în cazul încălzirii). Astfel, temperatura setată a zonei, pentru răcire, $\theta_{int;calc;C;m}$, în °C, rămâne aceeași ca pentru răcire continuă.

Reducerea necesarului de răcire este luată în considerare numai dacă răcirea este redusă sau oprită în timpul întregului week-end (deci minim 48 ore/săptămână). Dacă această condiție nu este îndeplinită, atunci $a_{C;red;ztc;m} = 1$.

Factorul de reducere adimensională pentru răcire intermitentă, $a_{C;red;ztc;m}$, în cazul unei reduceri sau unei opriri în week-end, este calculat cu relația următoare:

$$a_{C;red;ztc;m} = a_{C;red;wknd;ztc;m} = \left(1 - f_{C;red;wknd;ztc} \right) + b_{C;red;wknd} \cdot f_{C;red;wknd;ztc} \quad (2.74)$$

cu

$$f_{C;red;wknd;ztc} = \frac{\Delta t_{C;red;wknd;ztc} \times n_{rep;C;red;wknd;ztc}}{24 \times 7} \quad (2.75)$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată, ztc :

$f_{C;red;wknd;ztc}$ - partea relativă a săptămânii cu o intermitență de funcționare;

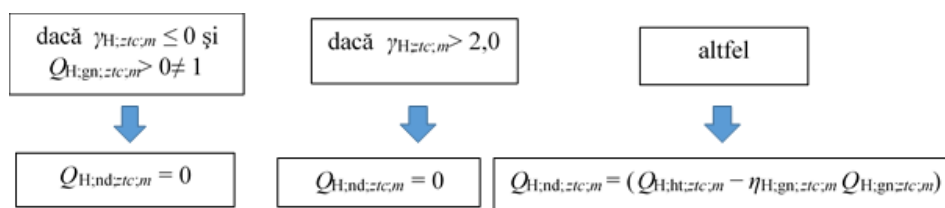
$n_{rep;C;red;wknd;ztc}$ - numărul de repetiții ale acestei intermitențe într-o săptămână; de exemplu:
 $n_{rep;C;red;wknd;ztc} = 1$ pentru reducerea sau oprirea în week-end și $n_{rep;C;red;wknd;ztc} = 0$
 fără reducere sau oprire în week-end.
 $\Delta t_{C;red;wknd;ztc}$ - durata week-endului cu o temperatură setată redusă pentru răcire sau o
 întrerupere, în h;
 $b_{C;red;wknd}$ - factor de corelație empirică, cu valoarea prin lipsă $b_{C;red} = 0,3$.

Valoarea $a_{C;red;wknd;ztc;m}$ este influențată numai de durata de reducere sau de oprire în week-end, și
 nu de temperatura setată «redușă».

2.8.4. Corecții pentru perioada de neocupare

Pentru calculul necesarului de energie lunar pentru încălzire/răcire, trebuie făcută distincție între
 lunile cu și fără perioade lungi de neocupare. Pentru fiecare zonă climatizată ztc și pentru fiecare
 lună m , necesarul de energie lunar pentru încălzire, $Q_{H;nd;ztc;m}$, în kWh, este calculat conform unuia
 din cele două cazuri următoare:

- a) pentru lunile fără perioadă lungă de neocupare, $Q_{H;nd;ztc;m}$ este calculat cu formulele din
 figura 2.18 :



**Figura 2.18. Necesarul de energie lunar pentru încălzire dacă există perioade
 scurte de neocupare**

unde , pentru fiecare zonă climatizată ztc și lună m :

$\gamma_{H;ztc;m}$ - raportul de bilanț termic adimensional pentru modul de încălzire,
 $Q_{H;ht;ztc;m}$ - transferul termic total pentru modul de încălzire, în kWh;
 $\eta_{H;gn;ztc;m}$ - factorul adimensional de utilizare a aporturilor
 $Q_{H;gn;ztc;m}$ reprezintă aporturile termice totale pentru modul de încălzire, în kWh.

În mod similar, dacă nu există perioade lungi de neocupare, necesarul de energie lunar pentru
 răcire, $Q_{C;nd;ztc;m}$, în kWh, este calculat conform unuia din cazurile reprezentate în figura 2.19.

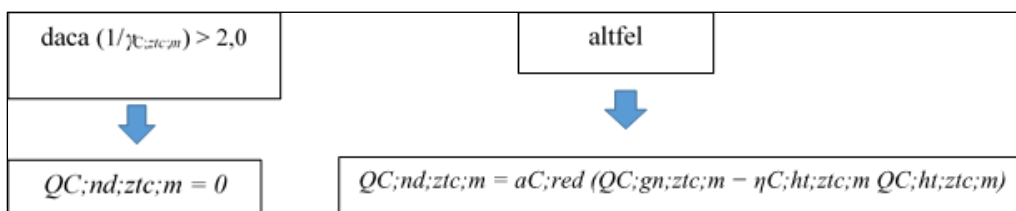


Figura 2.19. Necesarul de energie lunar pentru răcire dacă există perioade scurte de neocupare

unde, pentru fiecare zonă climatizată ztc și lună m :

- $Q_{C;ht;ztc;m}$ - transferul termic total pentru modul de răcire, în kWh;
- $\eta_{C;ht;ztc;m}$ - factorul adimensional de utilizare a transferului termic,
- $Q_{C;gn;ztc;m}$ - aporturile termice totale pentru modul de răcire, în kWh;
- $a_{C;red;ztc;m}$ - factorul de reducere adimensional pentru răcire intermitentă,
- $Q_{C;nd;ztc;m}$ este determinat special în caz de perioadă lungă de neocupare.

b) în caz de perioadă lungă de neocupare (sursa – SR EN ISO 52016-1), $Q_{H;nd;ztc;m}$ este calculat folosind indici de corecție. Necesarul pentru încălzire și pentru răcire, ținând seama de perioadele de neocupare, $Q_{H;nd;ztc;m}$ și $Q_{C;nd;ztc;m}$, sunt calculate astfel:

- dacă o lună cuprinde o perioadă de neocupare, se efectuează calculul de două ori: 1) pentru încălzire/răcire calculate în perioadă de ocupare (normale) și 2) pentru calculele în perioadă de neocupare, pe urmă se realizează o interpolare liniară a rezultatelor, în funcție de fracția de timp a perioadei de neocupare, în raport cu perioada de ocupare:

$$Q_{H;nd;ztc;m} = (1 - f_{H,nocc;ztc;m}) \cdot Q_{H;nd;occ;ztc;m} + f_{H,nocc;ztc;m} \cdot Q_{H;nd;nocc;ztc;m} \quad (2.76)$$

$$Q_{C;nd;ztc;m} = (1 - f_{C,nocc;ztc;m}) \cdot Q_{C;nd;occ;ztc;m} + f_{C,nocc;ztc;m} \cdot Q_{C;nd;nocc;ztc;m} \quad (2.77)$$

unde, pentru o zonă climatizată ztc și lună m :

- $Q_{H/C;nd;occ;ztc;m}$ - necesarul de energie pentru încălzire/răcire, calculat presupunând, pentru toate zilele din lună, că reglarea termostatului corespunde perioadei de ocupare, în kWh;
- $Q_{H/C;nd;nocc;ztc;m}$ - necesarul de energie pentru încălzire/răcire, calculat presupunând, pentru toate zilele din lună, că reglarea termostatului corespunde perioadei de neocupare, în kWh;
- $f_{H/C;nocc;ztc;m}$ - fracția de timp dintr-o lună care corespunde perioadei de neocupare (încălzire/răcire) (de exemplu 10/31- 10 zile neocupate din 31).

2.8.5. Temperatură calculată într- o zonă climatizată, ca variabilă de ieșire (sursa – SR EN ISO 52016-1)

Temperatura în zona climatizată poate fi necesară, pentru a evalua pierderile termice ale generatoarelor de căldură sau de frig, ale sistemelor de stocare și de distribuție (tubulatură și conducte) situate în spațiile climatizate.

Pentru modul de încălzire, temperatura medie lunară a zonei $\theta_{int;op;H;ztc;m}$, în °C, este egală cu temperatura de calcul, $\theta_{int;calc;H;ztc;m}$, în °C.

Pentru răcire, temperatura medie lunară a zonei, $\theta_{int;op;C;ztc;m}$, în °C, este dată de formulele următoare:

$$\theta_{int;op;C;ztc;m} = \theta_{e;a;m} + \frac{(Q_{C;nd;ztc;m} + Q_{C;gn;ztc;m})}{(H_{C;ht;ztc;m} \times 0,001 \times \Delta t_m)} \quad (2.78)$$

$$\text{cu: } H_{C;ht;zt;c;m} = \frac{Q_{C;ht;zt;c;m}}{(\theta_{\text{int,calc};C;zt;c;m} - \theta_{e;a;m})} \quad (2.79)$$

unde

- $\theta_{e;a;m}$ - temperatura medie lunară a aerului din mediul exterior, obținută pe baza normei corespunzătoare indicată în modulul PEC M1-13, în °C;
 $Q_{C;nd;zt;c;m}$ - necesarul de energie lunar pentru răcire pentru zona climatizată *ztc* și luna *m*, determinat după cum urmează, în kWh;
 $Q_{C;gn;zt;c;m}$ - aporturile termice totale pentru module de răcire, în kWh;
 $Q_{C;ht;zt;c;m}$ - transferul termic total prin transmisie și ventilare pentru modul de răcire, în kWh;
 $\theta_{\text{int,calc};C;zt;c;m}$ - temperatura setată în zona pentru răcire, determinată, în °C;
 Δt_m - durata lunii *m*, în h.

NOTA Formulele sunt o expresie a bilanțului termic lunar, în care este luat în considerare efectul intermitenței și al pierderilor termice neutilizate.

Dacă utilizând această temperatură ca intrare, nu poate fi făcută nicio distincție între modul cald și modul rece, temperatura pentru modul cald și modul rece trebuie ponderată lunar, respectiv cu necesarul de încălzire și de răcire.

2.8.6. Indicator de supraîncălzire (sursa – SR EN ISO 52016-1)

Posibilitatea de supraîncălzire este evaluată la nivelul unei zone termice. Deoarece o zonă termică poate să conțină spații cu proprietăți și cu sarcini termice diferite, indicatorul de supraîncălzire poate subestima riscul de supraîncălzire.

Indicatorul de supraîncălzire al zonei termice *ztc* este egal cu supratemperatura cumulată anuală, care se calculează cu relațiile:

$$I_{OH;zt;c;an} = \sum_{m=1}^{12} T_{OH;zt;c;m} \quad (2.80)$$

$$T_{OH;zt;c;m} = \frac{1\,000 \times (Q_{OH;gn;zt;c;m} - Q_{OH;ht;zt;c;m})}{H_{OH;tr;zt;c;m} + H_{OH;ve;zt;c;m}} \quad (2.81)$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată, *ztc*:

- $I_{OH;zt;c;an}$ - indicatorul de supraîncălzire anual, în K·h;
 $T_{OH;zt;c;m}$ - supratemperatura cumulată lunară, în K·h;
 $Q_{OH;gn;zt;c;m}$ sunt aporturile termice totale pentru calculul la supraîncălzire, pentru luna *m*, determinate, calculate în continuare, în kWh;
 $Q_{OH;ht;zt;c;m}$ reprezintă transferul termic total prin transmisie și ventilare pentru calculul la supraîncălzire, pentru luna *m*, determinate conform celor de mai jos, în kWh;
 $H_{OH;tr;zt;c;m}$ - coeficientul global de transfer termic prin transmisie pentru calculul la supraîncălzire, pentru luna *m*, determinat conform celor de mai jos, în W/K;

$H_{O;ve;ztc;m}$ - coeficientul de transfer termic prin ventilare pentru calculul de la supraîncălzire, pentru luna m , determinat conform décrit mai jos, în W/K.

Calcululele respectă aceeași metodologie și aceleași formule pentru calculul de răcire, dar cu diferențele următoare:

- în absența unui punct setat de răcire, calculul trebuie efectuat cu punct setat de răcire $\theta_{int;set;C;ztc} = 26^{\circ}\text{C}$;
- condițiile la limită sunt diferite, antrenând valori numerice diferite pentru toate variabilele din aval corespunzătoare, de unde utilizarea indicelui OH mai curând decât indicele C.
- valoarea coeficientului de transfer termic global prin transmisie, $H_{OH;tr;ztc;m}$, este luată egală cu valoarea sa pentru răcire, $H_{C;tr;ztc;m}$;
- coeficientul global de transfer termic prin ventilare, $H_{OH;veztc;m}$, este determinat luând în considerare dispoziții pentru ventilare intensivă (ziua și/sau la noaptea) (de exemplu deschiderea sigură a ferestrelor) pentru a evacua căldura în exces.
- valorile aporturilor interne și solare sunt definite egale cu valorile lor pentru răcire.

2.9. Necesari de energie pentru umidificare și dezumidificare (sursa – SR EN ISO 52016-1)

2.9.1. Umidificare

Necesarul lunar de energie latentă pentru umidificare (pe durata sezonului de încălzire) este dat de:

$$Q_{HU;nd;ztc;m} = f_{HU;m} \cdot h_{we} \cdot (1 - \eta_{HU;rvd;ztc}) \cdot \rho_a \cdot q_{V;mech;ztc;m} \cdot (\Delta x \cdot t)_{a;sup;ztc;an} \quad (2.82)$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată ztc și lună m :

$Q_{HU;nd;ztc;m}$ - necesarul de umidificare, în kWh;

$f_{HU;m}$ - fracția lunară a necesarului de energie pentru umidificare, obținută pentru fiecare lună m :

$$f_{HU;m} = Q_{H;nd;m} / Q_{H;nd;an}$$

unde $Q_{H;nd;m/an}$ - necesarul de energie lunar/anual pentru încălzire, în kWh

h_{we} - căldură latentă de vaporizare a apei, în J/kg;

$\eta_{HU;rvd;ztc}$ - eficiența recuperării de căldură latentă în zona termică de deservire a sistemului ztc . Pentru roată desicantă se recomandă $\eta_{HU;rvd;ztc} = 0,55$

ρ_a - densitatea aerului, în kg/m³;

$q_{V;mech;ztc;m}$ - debitul mediu lunar de aer de introducere mecanică care intră în zonă, conform reglementării tehnice pentru proiectarea, execuția și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare, în m³/s;

$(\Delta x \cdot t)_{a;sup;ztc;an}$ - cantitatea cumulată anuală de umiditate ce trebuie furnizată pe kg de aer uscat produs, în kg h/kg.

Calculul necesarului de energie pentru umidificare se poate face pe baza punctului setat de conținut minim de umiditate al zonei (conform SR EN ISO 52016-1, capitolul 6.5.14).

Tabel 2.21. Valori indicative pentru cantitatea cumulată anuală de umiditate care trebuie furnizată pentru un kg de aer uscat introdus (metodă lunară); trebuie adaptate funcție de datele climatice

Categorie de spațiu	Cantitate cumulată anuală de umiditate ce trebuie furnizată pe kg de aer uscat introdus $\Delta x \cdot t_{a;sup}$ (kg h/kg)
Rezidențe individuale, colective	0,17
Birouri	4,20
Cladiri pentru educație	4,20
Spitale	4,20
Hoteluri, restaurante	0,17
Bucătării	0,00
Teatre, auditorii	0,17
Servere	0,00
Săli de sport condiționate	0,17
Idem necondiționate	0,00
Magazine en gros sau en detail	0,17
Garaje	0,00

2.9.2. Dezumidificare

Necesarul lunar de energie latentă pentru dezumidificare (pe durata verii) este, în cazul utilizării echipamentelor de răcire pe durata verii :

$$Q_{DHU;nd;ztc;m} = f_{DHU;C} \cdot Q_{C;nd;ztc;m} \quad (2.83)$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată ztc și lună m :

$Q_{DHU;nd;ztc;m}$ - necesarul de energie pentru dezumidificare, în kWh;

$Q_{C;nd;ztc;m}$ - necesarul de energie pentru răcire (sensibilă), în kWh;

$f_{DHU;C;ss}$ - fracția necesarului de energie sensibilă care trebuie adăugată pentru dezumidificare, pe tip de sistem de răcire ss (obținută pe baza normei de sistem corespunzătoare indicată în modulul PEC M7-1, conform metodei din SR EN 16798-3).

Calculul necesarului de energie pentru dezumidificare se poate face pe baza punctului setat de conținut maxim de umiditate al zonei (conform SR EN ISO 52016-1, capitolul 6.5.14).

2.10. Necesarul anual de energie pentru încălzire, răcire și latent

Necesarul anual de energie pentru încălzire, $Q_{H;nd;ztc;an}$, în kWh, pentru zona climatizată ztc , este calculat cu relația următoare:

$$Q_{H;nd;ztc;an} = \sum_{m=1}^{12} Q_{H;nd;ztc;m} \quad (2.84)$$

unde

$Q_{H;nd;ztc;m}$ - necesarul de căldură lunar pentru încălzire pentru zona climatizată ztc și luna m , în kWh.

Pentru calculul necesarului de energie lunar pentru încălzire, se face distincție între lunile cu și fără o perioadă lungă de neocupare. Pentru fiecare zonă climatizată ztc și pentru fiecare lună m , necesarul de energie lunar pentru încălzire, $Q_{H;nd;ztc;m}$, în kWh, este calculat pentru unul din cele două cazuri următoare:

b) în cazul unei perioade lungi de neocupare, $Q_{H;nd;ztc;m}$ este calculat conform capitolului de calcul al corecțiilor pentru perioada de neocupare.

Pentru fiecare zonă, necesarul de energie anual pentru răcire, $Q_{C;nd;ztc;an}$, în kWh, este calculat cu relația următoare:

$$Q_{C;nd;ztc;an} = \sum_{m=1}^{12} Q_{C;nd;ztc;m} \quad (2.85)$$

unde

$Q_{C;nd;ztc;m}$ - necesarul termic lunar pentru răcire pentru zona climatizată ztc și luna m , determinat ca mai jos, în kWh.

Necesarul de energie latent anual pentru umidificare, pe durata sezonului de încălzire, respectiv pentru dezumidificare pe durata sezonului cald, este calculat ca sumă a necesarului lunar:

$$Q_{HU/DHU;nd;ztc;an} = \sum_m Q_{HU/DHU;nd;ztc;m} \quad (2.86)$$

unde, pentru fiecare zonă climatizată, ztc :

$Q_{HU/DHU;nd;ztc;an}$ - necesarul anual de umidificare (dezumidificare), în kWh;

$Q_{HU/DHU;nd;ztc;m}$ - necesarul lunar de umidificare (dezumidificare), în kWh.

2.11. Calcul simplificat al duratei perioadelor de încălzire/răcire

În lipsa unor date naționale, bazate pe anul climatic mediu, se recomandă utilizarea metodei bazate pe temperatura de echilibru.

O soluție simplă este de a reprezenta grafic variația temperaturii medii lunare (pe ordonată), pentru diferite luni ale perioadei calde sau reci și de tranziție (pe abscisă). Se calculează „temperatura de echilibru” θ_{emz} care reprezintă valoarea temperaturii exterioare la care aporturile de căldură de la sursele interioare și exterioare (soare) sunt egale cu pierderile prin transfer (prin transmisie Q_T și prin ventilare Q_V), calculate pentru temperatura interioară de calcul pentru încălzire, respectiv pentru răcire.

În figurile următoare sunt oferite exemple de reprezentare pentru stabilirea perioadei de răcire și similar pentru stabilirea perioadei de încălzire. (Observație: la reprezentarea pentru situația de încălzire, curba a fost lisată).

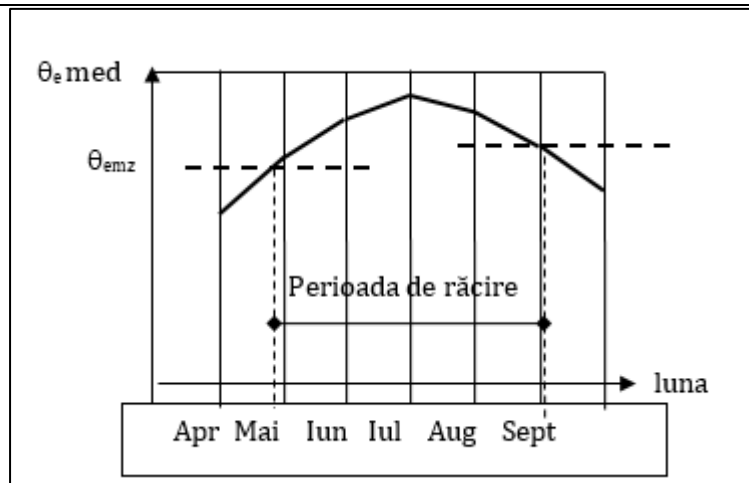


Figura 2.20. Stabilirea grafică a perioadei anuale de răcire

Se calculează temperatura exterioară medie lunară θ_{emz} care satisface relația:

$$\theta_{emz} = \theta_i - \frac{\eta_1 Q_{surse,z}}{H_T t_z} \quad (2.87)$$

în care: θ_i – temperatura interioară de calcul pentru climatizare, $Q_{surse,z}$ – energia de la Soare (inclusiv efectul lui Q_{sky}) și de la sursele interioare, calculată în kWh pentru o zi medie din luna respectivă (de început sau sfârșit de sezon de răcire), H_T – coeficientul total de pierderi/aporturi de căldură al încăperii (determinat în kW/K pe baza coeficienților de pierderi/aporturi prin transmisie și ventilare), η_1 – factor adimensional de utilizare a aporturilor pierderilor termice (pentru încălzire) calculat pentru $\lambda = 1$, respectiv factorul de utilizarea transferului de căldură, pentru răcire, t_z – durata unei zile (24 ore).

Pe grafic se trasează valorile calculate care se intersectează cu dreptele care unesc temperaturile medii lunare; abscisa punctului de intersecție marchează începutul sau sfârșitul perioadelor de încălzire, respectiv răcire. Reprezentarea se face la scară, pentru a citi pe abscisă numărul de zile.

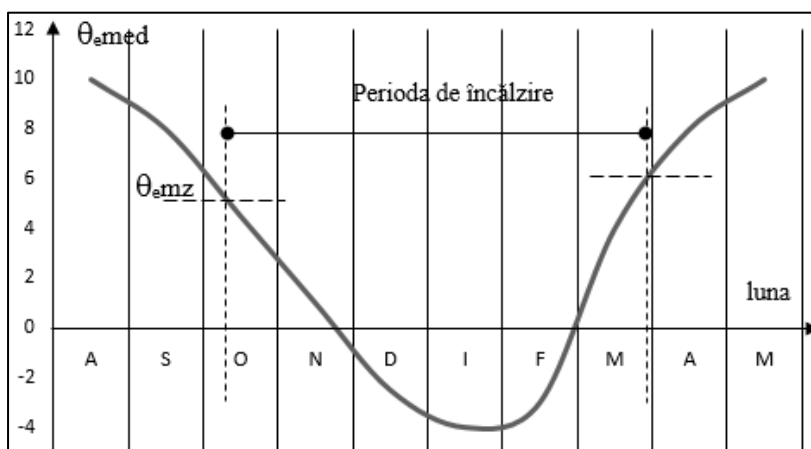


Figura 2.21. Stabilirea grafică a perioadei anuale de încălzire

Durata sezonului de încălzire și de răcire va fi considerată și ca timp de funcționare a dispozitivelor sezoniere, ca de exemplu pompele pentru sistemul de încălzire, ventilatoarele pentru sistemul de răcire etc.

2.12. Calculul temperaturii interioare în regim liber

Calculul temperaturii interioare a unei încăperi (zone termice) se realizează folosind, preferabil, o metodă de calcul orar. Se poate folosi și o metodă de calcul lunar.

2.12.1. Prezentarea metodei

Metoda de calcul orar, în comparație cu metoda de calcul lunar, permite un calcul mult mai detaliat și mai apropiat de fenomenele fizice; rezultatele obținute vor fi de asemenea mai corecte. În această parte a metodologiei este detaliată numai o aplicație a metodei de calcul orar.

Scopul acestui calcul este determinarea temperaturii care se realizează în interiorul unei clădiri/zone, în perioada de vară, în absența sistemului de climatizare (răcire) – denumit regim liber. Acest calcul permite studiul supraîncălzirii încăperilor în absența climatizării. Modificând diferite scenarii de utilizare a elementelor de umbrire, a ventilării (inclusiv ventilarea nocturnă), de densitate de ocupare a spațiului – cu oameni, lumină și/sau aparatură electronică, se poate stabili necesitatea utilizării sau reducerea utilizării unei instalații de climatizare (răcire) pentru asigurarea confortului termic al ocupanților în perioada de vară, în perioada climatică ce se alege pentru verificare, obținând astfel o economie importantă de energie.

2.12.2. Modelul de calcul

Calculul se bazează pe analogia electrică pentru modelarea proceselor de transfer termic care au loc între interiorul și exteriorul unei clădiri. Structura fiecărui element al clădirii este împărțită în straturi, în care au loc fenomenele termice de transfer și de acumulare a căldurii. La limita straturilor sunt fixate noduri în care se scriu ecuații de bilanț termic, analoage formulelor lui Kirchhoff pentru rețele electrice.

Ipotezele principale luate în considerare la elaborarea modelului de calcul sunt:

- încăperea este un spațiu închis, delimitat de elementele de construcție,
- temperatura aerului este uniformă în întreg volumul util al încăperii,
- suprafețele elementelor de construcție sunt considerate izoterme,
- proprietățile termofizice ale materialelor elementelor de construcție sunt constante în timp,
- conducția căldurii prin fiecare element de construcție este unidimensională (cu excepția transferului către sol, unde se aplică metoda fluxului termic echivalent),
- distribuția spațială a părții radiative a fluxului de căldură datorat surselor interioare este uniformă,
- este neglijată contribuția punților termice și a elementelor vitate la fenomenul de stocare a căldurii,
- punțile termice (liniare și punctuale) sunt cuplate direct cu temperatura aerului interior și exterior,
- volumele de aer sunt considerate ca lame de aer delimitate de suprafețe izoterme și paralele,

- densitatea fluxului termic datorat radiației de lungime scurtă de undă, absorbită de un element vitrat este tratată ca un termen sursă,
- dimensiunile fiecărui element de construcție sunt considerate pe partea interioară, pentru fiecare element de delimitare a încăperii,
- valorile coeficienților de schimb de căldură sunt considerate separat, pentru convecție și respectiv radiație de lungime mare de undă: astfel, coeficientul de schimb de căldură prin convecție la interior $h_{ci} = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$; coeficientul de schimb de căldură prin radiație la interior: $h_{ri} = 5,5 \text{ W/m}^2\text{K}$; iar la exterior: $h_{ce} = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$ și $h_{re} = 16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Etapele principale ale aplicării metodei sunt următoarele:

- definirea condițiilor climatice,
- stabilirea încăperii/zonelor pentru care se studiază temperatura interioară,
- stabilirea elementelor de construcție care delimitează încăperea studiată (suprafețe, orientări, condiții la limită)
- calculul parametrilor termofizici (în regim permanent și în regim dinamic) și al parametrilor optici (pentru elementele de construcție opace și transparente)
- definirea scenariului de ventilare și a scenariului de umbrire a suprafețelor,
- calculul degajărilor de căldură de la surse interioare (inclusiv scenarii de funcționare a surselor),
- stabilirea schemei analogice de calcul,
- scrierea ecuațiilor de bilanț termic pentru fiecare nod de temperatură, tratat prin analogie cu un nod al unei rețele electrice care conține rezistențe, capacități și generatoare de curent (prin analogie: rezistențe și capacități termice și fluxuri de căldură care intră/ies în noduri, de la aporturi interioare și solare, transfer termic etc),
- scrierea ecuației de bilanț termic la nivelul încăperii,
- tratarea sistemului de ecuații și punerea lui sub formă matricială, ușor de rezolvat cu un solver de ecuații liniare,
- determinarea temperaturii operative interioare, a temperaturii aerului interior și a temperaturii medii de radiație pentru încăperea simulată.

În continuare sunt prezentate pentru exemplificare, bilanțuri termice la moment de timp t :

- ecuația de bilanț termic global la nivelul încăperii relația 2.88
- ecuația de bilanț termic într-un nod de la suprafața interioară a unui perete exterior masiv (figura 2.22, 1a) – relația 2.89
- ecuația de bilanț termic într-un nod de la suprafața exterioară a unui perete exterior masiv (figura 2.22, 1b) – relația 2.90
- ecuația de bilanț termic într-un nod dintre straturi (figura 2.22, 1c) – relația 2.91.

Pentru a modela transferul în regim dinamic, în noduri se introduc fluxurile spre sau dinspre elementele capacitive. Modelul analogic pentru un perete, așa cum a fost dezvoltat în SR EN ISO 52016-1, cu 5 noduri capacitive este reprezentat în figura 2.23.

Extinzând acest model la toate elementele de anvelopă și scriind ecuația de bilanț termic al încăperii în regim staționar (2), se obține sistemul de ecuații exprimat sintetic prin ecuația matricială (9).

Urmărind schemele din figuri, fluxurile termice se exprimă în funcție de legile transferului de căldură conductiv, convectiv sau radiativ. Elementele componente ale anvelopei unei clădiri sunt considerate în funcție de rezistența și inerția termică, de transparență și de poziție.

Din punct de vedere al inerției termice și al transparenței, elementele anvelopei se clasifică în: elemente exterioare opace ușoare, sau grele și elemente transparente (ferestre, luminatoare, uși vitrate).

2.12.2.1. Ecuația de bilanț termic pentru încăperea/zonă termică (din SR EN ISO 52017-1)

Ecuația de bilanț termic (căldură sensibilă) ia în considerare toate fluxurile de căldură care intră sau ies din încăperea într-un interval de timp elementar dt . Aceste fluxuri conduc la variația temperaturii aerului interior, $\theta_{int;a}$.

$$\sum_{j=1}^N (A \cdot q_{c;i})_j + \Phi_V + \Phi_{int;c} + \Phi_{HC;ld;c} + \Phi_{sa} + \Phi_{va} + \Phi_{tb} = c_a \cdot \rho_{int;a} \cdot V_{int;a} \cdot \frac{d\theta_{int;a}}{dt} \quad (2.88)$$

unde:

- N - numărul de suprafețe interioare care delimitează volumul de aer interior;
- A_j - aria elementului de clădire j , în m^2 ;
- $q_{c;i}$ - densitatea fluxului de căldură convectiv unidimensional la fața interioară, în W/m^2 ;
- Φ_V fluxul termic transferat prin ventilare, în W ;
- $\Phi_{int;c}$ fracția convectivă a fluxului termic de la sursele interioare de căldură, în W ;
- $\Phi_{HC;ld;c}$ fluxul termic convectiv din sarcina termică sensibilă de încălzire/răcire a spațiului, în W ;
- Φ_{sa} fluxul termic preluat de aer din aporturile solare, în W ;
- Φ_{va} fluxul termic care intră în încăperea prin lamele de aer ale elementelor de limitare, în W ;
- Φ_{tb} fluxul termic transferat prin punțile termice, în W (considerat nul dacă rezistențele termice ale elementelor de construcție au valori corectate cu punțile termice);
- c_a capacitatea calorică masică a aerului, în $J/(kg \cdot K)$;
- $\rho_{int;a}$ masa volumică (densitatea) aerului uscat interior, în kg/m^3 ;
- $V_{int;a}$ volumul interior util, în m^3 ;
- $\theta_{int;a}$ temperatura aerului interior, în $^{\circ}C$;
- t timpul, în s .

Se remarcă faptul că bilanțul se referă la aerul interior din încăperea și din acest motiv se consideră **doar fluxurile convective**. Membrul drept al ecuației poate fi considerat egal cu zero ca urmare a capacității termice foarte mici a aerului din zonă.

Acest bilanț termic pentru zona ztc și la momentul de timp t , scris cu luarea în considerare a capacității termice interioare a zonei de calcul și integrat prin metoda diferențelor finite pentru intervalul de timp Δt , devine :

$$\left[\frac{C_{\text{int};ztc}}{\Delta t} + \sum_{eli=1}^{eln} (A_{eli} \cdot h_{ci;eli}) + \sum_{vei=1}^{ven} H_{ve;vei;t} + H_{tr;tb;ztc} \right] \cdot \theta_{\text{int};a;ztc;t} - \sum_{eli=1}^{eln} (A_{eli} \cdot h_{ci;eli} \cdot \theta_{\text{pln};eli;t})$$

$$= \frac{C_{\text{int};ztc}}{\Delta t} \cdot \theta_{\text{int};a;ztc;t-1} + \sum_{vei=1}^{ven} (H_{ve;vei;t} \cdot \theta_{\text{sup};vei;t}) + H_{tr;tb;ztc} \cdot \theta_{e;a;t}$$

$$+ f_{\text{int};c} \cdot \Phi_{\text{int};ztc;t} + f_{\text{sol};c} \cdot \Phi_{\text{sol};ztc;t} + f_{H/C,c} \cdot \Phi_{HC;ztc;t} \quad (2.89)$$

$C_{\text{int};ztc}$	capacitatea termică interioară a zonei, în J/K;
Δt	durata pasului de timp t, în s;
$\theta_{\text{int};a;ztc;t}$	temperatura aerului interior la timpul t, în °C;
$\theta_{\text{int};a;ztc;t-1}$	temperatura aerului interior din zonă la timpul precedent (t-Δt), în °C;
A_{eli}	suprafața elementului de clădire eli, în m ² ;
$h_{ci;eli}$	coeficientul de transfer termic prin convecție, la suprafața interioară a elementului de clădire eli, determinat pe tip de element de clădire, în W/(m ² ·K);
$\theta_{\text{pln};eli;t}$	temperatura pe suprafața interioară a elementul de clădire eli, în °C;
$H_{ve;k;t}$	coeficientul de transfer termic global prin ventilare, pentru elementul de flux de ventilare k, în W/K;
$\theta_{\text{sup};k;t}$	temperatura de introducere a fluxului de ventilare k, ce intră în zonă, în °C;
$\theta_{e;a;t}$	temperatura aerului exterior, în °C;
$H_{tr;tb;ztc}$	transmitanța globală a punților termice, în W/K;
$f_{\text{int};c;ztc}$	fracția convectivă a aporturilor interne, valoare informativă $f_{\text{int};c;ztc}=0,40$ (se poate diferenția pe tipuri de surse)
$f_{\text{sol};c;ztc}$	fracția convectivă a radiației solare, valoare informativă $f_{\text{sol};c;ztc}=0,1$;
$f_{H/C,c;ztc}$	fracția convectivă a sistemului de încălzire/răcire, valoare informativă $f_{H/C,c;ztc}=0,40$; pentru calculul necesarului de energie propriu al sistemului, se pot aplica valori specifice ;
$\Phi_{\text{int};ztc;t}$	aportul de căldură intern total pentru zona ztc, în W;
$\Phi_{HC;ztc;t}$	sarcina de încălzire(dacă este pozitivă) sau sarcina de răcire (dacă este negativă) în zona de calcul ztc, la timpul t, în funcție de tipul de aplicație de calcul, în W ;
$\Phi_{\text{sol};ztc;t}$	aportul solar direct transmis în zonă, totalizat pentru toate ferestrele w_i , conform, în W.

2.12.2.2. Ecuații de bilanț termic în nodul de la suprafața interioară a unui element exterior de clădire

Temperatura pe fața interioară a unui element de clădire j este obținută din ecuația de bilanț în care fluxurile către suprafața interioară sunt considerate pozitive, cu excepția fluxului $q_{c,j}$.

$$q_{lr,j} + q_{\text{sol};j} + q_{c,j} + q_{cd,j} + q_{i;r} + q_{HC;ld;r} = 0 \quad (2.90)$$

unde:

q_{lr}	densitatea fluxului termic radiativ de lungime mare de undă schimbat cu celelalte suprafețe interioare în W/m ² ;
q_{sol}	densitatea fluxului termic datorat radiației solare de lungime mică de undă, în W/m ² ;
q_c	densitatea fluxului termic prin convecție, în W/m ² ;
q_{cd}	densitatea fluxului termic prin conducție, în W/m ² ;

$q_{i,r}$ densitatea fluxului termic radiativ de la aporturile interioare, în W/m^2 ;
 $q_{HC;ld,r}$ densitatea fluxului termic radiativ al sarcinii sensibile de încălzire/răcire a spațiului, în W/m^2 .

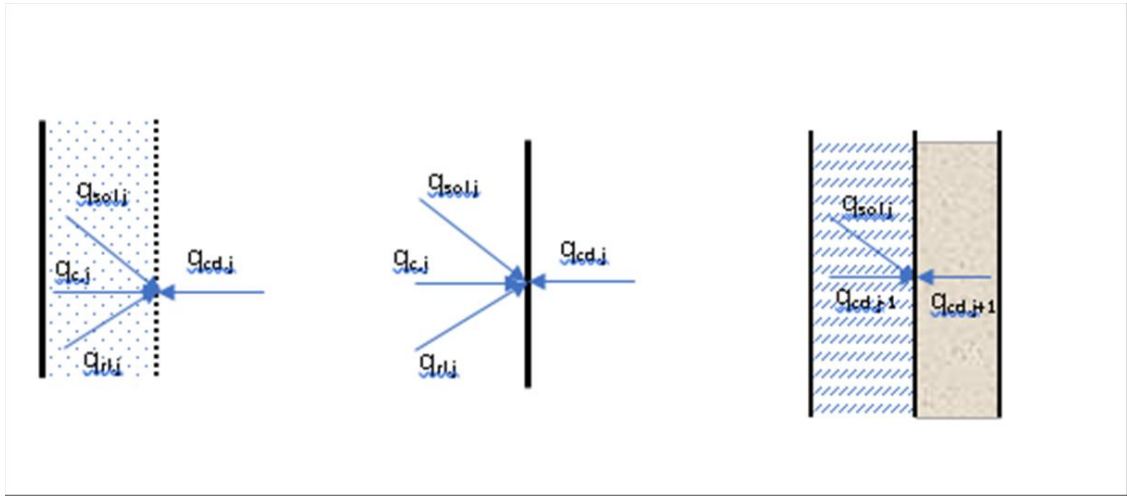


Figura 2.22. Scheme de calcul pentru nodurile de calcul plasate pe suprafața unui element al clădirii sau între straturi (din SR EN ISO 52017-1); a) la suprafața unei lame de aer; 1-lamă de aer b) la fața exterioară c) între straturi

Relațiile de calcul pentru fluxurile termice luate în considerare sunt detaliate în paragraful 6.4.5, din SR EN ISO 52017-1

Dacă în ecuația de bilanț (2.83) de mai sus se introduce fluxul capacitiv și se integrează folosind metoda diferențelor finite, pentru $pli = pln$ (nod la suprafața interioară - spre zona de calcul ztc), se obține relația:

$$\begin{aligned} & -\left(h_{pli-1;eli} \cdot \theta_{pli-1;eli;t}\right) + \left[\frac{\kappa_{pli;eli}}{\Delta t} + h_{ci;eli} + h_{ri;eli} \cdot \sum_{elk=1}^{eln} \left(\frac{A_{elk}}{A_{tot}}\right) + h_{pli-1;eli}\right] \cdot \theta_{pli;eli;t} \\ & -h_{ci;eli} \cdot \theta_{int;a;zt;t} - \sum_{elk=1}^{eln} \left(\frac{A_{elk}}{A_{tot}} \cdot h_{ri;eli} \cdot \theta_{pli;elk;t}\right) \\ & = \frac{\kappa_{pli;eli}}{\Delta t} \cdot \theta_{pli;eli;t-1} + \frac{1}{A_{tot}} \cdot \left[\left(1 - f_{int,c}\right) \cdot \Phi_{int;zt;t} + \left(1 - f_{sol,c}\right) \cdot \Phi_{sol;zt;t} + \left(1 - f_{H/C,c}\right) \cdot \Phi_{HC;zt;t}\right] \end{aligned} \quad (2.91)$$

unde, pentru fiecare element eli și la timpul t:

A_{elk} suprafața unui element de clădire elk, în zona ztc, în m^2 ;
 A_{tot} suma suprafețelor A_{elk} a tuturor elementelor de clădire $elk = 1, \dots, eln$, în m^2 ;
 $\theta_{pli;eli;t}$ temperatura în nodul pli, în $^{\circ}C$;
 $\theta_{pli-1;eli;t}$ temperatura în nodul pli-1, în $^{\circ}C$;
 $\theta_{int;a;zt;t}$ temperatura aerului interior în zonă, în $^{\circ}C$;
 $h_{pli-1;eli}$ - conductanța între nodul pli și nodul pli-1, determinată pe tip de element de clădire, în $W/(m^2 \cdot K)$;
 $\kappa_{pli;eli}$ capacitatea termică pe suprafață a nodului pli, în $J/(m^2 \cdot K)$;
 $h_{ci;eli}$ coeficientul de transfer termic superficial convectiv interior, determinat pe tip de element de clădire, în $W/(m^2 \cdot K)$;

$h_{ri;eli}$	coeficientul de transfer termic superficial prin radiație la fața interioară, determinat pe tip de element de clădire, în $W/(m^2 \cdot K)$;
$\theta_{pli;eli;t-1}$	temperatura în nodul pli la pasul de timp precedent $(t-\Delta t)$, în $^{\circ}C$

Conform convenției internaționale, numerotarea straturilor (noduri) în elementele de clădire, se face de la exterior (număr de nod pli = 1) către interior (număr de nod pli = pln).

Relațiile de calcul detaliate pentru coeficienții de transfer și capacitatea termică din formula (2.84) sunt date în standardul SR EN ISO 52016-1, paragraf 6.5.

2.12.2.3. Bilanț termic în noduri dintre straturi și la exterior

- într-un nod interior

În nodul pli și nodul pli+1 ecuația de bilanț este:

$$q_{cd,j-1} + q_{cd,j+1} + q_{sol,j} = 0 \quad (2.92)$$

unde

$q_{cd,j-1}$ densitatea fluxului termic conductiv de la suprafața j-1, în W/m^2 ;

$q_{cd,j+1}$ densitatea fluxului termic conductiv de la suprafața j+1, în W/m^2 ;

$q_{sol,j}$ densitatea fluxului termic de la suprafață, datorată radiației solare absorbită de suprafața j, în W/m^2 (numai dacă una dintre suprafețe a fost transparentă ; altfel, $q_{sr,j}=0$)

Pentru pli = 2, ..., pln-1 (fiecare nod dintre straturi), procedura este asemănătoare.

Introducerea fluxului capacitiv și integrarea temporală conduce la relația de bilanț la momentul de timp t, care se scrie:

$$-h_{pli-1;eli} \cdot \theta_{pli-1;eli;t} + \left[\frac{\kappa_{pli;eli}}{\Delta t} + h_{pli;eli} + h_{pli-1;eli} \right] \cdot \theta_{pli;eli;t} - h_{pli;eli} \cdot \theta_{pli+1;eli;t} = \frac{\kappa_{pli;eli}}{\Delta t} \cdot \theta_{pli;eli;t-1} \quad (2.93)$$

unde, pentru fiecare element de clădire eli la timpul t:

$\theta_{pli+1;eli}$ - temperatura în nodul pli+1, în $^{\circ}C$;

$h_{pli;eli}$ - conductanța între nodul pli+1 și nodul pli, determinată pentru fiecare tip de element de clădire, în $W/(m^2 \cdot K)$;

- în nodul exterior

Bilanțul termic la un moment t în nodul exterior, la suprafața unei lame de aer, (pli=1) – figura 2.22a, se scrie :

$$q_{c,j} + q_{lr,j} + q_{cd,j} + q_{sol,j} = 0 \quad (2.94)$$

unde :

q_c densitatea fluxului termic total emis către lama de aer, în W/m^2 ;

q_{lr} densitatea fluxului termic prin radiație de lungime mare de undă prin lama de aer, în W/m^2 ;

q_{cd} densitatea fluxului termic prin conducție, în W/m^2 ;

q_{sol} - densitatea fluxului termic absorbit de element din radiația solară, în W/m^2 .

Nota : Densitățile fluxurilor conductiv, convectiv și radiativ sunt cele cunoscute și sunt tratate pe larg în standardul SR EN ISO 52017-1, § 6.4.

Pentru calcul dinamic, ca și în cazurile precedente, se poate scrie ecuația în care se ia în considerare fluxul capacitiv din nodul exterior.

În modelul dezvoltat în standardul SR EN ISO 52016-1, fiecare element de clădire este împărțit (discretizat) într-un număr de straturi paralele, separate prin noduri interioare. Pentru elementele masive ale unei clădiri, în contact cu aerul exterior, numărul de noduri este de 5 (nod pli = 1...5), respectiv un nod de suprafață exterior, trei noduri la interiorul elementului de clădire și un nod de suprafață interior (cu fața către zona calculată) – figura 2.23.

Pentru elementele în contact cu solul, numărul de noduri este de asemenea 5, utilizate pentru o combinație de straturi (model detaliat în modulul PEC M2-5.2): Pentru pardoselile pe pământ, coeficienții de transfer termic la suprafața exterioară sunt înlocuiți prin conductanța termică a stratului virtual de sol.

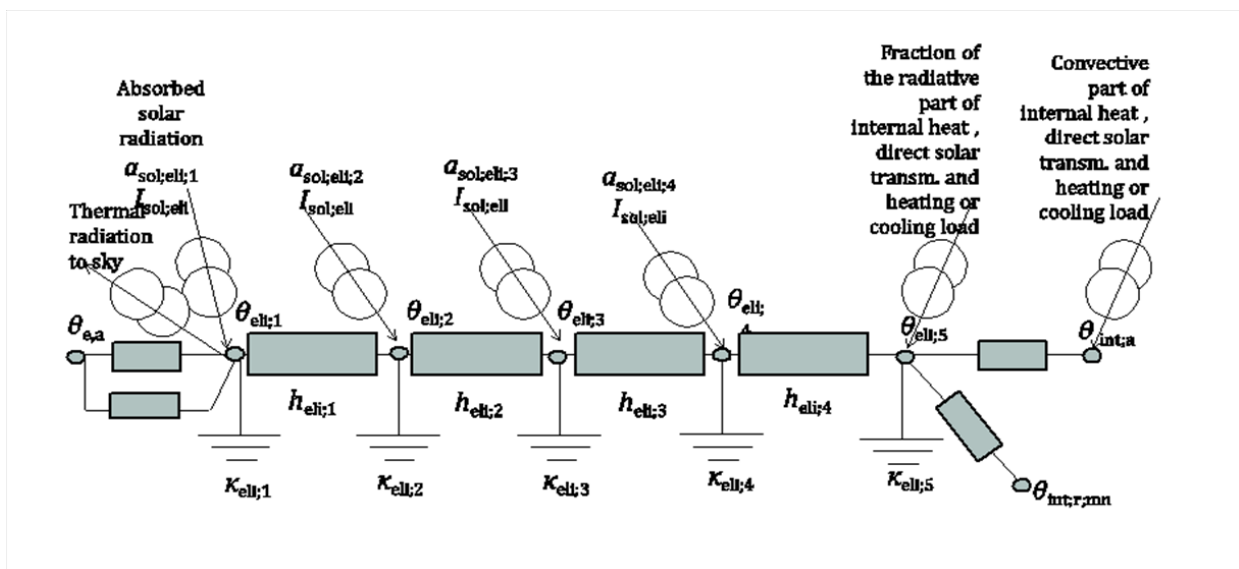


Figura 2.23 – Rețea electrică analogică de calcul pentru transferul de căldură printr-un perete exterior (sursa – SR CEN ISO/TR 52016-2)

Pentru ferestre și uși, numărul de noduri este de 2, respectiv nodul de suprafață exterior și nodul de suprafață interior (către zonă). Pentru simplificare, efectul radiației solare absorbite este luat în considerare ca radiație solară transmisă direct.

Pereții interiori ai elementelor de clădire alăturate din alte clădiri sau alte zone climatizate sunt modelate ca elemente de clădire opace sau pot fi neglijați.

Temperatura aerului interior în zona ztc la timpul t , $\theta_{int,a;ztc;t}$, se determină rezolvând sistemul de ecuații format din ecuațiile prezentate pentru acest pas de timp. Pentru cazul tratat la acest capitol, fluxurile generate de sistemele interioare de încălzire/răcire sunt nule (regim termic liber). De asemenea, din rezolvarea sistemului pentru acest pas de timp, rezultă temperatura superficială interioară pe fața fiecărui unui element de clădire eli din zona ztc la timpul t , care este temperatura în nodul interior pli = pln.

În ecuația matricială (8) se dă expresia generală a sistemului de formule care rezultă :

$$\begin{pmatrix} \Pi_{1,1} & \Pi_{1,2} & \Pi_{1,N} & \Pi_{1,N+1} \\ \Pi_{2,1} & \Pi_{2,2} & \Pi_{2,N} & \Pi_{2,N+1} \\ \Pi_{N,1} & \Pi_{N,2} & \Pi_{N,N} & \Pi_{N,N+1} \\ \Pi_{N+1,1} & \Pi_{N+1,2} & \Pi_{N+1,N} & \Pi_{N+1,N+1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \theta_{is,1} \\ \theta_{is,2} \\ \theta_{is,N} \\ \theta_a \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Gamma_1 \\ \Gamma_2 \\ \Gamma_N \\ \Gamma_{N+1} \end{pmatrix} \quad (2.95)$$

unde

- N număr de elemente de clădire care delimitează zona, pentru care se va determina temperatura la fața interioară ;
- Π coeficienți relativi la temperaturile necunoscute (de 1 la N pentru suprafețele interioare, N + 1 pentru aerul interior);
- Γ coeficienți relativi la termenii necunoscuți (de 1 la N pentru suprafețele interioare, N + 1 pentru aerul interior);
- θ temperaturile necunoscute (de 1 la N pentru suprafețele interioare, N + 1 pentru aerul interior);

Termenii « Π » și « Γ » se obțin din ecuațiile scrise pentru fiecare element de clădire și pentru bilanțul energetic al zonei (număr total de ecuații N+1).

Standardul SR EN ISO 52016-1 detaliază la § 6.5, formulele scrise pentru o zonă termică ztc la timpul t, cu introducerea fluxului capacitiv și integrarea temporală prin metoda diferențelor finite pentru pasul de timp Δt . (de forma ecuațiilor 4 și 6). În fiecare nod se introduc după caz, fluxuri termice de la exterior (radiație solară, cu elementul umbrat sau nu, radiația către cer etc.) sau la interior (aporturi interioare). Aceste formule, care cuprind toate ecuațiile din noduri (interioare și exterioare de suprafață și interioare dintre straturi), se scriu sub forma ecuației matriciale:

$$[\text{Matrice } A] \times [\text{Vector } X \text{ de temperatură în noduri}] = [\text{Vector de stare } B] \quad (2.96)$$

unde :

- [Matrice A] reprezintă coeficienții (cunoscuți) din partea stângă a formulelor de bilanț energetic;
- [Vector B] reprezintă termenii (cunoscuți) din partea dreaptă a formulelor de bilanț energetic;
- [Vector X de temperatură în noduri] - un vector de stare; temperaturile (necunoscute) de calculat ($p_{li}=1...p_{ln}$, $e_{li}=1...e_{ln}$): ($\theta_{1;1;zt;c;t}$, ..., $\theta_{1;e_{li};zt;c;t}$, ..., $\theta_{p_{li};1;zt;c;t}$, ..., $\theta_{p_{li};e_{li};zt;c;t}$, ..., $\theta_{p_{ln};e_{li};zt;c;t}$, ..., $\theta_{p_{li};e_{ln};zt;c;t}$, ..., $\theta_{p_{ln};e_{ln};zt;c;t}$, $\theta_{int;a;zt;c;t}$) – include temperatura interioară a aerului, $\theta_{int;a;zt;c;t}$; e_{li} – indicativ al elementului de clădire ; p_{li} – indicativ al nodului din elementul de clădire (de exemplu, 5 noduri pentru fiecare element la pereții exteriori ; pentru 2 pereți exteriori vor fi $2 \times 5 = 10$ noduri)

Ecuațiile din sistemul (2.96) sunt ecuații diferențiale ordinare care trebuie integrate temporal, pentru un pas de timp orar. Pentru fiecare pas se introduc datele reale referitoare la aporturile interioare și exterioare, la scenariile de ocupare, de umbrire și de ventilare. Datele climatice folosite, referitoare la temperatură și radiație solară sunt de asemenea valori orare, considerate

constante pe perioada pasului de timp. Pentru aplicația considerată, nu se introduc fluxuri de căldură generate de sisteme de încălzire/răcire (regim liber).

Perioada de calcul reală trebuie precedată de o perioadă de inițializare care este suficient de lungă, pentru a face neglijabilă influența temperaturilor existente în fiecare nod la începutul calculului, când demarează perioada de calcul reală. Pentru această aplicație, perioada de inițializare se recomandă să fie de minim două săptămâni, care preced perioada reală.

Din calcul rezultă valorile necunoscute ale temperaturilor la un moment t , în toate nodurile sistemului și temperatura aerului interior; acestea sunt stocate și calculul se reia pentru pasul de timp următor, pentru temperatura aerului interior și pentru fiecare nod (E10).

$$\theta_{\text{int};a;ztc;(t+1)-1} = \theta_{\text{int};a;ztc;t} \quad \theta_{\text{pli};eli;(t+1)-1} = \theta_{\text{pli};eli;t}$$

Pentru calculul tratat la acest paragraf, la fiecare pas de timp se determină temperatura operativă în regim liber, $\theta_{\text{int};op;0; ztc;t}$, după cum urmează.

Temperatură operativă

Temperatura operativă în zona ztc la timpul t este dată cu expresia simplificată de medie aritmetică a temperaturii aerului și a temperaturii medii de radiație, astfel:

$$\theta_{\text{int};op;ztc;t} = \frac{\theta_{\text{int};a;ztc;t} + \theta_{\text{int};r;mn;ztc;t}}{2} \quad (2.97)$$

unde, pentru o zonă termică ztc la timpul t :

- $\theta_{\text{int};op;ztc;t}$ - temperatura operativă interioară, în °C;
- $\theta_{\text{int};a;ztc;t}$ - temperatura aerului interior, în °C;
- $\theta_{\text{int};r;mn;ztc;t}$ - temperatura medie de radiație, determinată ca în formula de mai jos, în °C.

Temperatura medie de radiație este media ponderată a temperaturilor suprafețelor interioare ale elementelor de clădire $eli = 1...eln$ în zona ztc și este dată de:

$$\theta_{\text{int};r;mn;ztc;t} = \frac{\sum_{eli=1}^{eln} (A_{eli} \cdot \theta_{pli=pln;eli;t})}{\sum_{eli=1}^{eln} A_{eli}} \quad (2.98)$$

- $\theta_{\text{int};r;mn;ztc;t}$ - temperatura medie de radiație calculată, în °C;
- A_{eli} - suprafața elementului de clădire eli , în m^2 ;
- $\theta_{pli=pln;eli;t}$ - temperatura în nodul $pli = pln$ al elementului de clădire eli (temperatură pe suprafața elementului), care rezultă din integrarea sistemului de ecuații (98), în °C.

Scopul anunțat al calculului a fost să se verifice dacă în încăperi se poate asigura temperatura interioară necesară de confort (aici temperatura operativă), fără participarea sistemelor de încălzire/răcire și dacă da, în ce condiții de climă și/sau de utilizare. Se pot considera diferite scenarii de umbrire, limitare a aporturilor interioare, ventilare nocturnă etc., care se vor transcrie prin modificarea fluxurilor luate în considerare în nodurile exterioare/interioare, ceea ce va

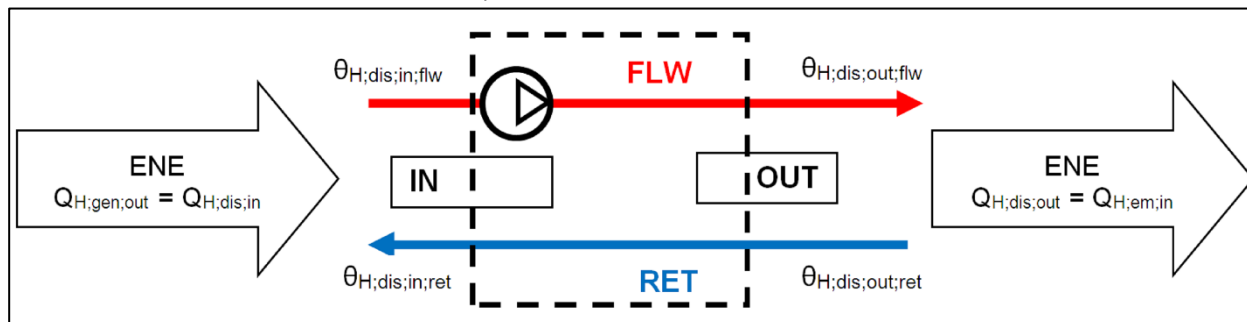
conduce la modificări ale temperaturii interioare. În urma calculului se poate decide dacă pentru situațiile analizate, poate fi evitată dotarea clădirii cu un sistem de răcire.

CAPITOLUL 3. EVALUAREA CONSUMURILOR DE ENERGIE PENTRU SISTEME DE INSTALAȚII FĂRĂ SURSE REGENERABILE

Informații generale privind aplicarea procedurilor de calcul

1. se fac calcule separate pe vectori energetici (termic și electric)
2. se determină un consum de energie auxiliară pentru fiecare subsistem al sistemului de instalații (încălzire, a.c.c., ventilare, răcire)
3. calculul pentru vectorul termic abordează integrat atât încălzirea cât și a.c.c.; poate interveni și răcirea
4. se introduce noțiunea de **NOD** ca punct de conectare între unul sau mai multe circuite de alimentare-sursă și unul sau mai multe circuite de utilizatori
5. se introduce noțiunea de **condiții de funcționare** (temperaturi, debite, necesar de energie etc.)
6. direcția de calcul și direcția transferului de energie sunt OPUSE
7. structura de calcul urmărește structura reală a sistemului de instalații
8. în clădirile complexe cu mai multe zone termice & spații de serviciu, vor exista mai multe subsisteme de tip utilizator, distribuție, stocare, generare (recomandăm realizarea **MATRICEI DE CALCUL ENERGETIC** a obiectivului analizat)
9. subsistemele/circuitele sunt caracterizate de condiții de operare diferite doar dacă sunt separate de un NOD
10. condițiile de funcționare ale unui subsistem/circuit, pot depinde de condițiile de operare ale altor subsisteme
11. calculul condițiilor de funcționare țin cont de variabilele de reglare/automatizare, de priorități definite de sistem sau de operator (mod de funcționare "alternativ" sau "paralel")
12. mai multe tipuri de subsisteme de emisie (radiatoare+pardoseală radiantă) / sisteme multiserviciu (cazane pentru încălzire și a.c.c.)
13. pierderi termice **recuperabile (recuperate)** versus pierderi **nerecuperabile**
14. energia recuperată este de 2 tipuri (se scade din necesarul termic sau din pierderile termice ale subsistemelor); se poate recupera energie din pierderi termice sau din energie auxiliară consumată
15. pierderile termice recuperabile pot fi localizate sau nelocalizate (și prin urmare distribuite între zone/subsisteme conform unui criteriu prestabilit)
16. pierderile termice sunt calculate ținând cont cel puțin de localizare (într-un spațiu încălzit, într-un spațiu neîncălzit sau în exterior)
17. energia electrică auxiliară este consumată de pompe, ventilatoare, sistem de reglare/automatizare, transformatoare ... pe baza puterii electrice a acestora; pe de altă parte, energia auxiliară poate fi inclusă în evaluarea performanțelor prin procedurile de testare standard (ex. energia auxiliară consumată de o pompă de căldură pentru reglarea ei este deja inclusă în COP, dar energia electrică auxiliară nu este inclusă în eficiența cazanelor)
18. în cazul energiei auxiliare consumate este important timpul de funcționare al echipamentelor
19. în cazul componentelor cu consum auxiliar de energie este importantă alocarea consumului auxiliar

20. metodele de calcul se bazează pe abordarea MODULARĂ și de tip INPUT-OUTPUT (în sensul de curgere a energiei); convențiile de notare sunt indicate în figura de mai jos



FLW	Conducta TUR (flow pipe), agent termic de la sursa la consumator
RET	Conducta RETUR (return pipe), agent termic (racit) de la consumator la generator
IN	Energie intrată (energy input) (e.g. energia ieșită din generator este energia intrată în distribuție)
OUT	Energie ieșită (energy output)
ENE	Direcția de transfer al energiei

21. la sistemele de a.c.c., pierderile termice nu se pot recupera în cadrul sistemului; doar energia auxiliară se poate recupera direct

22. anumite pierderi termice se produc vara (conducte a.c.c. ...) și vor contribui suplimentar la necesarul de răcire

Ecuatiile generale de calcul pentru un subsistem Y (emisie, distribuție, stocare sau generare de energie termică-încălzire, a.c.c., răcire) sunt :

$$Q_{X;Y;in} = Q_{X;Y;out} + Q_{X;Y;ls} - W_{X;Y;aux} \cdot f_{X;Y;aux;rh} - Q_{X;Y;ls} \cdot f_{X;Y;ls;rh} \quad (3.a)$$

$$Q_{X;Y;ls;rbl} = W_{X;Y;aux} \cdot f_{X;Y;aux;rbl;H} + Q_{X;Y;ls} \cdot f_{X;Y;ls;rbl;H} \quad (3.b)$$

$$\eta_i = \frac{Q_{i,out} + f_i \cdot E_{el,i,out}}{Q_{i,in} + f_i \cdot W_{i,aux}} \quad (3.c)$$

unde :

$Q_{X;Y;out}$	energia livrată de subsistemul Y (em, dis, st, gen) care asigură serviciul X (H, C, W, V)
$Q_{X;Y;in}$	energia cerută de subsistemul Y care asigură serviciul X
$W_{X;Y;aux}$	energia auxiliară consumată de subsistemul Y care asigură serviciul X
$Q_{X;Y;ls}$	pierderile subsistemului Y care asigură serviciul X
$f_{X;Y;aux;rh}$	factorul de recuperare din consumul de energie auxiliară, direct de către subsistem (ex căldura utilizată direct de către spațiul încălzit sau de către agentul termic);
$f_{X;Y;ls;rh}$	factorul de recuperare a pierderilor termice ale unui subsistem Y chiar în cadrul subsistemului Y

$f_{X;Y;aux,rb1}$	factor de recuperabilitate ale unui subsistem Y, din consumul de energie auxiliară (caldura către mediul înconjurător)
$f_{X;Y;ls,rb1}$	factor de recuperabilitate al pierderilor termice (caldura către mediu necontorizată încă drept caldura recuperată prin $f_{X;Y;ls,rh}$)

și

f_i	factor de conversie standard (2,5)
h_i	factor de performanță energetică
$E_{el,i,out}$	consum de energie electrică pentru subsistemul i
$Q_{i,out}$	consumul de energie termică pentru subsistemul i
$Q_{i,in}$	energia termică primită de subsistemul i NOTĂ-pentru pompa de caldura, energia primită la vaporizator nu este inclusă; în acest caz rezultatul este SCOP
$W_{i;aux}$	energia auxiliară consumată de subsistemul i
$\varepsilon=1/\eta_t$	factor de pierdere energetică

3.1. Instalații de încălzire

Determinarea consumului de energie se bazează pe ecuația de bilanț în care intervine energia introdusă în sistem precum și pierderile energetice care apar pe parcursul acestui sistem (figura 3.1).

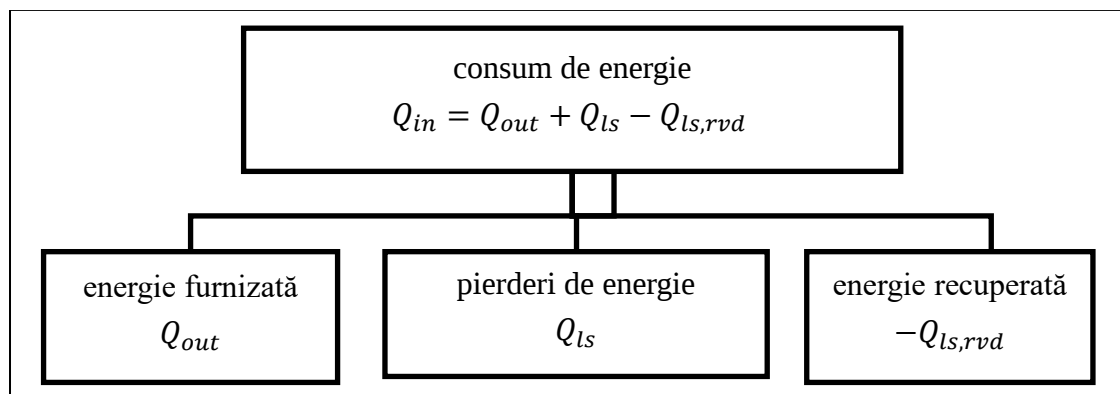


Figura 3.1. Schema de calcul a consumului de energie pentru încălzire

Această schemă de calcul se particularizează în funcție de instalația studiată (încălzire, apă caldă de consum)-X precum și de fiecare subsistem, după caz, Y.

Detaliind schema prezentată în figura 3.1, pierderile energetice sunt cauzate de sistemul de emisie, de distribuție a agentului termic precum și sistemului de generare a energiei termice, după caz (figura 3.2).

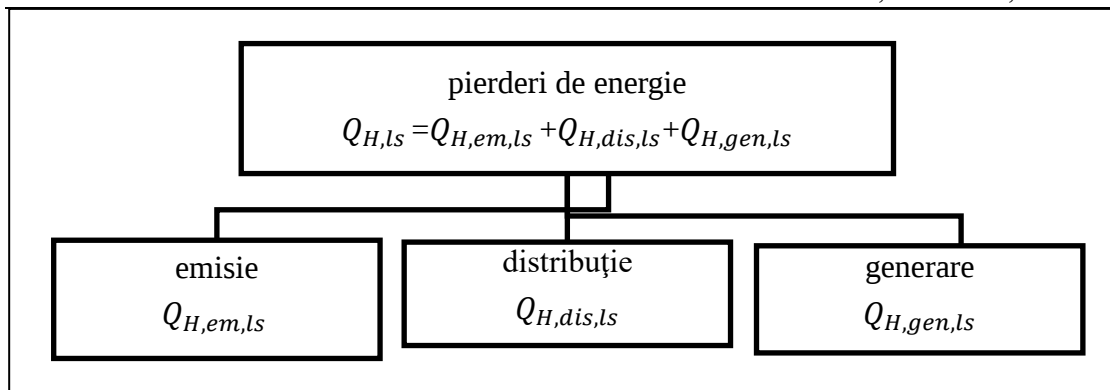


Figura 3.2. Schema de calcul a pierderilor energetice într-un sistem de încălzire

3.1.1. Determinarea pierderilor energetice pentru emisie, $Q_{H,em,ls}$

Metoda de calcul propusă pentru stabilirea consumului suplimentar de energie corespunzător sistemelor de emisie utilizează o formă indirectă de calcul, prin evaluarea modificării temperaturii interioare ca urmare a pierderilor termice ale sistemelor de emisie pentru încălzire/răcire.

Caracteristicile sistemului de emisie încălzire/răcire, incluzând automatizarea și reglarea ce trebuie luate în considerare sunt:

- distribuția neuniformă a temperaturii în încăpere,
- caracteristicile corpurilor de încălzire,
- caracteristicile sistemelor înglobate în elementele de construcție,
- precizia reglării temperaturii interioare,
- funcționarea sistemului de automatizare și reglare,
- reglarea sistemului de emisie

Consumul de energie al sistemului de emisie se calculează atât pentru energia termică cât și pentru energia electrică, pentru a stabili corect energia finală și energia primară consumată de clădire.

Calculul se poate face în două variante:

- a) utilizând caracteristici anuale ale funcționării sistemului de emisie și efectuând calculele cu valori medii anuale;
- b) divizând anul într-un număr de perioade de calcul (luni, săptămâni, zile, ore) și efectuând calculele pentru fiecare perioadă în parte, cu valori corespunzătoare intervalului, însumând în final rezultatele pentru a obține consumul anual.

Valorile de calcul utilizate în această metodologie, sunt furnizate de producători ca urmare a certificării produselor conform standardelor europene în vigoare sau pot fi valori recomandate („prin lipsă”) din standarde și reglementări europene sau naționale pentru produsele necertificate.

Întrucât, la nivel național nu există date disponibile, se vor utiliza ca date de intrare valorile specificate în SR EN 15316-2. Astfel, consumul de energie al sistemului de emisie se determină printr-o metodă implicită de evaluare a consumurilor de căldură și eficienței energetice, prin modificarea temperaturii interioare de calcul, luând în considerare pierderile termice și eficiența

sistemului de emisie și utilizând conceptul de temperatură interioară echivalentă. Pierderile termice ale sistemului de emisie pentru frig se consideră pierderi termice cu semn negativ.

Factorii de care trebuie ținut cont la determinarea temperaturii interioare echivalente $\theta_{int,inc}$, luând în considerare performanța sistemului de emisie (figura 3.3).

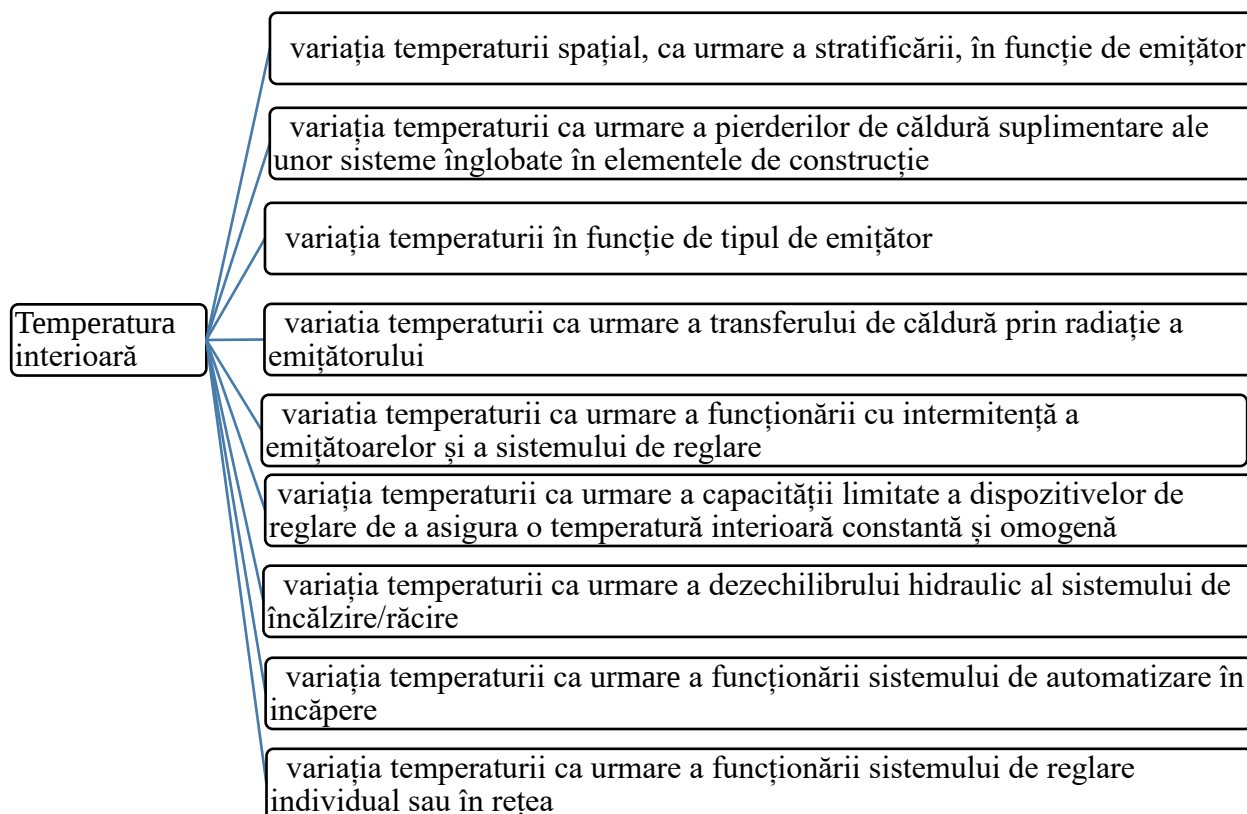


Figura 3.3. Parametri de influență a temperaturii interioare

Pierderile energetice datorate sistemului de emisie al căldurii de determină cu relația:

$$Q_{H,em,ls} = Q_{H,em,out} * \frac{\Delta\theta_{H,int,inc}}{(\theta_{H,int,inc} - \theta_{H,e,comb})} \quad (kWh) \quad (3.1)$$

unde

$\Delta\theta_{int,inc}$ - variația de temperatură ca urmare a pierderilor termice, (°C)

$\theta_{int,inc}$ - temperatura interioară pentru încălzire, (°C)

$\theta_{e,comb}$ - temperatura exterioară medie pe intervalul de calcul de încălzire, (°C)

$Q_{H,em,out}$ - emisia de căldură a sistemului de încălzire, (kWh)

Pentru determinarea temperaturii interioare echivalente se utilizează schema din figura 3.4.

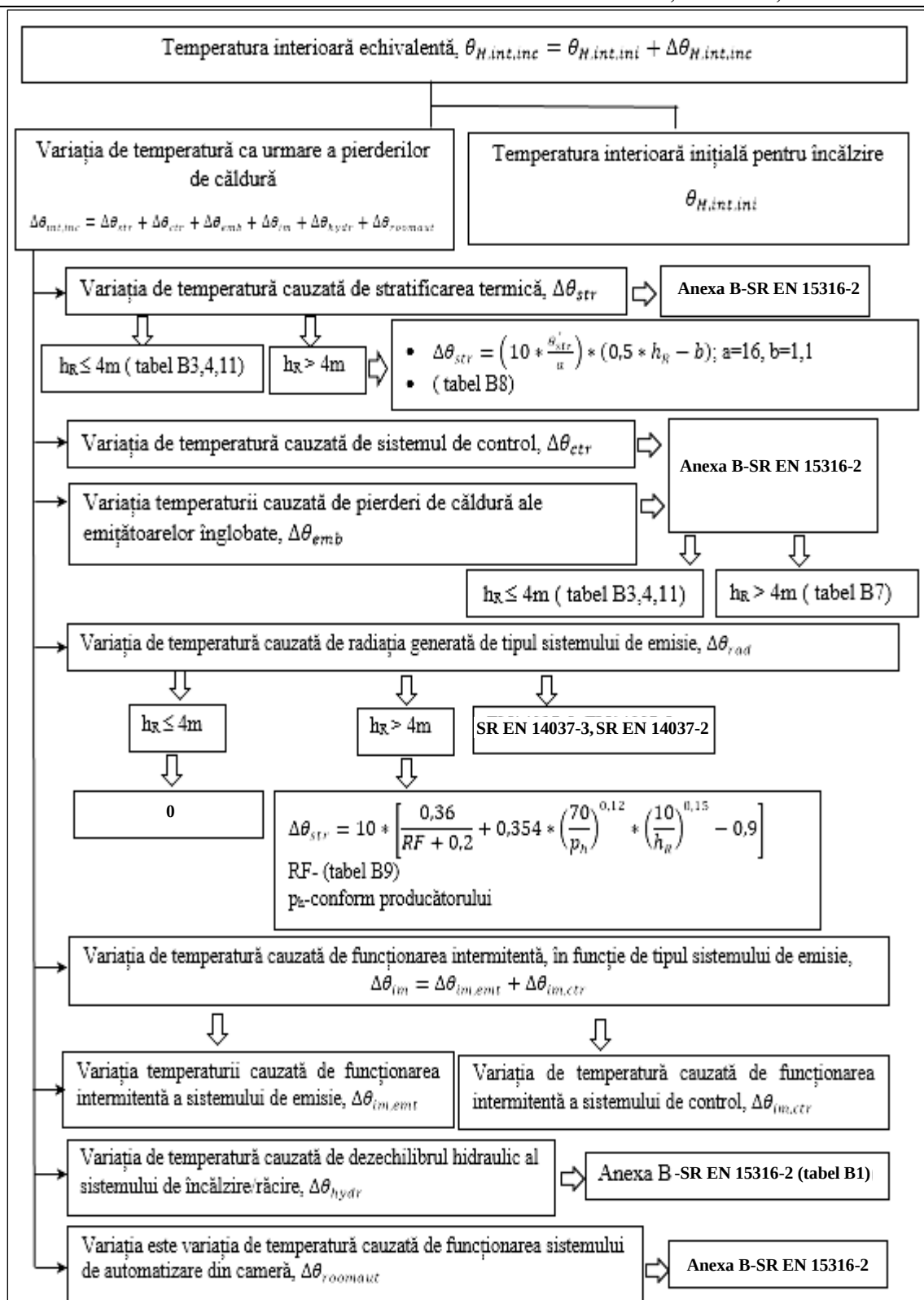


Figura 3.4. Determinarea temperaturii interioare echivalente

Pe baza valorilor calculate privind pierderile termice ale sistemului de emisie se poate stabili factorul de eficiență anual, ϵ_{em} , pentru funcționarea sistemului de emisie de încălzire/răcire:

$$\varepsilon_{H,em} = \frac{(Q_{H,em,aut,an} + Q_{H,em,ls,an})}{Q_{H,em,aut,an}} \quad (-) \quad (3.2)$$

unde necesarul anual de energie la intrarea în sistemul de emisie, $Q_{em,in,an}$ se determină:

$$Q_{H,em,in,an} = Q_{H,em,aut,an} + Q_{H,em,ls,an} \quad (\text{kWh}) \quad (3.3)$$

3.1.2. Determinarea consumului de energie auxiliară, $W_{em,ls,aux}$

Consumul de energie auxiliară este necesar pentru a intensifica emisia căldurii în încăperile încălzite, care nu au fost luate în calcul anterior. Aceste consumuri se referă în special la utilizarea ventilatoarelor, integrate sau nu corpurilor emise de căldură. Energia auxiliară total consumată, $W_{em,ls,aux}$ se calculează utilizând relațiile din figura 3.5.

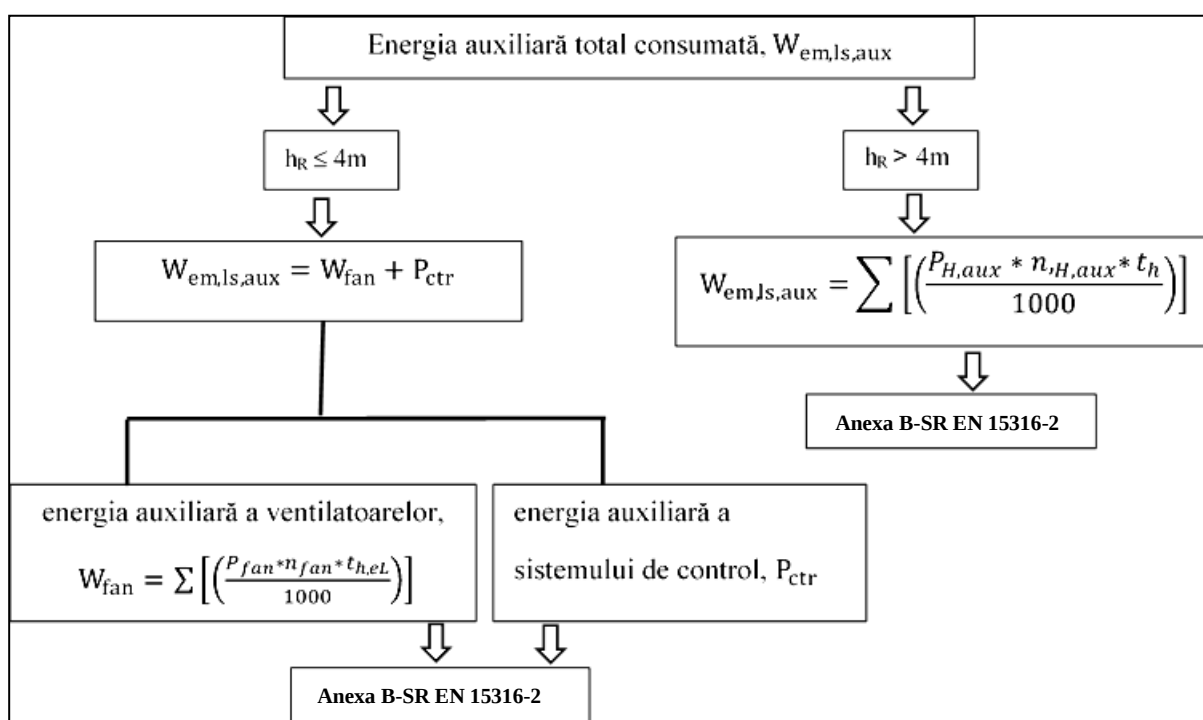


Figura 3.5. Determinarea energiei auxiliare

Durata de funcționare a ventilatoarelor, incluzând sistemul de reglare, se consideră egală cu durata de funcționare a sistemului de încălzire.

Calculul orar al pierderilor termice al sistemelor de emisie pentru încălzire/răcire are același principiu și respectă aceleași etape de calcul și aceleași ecuații ca și metoda prezentată anterior, utilizând ca interval de timp ora. Detalii suplimentare privind calculul orar al pierderilor termice se găsesc în standardul SR EN 15316-2.

3.1.3. Determinarea consumului de energie și eficiența energetică a sistemelor de distribuție a apei, ca agent termic pentru încălzire/răcire, $Q_{HC,dis,ls}$

Această metodă de calcul se referă la pierderile termice suplimentare pentru încălzire și răcire și la calculul consumului de energie al sistemelor de distribuție a apei calde/reci, necesar evaluării consumului total de energie al clădirii.

Prin sistem de distribuție se înțelege ansamblul circuitelor de alimentare cu apă caldă sau răcită pentru încălzire/răcire a clădirilor, împreună cu pompele care asigură circulația fluidului și dispozitivele și sistemele de automatizare și reglare aferente. Din aceste circuite fac parte distribuția orizontală, coloanele și racordurile la emițătorii de căldură.

Metoda de calcul este utilizată pentru următoarele aplicații:

- calculul pierderilor termice suplimentare ale sistemelor de distribuție pentru încălzire/răcire;
- calculul consumului auxiliar de energie electrică pentru acționarea pompelor;

Detalii suplimentare privind funcționarea sistemelor de reglare se găsesc în standardul SR EN 15232-1 Performanța energetică a clădirilor. Partea1. Impactul automatizării, reglării și managementului tehnic al clădirii.

Pierdere/aportul de căldură a unui sistem de distribuție a agentului termic pentru încălzire/răcire, se obține în funcție de temperatura ambiantă a zonei j, lungimea conductei de distribuție în zona j, lungimea echivalentă a conductei(pentru vane, flanșe, armături, etc),în zona j, intervalul de calcul și timpul total de încălzire/răcire cu schema din figura 3.6.

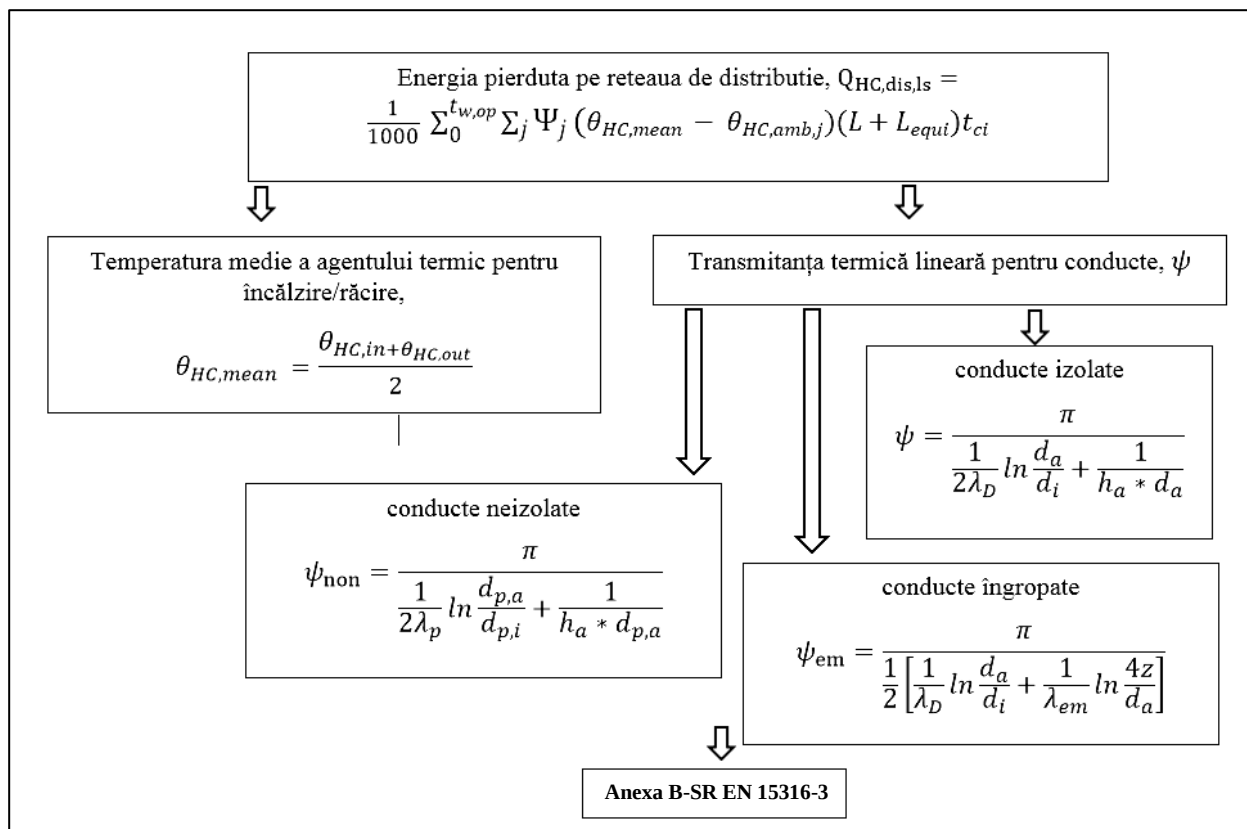


Figura 3.6. Determinarea energiei pierdute pe rețeaua de distribuție

Energia pierdută pe rețeaua de distribuție,

$$Q_{HC,dis,ls,condispace} = \sum \sum \Psi_j (\theta_{HC,mean} - \theta_{HC,amb,j}) * (L_{condispace} + L_{equi}) t_{ci}$$

↓

Factor de recuperare a pierderilor de căldură,

$$f_{HC,dis,rbl} = \frac{Q_{HC,dis,ls,condispace}}{Q_{HC,dis,ls}}$$

↓

Energia termică recuperabilă din pierderile de căldură ale distribuției pentru încălzire,

$$Q_{H,dis,rbl} = f_{HC,dis,rbl} * Q_{H,dis,ls}$$

↓

Energia termică recuperabilă din pierderile de căldură ale distribuției pentru răcire,

$$Q_{C,dis,rbl} = f_{HC,dis,rbl} * Q_{C,dis,ls}$$

Calculul consumului de energie auxiliară a sistemului de distribuție se bazează pe puterea proiectată a pompelor de circulație, pe pierderile de sarcină în sistem, pe debitele de fluid proiectate, pe factorul de utilizare a energiei corespunzător funcționării pompelor și pe timpul de funcționare. Consumul auxiliar de energie reprezintă consumul electric al pompelor de circulație care asigură debitele de fluid în rețeaua de distribuție.

$$P_{HC,hydr,des} = \frac{\Delta p_{HC,des} * V'_{HC,des}}{3600} \quad (\text{kW}) \quad (3.4)$$

$\Delta p_{HC,des}$ - pierderea de sarcină pe circuitul de distribuție cel mai dezavantajat, (înălțimea de pompare furnizată de pompă, la proiectare), (kPa);

Pierdere de sarcină a unui sistem de conducte în circuit închis, $\Delta p_{HC,des}$, se calculează cu relația:

unde:

- pentru rețele de distribuție obișnuite, $f_{comp} = 0,3$
- pentru rețele de distribuție cu multe schimbări de direcție, $f_{comp} = 0,4$

$R_{HC,max}$ - pierderea de sarcină lineară pe circuitul cel mai dezavantajat, (kPa/m), conform SR EN 15316-3, tabel B8;

L_{max} - lungimea maximă a circuitului de distribuție cel mai dezavantajat, (m);

$\Delta p_{HC,add}$ - pierderea de sarcină indusă de rezistențe hidraulice adiționale locale, (kPa), conform SR EN 15316-3, tabel B9;

Necesarul de energie al pompei de circulație, $W_{HC,dis,hydr,an}$, este dat de relația 3.6:

$$W_{HC,dis,hydr,an} = P_{HC,hydr,des} \cdot \beta_{HC,dis} \cdot t_{HC,op,an} \cdot f_{HC,corr} \quad (kWh) \quad (3.6)$$

unde:

$\beta_{HC,dis}$ - factor de funcționare la sarcina parțială a sistemului de distribuție, cu valori între (0...1);

$t_{HC,op,an}$ - timpul de funcționare a sistemului de distribuție, (h);

$f_{HC,corr}$ - factorul de corecție pentru condiții speciale de proiectare a sistemului de distribuție conform figura 3.8.

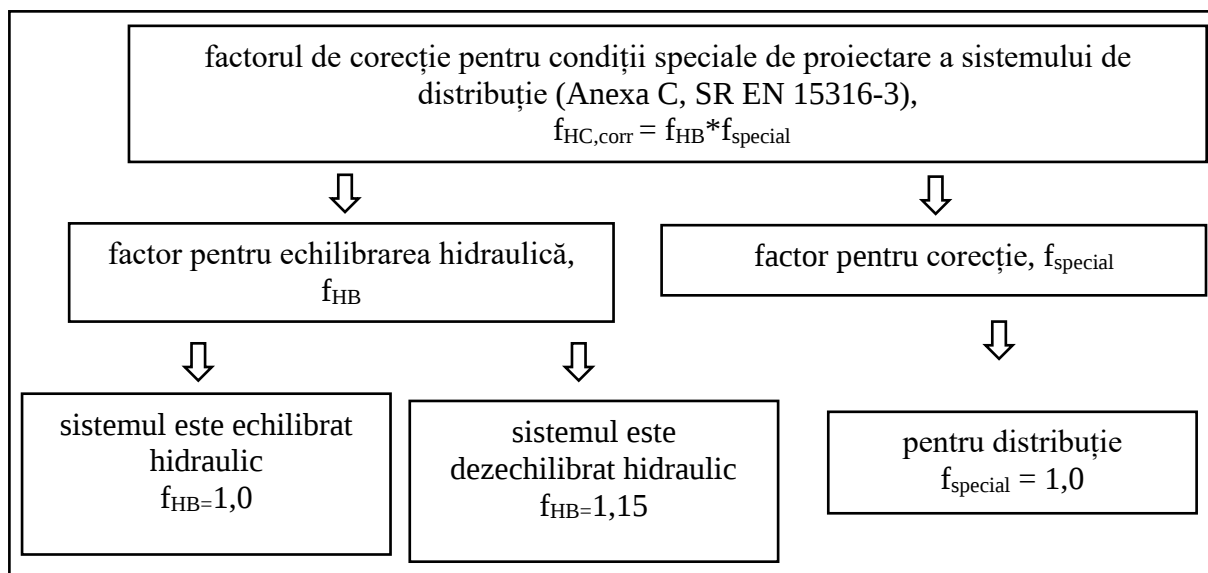


Figura 3.8. Determinarea pierderilor termice (recuperabile) pe rețeaua de distribuție

Consumul de energie auxiliară, $W_{HC,dis,hydr,an}$, este determinat conform relației 3.7:

$$W_{HC,dis,an} = W_{HC,dis,hydr,an} \cdot \varepsilon_{HC,dis} \quad (kWh) \quad (3.7)$$

unde:

$\varepsilon_{HC,dis}$ - factorul de utilizare a energiei al pompelor de distribuție, (-)

Factorul de utilizare a energiei al pompelor de distribuție, $\varepsilon_{HC,dis}$, se calculează astfel (relația 3.8):

$$\varepsilon_{HC,dis} = \frac{f_{HC,e} \cdot (C_{P1} + C_{P2} \cdot \beta_{HC,dis} - 1) \cdot EEI}{0,25} \quad (-) \quad (3.8)$$

unde:

$f_{HC,e}$ - factor de eficiență, (-);

C_{P1} , C_{P2} - constante în funcție de sistemul de reglare al pompei, pentru încălzire, (-), conform Anexa B, SR EN 15316-3, tabel B5, 6;

EEI - indexul eficienței energetice (cu valoarea 0,25 pentru pompele de circulație și pentru pompele de pe rețeaua de distribuție 0,23) (-)

Factorul de eficiență, $f_{HC,e}$, este dat în general, de raportul următor (relația 3.9):

$$f_{HC,e} = \frac{P_{HC,ref}}{P_{HC,hydr,des}} \quad (-) \quad (3.9)$$

unde:

$P_{HC,ref}$ - puterea de referință a pompei, (kW)

Pentru pompe de circulație cu puterea hidraulică proiectată ($P_{HC,hydr,des}$) cuprinsă între 0,001 și 2,5 kW, puterea de referință este, conform EU – Regulation Nr. 622/2012, calculată cu relația 3.10:

$$P_{HC,ref} = [1,7 * P_{HC,hydr,des} + 17 * (1 - e^{-0,3 * P_{HC,hydr,des}})] * 10^{-3} \quad (-) \quad (3.10)$$

În cazul instalațiilor existente se poate considera valoarea puterii de referință a pompei ca fiind cea înscrisă pe etichetă ($P_{HC,ref} = P_{el,pmp}$).

În cazul pompelor neautomatizate, cu mai mult de o treaptă de viteză, puterea de referință a pompei va fi egală cu valoarea înscrisă pe etichetă corespunzătoare treptei de viteză cu care aceasta funcționează. Astfel, în acest caz, factorul de eficiență se determină raportând puterea pompei înscrisă pe etichetă și corespunzătoare treptei de viteză de funcționare la puterea hidraulică proiectată a pompei.

În situația funcționării cu intermitență a pompelor de circulație se înregistrează trei moduri de consum auxiliară (modul regulat - $WHC_{dis,hydr,an}$, modul redus - $WHC_{dis,serb}$, perioade de impuls - $WHC_{dis,boost}$) consumul de energie auxiliară finală fiind suma celor trei.

În situația în care nu se cunoaște eficiența reală a funcționării reduse, se consideră puterea utilizată ca fiind constantă 30% din puterea electrică proiectată, consumul de energie auxiliară în acest mod calculându-se prin luarea în considerare a unei eficiențe medii a pompei de 30%, astfel:

$$W_{HC,dis,serb} = 0,3 * P_{HC,dis,serb} * t_{ci} \quad (-) \quad (3.11)$$

t_{ci} - timpul de funcționare în modul redus (h)

Pentru modul de funcționare în impuls, puterea pompei se consideră puterea electrică de proiectare. Consumul de energie auxiliară ia în considerare eficiența medie a pompei dar și timpul de funcționare alocat acestui mod (t_{ci}), acesta determinându-se cu relația 3.12.

$$W_{HC,dis,boost} = 3,3 * P_{HC,hydr,des} * t_{ci} \quad (-) \quad (3.12)$$

3.1.4. Energii auxiliare recuperabile și recuperate

Energia auxiliară recuperabilă în sistemul de distribuție al instalațiilor de încălzire, se calculează în funcție de factorul de recuperare al energiei auxiliare ($f_{rbl,dis}$), astfel:

$$Q_{H,dis,rbl} = f_{rbl,dis} * W_{H,dis} \quad (kWh) \quad (3.13)$$

Energia auxiliară recuperată de sistemul de distribuție pentru încălzire, $Q_{H,dis,rvd}$, ca flux termic către fluid, este dată de ecuația:

$$Q_{H,dis,rvd} = (1 - f_{rbl,dis}) * W_{H,dis} \quad (kWh) \quad (3.14)$$

Valoarea factorului de recuperare $f_{rbl,dis}$, este conform din Anexa B, SR EN 15316-3, tabel B11, astfel:

- pentru pompe cu izolație termică: $f_{rbl,dis} = 0,10$
- pentru pompe fără izolație termică: $f_{rbl,dis} = 0,25$.

3.1.5. Consumul de energie și eficiența energetică a sistemelor de generare a agentului termic pentru încălzire, prin arderea combustibilului fosil și a biomasei (SR EN 15316-4-1)

Metoda de calcul a consumului de energie la generator prezentată în acest subcapitol stabilește și modul de evaluare a performanței energetice a subsistemului de generare a agentului termic apă caldă, utilizat pentru alimentarea cu căldură a instalațiilor de încălzire și de preparare a apei calde de consum. Generatoarele de căldură (cazanele) pentru care este valabilă procedura de calcul pot utiliza combustibili fosili dar și biomasă, fiind automatizate. Cazanele pot furniza agent termic numai pentru încălzire, numai pentru apă caldă de consum sau pentru sisteme combinate de încălzire, apă caldă de consum, ventilare și climatizare.

Se determină:

- pierderile termice ale subsistemului de generare a agentului termic pentru încălzire
- pierderile recuperabile de căldură pentru încălzirea clădirii/zona (din pierderile de la coș, prin mantaua cazanului și a vaselor de acumulare/boilere și din energia auxiliară)
- energia auxiliară necesară funcționării subsistemului de generare.

Valorile rezultate reprezintă date de intrare pentru calculul consumului total de energie pentru încălzire (și apoi total) al clădirii.

Prin subsistemul de preparare (generare) a agentului termic se înțelege ansamblul de echipamente format din: cazane, sistemul de combustie, sistemul de evacuare a gazelor de ardere și dispozitivele de automatizare și reglare aferente.

Metoda ia în calcul pierderile termice și recuperarea acestora pentru următoarele componente:

- pierderile termice la evacuarea gazelor de ardere;
- pierderile termice prin mantaua cazanelor sau a rezervoarelor de stocare, pe întreaga perioadă de funcționare (activ sau stand-by);
- energia auxiliară.

Calculul este independent de intervalul de timp.

În ceea ce privește datele de intrare utilizate pentru calculul eficienței energetice a sistemului de generare, teoretic există trei surse:

- valori convenționale specificate în standarde și reglementări;
- valori furnizate de producători, care trebuie să respecte cerințe europene de agrementare a produselor;

- valori obținute prin măsurări asupra instalațiilor existente.

Această metodologie privind calculul performanței energetice a clădirilor se bazează pe ipoteza utilizării clădirii în condiții normale și normate, conform destinației acesteia. În consecință, datele de intrare vor fi cele indicate în reglementările naționale/europene. Pentru calculul performanței energetice a sistemelor de generare a căldurii se vor utiliza indicațiile din standardul SR EN 15316-4-1, în special cele din Anexa B a standardului.

3.1.5.1. Eficiența energetică a generatorului la sarcină integrală și la sarcină parțială în funcție de puterea nominală furnizată

Eficiența energetică a unui cazan la sarcină nominală se calculează după schema următoare:

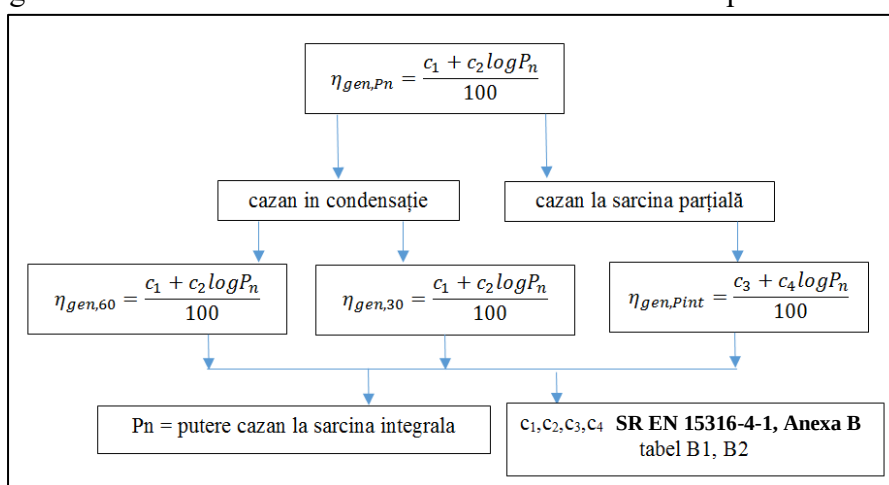


Figura 3.9. Determinarea eficienței energetice a unui cazan

Factorul pierderilor termice în stand-by se calculează în funcție de puterea nominală și coeficienții $c_{5,6}$ din SR EN 15316-4-1 Anexa B, tabel B3, cu relația:

$$f_{gen,ls,P0} = \frac{[c_5 * (P_n)^{c_6}]}{100} \quad (3.15)$$

Factorul pierderilor termice în stand-by reprezintă suma pierderilor prin manta și prin coș:

$$f_{gen,ls,P0} = f_{gen,env} + f_{ch,off} \quad (3.16)$$

unde:

$f_{gen,env}$ - factorul pierderilor termice prin manta

$f_{ch,off}$ - factorul pierderilor termice prin coș la funcționarea în stand-by.

Dacă nu există indicații ale producătorilor sau măsurări, parte din pierderile termice ale generatorului în stand-by sunt atribuite pierderilor prin manta, $f_{gen,env}$, valorile lui fiind date în SR EN 15316-4-1, Anexa B, tabel B7.

Valorile convenționale, corespunzătoare pierderilor prin coș având arzătorul în stand-by, $f_{ch,off}$, se regasesc în SR EN 15316-4-1, Anexa B, tabel B11.

3.1.5.2. Pierderile termice în stand-by, $P_{gen,ls,P0}$, în funcție de puterea nominală furnizată

Factorul pierderilor termice în stand-by reprezintă suma pierderilor prin manta și prin coș:

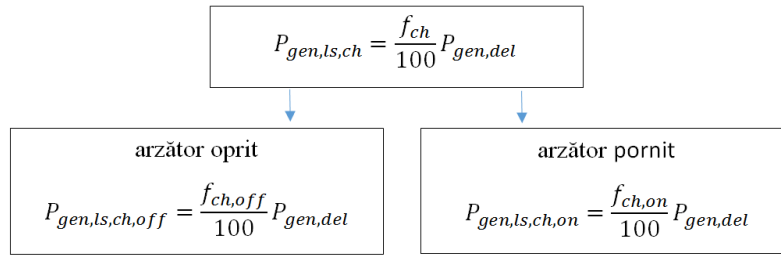


Figura 3.10. Determinarea pierderilor termice ale unui cazan

unde

$f_{ch,off}$ se determină din tabel A11 și B11 din SR EN 15316-4-1

$P_{gen,del}$ se determină conform SR EN 15316-4-1.

Pierderile termice totale sunt

$$P_{gen,ls,ch,P0} = \frac{f_{gen,env} + f_{ch,off}}{100} P_{gen,del} \quad (3.17)$$

3.1.5.3. Energia auxiliară consumată

Energia electrică consumată de echipamentele auxiliare pentru a asigura furnizarea agentului termic la nivelul sursei de căldură, se calculează cu relația următoare:

$$P_{aux,Px} = \frac{c_7 + c_8}{100} P_{n,n} \quad [\text{kW}] \quad (3.18)$$

unde: c_7 , c_8 , n – sunt coeficienți prezentați în SR EN 15316-4-1, Anexa B, tabel B6.

3.1.5.4. Factorul de utilizare a energiei la nivelul cazanelor

Pentru a demonstra eficiența energetică a surselor de căldură se calculează un factor de utilizare, ε_{gen} , în funcție de energia furnizată de cazan $Q_{H,gen,out}$ și de energia introdusă în cazan prin arderea combustibilului $E_{H,gen,in}$, cu relația generală următoare:

$$\varepsilon_{H,gen} = \frac{Q_{H,gen,out}}{E_{H,gen,in}} \quad (3.19)$$

Energia termică obținută prin arderea combustibilului rezultă din bilanțul energetic al cazanului care se calculează în funcție de căldura furnizată de cazan $Q_{H,gen,out}$, de pierderile termice recuperate $Q_{H,gen,ls}$, de pierderi termice ale generatorului $Q_{H,gen,ren}$ și de pierderile termice auxiliare recuperate $Q_{H,gen,aux,rvd}$, cu relația următoare:

$$E_{H,gen,in} = Q_{H,gen,out} - Q_{H,gen,aux,rvd} + Q_{H,gen,ls} - Q_{H,gen,ren} \quad (3.20)$$

Pentru cazane ce produc căldură din surse regenerabile, $Q_{H,gen,ren}$ este zero.

3.1.5.5. Energia auxiliară consumată de subsistemul de generare

Energia auxiliară total consumată este suma consumurilor electrice ale echipamentelor auxiliare de automatizare și reglare care aparțin sub-sistemului de generare:

$$W_{H,gen} = \sum_i W_{H,gen,i} + \sum_i W_{XY,gen,i} \quad [\text{kWh}] \quad (3.21)$$

unde, H se referă la încălzire și indexul XY se referă la: climatizare C, ventilare V, apă caldă de consum DHW.

3.1.5.6. Pierderi termice ale subsistemului de generare

Pierderile termice însumează pierderile tuturor componentelor subsistemului:

$$Q_{gen,ls} = Q_{H,gen,ls} + \sum_i Q_{XY,gen,ls} + Q_{W,S,ls} \quad [\text{kWh}] \quad (3.22)$$

unde:

$Q_{H,gen,ls}$ sunt pierderi termice aferente încălzirii, în kWh;

$\sum Q_{XY,gen,ls}$ sunt pierderi termice aferente altor consumatori, în kWh;

$Q_{W,S,ls}$ sunt pierderi termice ale sistemului de stocare (dacă există) sau ale sistemului de distribuție ale agentului termic dacă sistemul de stocare nu există sau nu e racordat direct la generator, în kWh..

Pentru fiecare cazan, factorul de sarcină specifică pentru încălzire, $\beta_{H,gen}$, se calculează cu relația:

$$\beta_H = \frac{Q_{H,gen,out}}{P_n \cdot t_H} \quad (3.23)$$

unde timpul de încălzire pentru fiecare pe perioada de încălzire este:

$$t_H = \frac{Q_{H,gen,out}}{P_n} \quad [\text{h}] \quad (3.24)$$

Dacă $0 \leq \beta_{H,gen} \leq \beta_{Pint}$, P_{int} fiind puterea la sarcină intermediară, pierderile termice ale cazanului aferente încălzirii, $P_{H,gen,ls,Px}$, se calculează cu relația:

$$P_{H,gen,ls,Px} = \frac{\beta_{H,gen}}{\beta_{Pint}} (P_{H,gen,ls,Pn} - P_{H,gen,ls,Pint}) + P_{H,gen,ls,Pint} \quad [\text{kW}] \quad (3.25)$$

În caz contrar, dacă $\beta_{Pint} < \beta_{H,gen} \leq 1$, pierderile termice ale cazanului $P_{H,gen,ls,Px}$, se calculează cu relația următoare:

$$P_{H,gen,ls,Px} = \frac{\beta_{H,gen} - \beta_{Pint}}{\beta_{Pn} - \beta_{Pint}} (P_{H,gen,ls,Pn} - P_{H,gen,ls,Pint}) + P_{H,gen,ls,Pint} \quad [\text{kW}] \quad (3.26)$$

Pierderile termice ale cazanului, $Q_{H,gen,ls}$, pe perioada de timp de funcționare pentru încălzire, $t_{H,use}$, se calculează cu relația:

$$Q_{H,gen,ls} = P_{H,gen,ls,Px} \cdot t_{H,use} \quad [\text{kWh}] \quad (3.27)$$

3.1.5.7. Pierderi termice recuperabile și recuperate

Pierderile termice totale, recuperabile de la sub-sistemul de generare de căldură, $Q_{gen,ls,rbl}$, se calculează cu ecuația următoare:

$$Q_{gen,ls,rbl} = Q_{H,gen,ls,rbl} + Q_{XY,gen,ls,rbl} + Q_{H,gen,aux,rbl} \quad [\text{kWh}] \quad (3.28)$$

unde indexul XY se referă la: climatizare C, ventilare V, apă caldă de consum DHW și aux, consumuri auxiliare.

Pierderile termice recuperabile din cele aferente mantalei cazanului, $\Sigma Q_{H,gen,ls,env,rbl}$, se calculează, în funcție de factorul de reducere a temperaturii, f_{brm} și partea de pierderi termice atribuită mantalei cazanului, $f_{gen,env}$:

$$Q_{H,gen,ls,env,rbl} = P_{H,gen,ls,P0,corr} * (1 - f_{brm}) * f_{gen,env} * t_{H,use} \quad [\text{kWh}] \quad (3.29)$$

Valorile factorilor $f_{gen,env}$ și f_{brm} , se găsesc în SR EN 15316-4-1, Anexa B, tabel B7 respectiv B8.

Valoarea convențională pentru partea de energie auxiliară transmisă sub-sistemului de distribuție de la sistemul de generare, ca energie recuperată, $f_{aux,rvd}$, este specificată în Anexa B.1.3, cu valoarea $f_{aux,rvd} = 0,75$.

Partea de energie auxiliară transmisă spațiului încălzit $f_{aux,rbl}$, se calculează cu relația:

$$f_{aux,rbl} = 1 - f_{aux,rvd} \quad (3.30)$$

Energia auxiliară recuperată transmisă agentului termic, $Q_{H,gen,aux,rvd}$, se calculează:

$$Q_{H,gen,aux,rvd} = W_{H,gen} * f_{aux,rvd} \quad (3.31)$$

Energia auxiliară recuperabilă transmisă spațiului încălzit, $Q_{H,gen,aux,rbl}$, se calculează astfel:

$$Q_{H,gen,aux,rbl} = W_{H,gen} * (1 - f_{brm}) * f_{aux,rbl} \quad (3.32)$$

Recuperarea totală de energie auxiliară de la sub-sistemul de generare se calculează ca sumă între recuperările pentru alimentarea sistemului de încălzire și alimentarea altor tipuri de consumatori de căldură, dacă există și sunt alimentați de la aceeași sursă:

$$Q_{gen,aux,rvd} = \Sigma Q_{H,gen,aux,rvd} + \Sigma Q_{XY,gen,aux,rvd} \quad (3.33)$$

3.1.5.8. Energia auxiliară

Puterea medie a energiei auxiliare pentru fiecare cazan, $P_{H,aux,Px}$, se calculează printr-o interpolare liniară, corespunzător factorului de sarcină specifică, $\beta_{H,gen}$, calculat conform relației prezentate anterior, astfel:

Dacă $0 \leq \beta_{H,gen} \leq \beta_{Pint}$, P_{int} fiind puterea la sarcină intermediară, puterea auxiliară necesară cazanului a cazanului, $P_{H,gen,ls,Px}$, se calculează cu relația următoare:

$$P_{H,gen,ls,Px} = \frac{\beta_{H,gen}}{\beta_{Pint}} (P_{aux,Pint} - P_{aux,P0}) + P_{aux,P0} \quad [\text{kW}] \quad (3.34)$$

În caz contrar, dacă $\beta_{Pint} < \beta_{H,gen} \leq 1$, pierderile termice ale cazanului $P_{H,gen,ls,Px}$, se calculează cu relația următoare:

$$P_{H,gen,ls,Px} = \frac{\beta_{H,gen} - \beta_{Pint}}{1 - \beta_{Pint}} (P_{aux,Pn} - P_{aux,Pint}) + P_{aux,Pint} \quad [\text{kW}] \quad (3.35)$$

unde:

$$\beta_{Pint} = \frac{P_{int}}{P_n} \quad (3.36)$$

Energia auxiliară totală, $W_{H,gen}$, pe perioada de funcționare pentru încălzire, $t_{H,use}$, se calculează cu relația:

$$W_{H,gen} = P_{H,aux,Px} * t_{H,use} \quad [\text{kW}] \quad (3.37)$$

3.1.5.9. Timpul de funcționare și factorul de sarcină specifică, β

Dacă la sistemul de generare sunt racordate mai multe tipuri de consumatori (încălzire, climatizare, ventilare, a.c.c.) care funcționează cu priorități diferite, se poate calcula timpul de încălzire pentru fiecare pe perioada de încălzire, astfel:

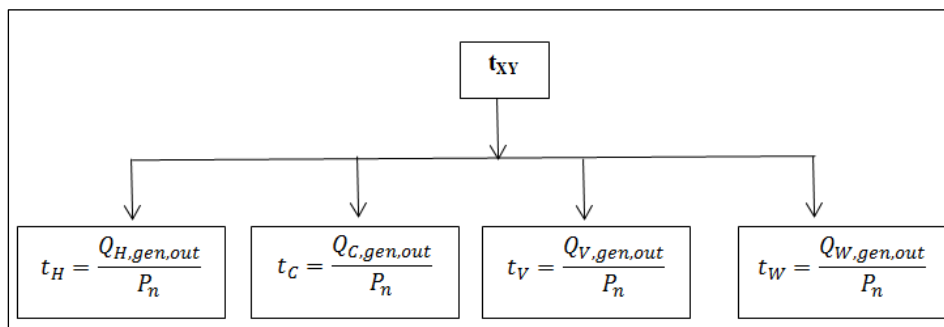


Figura 3.11. Determinarea timpului pe utilități

Dacă sunt consumatori în paralel care funcționează cu aceeași prioritate, timpul de funcționare al cazanului se calculează cu relațiile următoare:

$$t_{H,op} = t_{H,use} * \beta_H - t_{C,use} * \beta_C - t_{V,use} * \beta_V - t_{W,use} * \beta_W \quad (3.38)$$

unde:

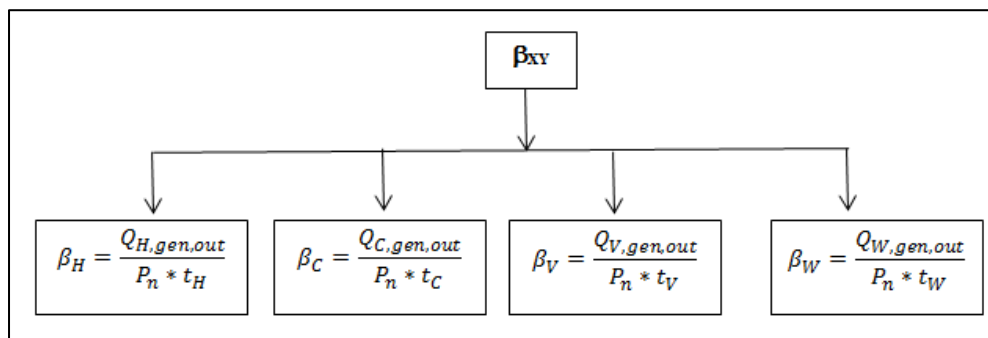


Figura 3.12. Determinarea factorului de sarcină specifică

Energia termică furnizată de cazan este suma necesarului de energie a sistemelor de distribuție pentru diferiți consumatori, racordate la cazan:

$$Q_{gen,out} = f_{ctr,ls} * \sum_i Q_{H,dis,in,i} + \sum_j Q_{XY,dis,in,j} \quad [\text{kWh}] \quad (3.39)$$

Valorile factorului de reglare, $f_{ctr,ls}$, sunt date în SR EN 15316-4-1, Anexa B, tabel B16.

3.2. Instalații de ventilare hibridă, mecanică și climatizare; cuplarea cu celelalte instalații

3.2.1. Domeniu de aplicare

Acest paragraf tratează:

- Necesarul de energie al sistemelor de ventilare simplă
- Consumul de energie aferent ventilării mecanice simple și climatizării numai aer; diferențele esențiale dintre cele două sisteme fiind precizate mai jos
- Calculul consumului de energie în sistemele de climatizare aer – apă
- Calculul energetic al sistemelor de stocare a energiei pentru răcire

- Calculul energetic al sistemelor de generare a frigului.

Diferențierea dintre ventilarea mecanică simplă și climatizarea numai aer (figura 3.13) rezultă din următoarele considerente:

- debitul de aer din sistemele de ventilare mecanică simplă este debitul de aer proaspăt necesar, determinat din condiții igienice (sistemul funcționează numai cu aer proaspăt; din acest motiv nu există recirculare); acest debit se stabilește pe baza reglementării tehnice pentru proiectarea, execuția și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare; pentru diminuarea sarcinii termice necesară tratării aerului, se recomandă recuperarea prin recuperatoare a căldurii/frigului din aerul extras din încăperi sau preîncălzire/ prerăcire sau folosind alte diferite soluții (conducte în sol, fațade transparente ventilate etc.); aerul de ventilare este introdus în încăperi la temperatura necesară aerului interior și nu contribuie la acoperirea sarcinii termice a încăperii;
- debitul de aer din sistemele de climatizare numai aer se determină din condițiile de acoperire a sarcinii de răcire/încălzire a încăperilor/zonelor climatizate; acest debit poate fi mai mare sau egal cu cel necesar de ventilare (în cazul în care din calcul, debitul de climatizare rezultă mai mic decât cel de ventilare, se adoptă debitul de ventilare din condiții igienice); pentru diminuarea sarcinii termice se recomandă recuperarea căldurii/frigului din aerul extras, inclusiv prin recirculare.

Tratarea aerului din sistemele de ventilare/climatizare numai aer se realizează în centrala de tratare a aerului, CTA. În figura 3.13 se prezintă schema sistemului tratat. Notațiile utilizate pentru tipurile de aer sunt cele din Reglementarea tehnică pentru proiectarea, execuția și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare și din normele PEC.

Complexitatea și diversitatea sistemelor depinde de modul de tratare a aerului, de procesele și de aparatura aleasă, inclusiv cea de automatizare. În această parte a Metodologiei sunt detaliate problemele referitoare la consumul de energie în aceste sisteme și aparate, la posibilitățile de recuperare a căldurii, la pierderile de aer și de căldură din sistem; nu sunt urmărite variantele de tratare a aerului, nu sunt calculate temperaturile și debitele de aer necesare, probleme care se rezolvă la proiectare. În funcție de sistemele alese, nu toate calculele prezentate în continuare vor fi necesare, sau pot fi necesare și calcule suplimentare pentru anumite sisteme, mai ales pentru cele care utilizează surse regenerabile de energie. De asemenea, se face observația dependenței puterii și energiei consumate de sisteme, de modul de reglare/automatizare al acestora.

Metoda dezvoltată în continuare, prezintă calculul pentru :

- consumul de căldură pentru încălzire, (inclusiv pentru umidificare și reîncălzire după umidificare adiabatică) și pentru răcire al CTA de ventilare/climatizare;
- energia recuperată la nivelul CTA, prin recircularea aerului sau folosind recuperatoare de căldură;
- puterea consumată de generatoarele de ventilare (energia electrică necesară ventilatoarelor) ;
- puterea de intrare (necesară) pentru generarea umidității;
- pierderile termice pentru încălzire sau răcire recuperabile de la sistemul de ventilare/climatizare pentru încălzire sau răcire ;
- pierderile de aer în sistem ;

- energia auxiliară pentru ventilare (energie electrică pentru antrenarea dispozitivelor de recuperare de căldură rotative sau a pompelor, a dispozitivelor de reglare, a acționărilor etc.) ;
- energia electrică necesară pentru umidificare (pentru tipuri specificate de umidificatoare) ;
- energia auxiliară de umidificare.

Metodele de calcul se aplică pentru intervale de timp de calcul orar. Pentru utilizarea acestora, se aplică indicii și acronimele din figura următoare.

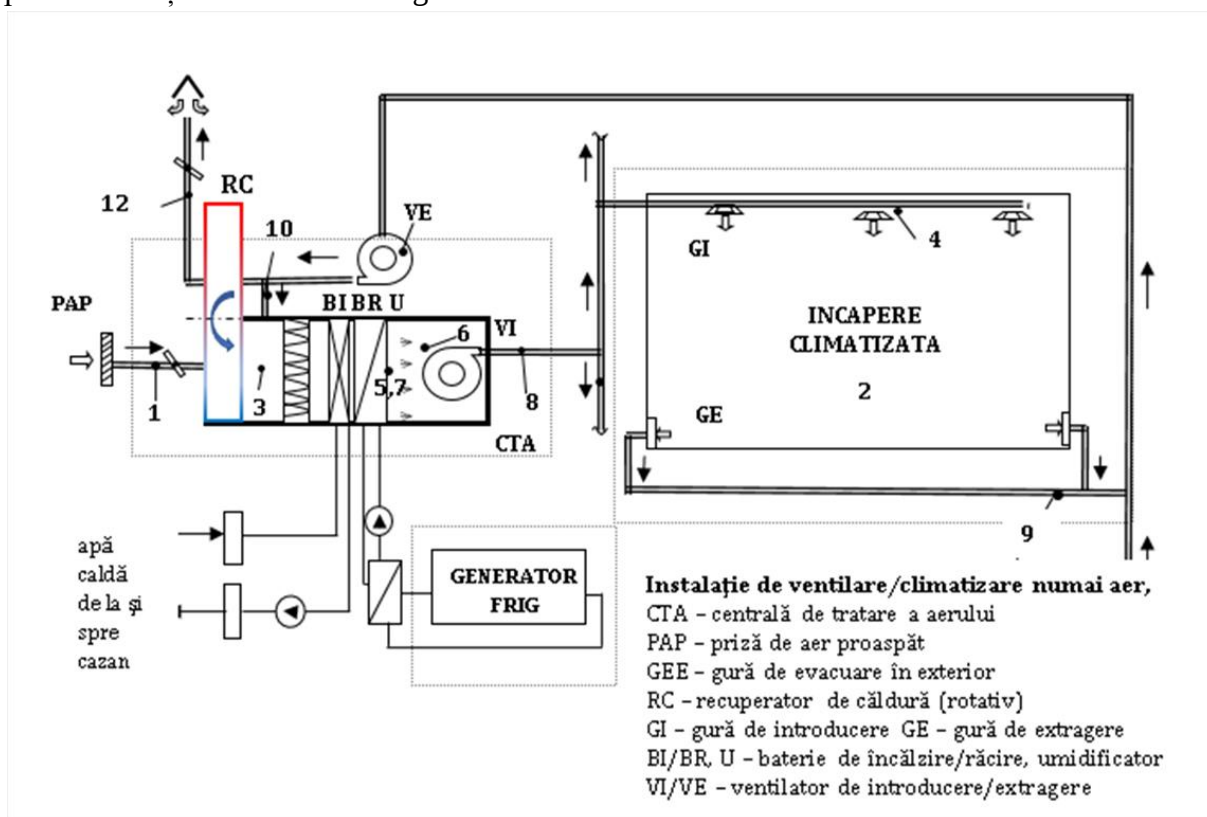


Figura 3.13. Schema instalației de ventilare mecanică/climatizare numai aer

Pentru tipurile de aer se folosesc acronimele din Tabelul 1.2, aceleași cu cele din Reglementarea tehnică pentru proiectarea, execuția și exploatarea instalațiilor de ventilare și climatizare, identificabile pe schemă după cum urmează:

1 – ODA; 2- IDA; 4, 8 – SUP; 9 – ETA; 12 – EHA; 10 – RCA

3.2.2. Calculul energetic al generării (al CTA)

Încălzire

- Energia necesară pentru bateria de încălzire, fără recuperare de căldură, în intervalul de timp de calcul t_{ci} , (ore) este egală cu :

$$Q_{H;ahu;in;req} = \rho_a \cdot c_a \cdot q_{v;SUP;ahu} \cdot (\vartheta_{SUP;H;req} + \Delta \vartheta_{SUP;HU} - \vartheta_e) \cdot t_{ci} \quad (3.40)$$

unde:

- $Q_{H;ahu;int;req}$ - energia necesară pentru bateria de încălzire, fără recuperare de căldură, în kWh;
- $q_{v;SUP;ahu}$ - debitul volumic de aer tratat al CTA , în m^3/h ;

ρ_a	- densitatea aerului, în kg/m ³ ;
c_a	- căldura specifică a aerului, în kJ/(kg,K);
$\vartheta_{SUP; H; req}$	- temperatura necesară a aerului tratat (încălzit) care iese din CTA, în °C;
$\Delta\vartheta_{SUP; HU}$	- creștere suplimentară de temperatură a aerului necesară în cazul umidificării adiabactice, în °C;
ϑ_e	- temperatura aerului exterior corespunzătoare pasului de timp t_{ci} .

Pentru o perioadă de timp oarecare (o săptămână, o lună etc.) valorile orare calculate cu relația (3.40) se vor însuma.

Recuperare de căldură

- Energia transferată prin recuperarea de căldură, sensibilă și latentă, în intervalul de timp de calcul t_{ci} se calculează cu :

$$Q_{hr} = \rho_a \cdot c_a \cdot q_{V; SUP; ahu} \cdot f_{ODA} \cdot \left[\left(\vartheta_{SUP; hr} - \vartheta_{ODA; preh} \right) + \frac{r_w}{c_{p; a}} \left(x_{SUP; hr} - x_{ODA; preh} \right) \right] \cdot t_{ci} \quad (3.41)$$

unde, în plus față de relația precedentă:

- f_{ODA} - fracția de aer exterior din aerul tratat (dacă nu există recirculare $f_{oda}=1$) ;
- $\vartheta_{ODA; preh}$ - temperatura aerului exterior preîncălzit în recuperatorul de căldură, în °C
- $\vartheta_{SUP; hr}$ - temperatura aerului tratat la ieșire din recuperatorul de căldură, în °C
- $x_{SUP; hr}$ - conținutul de umiditate al aerului tratat la ieșire din recuperatorul de căldură, în kg/kg
- $x_{ODA; preh}$ - conținutul de umiditate al aerului exterior preîncălzit în recuperatorul de căldură, în kg/kg

Recirculare

- Energia transferată prin recirculare, dacă este cazul, în intervalul de calcul t_{ci} , este egală cu :

$$Q_{RCA} = \rho_a \cdot c_a \cdot q_{V; ETA; ahu} \cdot (1-f_{ODA}) \cdot (\vartheta_{ETA; hr; in} - \vartheta_e) \cdot t_{ci} \quad (3.42)$$

unde:

- $q_{V; ETA; ahu}$ - debitul volumic de aer tratat al centralei de evacuare a aerului , în m³/h
- $\vartheta_{ETA; hr; in}$ - temperatura aerului extras la intrare în recuperatorul de căldură (sau în recirculare)

Dacă ventilarea este echilibrată, $q_{V; ETA; ahu} = q_{V; SUP; ahu}$.

Notă. Indicii care caracterizează starea aerului: temperatură, conținut de umiditate, pot fi diferiți de cei menționați, în funcție de schema de tratare complexă a aerului adoptată la proiectare (cu sau fără recirculare, cu recuperare a căldurii în CTA sau prin alte sisteme: cu pompă de căldură, cu schimbătoare cu agent intermediar etc.).

Răcire și dezumidificare

- Energia extrasă de bateria de răcire în intervalul de calcul t_{ci} :

$$Q_{C; ahu; out; req} = q_{V; SUP; ahu} \cdot \left[\rho_a c_a \left(\vartheta_{SUP; RCA} - \vartheta_{SUP; C; req} \right) + \rho_a r_w \left(x_{SUP; RCA} - x_{SUP; C; req} \right) \right] \cdot t_{ci} \quad (3.43)$$

- Energia extrasă pentru dezumidificare, în intervalul de calcul t_{ci} :

$$Q_{DHU;ahu;out;req} = q_{V;SUP;ahu} \cdot \left\{ \rho_a c_a \left[\min(\vartheta_{SUP;RCA}; \vartheta_{SUP;ahu;req}) - \vartheta_{SUP;C;req} \right] + \rho_a r_w (x_{SUP;RCA} - \Delta x_C - x_{SUP;C;req}) \right\} \cdot t_{ci} \quad (3.44)$$

Notă. Semnificația termenilor este aceeași ca în relațiile precedente, dar indicii sunt diferiți, conform celor din figura 3.13.

Umidificare

- Energia furnizată pentru umidificare în intervalul de timp de calcul, este egală cu :

— Dacă umidificatorul funcționează cu abur

$$E_{HU;gen;in;cr} = q_{V;SUP;ahu} \cdot \rho_a r_w \cdot (x_{SUP;HU} - x_{SUP;C}) \cdot t_{ci} \quad (3.45)$$

— dacă nu :

$$E_{HU;gen;in;cr} = 0 \quad (3.46)$$

Pierderi termice la generare

- Pierderile termice în centralele de tratare a aerului CTA, în intervalul de timp t_{ci} , se calculează după cum urmează :

— Dacă încăperea în care este montată CTA este climatizată, cu temperatura aerului $\vartheta_{IDA;zt}$,

$$Q_{V;ls;gen} = [(A \cdot U)_{ahu;SUP} (\vartheta_{SUP;hr} - \vartheta_{IDA;zt}) + (A \cdot U)_{ahu;ETA} (\vartheta_{ETA;hr;in} - \vartheta_{IDA;zt}) + q_{V;lea;ahu;SUP} \rho_a c_a (\vartheta_{SUP;hr} - \vartheta_{IDA;zt})] \cdot t_{ci} \quad (3.47)$$

— dacă încăperea nu este climatizată, temperatura aerului $\vartheta_{IDA;zt}$ se înlocuiește cu temperatura din spațiul neclimatizat $\vartheta_{sur;nc}$:

$$Q_{V;ls;gen} = [(A \cdot U)_{ahu;SUP} (\vartheta_{SUP;hr} - \vartheta_{sur;nc}) + (A \cdot U)_{ahu;ETA} (\vartheta_{ETA;hr;in} - \vartheta_{sur;nc}) + q_{V;lea;ahu;SUP} \rho_a c_a (\vartheta_{SUP;hr} - \vartheta_{sur;nc}) + q_{V;lea;ahu;ETA} \rho_a c_a (\vartheta_{ETA;hr;in} - \vartheta_{sur;nc})] \cdot t_{ci} \quad (3.48)$$

unde :

- $A_{ahu;SUP}$ - suprafața CTA de introducere, în m^2 ;
- $U_{ahu;SUP}$ - transmitanța CTA de introducere; valoare prin lipsă $U_{ahu;SUP} = 1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, în $\text{kW/m}^2 \text{ K}$;
- $A_{ahu;ETA}$ - suprafața CTA extragere, în m^2 ;
- $U_{ahu;ETA}$ - transmitanța CTA extras; valoare prin lipsă $U_{ahu;ETA} = 1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ în $\text{kW/m}^2 \text{ K}$;
- $\vartheta_{sur;nc}$ - temperatura spațiului necondiționat din jurul centralei în $^{\circ}\text{C}$;
- t_{ci} - intervalul de timp de calcul în h.
- $A_{ahu;SUP}$ m^2 - suprafața CTA de introducere;
- $U_{ahu;SUP}$ $\text{kW/m}^2 \text{ K}$ - transmitanța CTA de introducere; valoare prin lipsă $U_{ahu;SUP} = 1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- $A_{ahu;ETA}$ m^2 - suprafața CTA extragere;
- $U_{ahu;ETA}$ $\text{kW/m}^2 \text{ K}$ - transmitanța CTA extras; valoare prin lipsă $U_{ahu;ETA} = 1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- $\vartheta_{sur;nc}$ $^{\circ}\text{C}$ - temperatura spațiului necondiționat din jurul centralei
- t_{ci} h - intervalul de timp de calcul

Valorile debitelor de aer de introducere și respectiv de extragere din sistem, $q_{V;SUP;ahu;nom}$ $q_{V;ETA;ahu;nom}$ trebuie cunoscute din proiect sau stabilite prin inspecția instalațiilor.

Pierderi termice recuperabile la generare

- Pierderile termice recuperabile $Q_{V;ls;gen;rbl}$ din CTA sunt:

— dacă CTA este amplasată în zona condiționată

$$Q_{V;ls;gen;rbl} = Q_{V;ls;gen} \quad (3.49)$$

— dacă zona de amplasare nu este condiționată :

$$Q_{V;ls;gen;rbl} = 0 \quad (3.50)$$

Ventilatoare

- Creșterea de temperatură a aerului în ventilator, $\Delta\theta_{fan}$

Temperatura aerului la trecere prin ventilator este majorată astfel :

— pentru sistemele de ventilare a clădirilor de locuit, dublu flux echilibrate,

$$\Delta\theta_{fan;SUP/ETA} = 0 \quad (3.51)$$

— pentru alte sisteme,

$$\Delta\theta_{fan;SUP/ETA} = \frac{\Delta p_{fan;SUP/ETA} \cdot f_{fan;rd}}{\rho_a \cdot c_a \cdot \eta_{fan;SUP/ETA} \times 3,6 \times 10^6} \quad (3.52)$$

unde

$\Delta p_{fan;SUP/ETA}$ - diferența de presiune a ventilatorului de introducere/extragere, în Pa

$\eta_{fan;SUP/ETA}$ - randamentul ventilatorului de introducere/extragere ;

$f_{fan;rd}$ - este gradul de recuperare a puterii ventilatorului, în funcție de poziția motorului : pentru motor în curentul de aer $f_{fan;rd} = 1$; pentru motor în afara curentului, $f_{fan;rd} = 0,6$.

- Temperatura aerului folosit pentru recirculare sau care intră în recuperatorul de căldură:

— Dacă ventilatorul de extragere este montat în amonte de recuperator sau de racordul de recirculare :

$$\theta_{ETA;hr;in} = \theta_{ETA;dis;out} + \Delta\theta_{fan;ETA} \quad (3.53)$$

— dacă ventilatorul este montat în aval de recuperator:

$$\theta_{ETA;hr;in} = \theta_{ETA;dis;out} \quad (3.54)$$

- Consumul de energie al ventilatorului pentru un interval de calcul t_{ci} , se calculează cu relația:

$$E_{V;gen;in;el} = (P_{el;fan;SUP} + P_{el;fan;ETA}) \cdot t_{ci} = \left(\frac{q_{V;SUP;ahu}}{\eta_{fan;SUP}} \cdot \Delta p_{fan;SUP} + \frac{q_{V;ETA;ahu}}{\eta_{fan;ETA}} \cdot \Delta p_{fan;ETA} \right) \cdot \frac{t_{ci}}{3,6 \cdot 10^6} \quad (3.55)$$

- Randamentul ventilatorului de introducere/extragere, în intervalul de calcul t_{ci} :

$$\eta_{fan;SUP/ETA} = \eta_{fan;SUP/ETA;nom} \cdot f_{\eta}(q_V) \quad (3.56)$$

unde:

$\eta_{fan;SUP/ETA;nom}$ - randamentul nominal al ventilatorului de introducere/extragere, din datele de fabricație

$f_{\eta}(q_V)$ - funcția de dependență a randamentului ventilatorului de introducere/extragere, de debitul volumic, din datele de fabricație.

- Diferențele de presiune ale ventilatoarelor de introducere și de extragere sunt :

— Dacă sistemul deservește o zonă

➤ dacă nu există reglare a funcționării

$$\Delta p_{fan;SUP} = \Delta p_{fan;SUP;nom} \cdot f_{\Delta p}(q_v) \quad (3.57)$$

$$\Delta p_{fan;ETA} = \Delta p_{fan;ETA;nom} \cdot f_{\Delta p}(q_v) \quad (3.58)$$

➤ dacă există reglare directă al funcționării:

$$\Delta p_{fan;SUP} = \Delta p_{SUP,des} \left(\frac{q_{V;SUP;ahu}}{q_{V;SUP;ahu;nom}} \right)^2 \quad (3.59)$$

$$\Delta p_{fan;ETA} = \Delta p_{ETA,des} \left(\frac{q_{V;ETA;ahu}}{q_{V;ETA;ahu;nom}} \right)^2 \quad (3.60)$$

— Dacă sistemul deservește mai multe zone:

➤ dacă nu există reglare a funcționării:

$$\Delta p_{fan;SUP} = \Delta p_{fan;SUP;nom} \cdot f_{\Delta p}(q_v) \quad (3.61)$$

$$\Delta p_{fan;ETA} = \Delta p_{fan;ETA;nom} \cdot f_{\Delta p}(q_v) \quad (3.62)$$

➤ dacă există reglare a funcționării la presiune constantă:

$$\Delta p_{fan;SUP} = \Delta p_{SUP,des} \left[\left(1 - f_{\Delta p;SUP;ctrl} \right) \left(\frac{q_{V;SUP;ahu}}{q_{V;SUP;ahu;nom}} \right)^2 + f_{\Delta p;SUP;ctrl} \right] \quad (3.63)$$

$$\Delta p_{fan;ETA} = \Delta p_{ETA,des} \left[\left(1 - f_{\Delta p;ETA;ctrl} \right) \left(\frac{q_{V;ETA;ahu}}{q_{V;ETA;ahu;nom}} \right)^2 + f_{\Delta p;ETA;ctrl} \right] \quad (3.64)$$

➤ dacă există reglare a funcționării la presiune minimă:

$$\Delta p_{fan;SUP} = \Delta p_{SUP,des} \left[\left(1 - f_{\Delta p;SUP;ctrl} \right) \left(\frac{q_{V;SUP;ahu}}{q_{V;SUP;ahu;nom}} \right)^2 + f_{\Delta p;SUP;ctrl} \cdot f_{V,max}^2 \right] \quad (3.65)$$

$$\Delta p_{fan;ETA} = \Delta p_{ETA,des} \left[\left(1 - f_{\Delta p;ETA;ctrl} \right) \left(\frac{q_{V;ETA;ahu}}{q_{V;ETA;ahu;nom}} \right)^2 + f_{\Delta p;ETA;ctrl} \cdot f_{V,max}^2 \right] \quad (3.66)$$

unde

- $\Delta p_{SUP/ETA;des}$ - diferența de presiune de proiectare a ventilatorului de introducere /extragere, în Pa ;
- $\Delta p_{fan;SUP/ETA;nom}$ - diferența de presiune nominală a ventilatorului, din datele de fabricație, în Pa ;
- $f_{\Delta p}(q_v)$ - funcție de dependență a diferenței de presiune a ventilatorului de introducere/extragere, de debitul volumic, provenind din datele de fabricație;
- $f_{\Delta p;SUP/ETA;ctrl}$ - partea reglată a diferenței de presiune totală de introducere/extragere, de proiectare.

Preîncălzire și prerăcire prin sol

- Energia transferată la preîncălzire prin sol, dacă această soluție este utilizată, în intervalul de calcul t_{ci} considerat, este egală cu :

$$Q_{\text{gnd}} = \rho_a \cdot c_a \cdot q_{V;\text{SUP};\text{ahu}} \cdot f_{\text{ODA}} \cdot (g_{\text{ODA},\text{preh}} - g_e) \cdot t_{\text{ci}} \quad (3.67)$$

Energia auxiliarelor

- Energia auxiliară necesară sistemului de ventilare este egală cu:

$$W_{V;\text{aux}} = W_{V;\text{aux};\text{hr}} + W_{V;\text{preh}} + W_{V;\text{aux};\text{ctrl}} \quad (3.68)$$

- Energia auxiliară cerută de sistemul de recuperare de căldură în intervalul de calcul t_{ci} este egală cu :

— Dacă recuperatorul de căldură este de tip rotativ , indiferent de modul de reglare:

$$W_{V;\text{aux};\text{hr}} = P_{\text{hr};\text{rot};\text{max}} \cdot t_{\text{ci}} \frac{n_{\text{rot}}}{n_{\text{rot};\text{max}}} \quad (3.69)$$

— dacă recuperatorul de căldură este de tipul cu pompe de circulație,

$$W_{V;\text{aux};\text{hr}} = q_{V;\text{SUP};\text{ahu}} \cdot f_{\text{ODA}} \cdot p_{\text{el};\text{hr};\text{pu};\text{max}} \cdot t_{\text{ci}} \cdot \left[\max \left(f_{\text{pl};\text{hr};\text{min}}; \frac{Q_{\text{hr}}}{t_{\text{ci}} \cdot \Phi_{\text{hr};\text{max}}} \right) \right]^{2.5} \quad (3.70)$$

— pentru alte tipuri de recuperator:

$$W_{V;\text{aux};\text{hr}} = 0 \quad (3.71)$$

unde

- $n_{\text{rot};\text{max}}$ - viteza de rotație maximă, în min^{-1} ;
- $P_{\text{hr};\text{rot};\text{max}}$ - puterea maximă de antrenare prin rotor, la viteza de rotație maximă, în kW;
- $p_{\text{el};\text{hr};\text{pu};\text{max}}$ - puterea absorbită de pompă, relativă la debitul volumic transportat, la viteza maximă, în kWh/m^3 ;
- $\Phi_{\text{hr};\text{max}}$ - puterea maximă de transfer de căldură a dispozitivului de recuperare de căldură, în kW
- $f_{\text{pl};\text{hr};\text{min}}$ - factorul minim de sarcină parțială a recuperării de căldură

- Fracția din consumul de energie al ventilatorului, pentru pierderea de sarcină în dispozitivul de recuperare de căldură, în intervalul de calcul considerat, este egală cu :

$$E_{V;\text{gen};\text{in};\text{el};\text{hr}} = \frac{E_{V;\text{gen};\text{in};\text{el}} \cdot \Delta p_{\text{SUP+ETA};\text{des};\text{hr}}}{\Delta p_{\text{SUP};\text{des}} + \Delta p_{\text{ETA};\text{des}}} \quad (3.72)$$

unde

- $\Delta p_{\text{SUP+ETA};\text{des};\text{hr}}$ - diferența de presiune de proiectare între introducere și extragere, pentru dispozitivul de recuperare de căldură, în condiții de proiectare, în Pa.

- Energia furnizată pentru protecția la îngheț, în intervalul de calcul considerat, este egală cu :

— dacă dispozitivul de recuperare este dotat cu preîncălzire

$$W_{V;\text{preh}} = [\rho_a \cdot c_a \cdot q_{V;\text{SUP};\text{ahu}} \cdot f_{\text{ODA}} \cdot (g_{\text{ODA},\text{fp}} - g_e)] \cdot t_{\text{ci}} \quad (3.73)$$

— dacă dispozitivul nu are preîncălzire:

$$W_{V;\text{preh}} = 0 \quad (3.74)$$

- Consumul de energie auxiliară al elementelor de reglare este :

$$W_{V;\text{aux};\text{ctrl}} = \Sigma P_{\text{el};V;\text{ctrl}} \cdot f_{\text{op};\text{ctrl}} \cdot t_{\text{ci}} \quad (3.75)$$

unde

- $\Sigma P_{\text{el};V;\text{ctrl}}$ - puterea electrică consumată a dispozitivelor de reglare (captatori, elemente de acționare, reglatoare) ;

$f_{op;ctrl}$ - factorul de funcționare a dispozitivelor de reglare.

- Consumul de energie al pompei de umidificare, în intervalul de calcul considerat, este egal cu:
— Dacă umidificarea se realizează prin injecție de abur,

$$W_{HU;aux} = 0 \quad (3.76)$$

— dacă se utilizează alt tip de umidificator:

$$W_{HU;aux} = q_{V;SUP;HU;des} \cdot p_{el;HU;des} \cdot f_{pl;HU} \cdot t_{ci} \quad (3.77)$$

unde

$q_{V;SUP;HU;des}$ - debitul volumic de aer de proiectare din sistemul de umidificare, în m³/h;

$p_{el;HU;des}$ - consumul specific de energie al pompei de umidificare, raportat la debitul volumic, se poate considera cel din tabelul 3.1, în Wh/m³.

- Factorul de sarcină parțială se calculează în funcție de reglarea pompei și de tipul de umidificator. Pentru funcționare fără reglare sau cu reglare cu ventil, valoarea factorului se poate calcula ca în figura 3.14.

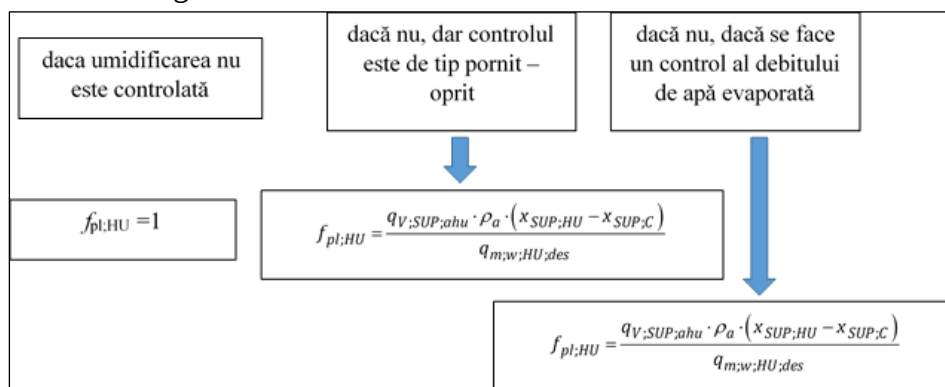


Figura 3.14. Factorul de sarcină parțială

unde

$q_{m;w;HU;des}$ - debitul masic de apă evaporată, de proiectare a umidificatorului, în kg/h .

Tabel 3.1. Consum de energie specific al pompei pentru umidificare pentru diferite tipuri de umidificator și strategii de reglare

Tip de umidificator	Reglare umidificării	Energie specifică $p_{el,HU,des}$ kWh/m ³	$q_{m;w;HU,des}$ kg/h
prin contact	Fără reglare	0,01	din proiectare sau inspecție
cu pulverizare	Fără reglare	0,20	
	Reglare închis/deschis	0,20	
	Reglare a debitului	0,20	
de presiune ridicată	Reglare a vitezei	0,04	
hibrid	Reglare închis/deschis	0,02	

3.2.3. Calcul energetic al distribuției

3.2.3.1. Pierderi de aer în conducte și în centrala de tratare a aerului

- Factorul de scurgeri de aer pentru conducte, $f_{lea;du}$ este dat de :

$$f_{lea,du} = 1 + \frac{q_{v,lea,du}}{q_{v,dis,req}} \quad (3.78)$$

- Debitul de aer care se scurge prin neetanșeitățile conductei este calculat în funcție de etanșeitatea conductei. Astfel:

$$q_{V,lea,du} = A_{du} \cdot c_{lea,du} \cdot \Delta p_{du}^{e_p} \cdot 3600 \quad (3.79)$$

unde

- $q_{V,lea,du}$ - debitul volumic de aer care trece prin neetanșeitățile conductei, în m³/h;
 A_{du} - suprafața conductei, în m²;
 Δp_{du} - diferența de presiune între conductă și aerul ambiant, în Pa. Dacă nu există prevederi contrare, această valoare corespunde :
 - în rețelele de conducte de aer tratat: mediei dintre diferența de presiune la ieșire din CTA și presiunea din amonte de gura de aer ;
 - în rețelele de conducte de aer recirculat : mediei dintre diferența de presiune din aval de gura de aer și presiunea la intrare în CTA;
 $c_{lea,du}$ - factorul de etanșeitate la aer a rețelei de conducte, în m³/(s·m²), pentru 1 Pa
 e_p - exponent al diferenței de presiune ; valoare prin lipsă: 0,65.

Factorii de scurgeri din conducte, în funcție de clasa de etanșeitate la aer a conductelor, se stabilesc conform tabelului 3.2.

Tabel 3.2 Factori de scurgeri pentru conducte

Clasa de etanșeitate pentru conducte	$f_{lea,du}$
necunoscută	1,45 ^a
A	1,18
B	1,06
C	1,02
D - Aplicații speciale (camere curate)	1,0 ^b
^a Conform SR EN 16798-3, 5 x A.	

Clasa de etanșeitate pentru diverse tipuri de conducte (valori indicative)

- conducte metalice – clasa B
- conducte nemetalice - clasa C sau D
- Factorul de scurgeri al CTA este calculat cu relația :

$$f_{lea,ahu} = 1 + \frac{q_{v,lea,ahu}}{q_{v,dis,in/out}} \cdot \left(\frac{\Delta p_{SUP/ETA}}{\Delta p_{test}} \right)^{0,65} \quad (3.80)$$

unde

- $q_{V,lea,ahu}$ - debitul de scurgeri de aer al CTA, în m³/h ;
 $q_{V,dis,in/out}$ - debitul volumic de aer tratat sau recirculat care intră/iese din sistemul de distribuție, în m³/h ;

- $\Delta p_{SUP/ETA}$ - diferența de presiune dintre partea cu aer tratat sau recirculat și mediul în care se află CTA, în Pa ;
 Δp_{test} - presiunea de încercare, în Pa.

Dacă se cunoaște clasa de etanșeitate la aer a CTA, factorii de scurgeri sunt conform tabelului 3.3:

Tabel 3.3 Factori de scurgeri pentru centrale de tratare a aerului

Clasa de etanșeitate a CTA	$f_{lea;ahu}$
L3	1,1
L2	1,04
L1	1,01

- Debitele volumice de introducere/extracție, furnizate de CTA sistemului de conducte:

$$q_{V;SUP;dis;in;req} = \sum_i (f_{lea;du;SUP} \cdot q_{V;SUP;dis;zv;req;i}) \quad (3.81)$$

$$q_{V;ETA;dis;out;req} = -\sum_i (f_{lea;du;ETA} \cdot q_{V;ETA;dis;zv;req;i}) \quad (3.82)$$

unde

- $q_{V;SUP;dis;zv;req;i}$ - debitul volumic de introducere necesar pentru zona ventilată i , în m^3/h ;
- $q_{V;ETA;dis;zv;req;i}$ - debitul volumic extras, necesar pentru zona ventilată i , în m^3/h

Observație: Normele PEC consideră aerul recirculat cu valori negative.

- Debitul volumic de aer tratat care intră într-o zonă ventilată i , este:

$$q_{V;SUP;dis;zv;i} = q_{V;SUP;dis;in} \cdot \frac{q_{V;SUP;dis;zv;req;i}}{q_{V;SUP;dis;in;req}} \quad (3.83)$$

- Debitul volumic de aer, extras dintr-o zonă ventilată i , este :

$$q_{V;ETA;dis;zv;i} = -q_{V;ETA;dis;out} \cdot \frac{q_{V;ETA;dis;zv;req;i}}{q_{V;ETA;dis;out;req}} \quad (3.84)$$

- Debitul volumic de scurgeri de aer tratat care intră în zona i , este :

$$q_{V;lea;SUP;dis;z;i} = (f_{lea;du;z} - 1) \cdot q_{V;SUP;dis;z;i} \quad (3.85)$$

- Debitul volumic de scurgeri de aer recirculat, extras din zona i , este :

$$q_{V;lea;ETA;dis;z;i} = (f_{lea;du;z} - 1) \cdot q_{V;ETA;dis;z;i} \quad (3.86)$$

Observație: în formulele de mai sus, zona z poate fi o zonă ventilată zv sau o zonă termică zt .

- Debitul volumic de scurgeri care pătrunde în spațiul necondiționat este :

$$q_{V;lea;dis;nc} = (f_{lea;du;nc} - 1) \cdot q_{V;SUP;dis;in} \quad (3.87)$$

- Factorul maxim de sarcină parțială a debitului volumic de aer, pentru o zonă este :

$$f_{V;max} = \max_i \left(\frac{q_{V;SUP;dis;zv;i}}{q_{V;SUP;dis;zv;max;des;i}} \right) \quad (3.88)$$

unde

- $q_{V;SUP;dis;zv;max;des;i}$ - debitul volumic maxim de proiectare pentru zona ventilată i , în m^3/h .

Calcul simplificat

Pentru acest calcul, în locul debitelor volumice de aer tratat/ recirculat în și din zonele termice, sunt luate ca date de intrare, factorul de sarcină parțială și diversitatea debitelor pentru intervalul de calcul considerat.

Debitele volumice ce trebuie tratate în CTA necesare în conductele de distribuție sunt :

$$q_{V;SUP;dis;in;req} = f_{pl} \cdot q_{V;SUP;ahu;nom} \quad (3.89)$$

$$q_{V;ETA;dis;out;req} = f_{pl} \cdot q_{V;ETA;ahu;nom} \quad (3.90)$$

unde

$q_{V;SUP/ETA;ahu;nom}$ - debitul volumic de aer de introducere și de aer recirculat al sistemului, (din proiect) în m^3/h .

Factorul maxim de sarcină parțială a debitelor volumice de aer din zonă este :

$$f_{V;max} = f_{pl} + \Delta f_V \quad (3.91)$$

unde

f_{pl} - factorul de sarcină parțială pentru debitul volumic de aer total (pe toate zonele) (dată de intrare) ;

Δf_V - diversitatea debitului volumic pentru intervalul de calcul considerat (dată de intrare).

3.2.3.2. Pierderi termice ale conductelor de aer

- Pierderi termice pe distribuție

Pierderile termice în rețelele de conducte sunt egale cu :

$$Q_{V;ls;dis} = \rho_a \cdot c_a \cdot \left[q_{V;SUP;dis;in} \cdot \left(\Delta \vartheta_{SUP;du;nc} + \sum_i \Delta \vartheta_{SUP;du;zt;i} \right) + q_{V;ETA;dis;out} \cdot \Delta \vartheta_{ETA;du} + \sum_j q_{V;SUP;lea;du;zv;j} \cdot \left(\vartheta_{SUP;dis;in} - \vartheta_{IDA;zv;j} \right) + q_{V;lea;dis;nc} \cdot \left(\vartheta_{SUP;dis;in} - \vartheta_{sur;nc} \right) \right] \cdot t_{ci} \quad (3.92)$$

- Pierderile termice recuperabile, din rețeaua de conducte, către o zonă termică i , sunt:

$$Q_{V;ls;dis;rbl;zt;i} = [q_{V;SUP;zt;i} \cdot \dot{m}_a \cdot c_a \cdot \Delta \vartheta_{SUP;du;cnd} + q_{V;SUP;lea;du;zt;i} \cdot \dot{m}_a \cdot c_a \cdot (\vartheta_{SUP;dis;in} - \vartheta_{IDA;zt;i})] \cdot t_{ci} \quad (3.93)$$

unde

$q_{V;SUP;zt;i}$ - debitul volumic de aer introdus în zona termică i , în m^3/h ;

$q_{V;SUP;lea;du;zt;i}$ - debitul volumic de scurgeri de aer care intră în zona termică i , în m^3/h .

Observație: Se consideră că pierderile termice sunt recuperate într-o zonă termică.

3.2.3.3. Exemplu de calcul (la paragrafele 3.2.1., 3.2.2., 3.2.3.)

Calculul energetic al generării (CTA) și Calculul energetic al distribuției pentru instalații de ventilare hibridă, mecanică și climatizare

Se consideră o instalație de ventilare mecanică ca cea prezentată în figura 3.13. Calculul energetic al generării se realizează pentru o CTA cu toate echipamentele componente și se finalizează cu calculul energetic al distribuției aerului în conducte.

În exemplul prezentat se folosesc următoarele date :

Date de descriere calitative :

- Tip de recuperator de căldură: rotativ, higroscopic (*HEAT_REC_TYPE: ROT_HYG*).
- Tip de protecție la îngheț: temperatura de intrare în recuperatorul de căldură crește la trecerea aerului printr-o baterie de preîncălzire (*DEFR_TYPE: PREH*)
- Tip de umidificator: umidificator prin contact (*HUM_TYPE: CONTACT*).
- Tip de agent pentru umidificarea cu abur: electricitate, gaz, solar, alt tip de agent (*GEN_CRHU;gen: -*).

Date de proiectare a sistemului :

- Poziționarea ventilatorului de introducere: în amonte de dispozitivul de recuperare a căldurii sau al recirculării (*SUP_FAN_LOC: UP_HR*)
- Poziționarea ventilatorului de evacuare/extragere: în amonte de dispozitivul de recuperare a căldurii sau al recirculării (*ETA_FAN_LOC: UP_HR*)
- Poziționarea motorului ventilatorului: motorul ventilatorului este poziționat în exteriorul curentului de aer (*FAN_MOT_LOC: OUTS_AIR*)
- Tip de sistem pentru calculul energiei unui ventilator cu debit volumic de aer variabil: Sistemul deservește o singură zonă (sau este reglat în funcție de o zonă pilot), (*SYS_TYPE: SINGLE_ZONE*)
- Amplasare CTA: într-o zonă neclimatizată (*AHU_LOC: NC*).

Date privind reglarea:

- Reglare a debitului volumic: reglare continuă a debitului volumic variabil (*AIR_FLOW_CTRL: VARIABLE*)
- Reglare de temperatură a aerului introdus: Punct de reglare variabil cu compensare de temperatura exterioară (*SUP_TEMP_CTRL: ODA_COMP*)
- Reglarea aerului recirculat/extras: proporție fixă de aer extras, proporție variabilă de aer extras (*RCA_CTRL: ZONE_BASED*)
- Reglarea recuperării de căldură: Reglare prin schimbarea vitezei de rotație (*HEAT_REC_CTRL: SPEED*)
- Reglarea protecției contra înghețului: înghețul este împiedicat, reglând temperatura de ieșire a recuperatorului de căldură (*DEFR_CTRL: INDIRECT*)
- Reglarea ventilatorului: nicio reglare, ventilatorul răspunde la debitul variabil în funcție de caracteristicile sale (*FAN_CTRL: -*).
- Reglarea umidificatorului: Pornit/oprit (*HUM_CTRL: ON_OFF*).

Se folosesc datele de intrare din tabelul 3.4. Desfășurarea calculului și rezultatele sunt date în tabelul 3.5, respectiv tabelul 3.6.

Se precizează că în coloana care indică numărul curent al relațiilor de calcul, sunt menționate atât numerele corespunzătoare din standardul SR EN 16798-5-1 cât și cele din Metodologia Mc001 prezentă.

Tabel 3.4. Date de calcul

Denumire	Simbol	UM	Valoare
Date privind condițiile de funcționare			
Interval de timp de calcul	t_{ci}	h	1
Temperatură exterioară în intervalul de calcul	ϑ_e	°C	33,2
Conținut de umiditate a aerului exterior de intervalul de calcul	x_e	kg/kg aer uscat	0,01229
Temperatură a zonei termice în care au loc pierderile conductei sau ale CTA	$\vartheta_{IDA;zt}$	°C	26
Temperatură a spațiului necondiționat din jurul conductei	$\vartheta_{sur;nc}$	°C	28
Conținut de umiditate al spațiului necondiționat din jurul conductei	$x_{sur;nc}$	kg/kg aer uscat	0,01229
Putere de intrare a bateriei de încălzire a CTA	$Q_{H;ahu,in}$	kWh	3,323
Putere de ieșire a bateriei de răcire a CTA	$Q_{C;ahu,out}$	kWh	1,805
Temperatură de intrare în bateria de răcire a CTA	$\vartheta_{C;ahu,in}$	°C	11,113
Semnal de necesitate de funcționare	$f_{op;V}$	-	1,00
Debit volumic al aerului de introducere necesar în zona de ventilare i	$qV;SUP;dis;zv;req;i$	m ³ /h	2400,00
Debit volumic al aerului extras din zonă de ventilare i	$qV;ETA;dis;zv;req;i$	m ³ /h	-2400,00
Debit volumic al aerului exterior de introducere, necesar în zonă de ventilare i	$qV;ODA;zv;req;i$	m ³ /h	2400,00
Temperatură a aerului de introducere necesară în zona de ventilare	$\vartheta_{SUP;req;zv}$	°C	21,00
Conținut de umiditate minim al aerului de introducere necesar în zona de ventilare	$x_{SUP;zt,min;req}$	kg/kg aer uscat	0,007
Conținut de umiditate maxim al aerului de introducere necesar în zona de ventilare	$x_{SUP;zt,max;req}$	kg/kg aer uscat	0,011

Denumire	Simbol	UM	Valoare
Temperatură a aerului extras pentru zona de ventilare	9ETA;zv	°C	21,00
Conținut de umiditate al aerului extras din zona termică	xETA;zv	kg/kg aer uscat	0,01301
Factor de sarcină parțială al debitul volumic total de aer (pe toate zonele)	fpl	—	0,9
Diferență de sarcină parțială (pe toate zonele)	ΔfV	—	0,9
Factor de funcționare a dispozitivelor de reglare	fop;ctrl	-	1
Date privind produsul			
Tip de recuperator de căldură rezidențial	HEAT_REC_TYPE		ROT_HYG
Tip de protecție la îngheț	DEFR_TYPE		PREH
Tip de umidificator	HUM_TYPE		CONTACT
Tip de agent energetic pentru umidificarea cu abur	GEN_CRHU;gen		-
Date tehnice ale produsului			
Factor de scurgeri pentru conducte	flea;du;SUP	-	1,02
Factor de scurgeri pentru conducte	flea;du;ETA	-	1,02
Factor de scurgeri pentru conducte	flea;du;zv	-	1,02
Factor de scurgeri pentru conducte	flea;du;nc	-	1,02
Factor de scurgeri pentru CTA	flea;ahu;SUP	-	1,04
Factor de scurgeri pentru CTA	flea;ahu;ETA	-	1,04
Debit volumic nominal de aer de introducere al CTA	qV;SUP;ahu;nom	m ³ /h	5000

Denumire	Simbol	UM	Valoare
Debit volumic de aer de introducere al CTA în etapa 1..n	$qV;SUP;ahu;st1..stn$	m ³ /h	3000
Debit volumic nominal de aer extras al CTA	$qV;ETA;ahu;nom$	m ³ /h	5000
Debit volumic de aer extras al CTA în etapa 1..n	$qV;ETA;ahu;st1..stn$	m ³ /h	3000
Număr de etape	nst	-	1
Grad de recuperare din puterea ventilatorului	ffan;rd	-	0,6
Eficiență nominală de temperatură a recuperării de căldură, la viteza aerului (de proiectare)	$\eta_{hr};nom$	-	0,67
Debit maxim de aer de introducere (de proiectare) al sistemului	$qV;SUP;hr;nom$	m ³ /h	5000
Viteză nominală a aerului pentru recuperarea de căldură	$v_{hr};nom$	m/s	3,5
Constantă pentru dependența de viteză, a eficienței de recuperare a căldurii	C1	-	-0,0684
Constantă pentru dependența de viteză a eficienței de recuperare a căldurii	C2	-	1
Factor de corecție al numărului de rotații pentru schimbătorul de căldură rotativ	fn	-	1,0045
Eficiență nominală de recuperare a umidității, la viteza aerului de proiectare	$\eta_{xr};nom$	-	0,42
Eficiență nominală de recuperare a umidității, la viteza aerului de proiectare	$\Delta x_{ODA};nom$	kg / kg aer uscat	0,005
Factor de corecție pentru influența diferenței de umiditate asupra eficienței de recuperare de umiditate a dispozitivelor rotative	$f_{\Delta x};x$	-	-0,2504
Factor de corecție pentru influența debitului masic asupra eficienței de recuperare de umiditate, a dispozitivelor rotative	$f_{q;x}$	-	0,9003

Denumire	Simbol	UM	Valoare
Factor de corecție pentru influența vitezei aerului asupra eficienței de recuperare a umidității, a dispozitivelor rotative	$f_{v;x}$	-	1,5320
Factor de corecție pentru influența vitezei de rotație asupra eficienței de recuperare a umidității a dispozitivelor rotative	$f_{n;x}$	-	1,0000
Factor de corecție pentru alte tipuri de recuperare de căldură	$f_{xr;other}$	-	0,4000
Eficiență de recuperare a căldurii, redusă din cauza operației de dezgheț la $\vartheta_e = -15^{\circ}\text{C}$	$\varepsilon_{D;-15}$	-	0,4
Eficiență de recuperare a căldurii, redusă din cauza operației de dezgheț la $\vartheta_e = -7^{\circ}\text{C}$	$\varepsilon_{D;-7}$	-	0,7
Constantă pentru conținutul de umiditate în bateria de răcire	CC;1	-	11,91
Constantă pentru conținutul de umiditate în bateria de răcire	CC;2	-	4110,34
Constantă pentru conținutul de umiditate în bateria de răcire	CC;3	-	235,0
Factor de derivație pentru bateria de răcire	$f_{C;bp}$	-	0,1
Randament al bateriei de răcire	$\eta_{coil;C}$	-	0,8
Eficiență în temperatură a bateriei de încălzire	$\eta_{coil;H}$	-	0,8
Randament nominal al ventilatorului de introducere, din datele de fabricație, furnizate conform SR EN ISO 5801	$\eta_{fan;SUP;nom}$	—	0,72
Diferență de presiune nominală a ventilatorului de introducere, provenind din datele de fabricație, după SR EN ISO 5801	$\Delta p_{fan;SUP;nom}$	Pa	600,0

Denumire	Simbol	UM	Valoare
Randament nominal al ventilatorului de extragere, provenind din datele de fabricație, furnizate conform SR EN ISO 5801	$\eta_{fan}; ETA; nom$	—	0,8
Diferență de presiune nominală a ventilatorului de introducere, provenind din datele de fabricație, după SR EN ISO 5801	$\Delta p_{fan}; ETA; nom$	Pa	600,0
Funcție de dependență a randamentului ventilatorului de introducere/extragere, de debitul volumic, rezultat din datele producătorului, furnizate conform SR EN ISO 5801	$f\eta(qV)$	-	0,728
Funcție de dependență a randamentului ventilatorului de introducere/extragere, de debitul volumic, rezultat din datele producătorului, furnizate conform SR EN ISO 5801	$f\eta(qV)$	-	0,714
Funcție de dependență a diferenței de presiunea ventilatorului de introducere/extragere, de debitul volumic, rezultat din datele producătorului, furnizate conform SR EN ISO 5801	$f\Delta p(qV)$	-	1,240
Funcție de dependență a diferenței de presiunea ventilatorului de introducere/extragere, de debitul volumic, rezultat din datele producătorului, furnizate conform SR EN ISO 5801	$f\Delta p(qV)$	-	1,247
Suprafața CTA de introducere	$A_{ahu}; SUP$	m ²	35
Transmitanță pentru pierderile de căldură ale CTA de introducere	$U_{ahu}; SUP$	kW/m ² K	0,0005
Suprafața a CTA extras	$A_{ahu}; ETA$	m ²	35
Coeficient de pierderi termice ale CTA extras	$U_{ahu}; ETA$	kW/m ² K	0,0005
Putere maximă de transfer de căldură a dispozitivului de recuperare a căldurii	$\Phi_{hr}; max$	kW	0,50

Denumire	Simbol	UM	Valoare
Viteză maximă de rotație a dispozitivului de recuperare a căldurii, rotativ	nrot;max	min-1	20
Putere de antrenare a rotorului, la viteza maximă de rotație	Phr;rot;max	kW	0,05
Putere absorbită de pompă, relativă la debitul volumic transportat, la viteză maximă	pel;hr;pu;max	kWh/m3	0,00001
Factor minim de sarcină parțială a recuperării de căldură	fpl;hr;min	-	0,00001
Eficiență a umidificatorului cu răcire adiabatică	η_{hu} ;ac	-	0,9
Consum de putere electrică a dispozitivelor de reglare (senzori, dispozitive de acționare, reglatoare)	ΣPel ;V;ctrl	kW	0,1
Debit volumic de aer de proiectare al sistemului de umidificare	qV;SUP;HU;des	m3/h	5000
Consum de energie specific al pompei de umidificare, raportat la debitul volumic	pel;HU;des	kWh/m3	2,00E-04
Debit masic de apă evaporată, de proiectare, al umidificatorului	qm;w;HU,des	kg/h	13,5
Date de proiectare ale sistemului			
Date de Proiectare			
Poziționarea ventilatorului de introducere	SUP_FAN_LOC		UP_HR
Poziționarea ventilatorului de evacuare/extragere	ETA_FAN_LOC		UP_HR
Poziționarea motorului ventilatorului	FAN_MOT_LOC		OUTS_AIR
Tip de sistem pentru calculul energiei unui ventilator cu debit volumic de aer variabil	SYS_TYPE		SINGLE_ZONE
Amplasare CTA	AHU_LOC		NC
Coeficient de transfer termic al conductei de introducere către mediul înconjurător necondiționat	Hdu;SUP;nc	kW/K	0,01
Coeficient de transfer termic al conductei de introducere către o zonă termică condiționată specifică i	Hdu;SUP;zt;i	kW/K	0,01

Denumire	Simbol	UM	Valoare
Coeficient de transfer termic al conductei de extragere către mediul înconjurător necondiționat	Hdu;ETA;nc	kW/K	0,01
Debit volumic maxim de aer de introducere necesar, de proiectare, pentru zona ventilată i	qV;SUP;dis;zv;max;des;i	m ³ /h	2000,00
Debit volumic de aer exterior de introducere de proiectare pentru zona ventilată i	qV;ODA;zv;req;des;i	m ³ /h	2000,00
Număr de zone ventilate	nzv	-	1
Punct de reglare a temperaturii aerului de introducere (pentru reglarea temperaturii de introducere constantă)	θSUP;set	°C	18
Punct de reglare a temperaturii maxime a aerului de introducere pentru opțiunea de reglare ODA COMP	θSUP;set;max	°C	23
Punct de reglare a temperaturii minime a aerului de introducere pentru opțiunea de reglare ODA COMP	θSUP;set;min	°C	19
Factor de pantă pentru opțiunea de reglare ODA COMP	fe	-	-0,4
Compensare de temperatură pentru opțiunea de reglare ODA COMP	Δθoff	K	29
Viteza aerului de proiectare, pentru unitatea de recuperare a căldurii	vhr;des	m/s	3,5
Limita 1 de temperatură a aerului exterior pentru calculul unei operații de dezgheț	θe;lim1	°C	-10
Limita 2 de temperatură a aerului exterior pentru calculul unei operații de dezgheț	θe;lim2	°C	-5
Limita de temperatură a aerului evacuat după recuperarea căldurii	θEHA;hr;lim	°C	-5
Diferență de presiune de proiectare, pentru ventilatorul de introducere	ΔpSUP;des	Pa	600
Diferență de presiune de proiectare, pentru ventilatorul de extragere	ΔpETA;des	Pa	600

Denumire	Simbol	UM	Valoare
Pierdere de sarcină în dispozitivul de recuperare a căldurii pe circuitul de aer de introducere și extragere, în condiții de proiectare	$\Delta p_{SUP+ETA;des;hr}$	Pa	500
Parte reglată a diferenței de presiune de introducere de proiectare	$f\Delta p;SUP;ctrl$	-	0,8
Parte reglată a diferenței de presiune de extragere de proiectare	$f\Delta p;ETA;ctrl$	-	0,8
Date privind reglarea			
Reglare a debitului volumic	AIR_FLOW_CTRL		VARIABLE
Reglare de temperatură a aerului introdus	SUP_TEMP_CTRL		ODA_COMP
Reglarea aerului recirculat	RCA_CTRL		ZONE_BASED
Reglarea recuperării de căldură	HEAT_REC_CTRL		SPEED
Reglarea protecției contra înghețului	DEFR_CTRL		INDIRECT
Reglarea ventilatorului	FAN_CTRL		-
Reglarea umidificatorului	HUM_CTRL		ON_OFF
Constante			
Presiunea atmosferică	patm	Pa	101325
Densitatea aerului	ρ_a	kg/m ³	1,204
Căldura specifică a aerului la presiune constantă	ca	kWh/(kg K)	0,00028
Căldura latentă de vaporizare a apei	rw	kWh/kg	0,68
Corecții ale densității			
Altitudine deasupra nivelului mării	h	m	400
Densitatea aerului la altitudinea h deasupra nivelului mării	ρ_a	kg/m ³	1,158

Etape de calcul : A – Calculul energetic al distribuției aerului
B – Calculul energetic al generării (pentru toate echipamentele din CTA)

Tabel 3.5 Desfășurarea calculului

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
A. CALCULUL DISTRIBUȚIEI –					
<i>A.1. Calculul condițiilor de funcționare. Calcul detaliat</i>					
Debitele volumice necesar a fi furnizate de centrala de tratare a aerului, sistemului de conducte de distribuție	$q_{V;SUP;dis;in;req}$	m ³ /h	2448	(4a)/ (3.81)	$q_{V;SUP;dis;in;req} = \sum_i (f_{lea;du;SUP} \cdot q_{V;SUP;dis;zv;req;i})$
Debitele volumice necesar a fi furnizate de centrala de tratare a aerului, sistemului de conducte de distribuție	$q_{V;ETA;dis;out;req}$	m ³ /h	2448	(5a)/ (3.82)	$q_{V;ETA;dis;out;req} = - \sum_i (f_{lea;du;ETA} \cdot q_{V;ETA;dis;zv;req;i})$
Debitul volumic de aer de introducere care intră într-o zonă ventilată specifică i deservită de sistem	$q_{V;SUP;dis;zv;i}$	m ³ /h	2400	(6)/ (3.83)	$q_{V;SUP;dis;zv;i} = q_{V;SUP;dis;in} \cdot \frac{q_{V;SUP;dis;zv;req;i}}{q_{V;SUP;dis;in;req}}$
Debitul volumic de aer extras dintr-o zonă ventilată specifică i deservită de sistem	$q_{V;ETA;dis;zv;i}$	m ³ /h	2400	(7)/ (3.84)	$q_{V;ETA;dis;zv;i} = -q_{V;ETA;dis;out} \cdot \frac{q_{V;ETA;dis;zv;req;i}}{q_{V;ETA;dis;out;req}}$
Debitul volumic de scurgeri, de aer de introducere, care intră în zona specifică i	$q_{V;lea;SUP;dis;zv;i}$	m ³ /h	48,0	(8)/ (3.85)	$q_{V;lea;SUP;dis;zv;i} = (f_{lea;du;zv} - 1) \cdot q_{V;SUP;dis;zv;i}$
Debitul volumic de scurgeri de aer extras din zona specifică i	$q_{V;lea;ETA;dis;zv;i}$	m ³ /h	48,0	(9)/ (3.86)	$q_{V;lea;ETA;dis;zv;i} = (f_{lea;du;zv} - 1) \cdot q_{V;ETA;dis;zv;i}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Debitul volumic de scurgeri care pătrunde în spațiul necondiționat	$q_{V,lea;dis;nc}$	m ³ /h	48,96	(10)/ (3.87)	$q_{V,lea;dis;nc} = (f_{lea;du;nc} - 1) \cdot q_{V;SUP;dis;in}$
Factorul maxim de sarcină parțială a debitului volumic de aer pentru o zonă	$f_{V,max}$	-	1,20	(11a)/ (3.88)	$f_{V,max} = \max_i \left(\frac{q_{V;SUP;dis;zv;i}}{q_{V;SUP;dis;zv;max;des;i}} \right)$
<i>Calcul simplificat</i>					
Debitele volumice ce trebuie furnizate de centrala de tratare a aerului, necesare în conductele de distribuție	$q_{V;SUP;dis;in;req}$	m ³ /h	-	(4b)/ (3.89)	$q_{V;SUP;dis;in;req} = f_{pl} \cdot q_{V;SUP;ahu;nom}$
Debitele volumice ce trebuie furnizate de centrala de tratare a aerului, necesare în conductele de distribuție	$q_{V;ETA;dis;out;req}$	m ³ /h	-	(5b)/ (3.90)	$q_{V;ETA;dis;out;req} = f_{pl} \cdot q_{V;ETA;ahu;nom}$
Factorul maxim de sarcină parțială a debitelor volumice de aer din zonă	$f_{V,max}$	-	-	(11b)/ (3.91)	$f_{V,max} = f_{pl} + \Delta f_V$
Variația de temperatură și umiditate a aerului în rețeaua de conducte					
Temperatura aerului de introducere cerută este modificată în conductă	$\vartheta_{SUP;dis;in;req}$	°C	20,9	(12)	$\vartheta_{SUP;dis;in;req} = \vartheta_{SUP;req;zv} + \sum_j \Delta \vartheta_{SUP;du;nc,j} + \sum_k \Delta \vartheta_{SUP;du;cnd,k}$
Temperatura aerului reală de introducere este modificată în conductă	$\vartheta_{SUP;dis,out}$	°C	33,1	(13)	$\vartheta_{SUP;dis,out} = \vartheta_{SUP;dis,in} - \sum_j \Delta \vartheta_{SUP;du;nc,j} - \sum_{i,k} \Delta \vartheta_{SUP;du;k,zt,i}$
Căderea de temperatură datorată pierderilor termice în conducta de introducere, către spațiul necondiționat	$\Delta \vartheta_{SUP;du;nc}$	°C	-0,088	(14)	$\Delta \vartheta_{SUP;du;nc,j} = (\vartheta_{SUP;du;in,j} - \vartheta_{sur;nc}) \left(1 - e^{-\frac{H_{du;SUP;nc,j}}{(\rho c)_a \cdot q_{V;SUP;dis;in}}} \right)$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Căderea de temperatură datorată pierderilor termice în conducta de introducere, către o zonă condiționată	$\Delta \vartheta_{SUP;du;cnd}$	°C	-0,062	(15)	$\Delta \vartheta_{SUP;du,k;zt,i} = (\vartheta_{SUP;du;in,k} - \vartheta_{IDA;zt,i}) \left(1 - e^{-\frac{H_{du;SUP,k;zt,i}}{(\rho c)_a \cdot \dot{Q}_{V;SUP;dis;in}}} \right)$
Conținutul de umiditate real al aerului de introducere	$x_{SUP,dis,out}$	kg/kg aer uscat	0,00946	(16)	$x_{SUP,dis,out} = x_{SUP,dis,in}$
Conținutul de umiditate cerut al aerului de introducere	$x_{SUP,dis,in;min;req}$	kg/kg aer uscat	0,007	(17)	$x_{SUP,dis,in;req} = x_{SUP,dis,out;req}$
Conținutul de umiditate cerut al aerului de introducere	$x_{SUP,dis,in;max;req}$	kg/kg aer uscat	0,011	(17)	$x_{SUP,dis,in;req} = x_{SUP,dis,out;req}$
Temperatura aerului extras	$\vartheta_{ETA,dis,out}$	°C	21,05	(18)	$\vartheta_{ETA;dis,out} = \frac{1}{f_{lea;du}} \cdot \vartheta_{ETA;zv} + \frac{f_{lea;du} - 1}{f_{lea;du}} \cdot \vartheta_{sur;nc} + \Delta \vartheta_{du,ETA}$
Diferența de temperatură datorată pierderilor termice în conducta de extragere către spațiul necondiționat	$\Delta \vartheta_{du,ETA}$	K	-0,088	(19)	$\Delta \vartheta_{du,ETA} = (\vartheta_{ETA;zv} - \vartheta_{sur;nc}) \left(1 - e^{-\frac{H_{du,ETA,nc}}{(\rho c)_a \cdot \dot{Q}_{ETA;dir,out}}} \right)$
Conținutul de umiditate al aerului extras	$x_{ETA,dis,out}$	kg/kg aer uscat	0,01326	(20)	$x_{ETA,dis,out} = x_{ETA,zv} + (f_{lea,du} - 1) \cdot x_{sur;nc}$
A.2. Calculul energetic Pierderi termice pe distribuție					

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Pierderile termice în rețelele de conducte	Q _{ls,V,dis}	kWh	-0,00313	(21)/ (3.92)	$Q_{V;ls;dis} = \rho_a \cdot c_a \cdot \left[q_{V;SUP;dis;in} \cdot \left(\Delta \vartheta_{SUP;du;nc} + \sum_i \Delta \vartheta_{SUP;du;zt;i} \right) + q_{V;ETA;dis;out} \cdot \Delta \vartheta_{ETA;du} \right. \\ \left. + \sum_j q_{V;SUP;lea;du;zv;j} \cdot (\vartheta_{SUP;dis;in} - \vartheta_{IDA;zv;j}) + q_{V;lea;dis;nc} \cdot (\vartheta_{SUP;dis;in} - \vartheta_{sur;nc}) \right] \cdot t_{ci}$
Pierderi de căldura recuperabile pe distribuție					
Pierderile termice recuperabile provenind din rețeaua de conducte, către o zonă termică specifică i	Q _{ls,V,dis;rbl;zt;i}	kWh	-0,4520	(22)/ (3.93)	$Q_{V;ls;dis;rbl;zt;i} = [q_{V;SUP;zt;i} \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot \Delta \vartheta_{SUP;du;ncd} + q_{V;SUP;lea;du;zt;i} \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot (\vartheta_{SUP;dis;in} - \vartheta_{IDA;zt;i})] \cdot t_{ci}$
B. CALCUL AL GENERĂRII –					
<i>B.1. Calculul condițiilor de funcționare</i>					
<i>Debite de aer în CTA</i>					
Debitul volumic de aer introdus (nicio reglare debit volumic, funcționare continuă)	q _{V;SUP;dis;in}	m ³ /h	-	(23a)	q _{V;SUP;dis;in} = q _{V;SUP;ahu;nom}
Debitul volumic de aer introdus (reglarea debitului volumic în funcție de timp, funcționare continuă în perioada de ocupare)	q _{V;SUP;dis;in}	m ³ /h	-	(23b)	q _{V;SUP;dis;in} = f _{op;V} · q _{V;SUP;ahu;nom}
Debitul volumic de aer introdus (reglare multi-nivel, debitul volumic variabil)	q _{V;SUP;dis;in}	m ³ /h	-	(23c)	dacă q _{V;SUP;dis;in;req} < q _{V;SUP;ahu;st1} : q _{V;SUP;dis;in} = f _{op;V} × q _{V;SUP;ahu;st1}
	q _{V;SUP;dis;in}				altfel dacă q _{V;SUP;dis;in;req} < q _{V;SUP;ahu;st2} : q _{V;SUP;dis;in} = f _{op;V} × q _{V;SUP;ahu;st2}

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Debitul volumic de aer introdus (reglare debitul volumic variabil continuu)	$q_{V;SUP;dis,in}$	m ³ /h	2448	(23d)	$q_{V;SUP;dis,in} = f_{op;V} \cdot q_{V;SUP;dis,in;req}$
Debitul volumic de aer extras (fără reglare)	$q_{V;ETA;dis,out}$	m ³ /h	-	(24a)	$q_{V;ETA;dis,out} = q_{V;ETA;ahu,nom}$
Debitul volumic de aer extras (reglare ON/OFF)	$q_{V;ETA;dis,out}$	m ³ /h	-	(24b)	$q_{V;ETA;dis,out} = f_{op;V} \cdot q_{V;ETA;ahu,nom}$
Debitul volumic de aer extras (reglare multi-nivel, debit volumic variabil)	$q_{V;ETA;dis,out}$	m ³ /h	-	(24c)	dacă $q_{V;ETA;dis,out;req} < q_{V;ETA;ahu,st1}$: $q_{V;ETA;dis,out} = f_{op;V} \times q_{V;ETA;ahu,st1}$
	$q_{V;ETA;dis,out}$				altfel dacă $q_{V;ETA;dis,out;req} < q_{V;ETA;ahu,st2}$: $q_{V;ETA;dis,out} = f_{op;V} \times q_{V;ETA;ahu,st2}$
Debitul volumic de aer extras (variabil)	$q_{V;ETA;dis,out}$	m ³ /h	2448	(24d)	$q_{V;ETA;dis,out} = f_{op;V} \cdot q_{V;ETA;dis,out;req}$
Debitul de aer transportat de ventilatorul de introducere în CTA	$q_{v;SUP;ahu}$	m ³ /h	2647,76	(25)	$q_{v;SUP;ahu} = f_{lea;ahu;SUP} \cdot f_{lea;hr;SUP} \cdot q_{v;SUP;dis,in}$
Debitul de aer transportat de ventilatorul de extragere în CTA	$q_{v;ETA;ahu}$	m ³ /h	2545,92	(26)	$q_{v;ETA;ahu} = f_{lea;ahu;ETA} \cdot f_{lea;hr;ETA} \cdot q_{v;ETA;dis,out}$
Debitul de scurgeri de aer de introducere	$q_{v;lea;ahu;SUP}$	m ³ /h	97,92	(27)	$q_{v;lea;ahu;SUP} = (f_{lea;ahu;SUP} - 1) \cdot q_{v;SUP;dis,in}$
Debitul de scurgeri de aer de extragere	$q_{v;lea;ahu;ETA}$	m ³ /h	97,92	(28)	$q_{v;lea;ahu;ETA} = (f_{lea;ahu;ETA} - 1) \cdot q_{v;ETA;dis,out}$
<i>Reglarea temperaturii aerului introdus</i>					

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Temperatura aerului introdus (temperatură de introducere constantă)	$\vartheta_{\text{SUP;ahu;req}}$	°C	-	(29a)	$\vartheta_{\text{SUP;ahu;req}} = \vartheta_{\text{SUP;set}} - \Delta\vartheta_{\text{fan;SUP}}$
Temperatura aerului introdus (punct de reglare variabil cu compensare a temperaturii exterioare)	$\vartheta_{\text{SUP;ahu;req}}$	°C	18,834	(29b)	$\vartheta_{\text{SUP;ahu;req}} = \min[\vartheta_{\text{SUP;set;max}}; \max(\vartheta_{\text{SUP;set;min}}; \vartheta_{\text{e}} + \Delta\vartheta_{\text{off}})] - \Delta\vartheta_{\text{fan;SUP}}$
Temperatura aerului introdus (punct de reglare variabil și compensare care depinde de sarcină)	$\vartheta_{\text{SUP;ahu;req}}$	°C	-	(29c)	$\vartheta_{\text{SUP;ahu;req}} = \vartheta_{\text{SUP;dis,in;req}} - \Delta\vartheta_{\text{fan;SUP}}$
<i>Creșterea de temperatură în ventilator</i>					
Creșterea temperaturii aerului în ventilator, pentru sisteme conform SR EN 13141	$\Delta\vartheta_{\text{fan;SUP}}$	K	-	(30a)/	$\Delta\vartheta_{\text{fan;SUP/ETA}} = 0$
	$\Delta\vartheta_{\text{fan;ETA}}$		-	(3.51)	$\Delta\vartheta_{\text{fan;SUP/ETA}} = 0$
Creșterea temperaturii aerului în ventilator, alte sisteme	$\Delta\vartheta_{\text{fan;SUP}}$	K	0,17	(30b)/	$\Delta\vartheta_{\text{fan;SUP/ETA}} = \frac{\Delta p_{\text{fan;SUP/ETA}} \cdot f_{\text{fan;rd}}}{\rho_a \cdot c_a \cdot \eta_{\text{fan;SUP/ETA}}} \times 3,6 \times 10^6$
	$\Delta\vartheta_{\text{fan;ETA}}$		0,16	(3.52)	$\Delta\vartheta_{\text{fan;SUP/ETA}} = \frac{\Delta p_{\text{fan;SUP/ETA}} \cdot f_{\text{fan;rd}}}{\rho_a \cdot c_a \cdot \eta_{\text{fan;SUP/ETA}}} \times 3,6 \times 10^6$
Temperatura aerului după ventilatorul de extragere (dacă ETA_FAN_LOC = UP_HR)	$\vartheta_{\text{ETA;hr;in}}$	°C	21,21	(31a)/ (3.53)	$\vartheta_{\text{ETA;hr;in}} = \vartheta_{\text{ETA;dis;out}} + \Delta\vartheta_{\text{fan;ETA}}$
Temperatura aerului după ventilatorul de extragere (dacă nu)	$\vartheta_{\text{ETA;hr;in}}$	°C	-	(31b)/ (3.54)	$\vartheta_{\text{ETA;hr;in}} = \vartheta_{\text{ETA;dis;out}}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
<i>Preîncălzire și prerăcire a aerului prin sol</i>					
Temperatura aerului după preîncălzirea din sol, dacă SUP_FAN_LOC = UP_HR, dacă GND_PREH_CTRL = NONE sau SUP_TEMP_CTRL = NO_CTRL	$\vartheta_{ODA;preh}$	°C	33,366	(32a)	$\vartheta_{ODA;preh} = \vartheta_e + \Delta\vartheta_{gnd} + \Delta\vartheta_{ODA;du} + \Delta\vartheta_{fan;SUP}$
Temperatura aerului după preîncălzirea din sol, dacă SUP_FAN_LOC = UP_HR, dacă nu, și dacă $\vartheta_{SUP;ahu;req} > \vartheta_e$	$\vartheta_{ODA;preh}$	°C	-	(32b)	$\vartheta_{ODA;preh} = \min(\vartheta_{SUP;ahu;req}; \vartheta_e + \Delta\vartheta_{gnd} + \Delta\vartheta_{ODA;du} + \Delta\vartheta_{fan;SUP})$
Temperatura aerului după preîncălzirea din sol, dacă SUP_FAN_LOC = UP_HR, dacă nu	$\vartheta_{ODA;preh}$	°C	-	(32c)	$\vartheta_{ODA;preh} = \max(\vartheta_{SUP;ahu;req}; \vartheta_e + \Delta\vartheta_{gnd} + \Delta\vartheta_{ODA;du} + \Delta\vartheta_{fan;SUP})$
Temperatura aerului după preîncălzirea din sol (dacă nu, dacă GND_PREH_CTRL = NONE sau SUP_TEMP_CTRL = NO_CTRL)	$\vartheta_{ODA;preh}$	°C	-	(32d)	$\vartheta_{ODA;preh} = \vartheta_e + \Delta\vartheta_{gnd} + \Delta\vartheta_{ODA;du}$
Temperatura aerului după preîncălzirea din sol, dacă nu, dacă $\vartheta_{SUP;ahu;req} > \vartheta_e$	$\vartheta_{ODA;preh}$	°C	-	(32e)	$\vartheta_{ODA;preh} = \min(\vartheta_{SUP;ahu;req}; \vartheta_e + \Delta\vartheta_{gnd} + \Delta\vartheta_{ODA;du})$
Temperatura aerului după preîncălzirea din sol, dacă nu,	$\vartheta_{ODA;preh}$	°C	-	(32f)	$\vartheta_{ODA;preh} = \max(\vartheta_{SUP;ahu;req}; \vartheta_e + \Delta\vartheta_{gnd} + \Delta\vartheta_{ODA;du})$
Continutul de umiditate al aerului după preîncălzirea din sol	$x_{ODA;preh}$	kg/kg aer uscat	0,01229	(33)	$x_{ODA;preh} = x_e + \Delta x_{gnd} + \Delta x_{ODA;du}$
<i>Recirculare</i>					

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Temperatura aerului introdus cerută după recuperarea de căldură (dacă RCA_CTRL = FIX)	$\vartheta_{SUP;hr;req}$	°C	-	(34a)	$\vartheta_{SUP;hr;req} = \frac{\vartheta_{SUP;ahu;req} - (1 - f_{ODA;min}) \cdot \vartheta_{ETA;hr;in}}{f_{ODA;min}}$
Temperatura aerului introdus cerută după recuperarea de căldură (altfel dacă SUP_AIR_TEMP_CTRL = NO_CTRL)	$\vartheta_{SUP;hr;req}$	°C	-	(34b)	$\vartheta_{SUP;hr;req} = [1 - (1 - \eta_{hr}) \cdot f_{ODA;min}] \cdot \vartheta_{ETA;hr;in} + f_{ODA;min} \cdot (1 - \eta_{hr}) \cdot \vartheta_{ODA;preh}$
Temperatura aerului introdus cerută după recuperarea de căldură (altfel dacă $\vartheta_{ODA;preh} < \vartheta_{ETA;hr;in}$ and $\vartheta_{ODA;preh} < \vartheta_{SUP;ahu;req}$)	$\vartheta_{SUP;hr;req}$	°C	-	(34c)	$\vartheta_{SUP;hr;req} = \min\{\vartheta_{SUP;ahu;req}; [1 - (1 - \eta_{hr}) \cdot f_{ODA;min}] \cdot \vartheta_{ETA;hr;in} + f_{ODA;min} \cdot (1 - \eta_{hr}) \cdot \vartheta_{ODA;preh}\}$
Temperatura aerului introdus cerută după recuperarea de căldură (altfel dacă $\vartheta_{ODA;preh} > \vartheta_{ETA;hr;in}$ and $\vartheta_{ODA;preh} > \vartheta_{SUP;ahu;req}$)	$\vartheta_{SUP;hr;req}$	°C	24,405	(34d)	$\vartheta_{SUP;hr;req} = \max\{\vartheta_{SUP;ahu;req}; [1 - (1 - \eta_{hr}) \cdot f_{ODA;min}] \cdot \vartheta_{ETA;hr;in} + f_{ODA;min} \cdot (1 - \eta_{hr}) \cdot \vartheta_{ODA;preh}\}$
Temperatura aerului introdus cerută după recuperarea de căldură (altfel)	$\vartheta_{SUP;hr;req}$	°C	-	(34e)	$\vartheta_{SUP;hr;req} = \vartheta_{ODA;preh}$
Fracția minimă de aer exterior (dacă RCA_CTRL = VARIABLE)	$f_{ODA;min}$	-	1	(35a)	$f_{ODA;min} = \min \left[f_{ODA;hr}; \max_i \left(\frac{q_{V;ODA;zv;req;i}}{q_{V;SUP;dis;zv;i}} \right) \right]$
Fracția minimă de aer exterior (altfel dacă RCA_CTRL = FIX)	$f_{ODA;min}$	-	-	(35b)	$f_{ODA;min} = \min \left[f_{ODA;hr}; \left(\frac{\sum q_{V;ODA;zv;req;des;i}}{q_{V;SUP;ahu;nom}} \right) \right]$
Fracția minimă de aer exterior (altfel)	$f_{ODA;min}$	-	-	(35c)	$f_{ODA;min} = f_{ODA;hr}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Temperatura aerului introdus după recirculare (Dacă HEAT_REC_CTRL = NO_CTRL or SUP_AIR_TEMP_CTRL = NO_CTRL)	$\vartheta_{SUP;RCA}$	°C	-	(36a)	$\vartheta_{SUP;RCA} = (1 - f_{ODA;min}) \cdot \vartheta_{ETA;hr;in} + f_{ODA;min} \cdot \vartheta_{SUP;hr}$
Temperatura aerului introdus după recirculare (altfel)	$\vartheta_{SUP;RCA}$	°C	24,405	(36b)	$\vartheta_{SUP;RCA} = \vartheta_{SUP;hr;req}$
Conținutul de umiditate al aerului introdus după recirculare	$x_{SUP;RCA}$	kg/kg	0,01215	(37)	$x_{SUP;RCA} = (1 - f_{ODA}) \cdot x_{ETA;hr;in} + f_{ODA} \cdot x_{SUP;hr}$
Fracția de aer exterior pt intervalul de calcul considerat	f_{ODA}	-	-	(38a)	dacă $\vartheta_{SUP;hr} = \vartheta_{ETA;hr;in}$ $f_{ODA} = 1$
Fracția de aer exterior pt intervalul de calcul considerat	f_{ODA}	-	1	(38b)	altfel $f_{ODA} = \max \left[f_{ODA;min} ; \min \left(f_{ODA;hr} ; \frac{\vartheta_{SUP;RCA} - \vartheta_{ETA;hr;in}}{\vartheta_{SUP;hr} - \vartheta_{ETA;hr;in}} \right) \right]$
<i>Recuperare de căldură</i>					
Temperatura aerului de introducere după recuperarea de căldură (fără reglarea recuperării de căldură)	$\vartheta_{SUP;hr}$	°C	-	(39a)	$\vartheta_{SUP;hr} = \vartheta_{ODA;preh} + \eta_{hr} (\vartheta_{ETA;hr;in} - \vartheta_{ODA;preh})$
Temperatura aerului de introducere după recuperarea de căldură (altfel dacă $\vartheta_{ODA;preh} < \vartheta_{ETA;hr;in}$ and $\vartheta_{ODA;preh} < \vartheta_{SUP;ahu;req}$)	$\vartheta_{SUP;hr}$	°C	-	(39b)	$\vartheta_{SUP;hr} = \min[\vartheta_{SUP;hr;lim} ; \vartheta_{ODA;preh} + \eta_{hr} (\vartheta_{ETA;hr;in} - \vartheta_{ODA;fp})]$
Temperatura aerului de introducere după recuperarea de căldură	$\vartheta_{SUP;hr}$	°C	24,405	(39c)	$\vartheta_{SUP;hr} = \max[\vartheta_{SUP;hr;req} ; \vartheta_{ODA;preh} + \eta_{hr} (\vartheta_{ETA;hr;in} - \vartheta_{ODA;fp})]$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
(altfel dacă $\vartheta_{ODA;preh} > \vartheta_{ETA;hr;in}$ and $\vartheta_{ODA;preh} > \vartheta_{SUP;ahu;fp}$)					
Temperatura aerului de introducere după recuperarea de căldură (altfel)	$\vartheta_{SUP;hr}$	°C	-	(39d)	$\vartheta_{SUP;hr} = \vartheta_{ODA;fp}$
Eficiența recuperării căldurii (ca temperatură)	η_{hr}	-	0,737	(40)	$\eta_{hr} = \eta_{hr,nom} \cdot f_q \cdot f_v \cdot f_n$
Factorul de corecție al raportului de debit masic diferit de 1	f_q	-	0,984	(41)	$f_q = \left(\frac{q_{V;ETA;ahu} - q_{V;SUP;ahu}}{q_{V;SUP;ahu} \cdot f_{ODA,min}} + 1 \right)^{0.4}$
Factor de corecție a vitezei aerului	f_v	-	1,113	(42)	$f_v = C1 (v_{hr;eff} - v_{hr,nom}) + C2$
Viteza aerului	$v_{hr;eff}$	m/s	1,85	(43)	$v_{hr;eff} = \frac{v_{hr;des} \cdot q_{V;SUP;ahu} \cdot f_{ODA,min}}{q_{V;SUP;hr,nom}}$
Conținutul de umiditate al aerului de introducere după recuperarea de căldură	$x_{SUP;hr}$	kg/kg aer uscat	0,01215	(44)	$x_{SUP;hr} = x_{ODA;preh} + \eta_{xr} (x_{ETA;hr;in} - x_{ODA;preh})$
Eficiența recuperării de umiditate a schimbătoarelor de căldură rotative	η_{xr}	-	-0,145	(45a)	$\eta_{xr} = \eta_{xr,nom} \cdot f_{\Delta x;x} \cdot f_{q;x} \cdot f_{v;x} \cdot f_{n;x}$
Eficiența recuperării de umiditate a schimbătoarelor de căldură, dacă HEAT_REC_TYPE = OTHER	η_{xr}	-	-	(45b)	$\eta_{xr} = \eta_{xr,nom} \cdot f_{xr;other}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Eficiența recuperării de umiditate a schimbătoarelor de căldură, dacă nu	η_{xr}	-	-	(45c)	$\eta_{xr} = 0$
Protecție la îngheț					
Efectul de protecție la îngheț la recuperatorul de căldură, dacă DEFR_CTRL = DIRECT	η_{hr}	-	-	(46)	dacă $\vartheta_e < \vartheta_{e,lim1}$: $\eta_{hr} = \varepsilon_D; -15$
	η_{hr}		-		altfel dacă $\vartheta_e < \vartheta_{e,lim2}$: $\eta_{hr} = \varepsilon_D; -7$
	η_{hr}		-		altfel $\eta_{hr} = \eta_{hr}$
	$\vartheta_{ODA;fp}$	°C	-	(47a)	$\vartheta_{ODA;fp} = \vartheta_{ODA;preh}$
	$\vartheta_{SUP;hr;lim}$	°C	-	(48a)	$\vartheta_{SUP;hr;lim} = \vartheta_{SUP;hr;req}$
Efectul de protecție la îngheț pentru aerul exterior, dacă DEFR_CTRL = INDIRECT, dacă DEFR_TYPE = PREH	$\vartheta_{ODA;fp}$	°C	33,366	(47b)	$\vartheta_{ODA;fp} = \vartheta_{SUP;hr;req} - \frac{\Delta \vartheta_{ETA;hr} \cdot q_{V;SUP;ahu} \cdot f_{ODA;min}}{q_{V;ETA;ahu} - q_{V;SUP;ahu} \cdot (1 - f_{ODA;min})}$
Efectul de protecție la îngheț pentru aerul exterior, dacă DEFR_CTRL = INDIRECT, dacă DEFR_TYPE = PREH	$\vartheta_{SUP;hr;lim}$	°C	24,405	(48b)	$\vartheta_{SUP;hr;lim} = \vartheta_{SUP;hr;req}$
Efectul de protecție la îngheț pentru aerul exterior, dacă DEFR_CTRL = INDIRECT, altfel	$\vartheta_{ODA;fp}$	°C	-	(47c)	$\vartheta_{ODA;fp} = \vartheta_{ODA;preh}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Efectul de protecție la îngheț pentru aerul exterior, dacă DEFR_CTRL = INDIRECT, altfel	$\vartheta_{SUP;hr;lim}$	°C	-	(48c)	$\vartheta_{SUP;hr;lim} = \vartheta_{ODA;preh} + \frac{\Delta \vartheta_{ETA;hr} \cdot q_{V;SUP;ahu} \cdot f_{ODA;min}}{q_{V;ETA;ahu} - q_{V;SUP;ahu} \cdot (1 - f_{ODA;min})}$
Diferența maximă de temperatură la recuperatorul de căldură	$\Delta \vartheta_{ETA;hr}$	K	26,21	(49)	$\Delta \vartheta_{ETA;hr} = \max(0; \vartheta_{ETA;hr;in} - \vartheta_{EHA;hr;lim})$
<i>Răcire adiabatică</i>					
Temperatura aerului recirculat introdus	$\vartheta_{SUP;RCA}$	°C	18,834	(50)	$\vartheta_{SUP;RCA} = \min(\vartheta_{SUP;ahu;req}; \vartheta_{SUP;hr})$
Temperatura aerului extras care intră în recuperatorul de căldură	$\vartheta_{ETA;hr;in}$	°C	21,005	(51)	$\vartheta_{ETA;hr;in} = \max \left[\frac{\vartheta_{SUP;dis;in;req} - \vartheta_{ODA;preh}}{\eta_{hr}} + \vartheta_{ODA;preh}; \vartheta_{ETA;dis;out} - \eta_{hu;ac} (\vartheta_{ETA;dis;out} - \vartheta_{wb;ETA;dis;out}) \right]$
Conținutul de umiditate al aerului extras care intră în recuperatorul de căldură	$x_{ETA;hr;in}$	kg/kg aer uscat	0,01326	(52)	$x_{ETA;hr;in} = x_{ETA;dis;out} + \frac{(x_{wb;ETA;dis;out} - x_{ETA;dis;out})(\vartheta_{ETA;dis;out} - \vartheta_{ETA;hr;in})}{\vartheta_{ETA;dis;out} - \vartheta_{wb;ETA;dis;out}}$
<i>Răcire și dezumidificare</i>					
Temperatura necesară a aerului de introducere, după bateria de răcire, în intervalul de calcul considerat Dacă SUP_AIR_TEMP_CTRL = NO_CTRL	$\vartheta_{SUP;C;req}$	°C	-	(53a)	$\vartheta_{SUP;C;req} = \vartheta_{SUP;RCA}$
Temperatura necesară a aerului de introducere, după bateria de răcire, în intervalul de calcul considerat, altfel	$\vartheta_{SUP;C;req}$	°C	16,098	(53b)	$\vartheta_{SUP;C;req} = \min(\vartheta_{SUP;DHU;req}; \vartheta_{SUP;ahu;req}; \vartheta_{SUP;RCA})$
Conținutul de umiditate al aerului de introducere, după bateria de răcire, în intervalul de calcul considerat	$x_{SUP;C;req}$	kg/kg aer uscat	0,011	(54)	$x_{SUP;C;req} = \min(x_{SUP;dis;in;req}; x_{SUP;RCA} - \Delta x_C)$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Diferența de conținut de umiditate datorată unei dezumidificări nereglate în bateria de răcire	Δx_C	kg/kg aer uscat	0,00115	(55)	$\Delta x_C = \max[0; (x_{SUP;RCA} - x_{C;coil;req}) \cdot (1 - f_{C;bp})]$
Conținutul de umiditate necesar la suprafața bateriei de răcire	$x_{C;coil;req}$	kg/kg aer uscat	0,01087	(56)	$x_{C;coil;req} = e^{\frac{C_{C1} - C_{C2}}{g_{C;coil;req} + C_{C3}}}$
Temperatura pe suprafața bateriei, necesară pentru răcire	$g_{C;coil;req}$	°C	15,175	(57)	$g_{C;coil;req} = \frac{g_{SUP;C;req} - f_{C;bp} \cdot g_{SUP;RCA}}{1 - f_{C;bp}}$
Conținutul de umiditate la suprafața bateriei, necesar pentru dezumidificare	$x_{DHU;coil}$	kg/kg aer uscat	0,01087	(58)	$x_{DHU;coil} = \frac{x_{SUP;dis;in;max;req} - f_{C;bp} \cdot x_{SUP;RCA}}{1 - f_{C;bp}}$
Temperatura la suprafața bateriei, necesară pentru dezumidificare	$g_{DHU;coil}$	°C	15,175	(59)	$g_{DHU;coil} = \frac{C_{C2}}{C_{C1} - \ln(x_{DHU;coil})} - C_{C3}$
Temperatura aerului de introducere care rezultă în caz de dezumidificare	$g_{SUP;DHU;req}$	°C	16,098	(60)	Dacă $x_{SUP;zt;max;req} < x_{SUP;RCA}$: $g_{SUP;DHU;req} = f_{C;bp} \cdot g_{SUP;RCA} + (1 - f_{C;bp}) \cdot g_{DHU;coil;req}$ altfel: $g_{SUP;DHU;req} = g_{SUP;RCA}$
Temperatura aerului, necesară la intrare în bateria de răcire în intervalul de calcul considerat	$g_{C;ahu;in;req}$	°C	14,022	(61)	$g_{C;ahu;in;req} = \frac{g_{SUP;C;req} - g_{SUP;RCA} (1 - \eta_{coil;C})}{\eta_{coil;C}}$
Temperatura reală a aerului de introducere după bateria de răcire, în intervalul de calcul considerat	$g_{SUP;C}$	°C	28,858	(62)	$g_{SUP;C} = g_{SUP;RCA} - \frac{Q_{C;ahu;out}}{q_{V;SUP;ahu} \cdot \rho_a \cdot c_a} - \frac{r_w}{c_a} (x_{SUP;C} - x_{SUP;RCA})$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Conținutul de umiditate real al aerului de introducere după bateria de răcire, în intervalul de calcul considerat	$x_{SUP;C}$	kg/kg aer uscat	0,00946	(63)	$x_{C;coil} = \min \left\{ \left[f_{C;bp} \cdot x_{SUP;RCA} + (1 - f_{C;bp}) \cdot e^{C_{C1} - \frac{C_{C2}}{\theta_{C;coil} + C_{C3}}} \right]; x_{SUP;RCA} \right\}$
Temperatura reală a bateriei de răcire	$\theta_{C;coil}$	°C	12,59	(64)	$\theta_{C;coil} = \frac{\eta_{coil;c} (\theta_{C;ahu;in} - \theta_{SUP;RCA})}{1 - f_{C;bp}} + \theta_{SUP;RCA}$
<i>Umidificare</i>					
Conținutul de umiditate al aerului de introducere după umidificator	$x_{SUP;HU}$	kg/kg aer uscat	0,00946	(65)	$x_{SUP;HU} = \max[x_{SUP;dis;in;min;req}; x_{SUP;C}]$
Variația de temperatură a aerului de introducere în umidificator, dacă HUM_TYPE = STEAM	$\Delta \theta_{SUP;HU}$	K	-	(66a)	$\Delta \theta_{SUP;HU} = 0$
Variația de temperatură a aerului de introducere în umidificator, altfel	$\Delta \theta_{SUP;HU}$	K	0	(66b)	$\Delta \theta_{SUP;HU} = \max \left[0; \frac{r_w}{c_a} (x_{SUP;HU} - x_{SUP;C}) \right]$
<i>Încălzire</i>					
Temperatura necesară a aerului de introducere după bateria de încălzire	$\theta_{SUP;H;req}$	°C	-	(67a)	$\theta_{SUP;H;req} = \theta_{SUP;C;req}$
Temperatura necesară a aerului de introducere după bateria de încălzire	$\theta_{SUP;H;req}$	°C	18,834	(67b)	$\theta_{SUP;H;req} = \max (\theta_{SUP;ahu;req}; \theta_{SUP;C;req})$
Temperatura necesară a aerului la intrare în bateria de încălzire	$\theta_{H;ahu;in;req}$	°C	19,518	(68)	$\theta_{H;ahu;in;req} = \frac{\theta_{SUP;H;req} - \theta_{SUP;C} (1 - \eta_{coil;H})}{\eta_{coil;H}}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Temperatura reală a aerului de introducere după bateria de încălzire	$\vartheta_{SUP;H}$	°C	32,742	(69)	$\vartheta_{SUP;H} = \vartheta_{SUP;C} + \frac{Q_{H;ahu,in}}{q_{V;SUP;ahu} \cdot \rho_a \cdot c_a} - \Delta\vartheta_{SUP;HU}$
<i>Ventilator</i>					
Temperatura aerului de introducere, după ventilatorul de introducere, furnizată în sistemul de distribuție	$\vartheta_{SUP;dis,in}$	°C	32,91	(70)	$\vartheta_{SUP;dis,in} = \vartheta_{SUP;H} + \Delta\vartheta_{fan;SUP}$
Conținutul de umiditate al aerului de introducere, furnizat în sistemul de distribuție	$x_{SUP;dis,in}$	kg/kg aer uscat	0,00946	(71)	$x_{SUP;dis,in} = x_{SUP;HU}$
<i>B.2.Calcul energetic Ventilator</i>					
Consumul de energie al ventilatorului pentru intervalul de calcul considerat, este consumul de energie pentru ventilare	$E_{V;gen,in;el}$	kWh	0,43384	(72)/ (3.55)	$E_{V;gen,in;el} = (P_{el;fan;SUP} + P_{el;fan;ETA}) \cdot t_{ci} = \left(\frac{q_{V;SUP;ahu}}{\eta_{fan;SUP}} \cdot \Delta p_{fan;SUP} + \frac{q_{V;ETA;ahu}}{\eta_{fan;ETA}} \cdot \Delta p_{fan;ETA} \right) \cdot \frac{t_{ci}}{3.6 \cdot 10^6}$
Randamentul ventilatorului de introducere	$\eta_{fan;SUP}$	-	0,524	(73)/ (3.56)	$\eta_{fan;SUP/ETA} = \eta_{fan;SUP/ETA,nom} \cdot f_{\eta}(qV)$
Randamentul ventilatorului de extragere	$\eta_{fan;ETA}$	-	0,557	(73)/ (3.56)	$\eta_{fan;SUP/ETA} = \eta_{fan;SUP/ETA,nom} \cdot f_{\eta}(qV)$
Diferența de presiune a ventilatorului de introducere (o zonă, fără reglare)	$\Delta p_{fan;SUP}$	Pa	-	(74a)/ (3.57)	$\Delta p_{fan;SUP} = \Delta p_{fan;SUP,nom} \cdot f_{\Delta p}(qV)$
Diferența de presiune a ventilatorului de extragere (o zonă, fără reglare)	$\Delta p_{fan;ETA}$	Pa	-	(75a)/ (3.58)	$\Delta p_{fan;ETA} = \Delta p_{fan;ETA,nom} \cdot f_{\Delta p}(qV)$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Diferența de presiune a ventilatorului de introducere (o zonă, direct)	$\Delta p_{fan;SUP}$	Pa	168,25	(74b)/ (3.59)	$\Delta p_{fan;SUP} = \Delta p_{SUP,des} \left(\frac{q_{V;SUP;ahu}}{q_{V;SUP;ahu;nom}} \right)^2$
Diferența de presiune a ventilatorului de extragere (o zonă, direct)	$\Delta p_{fan;ETA}$	Pa	155,56	(75b)/ (3.60)	$\Delta p_{fan;ETA} = \Delta p_{ETA,des} \left(\frac{q_{V;ETA;ahu}}{q_{V;ETA;ahu;nom}} \right)^2$
Diferența de presiune a ventilatorului de introducere (multi zonă, fără reglare)	$\Delta p_{fan;SUP}$	Pa	-	(74c)/ (3.61)	$\Delta p_{fan;SUP} = \Delta p_{fan;SUP;nom} \cdot f_{\Delta p}(qV)$
Diferența de presiune a ventilatorului de extragere (multi zonă, fără reglare)	$\Delta p_{fan;ETA}$	Pa	-	(75c)/ (3.62)	$\Delta p_{fan;ETA} = \Delta p_{fan;ETA;nom} \cdot f_{\Delta p}(qV)$
Diferența de presiune a ventilatorului de introducere (multi zonă, pres. const)	$\Delta p_{fan;SUP}$	Pa	-	(74d)/ (3.63)	$\Delta p_{fan;SUP} = \Delta p_{SUP,des} \left[\left(1 - f_{\Delta p;SUP;ctrl} \right) \left(\frac{q_{V;SUP;ahu}}{q_{V;SUP;ahu;nom}} \right)^2 + f_{\Delta p;SUP;ctrl} \right]$
Diferența de presiune a ventilatorului de extragere (multi zonă, pres. const)	$\Delta p_{fan;ETA}$	Pa	-	(75d)/ (3.64)	$\Delta p_{fan;ETA} = \Delta p_{ETA,des} \left[\left(1 - f_{\Delta p;ETA;ctrl} \right) \left(\frac{q_{V;ETA;ahu}}{q_{V;ETA;ahu;nom}} \right)^2 + f_{\Delta p;ETA;ctrl} \right]$
Diferența de presiune a ventilatorului de introducere (multi zonă, pres. min)	$\Delta p_{fan;SUP}$	Pa	-	(74e)/ (3.65)	$\Delta p_{fan;SUP} = \Delta p_{SUP,des} \left[\left(1 - f_{\Delta p;SUP;ctrl} \right) \left(\frac{q_{V;SUP;ahu}}{q_{V;SUP;ahu;nom}} \right)^2 + f_{\Delta p;SUP;ctrl} \cdot f_{V;max}^2 \right]$
Diferența de presiune a ventilatorului de extragere (multi zonă, pres. min)	$\Delta p_{fan;ETA}$	Pa	-	(75e)/ (3.66)	$\Delta p_{fan;ETA} = \Delta p_{ETA,des} \left[\left(1 - f_{\Delta p;ETA;ctrl} \right) \left(\frac{q_{V;ETA;ahu}}{q_{V;ETA;ahu;nom}} \right)^2 + f_{\Delta p;ETA;ctrl} \cdot f_{V;max}^2 \right]$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
<i>Preîncălzire și prerăcire prin sol</i>					
Energia transferată la preîncălzire prin sol, dacă este cazul	Qgnd	kWh	0,14171	(76)/ (3.67)	$Q_{gnd} = \rho_a \cdot c_a \cdot q_{v;SUP;ahu} \cdot f_{ODA} \cdot (\vartheta_{ODA,preh} - \vartheta_e) \cdot t_{ci}$
<i>Recuperator de căldură</i>					
Energia transferată prin recuperarea de căldură	Qhr	kWh	- 7,66803	(77)/ (3.41)	$Q_{hr} = \rho_a \cdot c_a \cdot q_{v;SUP;ahu} \cdot f_{ODA} \cdot \left[(\vartheta_{SUP;hr} - \vartheta_{ODA,preh}) + \frac{r_w}{c_{p;a}} (x_{SUP;hr} - x_{ODA,preh}) \right] \cdot t_{ci}$
Energia necesară furnizată de bateria de încălzire, fără recuperare de căldură	QH;ahu;in;tot;req	kWh	0	(78)	$Q_{H;ahu;in;tot;req} = \max[0 ; \rho_a \cdot c_a \cdot q_{v;SUP;ahu} \cdot (\vartheta_{SUP;H;req} + \Delta\vartheta_{SUP;HU} - \vartheta_e) \cdot t_{ci}]$
<i>Recirculare</i>					
Energia transferată prin recirculare, dacă este cazul, în intervalul de calcul considerat	QRCA	kWh	0	(79)/ (3.42)	$Q_{RCA} = \rho_a \cdot c_a \cdot q_{v;ETA;ahu} \cdot f_{ODA} \cdot (\vartheta_{ETA;hr;in} - \vartheta_e) \cdot t_{ci}$
<i>Răcire și dezumidificare</i>					
Energia care trebuie extrasă de bateria de răcire	QC;ahu;out;req	kWh	9,50584	(80)/ (3.43)	$Q_{C;ahu;out;req} = q_{v;SUP;ahu} \cdot [\rho_a c_a (\vartheta_{SUP;RCA} - \vartheta_{SUP;C;req}) + \rho_a r_w (x_{SUP;RCA} - x_{SUP;C;req})] \cdot t_{ci}$
Energia care trebuie extrasă pentru dezumidificare	QDHU;ahu;out;req	kWh	- 5,35994	(81)/ (3.44)	$Q_{DHU;ahu;out;req} = q_{v;SUP;ahu} \cdot \left\{ \rho_a c_a [\min(\vartheta_{SUP;RCA}; \vartheta_{SUP;ahu;req}) - \vartheta_{SUP;C;req}] + \rho_a r_w (x_{SUP;RCA} - \Delta x_C - x_{SUP;C;req}) \right\} \cdot t_{ci}$
<i>Umidificare</i>					
Energia furnizată pentru umidificare (abur)	EHU;cr	kWh	-	(82a)/ (3.45)	$E_{HU;cr} = q_{v;SUP;ahu} \cdot \rho_a r_w \cdot (x_{SUP;HU} - x_{SUP;C}) \cdot t_{ci}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Energia furnizată pentru umidificare (alt agent)	EHU;cr	kWh	0	(82b)/ (3.46)	EHU;cr = 0
Consumul de apă pentru umidificare	mw;HU	kg	0	(83)	$m_{w;HU} = q_{V;SUP;ahu} \cdot \rho_a \cdot (x_{SUP;HU} - x_{SUP;C}) \cdot t_{ci}$
<i>Încălzire</i>					
Energia necesară, furnizată de bateria de încălzire	QH;ahu;in;req	kWh	2,34135	(84)/ (3.40)	$QH;ahu;in;req = p_{ac} a \cdot q_{V;SUP;ahu} \cdot (\theta_{SUP;H;req} + \Delta\theta_{SUP;HU} - \theta_{SUP;C}) \cdot t_{ci}$
Pierderi termice la generare					
Pierderile termice în centralele de tratare a aerului (cond)	Qls;V;gen	kWh	-	(85a)/ (3.47)	$Q_{ls;V;gen} = [(A \cdot U)_{ahu;SUP} (\theta_{SUP;hr} - \theta_{IDA;zt}) + (A \cdot U)_{ahu;ETA} (\theta_{ETA;hr;in} - \theta_{IDA;zt}) + q_{V;lea;ahu;SUP} (p_c) a (\theta_{SUP;hr} - \theta_{IDA;zt})] \cdot t_{ci}$
Pierderile termice în centralele de tratare a aerului (altfel)	Qls;V;gen	kWh	- 0,51038	(85b)/ (3.48)	$Q_{ls;V;gen} = [(A \cdot U)_{ahu;SUP} (\theta_{SUP;hr} - \theta_{sur;nc}) + (A \cdot U)_{ahu;ETA} (\theta_{ETA;hr;in} - \theta_{sur;nc}) + q_{V;lea;ahu;SUP} (p_c) a (\theta_{SUP;hr} - \theta_{sur;nc}) + q_{V;lea;ahu;ETA} (p_c) a (\theta_{ETA;hr;in} - \theta_{sur;nc})] \cdot t_{ci}$
Pierderi termice recuperabile la generare					
Pierderile termice recuperabile din CTA(cond)	QV;ls;gen;rbl	kWh	-	(86a)/ (3.49)	$Q_{V;ls;gen;rbl} = Q_{V;ls;gen}$
Pierderile termice recuperabile din CTA(altfel)	QV;ls;gen;rbl	kWh	0	(86b)/ (3.50)	$Q_{V;ls;gen;rbl} = 0$
ENERGIA AUXILIARELOR <i>Ventilare</i>					

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Energia auxiliară cerută de sistemul de ventilare	WV;aux	kWh	0,29171	(87)/ (3.68)	$WV;aux = WV;aux;hr + WV;preh + WV;aux;ctrl$
Recuperare de căldură					
Energia auxiliară cerută de sistemul de recuperare de căldură (ROT_NH or ROT_HYG or ROT_SORP)	WV;aux;hr	kWh	0,05	(88a)/ (3.69)	$W_{V;aux;hr} = P_{hr;max} \cdot t_{ci} \frac{n_{rot}}{n_{rot;max}}$
Energia auxiliară cerută de sistemul de recuperare de căldură (PUMP_CIRC)	WV;aux;hr	kWh	-	(88b)/ (3.70)	$W_{V;aux;hr} = q_{V;SUP;ahu} \cdot f_{ODA} \cdot p_{el;hr;pu;max} \cdot t_{ci} \cdot \left[\max \left(f_{pl;hr;min}; \frac{Q_{hr}}{t_{ci} \cdot \Phi_{hr;max}} \right) \right]^{2.5}$
Energia auxiliară cerută de sistemul de recuperare de căldură (altfel)	WV;aux;hr	kWh	-	(88c)/ (3.71)	$WV;aux;hr = 0$
Fracția din consumul de energie al ventilatorului, pentru pierderea de sarcină în dispozitivul de recuperare de căldură	EV;gen;in;el;hr	kWh	0,18077	(89)/ (3.72)	$E_{V;gen;in;el;hr} = \frac{E_{V;gen;in;el} \cdot \Delta p_{SUP+ETA;des;hr}}{\Delta p_{SUP;des} + \Delta p_{ETA;des}}$
Protecție la îngheț					
Energia furnizată pentru protecția la îngheț (Preh)	WV;preh	kWh	0,142	(90a)/ (3.73)	$WV;preh = [\rho_a \cdot c_a \cdot q_{v;SUP;ahu} \cdot f_{ODA} \cdot (9_{ODA,fp} - 9_e)] \cdot t_{ci}$
Energia furnizată pentru protecția la îngheț (altfel)	WV;preh	kWh	-	(90b)/ (3.74)	$WV;preh = 0$
Reglare					
Consumul de energie auxiliară al componentelor de reglare	WV;aux;ctrl	kWh	0,1	(91)/ (3.75)	$WV;aux;ctrl = \Sigma Pel;V;ctrl \cdot f_{op;ctrl} \cdot t_{ci}$
Umidificare					

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-5-1/(am*)	Formula
Consumul de energie al pompei de umidificare (abur)	WHU	kWh	-	(92a)/ (3.76)	WHU = 0
Consumul de energie al pompei de umidificare (alt agent)	WHU	kWh	0	(92b)/ (3.77)	WHU = qV;SUP;HU;des · pel;HU,des · fpl;HU · tci
Factorul de sarcină parțială al pompei de umidificare (fără reglare)	fpl;HU	-	-	(93a)	fpl;HU = 1
Factorul de sarcină parțială al pompei de umidificare (on-off)	fpl;HU	-	0	(93b)	$f_{pl;HU} = \frac{q_{V;SUP;ahu} \cdot \rho_a \cdot (x_{SUP;HU} - x_{SUP;C})}{q_{m;w;HU;des}}$
Factorul de sarcină parțială al pompei de umidificare (speed)	fpl;HU	-	-	(93c)	$f_{pl;HU} = \left[\frac{q_{V;SUP;ahu} \cdot \rho_a \cdot (x_{SUP;HU} - x_{SUP;C})}{q_{m;w;HU;des}} \right]^{2.5}$

Notă pentru semnificația (*am) - numerotarea relațiilor din paranteză corespunde formulelor din actuala metodologie

După realizarea calculelor, conform etapelor indicate, vor rezulta următoarele date de ieșire :

Tabel 3.6

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Destinație (ca modul)
Date privind fluxurile energetice				
Energia electrică consumată de echipamentul de ventilare	EV;gen;in;el	kWh	0,434	M1-9, M5-4
Energia electrică consumată de generatorul de umidificare	EHU;cr	kWh	0,00	M1-9, M5-4

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Destinație (ca modul)
Agent energetic de generare a umidificării (alegere)	GEN_CRHU;gen	-	-	M1-9, M5-4
Energie auxiliară pentru ventilare	WV;aux	kWh	0,292	M1-9, M5-4
Energie auxiliară pentru umidificare	WHU;aux	kWh	0	M1-9, M5-4
Pierderi termice recuperabile ale conductelor	QV;ls;dis;rbl;zt;i	kWh	-0,452	M2-2
Pierderi termice recuperabile ale CTA	QV;ls;gen;rbl	kWh	0,000	M2-2
Căldura ce trebuie furnizată CTA pt încălzire	QH;ahu;in;req	kWh	2,341	M3-1
Căldura ce trebuie extrasă în CTA pt răcirea aerului	QC;ahu;out;req	kWh	9,506	M4-1
Căldura transferată prin recuperatorul de căldură	Qhr	kWh	-7,668	M5-4
Căldura cerută aerului de introducere, fără recuperare de căldură	QH;ahu;in;tot;req	kWh	0,000	M5-4
Energia electrică absorbită pt a acoperi pierderea de sarcină legată de recuperarea de căldură	EV;gen;in;el;hr	kWh	0,181	M5-4
Date privind condițiile de funcționare				
Temperatura apei cerută la intrare în bateria de încălzire	9H;ahu;in;req	°C	19,52	M3-1
Temperatura apei cerută la intrare în bateria de răcire	9C;ahu;in;req	°C	14,02	M4-1
Temperatura necesară a aerului introdus	9SUP;C;req	°C	16,10	M4-1
Debit volumic de aer introdus furnizat într-o zonă ventilată	qV;SUP;dis;zv;i	m ³ /h	2.400	M5-5
Debit de aer extras dintr-o zonă ventilată	qV;ETA;dis;zv;i	m ³ /h	-2.400	M5-5
Debit volumic de scurgeri din conducta ce intră în zona ventilată i	qV;lea;SUP;dis;zv;i	m ³ /s	48	M5-5

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Destinație (ca modul)
Debit volumic extras din zona ventilată i, prin neetanșități ale conductei	qV;lea;ETA;dis;zv;i	m ³ /s	48	M5-5
Fracția de aer exterior în aerul introdus	fODA	-	1,000	M5-5
Temperatura aerului introdus	θSUP;dis;out	°C	33,06	M5-5
Conținut de umiditate al aerului introdus	xSUP;dis;out	kg/kg aer uscat	0,0095	M6-2, M7-2
Date privind consumurile de energie				
Energia transferată la preîncălzire/răcire prin sol	Qgnd	kWh	0,142	
Energia transferată prin recirculare	QRCA	kWh	0,000	
Pierderile de energie prin conducte	Qls;V;dis	kWh	-0,003	
Pierderile de energie ale CTA	Qls;V;gen	kWh	-0,510	
Energia cerută a fi extrasă pentru deumidificare	QDHU;ahu;out;req	kWh	-5,360	
Cantitate de apă pentru umidificare	mw;HU	kg	0,000	

Obs : Acest exemplu este aplicabil și în cazul sistemelor de climatizare "numai aer" (conform Fig. 3.13), CTA fiind echipată cu diverse echipamente. (am*) În paranteză este făcută referință la numerotarea formulelor din această metodologie)

3.2.4. Consumuri energetice pentru stocarea căldurii/frigului

3.2.4.1. Generalități, metode de calcul

Metodele de calcul prezentate se referă la performanța energetică a sistemelor de stocare a energiei de răcire și cuprind:

- metodă detaliată de calcul orar, care poate fi adaptată pentru orice alt pas de timp, în funcție de scenariile utilizate pentru determinarea consumului de energie și energia de răcire furnizată,
- metodă simplificată de calcul lunar sau anual.

Metodele se referă la calculul consumului de energie pentru următoarele soluții de stocare a energiei:

- stocarea fără schimbare de fază (mediu de stocare, de obicei apa)
- stocarea folosind puterea latentă a apei/gheții : gheața se formează la exteriorul conductelor prin care circulă fluidul frigorific
- stocarea folosind puterea latentă a unui alt material (decât apa) cu schimbare de fază.

Sistemul de stocare pentru răcire este format din : a) circuitul primar dintre generatorul de frig și unitatea de stocare, b) unitatea de stocare și c) sistemul de distribuție (conducte și pompa de circulație). O schemă simplificată este dată în figura următoare 3.15:

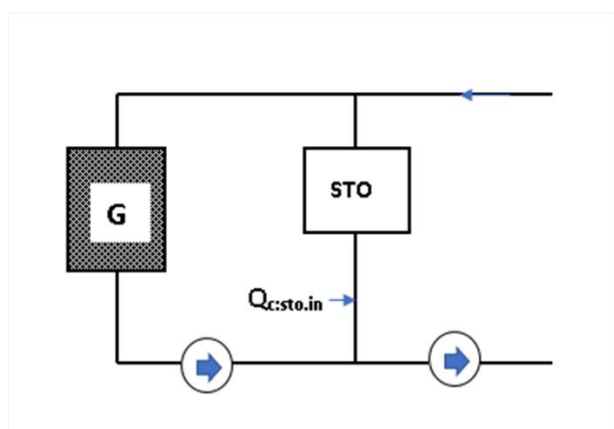


Figura 3.15

Schemă a sistemului de stocare a apei răcite
G – generator de frig
STO – rezervor de stocare
 $Q_{C;sto,in}$ – conducta prin care circulă apa rece stocată

3.2.4.2. Date de intrare

- Datele de intrare ale echipamentelor trebuie furnizate de producători; în absența lor, se pot utiliza valorile indicate în tabelul 3.7, conform SR CEN/TR 16798 -16 sau valori determinate la nivel național.

Tabel 3.7. Valori pentru diferite tipuri de sisteme de stocare

Caracteristici	Simbol	Unitate de măsură	Stocare apă sau Stocare gheață	Cu materiale PCM
Volumul de lichid utilizat pentru transferul de căldură	$V_{C;sto;tot}$	l	în funcție de concepția sistemului	
Coeficientul de pierderi termice	$H_{C;sto;tot;ls}$	W/K	$0,01 \text{ W.K}^{-1}.\text{L}^{-1}$	

Caracteristici	Simbol	Unitate de măsură	Stocare apă sau Stocare gheață	Cu materiale PCM
Temperatura de tranziție lichid-solid	$\vartheta_{sto,tr}$	°C	0	0
Densitatea în faza lichidă	$\rho_{sto,lqd}$	kg/m ³	1 000	560
Capacitatea termică latentă	Q_{lat}	kWh/kg	93	27,1
Capacitatea termică sensibilă în fază solidă	$C_{p,sens,sld}$	kWh/K.kg	0,54	0,392
Capacitatea termică sensibilă în fază lichidă	$C_{p,sens,lqd}$	kWh/K.kg	1,16	0,616
Conductanța pentru materialul care cristalizează	$K_{v,cr} \quad \lambda \text{ (apă)}$	kW/K.m ³	0,55	1,15
Conductanța pentru topitură	$K_{v,fu} \quad \lambda \text{ (apă)}$	kW/K.m ³	2,1	1,85
Densitatea în fază solidă	ρ_{sld}	kg/m ³	900	560
Grosimea maximă (gheață)	$d_{sto,C,max}$	m	0,035	-

- Date privind sistemele de stocare a frigului: stocare apă rece, stocare gheață sau stocare folosind un material cu schimbare de fază, altul decât apa (PCM).
- Date privind concepția procesului și locul de amplasare a sistemului de stocare: într-un spațiu răcit, într-un spațiu nerăcit sau la exterior.
- Date privind sistemul de reglare a stocării frigului, care poate fi: stocare continuă, stocare programată în timp, stocare dependentă de temperatura exterioară, stocare bazată pe previziunea necesarului de frig.

3.2.4.3. Metoda de calcul orar; procedură de calcul, mărimi de ieșire

- Calculul condițiilor de funcționare
- Cantitatea de căldură necesară pentru a fi extrasă din sistemul de distribuție a frigului se determină din proiect. Sistemul de reglare determină modul de funcționare pentru stocarea energiei, furnizarea energiei de răcire sau o combinație între acestea.

Temperatura necesară a fluidului la intrarea în sistemul de stocare este:

Dacă $Q_{C,sto,in} < 0$ atunci $\vartheta_{C,sto,in;req} = \vartheta_{C,sto} - \Delta\vartheta_{C,sto;gen;flw}$

Dacă nu : $\vartheta_{C,sto,in;req} = \vartheta_{C,dis,in;req}$

(3. 94)

unde:

$\vartheta_{C,sto}$ [°C] temperatura de stocare

$\Delta\vartheta_{C,sto;gen;flw}$ [K] Diferența de temperatură între circuitul primar și temperatura de tranziție (de fază)

$\vartheta_{C,dis,in;req}$ [°C] Temperatura necesară pentru răcire

Calculul energetic – etape de calcul

- Etapa 0 – Inițializarea

În condiții initiale, toate temperaturile în interiorul unității (unităților) de stocare termică sunt egale cu temperatura setată.

• Etapa 1 – Determinarea energiei stocate

Energia stocată este suma dintre energia sensibilă stocată (în fază lichidă și solidă) și energia latentă, pentru tipul de *mediu de stocare* considerat (apă sau PCM).

Energia sensibilă stocată (fază lichidă) este:

$$Q_{C;sto;sens;lqd} = (m_{C;sto;lqd} \times C_{p;sens;lqd} + \rho_{sto;med} \times V_{sto;med} \times C_{p;sto;med}) \times (\vartheta_{C;sto;exh} - \vartheta_{C;sto}) \quad [\text{kWh}] \quad (3.95)$$

unde

$m_{C;sto;lqd}$	[kg]	Masa mediului de stocare în fază lichidă
$C_{p;sens;lqd}$	[kWh.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	Masa calorifică specifică ;
$\rho_{sto;med}$	[kg.m ⁻³]	Densitatea mediului de stocare ;
$V_{sto;med}$	[m ³]	Volumul mediului ;
$C_{p;sto;med}$	[kWh.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	Masa calorifică specifică a mediului de stocare ;
$\vartheta_{C;sto;exh}$	[°C]	Temperatura medie la iesirea din sistemul de stocare

Energia latentă stocată este:

$$Q_{C;sto;lat} = c_{p;lat} \times m_{C;sto;sld} \quad [\text{kWh}] \quad (3.96)$$

unde

$m_{C;sto;sld}$	[kg]	masa mediului de stocare în fază solidă;
$C_{p;lat}$	[kWh.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	puterea calorifică latentă

$\Delta\theta_{C;sto;flw;in}$ Energia sensibilă stocată (în fază solidă):

$$Q_{C;sto;sens;sld} = m_{C;sto;sld} \times c_{p;sens;sld} \times \frac{(\vartheta_{sto;tr} + \vartheta_{C;sto;gen;out})}{2} \quad [\text{kWh}] \quad (3.97)$$

unde:

$C_{p;sens;sld}$	[kWh.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	Căldura sensibilă în fază solidă;
$\vartheta_{sto;tr}$	[°C]	Temperatura de tranziție ;
$\vartheta_{C;gen;out}$	[°C]	Temperatura de ieșire din unitatea de răcire.

Energia stocată totală este:

$$Q_{C;sto;out} = \min[(Q_{C;sto;sens;lqd} + Q_{C;sto;lat} + Q_{C;sto;sens;sld}) \cdot f_{C;sto;ctrl} \cdot Q_{C;dis;out;tot;req}] \quad [\text{kWh}] \quad (3.98)$$

Notă: Valoarea maximă $Q_{C;sto;max}$ se atinge atunci când întreaga masă disponibilă a fost transformată în fază solidă și când temperatura la interiorul fazei solide nu poate fi micșorată.

Factorul de comandă pentru operațiunea de stocare se stabilește în funcție de opțiunile de reglare, prezentat sintetic în figura 3.16.

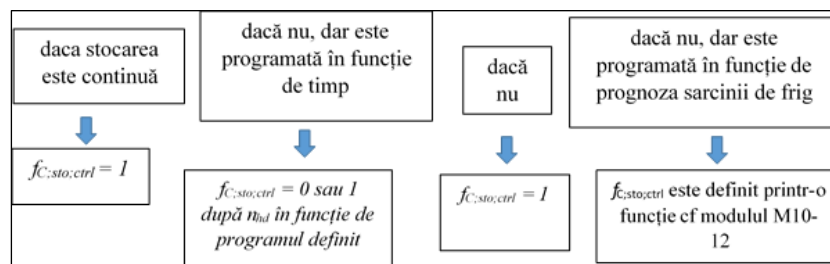


Figura 3.16. Factorul de comandă pentru operațiunea de stocare

• Etapa 2 – Bilanțul energetic după furnizarea energiei de răcire

Energia este furnizată în funcție de comanda sistemului de reglare. Energia furnizată sistemului de distribuție este limitată la energia stocată, și la energia de intrare în sistemul de generare a frigului.

Pierderile termice în porțiunea de generare a sistemului sunt :

$$Q_{C,sto,out;ls} = H_{C,sto,out;ls} \times (\vartheta_{sto,amb} - \vartheta_{C,gen,out}) \times t_{ci} \quad [\text{kWh}] \quad (3.99)$$

unde:

$H_{C,sto,out;ls}$	$[\text{W.K}^{-1}]$	Coeficientul de pierderi termice ale circuitului de generare a frigului ;
$\vartheta_{sto,amb}$	$[\text{°C}]$	Temperatura ambiantă ;
$\vartheta_{C,gen,out}$	$[\text{°C}]$	Temperatura de intrare în sistemul de stocare, de la sistemul de generare frig ;
t_{ci}	$[\text{h}]$	Durata intervalului de calcul.

Pierderile termice ale sistemului de distribuție, spre sistemul de emisie a frigului sunt :

$$Q_{C,sto,in;ls} = H_{C,sto,in;ls} \times (\vartheta_{sto,amb} - \vartheta_{C,sto,in}) \times t_{ci} \quad [\text{kWh}] \quad (3.100)$$

Unde:

$H_{C,sto,in;ls}$	$[\text{W.K}^{-1}]$	Coeficientul de pierderi termice în circuitul de distribuție ;
$\vartheta_{C,sto,in}$	$[\text{°C}]$	Temperatura din sistemul de stocare către sistemul de emisie a frigului

Pierderile termice ale unității de stocare:

$$Q_{C,sto;ls} = H_{C,sto,tot;ls} \times (\vartheta_{sto,amb} - \vartheta_{C,sto}) \times t_{ci} \quad [\text{kWh}] \quad (3.101)$$

Unde:

$H_{C,sto,tot;ls}$	$[\text{W.K}^{-1}]$	Coeficientul de pierderi termice al unității de stocare.
--------------------	---------------------	--

- Etapa 3 – Evoluția în faza lichidă și solidă după furnizarea energiei de răcire (stocarea gheții și a PCM) și energia absorbită pentru unitatea de generare a frigului

Transferul de masă solidă (solid-lichid) este folosit pentru a echilibra energia utilizată și energia absorbită. Energia considerată este suma diferitelor fluxuri energetice:

$$\Delta Q_{C,sto} = Q_{C,sto,in} + Q_{C,sto;ls} + Q_{C,sto,out;ls} - Q_{C,sto,gen,out} \quad [\text{kWh}] \quad (3.102)$$

O variație pozitivă semnifică o diminuare a masei fazei solide.

Cazul 1 – Stocare gheață

Ipoteza 1 : grosimea stratului de gheață este constantă pe toată lungimea conductei

Ipoteza 2 : distribuția de temperatură în faza solidă este liniară.

Grosimea inițială a stratului de gheață se determină cu relația următoare:

$$d_{C,sto;0} = 2 \sqrt{\left(\frac{D_{C,sto}^2}{4} + \frac{m_{C,sto,sld;0}}{\rho_{sld} \cdot \Pi \cdot L_{C,sto}} \right)} - \frac{D_{C,sto}}{2} \quad [\text{m}] \quad (3.103)$$

unde:

$d_{C,sto;0}$	$[\text{m}]$	Grosimea de gheață la începutul intervalului de calcul;
$D_{C,sto}$	$[\text{m}]$	Diametrul exterior al conductei utilizată în schimbul de căldură;
$L_{C,sto}$	$[\text{m}]$	Lungimea conductei;

$m_{C,sto,sld;0}$	[m]	Masa de gheață la începutul intervalului de calcul;
ρ_{sld}	[kg/m ³]	Densitatea gheții (fază solidă).

Diferența de masă a gheții pentru intervalul de calcul curent este :

$$\Delta m_{C,sto,sld} = \frac{-\Delta Q_{C,sto}}{\left(C_{p,lat} + C_{p,sld} \times \left(\frac{\vartheta_{sto,tr} - \vartheta_{C,sto;gen,out;flw}}{2} \right) \right)} \text{ [kg]} \quad (3.104)$$

unde:

$\Delta Q_{C,sto}$	[kWh]	Variația de energie în interiorul rezervorului de stocare;
$C_{p,lat}$	[kWh.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	Căldura latentă a gheții/apei ;
$C_{p,sld}$	[kWh.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	Căldura sensibilă în faza solidă (gheață) ;
$\vartheta_{sto,tr}$	[°C]	Temperatura de tranziție a gheții (0°C) ;
$\vartheta_{sto,gen,out}$	[°C]	Diferența de temperatură de intrare de la generatorul de frig.

În final, grosimea $d_{C,sto}$ se determină cu relația :

$$d_{C,sto} = \min \left\{ d_{C,sto,max}; \max \left[0; 2 \sqrt{ \left(\frac{D_{C,sto}^2}{4} + \frac{m_{C,sto,sld} + \Delta m_{C,sto,sld}}{\rho_{sld} \cdot \Pi \cdot L_{C,sto}} - \frac{D_{C,sto}}{2} \right) } \right] \right\} \text{ [m]} \quad (3.105)$$

unde

$D_{C,sto}$	Diametrul exterior al conductei, în m;
$m_{C,sto,sld}$	Masa solidă la începutul perioadei de calcul, în kg;
$\Delta m_{C,sto,sld}$	Variația de masă a gheții, în kg ;
$d_{C,sto,max}$	Diametrul maxim al stratului de gheață format, în m.

Masa solidă de gheață corespunzătoare, este:

$$m_{C,sto,sld} = \text{Max}(0; m_{C,sto,sld;0} + \Delta m_{C,sto,sld}) \text{ [kg]} \quad (3.106)$$

Cazul 2 – Stocare cu materiale PCM

Transferul de masă se realizează la interiorul celulei ce conține PCM.

Ipoteza 1 : toate celulele de PCM sunt în stare identică (nu există stratificare termică)

Ipoteza 2 : nu se consideră niciun efect histerezis datorat gradientului de temperatură pe durata schimbului de energie.

Transferul de masă între faza lichidă și cea solidă se calculează astfel:

$\Delta Q_{C,sto} > 0$ (creșterea de masă solidă) :

$$\text{dacă } \Delta m_{C,sto,sld} < m_{C,sto,lqd;0} \text{ atunci } \Delta m_{C,sto,sld} = \frac{\Delta Q_{C,sto}}{(c_{p,lat} + c_{p,sld} \times \vartheta_{sto,tr})} \text{ [kg]} \quad (3.107)$$

$$\text{dacă } \Delta m_{C,sto,sld} > m_{C,sto,lqd;0} \text{ atunci } \Delta m_{C,sto,sld} = m_{C,sto,lqd;0} \text{ et } m_{C,sto,lqd} = 0 \text{ [kg]} \quad (3.108)$$

unde

$\Delta m_{C,sto,sld}$	[kg]	Variația de masă în faza solidă ;
$C_{p,lat}$	[kWh.kg ⁻¹]	Căldura latentă a PCM ;
$C_{p,sld}$	[kWh.kg ⁻¹ .K]	Căldura sensibilă a PCM în faza solidă ;
$\vartheta_{sto,tr}$	[°C]	Temperatura de tranziție a PCM.

Temperatura medie în faza solidă se determină astfel :

$$\vartheta_{C;sto;sld} = \vartheta_{sto;tr} \text{ [}^{\circ}\text{C]}$$

$$\text{dacă } \Delta m_{C;sto;sld} > m_{C;sto;sld} \text{ atunci } \Delta m_{C;sto;sld} = m_{C;sto;sld;0} \quad m_{C;sto;sld} = 0 \quad (3.109)$$

$$\vartheta_{C;sto;sld} = \text{Max}\left(\vartheta_{C;sto;sld;0} + \frac{\Delta Q_{C;sto} - c_{p;sens;sld} \times \Delta m_{C;sto;sld;0} \times (\vartheta_{sto;tr} - \vartheta_{C;sto;sld})}{c_{p;sens;sld} \times (m_{C;sto;sld} + \Delta m_{C;sto;sld})}; \vartheta_{C;gen;out;flw}\right) \text{ [}^{\circ}\text{C]} \quad (3.110)$$

Partea de energie provenită de la generarea frigului, utilizată pentru stocare în formă sensibilă este:

$$\Delta Q_{C;sto;sens;sld} = \Delta Q_{C;sto} - m_{C;sto;sld} \times C_{p;sens;sld} \times (\vartheta_{C;sto;gen;out;flw} - \vartheta_{sto;tr}) \text{ [kWh]} \quad (3.111)$$

Această valoare trebuie să fie pozitivă sau egală cu 0; dacă rezultatul formulei (18) este negativ, partea de energie de intrare este limitată la:

$$\Delta Q_{C;sto} = m_{C;sto;sld} \times c_{p;sld;sens} \times \Delta \vartheta_{C;sto;gen;out;flw} \text{ [kWh]} \quad (3.112)$$

$\Delta Q_{C;sto} < 0$ (diminuarea masei solide) :

$$\text{dacă } \Delta m_{C;sto;sld} < m_{C;sto;sld;0} \text{ atunci } \Delta m_{C;sto;sld} = \frac{\Delta Q_{C;sto}}{(C_{p;sens;lat} + C_{p;sens;sld} \times \vartheta_{sto;tr})} \text{ [kg]} \quad (3.113)$$

Variația masei este limitată la cantitatea de material PCM stocat la începutul intervalului de calcul. Temperatura medie în faza lichidă se obține cu relația:

$$\text{dacă } m_{C;sto;sld} > 0; \vartheta_{C;sto;lqd} = \vartheta_{tr}$$

$$\vartheta_{C;sto;lqd} = \vartheta_{C;sto;lqd;0} + \frac{\Delta Q_{C;sto} - c_{p;sld} \times \Delta m_{C;sto;sld} \times (\vartheta_{sto;tr} - \vartheta_{C;sto;lqd})}{c_{p;lqd} \times (m_{C;sto;lqd;0} + \Delta m_{C;sto;sld})} \text{ [}^{\circ}\text{C]} \quad (3.114)$$

unde

$$\begin{array}{ll} C_{p;sens;lqd} & \text{[kWh.kg}^{-1}\text{.K}^{-1}\text{]} \quad \text{Căldura sensibilă a PCM în faza lichidă ;} \\ \vartheta_{C;sto;lqd} & \text{[}^{\circ}\text{C]} \quad \text{Temperatura PCM în fază lichidă.} \end{array}$$

Energia consumată de echipamentele auxiliare se calculează în funcție de timpul de funcționare a pompelor pentru energia extrasă din sistemul de distribuție (dacă nu a fost considerată la sistem), precum și al pompei pentru energia extrasă din sistemul de stocare, de sistemul de generare și furnizat stocării (dacă nu a fost considerată la sistemul de generare).

$$t_{C;sto;aux;in} = \frac{Q_{sto;dis;in}}{c_{p;sto;sens;med} \times \rho_{sto;med} \times q_{C;sto;v;pmp;in} \times (\vartheta_{C;sto;in} - \vartheta_{C;sto})} \text{ [h]} \quad (3.115)$$

unde

$$\begin{array}{ll} q_{C;sto;v;pmp;in} & \text{- debitul de fluid din sistemul de distribuție, în m}^3\text{/h ;} \\ C_{p;sto;sens;med} & \text{- căldura sensibilă a mediului utilizat pentru stocare, în kWh.kg}^{-1}\text{K}^{-1} \\ \rho_{sto;med} & \text{- densitatea mediului utilizat pentru stocare, în kg/m}^3. \end{array}$$

Energia furnizată $W_{C;sto;aux;in}$, depinde de puterea electrică a pompei $\Phi_{C;sto;pmp;in}$, dată în kW :

$$W_{C;sto;aux;in} = t_{C;sto;aux;in} \times \Phi_{C;sto;pmp;in} \text{ [kWh]} \quad (3.116)$$

Dacă energia nu a fost considerată la partea de generare a frigului, modul de calcul se repetă similar pentru pompa utilizată pentru extragerea energiei din unitatea de stocare .

$$t_{C,sto;aux,out} = \frac{Q_{C,sto,out}}{C_{p,sto;sens;med} \times \rho_{sto;med} \times q_{C,sto,v;pmp,out} \times (\theta_{C,sto,out;flw} - \theta_{C,sto,out;ret})} \quad [h] \quad (3.117)$$

unde în plus:

- $q_{C,sto,v;pmp,out}$ - debitul de fluid în sistemul de generare, în $m^3 \cdot h^{-1}$;
- $\theta_{C,sto,out,ret}$ - temperatura de întoarcere în unitatea de răcire, în $^{\circ}C$.

Cantitatea de energie furnizată $W_{sto,gen,aux,out}$, în funcție de puterea electrică a pompei din sistemul de generare, $\Phi_{C,sto;pmp,out}$ în kW .

$$W_{C,sto;aux,out} = t_{C,sto;aux,out} \times \Phi_{C,sto;pmp,out} \quad [kWh] \quad (3.118)$$

Energia auxiliară totală :

$$W_{C,sto;aux} = W_{C,sto;gen,aux,out} + W_{C,sto;aux,in} \quad [kWh] \quad (3.119)$$

Pierderi termice recuperabile

Pierderile termice recuperabile ale unității de stocare reprezintă o combinație a pierderilor termice recuperabile ale unității de stocare și energia termică recuperabilă de la echipamentele auxiliare.

$$Q_{C,sto;aux;s,rbl} = -W_{C,sto;aux} \times f_{aix,rbl} \quad [kWh] \quad (3.120)$$

$$Q_{C,sto;ls,rbl} = -(Q_{C,sto,out;ls} + Q_{C,sto;ls} + Q_{C,sto,in;ls}) \times f_{C,sto;rbl} \quad [kWh] \quad (3.121)$$

$$Q_{C,sto;ls,tot;rbl} = Q_{C,sto;aux;s,rbl} + Q_{C,sto;ls,rbl} \quad [kWh] \quad (3.122)$$

Dacă temperatura de stocare este mai mică decât temperatura ambiantă, pierderile termice au semn negativ.

3.2.4.4. Metoda de calcul lunar

Se aplică pe o perioadă de timp lunară sau anuală. Energia care trebuie stocată $E_{C,sto,in}$ este o dată de proiectare.

Pentru calculul lunar și anual, se consideră următoarele ipoteze:

- Pierderile termice sunt constante, și
- Utilizarea zilnică a energiei corespunde unei valori medii a necesarului de energie pentru intervalul de calcul considerat.

Pierderile termice sunt constante cât timp unitatea de stocare conține masă solidă.

Perioada de timp corespunzătoare ($t_{off,max}$) este calculată și considerată separat pentru bilanțul energetic.

- Bilanțul energetic pentru intervalul de calcul

Bilanțul energetic este :

$$Q_{C,sto;gen,out} = -Q_{C,sto} + Q_{C,sto,out} + Q_{C,sto,in;ls} + Q_{C,sto;ls} + Q_{C,sto,out;ls} \quad [kWh] \quad (3.123)$$

$\Delta Q_{C,sto}$ - variația energiei stocate în intervalul de timp considerat. Această variație este limitată la diferența dintre energia stocată la începutul stocării ($E_{sto} = 0$) și diferența dintre capacitatea maximă a unității de stocare și energia stocată la începutul acestui interval.

$$-Q_{C,sto}(t) < \Delta Q_{C,sto} < Q_{C,sto,max} - Q_{C,sto}(t) \text{ [kWh]} \quad (3.124)$$

Pierderile termice corespunzătoare părții de generare a sistemului de distribuție:

$$Q_{C,sto,out;ls} = H_{C,sto;ls,out} \times (g_{sto;amb} - g_{C,sto,out}) \times t_{ci} \text{ [kWh]} \quad (3.125)$$

Pierderile termice în sistemul de distribuție:

$$Q_{C,sto,in;ls} = H_{C,sto;ls,in} \times (g_{sto;amb} - g_{C,sto,in}) \times t_{ci} \text{ [kWh]} \quad (3.126)$$

Pierderile termice în unitatea de stocare:

$$Q_{C,sto;stb;ls} = H_{C,sto;stb;ls} \times (g_{sto;amb} - g_{C,sto}) \times t_{ci} \text{ [kWh]} \quad (3.127)$$

Energia extrasă din sistemul de distribuție :

$Q_{C,sto,out}$ (este calculată pe baza mediei zilnice a energiei utilizate pentru pasul de calcul considerat)

- Calculul energiei auxiliare

Acest calcul se realizează pe baza duratei de funcționare a pompei:

$$t_{C,sto;aux,out} = \frac{Q_{C,sto,in}}{\rho_{sto;med} \times q_{C,v;sto;pmp,out} \times C_{p;sto;sens} \times (\theta_{C,sto,out} - \theta_{C,sto})} \times n_{day} \text{ [h]} \quad (3.128)$$

Unde:

n_{day} – numărul de zile din intervalul de timp considerat.

Cantitatea de energie furnizată se obține în funcție de puterea electrică a pompei:

$$W_{C,sto;gen;aux,out} = t_{C,sto;gen;aux,out} \times \Phi_{C,sto;pmp,out} \text{ [kWh]} \quad (3.129)$$

Același tip de calcul se aplică pompei pentru intrarea energiei de răcire în unitatea de stocare.

$$t_{C,sto;gen;aux,in} = \frac{Q_{C,sto,out}}{C_{p,sto;sens} \times \rho_{sto;med} \times V'_{sto;gen;pmp,in} \times (g_{C,sto,out;flw} - g_{C,sto,out;ret})} \times n_{day} \text{ [h]} \quad (3.130)$$

Energia corespunzătoare furnizată se obține în funcție de puterea electrică a pompei:

$$W_{C,sto;gen;aux,in} = t_{C,sto;gen;aux,in} \times \Phi_{C,sto;pmp,in} \text{ [kWh]} \quad (3.131)$$

Energia auxiliară totală este :

$$W_{C,sto;aux} = W_{C,sto;gen;aux,out} + W_{C,sto;aux,in} \text{ [kWh]} \quad (3.132)$$

- Pierderile termice recuperabile

Pierderile termice recuperabile ale unității de stocare reprezintă pierderile termice recuperabile proprii unității de stocare și energia termică recuperabilă din energia auxiliară, exprimate prin relațiile următoare:

$$Q_{C,sto;aux;ls;rbl} = -W_{C,sto;aux} \times f_{C,aux;ls;rbl} \text{ [kWh]} \quad (3.133)$$

$$Q_{C,sto;ls;rbl} = -(Q_{C,sto,out;ls} + Q_{C,sto;ls} + Q_{C,sto,in;ls}) \times f_{C,sto;ls;rbl} \text{ [kWh]} \quad (3.134)$$

$$Q_{C,sto;ls;tot;rbl} = Q_{C,sto;aux;ls;rbl} + Q_{C,sto;ls;rbl} \quad [\text{kWh}] \quad (3. 135)$$

3.2.4.5. Exemplu de calcul

Acest exemplu se referă la determinarea consumurilor energetice pentru stocarea căldurii/frigului. Datele de intrare pentru un sistem de stocare a gheții cu funcționare continuă (CONT) sunt cuprinse în tabelul 3.8 următor. Desfășurarea calculului este indicată în tabelul 3.9. Tabelul 3.10 cuprinde rezultatele calculului.

Tabelul 3.8

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Domeniu	Origine
Date privind condițiile de funcționare					
Intervalul de calcul	t_{ci}	h	1	0...8760	M1-9
Ora din zi	n_{nd}	h	12	0...8760	M1-9
Temperatura aerului ambiant	ϑ_e	°C	20	0...8760	M1-13
Energia necesară pentru răcire	$Q_{C;dis;out;tot;req}$	kWh	48.29	0 - ∞	M4-9
Temperatura medie necesară pentru răcire	$\vartheta_{C;gen;out;req}$	°C	11.4	-100,100	M4-9
Diferența de temperatură a circuitului primar în raport cu temperatura de tranziție (intrarea în stocare)	$\Delta\vartheta_{C;gen;flw}$	°C	-4	0... ∞	M4-9
Temperatura ambiantă	$\vartheta_{sto;amb}$	°C	15	-100,100	M2-2
Temperatura mediului în sistemul de stocare	$\vartheta_{C;sto}$	°C	0	-100,100	
Temperatura medie a schimbătorului de căldură	$\vartheta_{C;sto;exh}$	°C	4	0... ∞	Local
Masa în faza solidă	$m_{C;sto;sld}$	kg	50	0... ∞	Local
Masa în fază lichidă (PCM)	$m_{C;sto;lqd}$	kg	0	0... ∞	Local
Reglarea stocării frigului (CONT-stocare continuă)	<i>CLG_STO_CTRL</i>	-	CONT	Listă	Local
Factor de funcționare a reglării stocării	$f_{C;sto;ctrl}$	-	1	0...1	M10-12
Date privind produsul					
Producerea frigului					
Performanța sezonieră a producerii de frig	$COP_{C;sto;gen}$	-	3.25		
Marcaj CE	$COP_{C;gen;stoDATA}$	Logic	1.00		
Pierderi de energie (conducte, schimbător de căldură)	$H_{C;sto;out;ls}$	W/K	5.80	0-1000	
Puterea pompei (generare)	$\phi_{C;sto;pmp;out}$	kW	0.00	0-100	Local
Debitul prin pompă	$q_{C;sto;v;pmp;out}$	m ³ /h	0.65	0-500	Local

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Domeniu	Origine
Date tehnice privind stocarea					
Volum	$V_{C;sto,tot}$	l	1200.00	0...100000	Local
Diametrul conductei	$D_{C;sto}$	m	0.03	0-0,1	Local
Lungimea conductei	$L_{C;sto}$	m	40.00	0-10000	Local
Procentul din volum utilizat de PCM	$V_{C;sto,PCM}$	%	60.00	0_100	Local
Căldura specifică sensibilă a fluidului pentru transferul de căldură	$C_{psto,sens}$	kWh/°C.m ³	1.16		
Densitatea fluidului	$\rho_{sto,lqd}$	kg/m ³	1000.00		
Coeficientul de pierderi termice al unității de stocare	$H_{C;sto,tot,ls}$	W/K	5.80	0-1000	Local
Tipul de stocare (PCM, gheață, apă)	TYPE_STO_MAT	-	Apă	1	
Temperatura de tranziție (lichid-solid)	θ_r	°C	0		
Capacitatea termică latentă	Q_{lat}	kWh/kg	93		
Capacitate termică sensibilă în faza solidă	$C_{psens,sld}$	kWh/°C.kg	0.54		
Capacitate termică sensibilă în faza lichidă	$C_{psens,lqd}$	kWh/°C.kg	1.16		
Conductanță pentru procesul de cristalizare	$K_{v,cr}$	W/m.°C	0.55		
Conductanță pentru fontă	$K_{v,ftu}$	W/m.°C	2.1		
Densitate (fază lichidă)	ρ_{lqd}	kg/m ³	1000		
Densitate (fază solidă)	ρ_{sld}	kg/m ³	900		
Volum utilizat de capsulele PCM	$V_{sto,pcm}$	l	720		
Partea din pierderile termice recuperabile	$f_{rvd,ls}$		1	0... 1	Local
Partea din energia auxiliară recuperabilă	$f_{rvd,aux}$	-	0.75	0...1	Local
Partea din puterea electrică nominală netransmisă către subsistemul de distribuție	$f_{rbl,aux}$	-	0.25	0.1	Local
Date privind sistemul de distribuție pentru stocare					
Puterea pompei (în sistemul de distribuție)	$\phi_{C;sto;pmp,in}$	kW	0.00	0-100	Local
Debitul pompei	$q_{C;sto,v;pmp,in}$	m ³ /h	0.90	0-500	Local

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Domeniu	Origine
Diferența de temperatură a circuitului primar în raport cu temperatura de tranziție (intrarea în stocare)	$\Delta\theta_{C;sto;flw;in}$	K	11.4	-100,100	
Pierderi de energie (conducte, schimbător de căldură)	$H_{C;sto;ls;in}$	W/K	5.80	0-1000	
Date privind sistemul proiectat					
<i>Proiectarea procesului</i>					
Temperatura ambiantă (încăperea de stocare)	$\theta_{sto;amb}$	theta_sto_amb	15	-50...+50	Local
<i>Tipul de reglare</i>					
Termostat	$T_{sto,C,set}$	$T_C_sto_set$	0	-50...+50	Local
		$d_C_sto_max$	0.035	0-1	Local
<i>Constante</i>					
Căldura specifică a apei	$Cp;w$	Cp_w	1.16		
Informații privind modelul dispozitivului de stocare					
Număr de straturi pentru modelul de stocare	$N_{STO,vol}$	N_STO_vol	1		

Calculul energetic - Etape de calcul

Tabelul 3.9 Desfășurarea calculului referitor la stocarea energiei

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref în SR EN 16798-15/ (am*)	Formula
Energia necesară pentru răcire în sistemul de distribuție	$Q_{C;in;tot;req}$	kWh	48.29	-	????
Energie netă folosită pentru distribuție	$Q_{C;sto;dis;in}$	kWh	0		
Energie disponibilă din unitatea de producere a frigului	$Q_{C;sto;gen;out}$	kWh	0	-	

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref în SR EN 16798-15/ (am*)	Formula
Tip de material de stocare	STO_TYPE	-	Apă		
Un singur sistem de stocare și calcul monozonă					
Etapa 1- Energie stocată					
Masa de lichid	$m_{C;sto;lqd,0}$	kg	0		
Energia sensibilă stocată (lichid)	$Q_{C;sto;sens;lqd}$	kWh	15.87	(2)/ (3.95)	$Q_{C;sto;sens;lqd} = (m_{C;sto;lqd} \cdot C_{p;sens;lqd} + r_{sto;med} \cdot V_{sto;med} \cdot C_{p;sto;med}) \cdot (J_{C;gen;out;req} - J_{C;sto})$
Energia latentă disponibilă	$Q_{C;lat}$	kWh	4.65	(3)/ (3.96)	$Q_{C;sto;lat} = C_{p;lat} \cdot m_{C;sto;sld}$
Energia sensibilă stocată (faza solidă)	$Q_{C;sto;lat}$	kWh	-0.2	(4)/ (3.97)	$Q_{C;sto;sens;sld} = m_{C;sto;sld} \cdot C_{p;sens;sld} \cdot \frac{(J_{sto;tr} + J_{C;sto;gen;flw})}{2}$
Energia stocată satisface necesarul pentru energia utilizată	$Q_{C;sto;out}$	logic	Adevărat	(5)/ (3.98)	$Q_{C;sto;out} = \min(Q_{C;sto;sens;lqd} + Q_{C;sto;lat} + Q_{C;sto;sens;sld}); (Q_{C;dis;in;tot;req} - Q_{C;sto;gen;out})$
Variația de energie la stocare	$\Delta Q_{C;sto;in}$	kWh	20.3		??????????
Etapa 2- Bilanț energetic când capacitatea de stocare este furnizată schimbătorului de căldură	$Q_{C;gen;out}$				
Temperatura inițială în unitatea de stocare	$\theta_{sto,C}$	°C	0.00	-	

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref în SR EN 16798-15/ (am*)	Formula
Pierderi termice în partea de generare a sistemului de distribuție	$Q_{sto,C,out,ls}$	kWh	0.11	(7)/ (3.99)	$Q_{C;sto,out;ls} = H_{C;sto,out;ls} \cdot (J_{sto,amb} - J_{C;sto,flw}) \cdot t_{ci}$
Pierderi termice în sistemul de distribuție către sistemul de emisie a frigului	$Q_{C;sto,in;ls}$	kWh	0.02	(8)/ (3.100)	$Q_{C;sto,in;ls} = H_{C;sto,in;ls} \cdot (J_{sto,amb} - J_{C;sto,in}) \cdot t_{ci}$
Pierderi termice ale unității de stocare (standby)	$Q_{C;sto;ls}$	kWh	0.09	(9)/ (3.101)	$Q_{C;sto;ls} = H_{C;sto,tot;ls} \cdot (J_{sto,amb} - J_{C;sto}) \cdot t_{ci}$
Durata de funcționare a pompei (schimbător de căldură)	$t_{C;sto;aux,in}$	h	0.00	(23)/ (3.115)	$t_{C;sto;aux,in} = \frac{Q_{sto,dis,in}}{C_{p;sto;sens;med} \cdot r_{sto;med} \cdot q_{C;sto;v;pmp,in} \cdot (J_{C;sto,in} - J_{C;sto})}$
Etapa 3. Caz 1 - Evoluția fazei lichide și solide după alimentarea cu energie pentru răcire (APĂ)					
Energie posibil a fi transformată	$\Delta Q_{C;sto}$	kWh	20.53	(10)/ (3.102)	$\Delta Q_{C;sto} = Q_{C;sto,in} + Q_{C;sto,in;ls} + Q_{C;sto;ls} + Q_{C;sto,out;ls}$
Etapa 3. Caz 1 Apă (gheață și apă răcită)					
Energie transformată	$Q_{C;sto,in,tmp1}$	kWh	0.80		
Masa maximă a fi stocată	$m_{C;sto;sld,max}$	kg	93.965		$m_{C;sto;sld,max} = r_{sld} \cdot L_{C;sto} \cdot P \cdot \frac{\rho}{\rho_0} \left(D_{C;sto} + d_{C;sto,max} \right)^2 - \left(D_{C;sto} \right)^2 \cdot \frac{\rho}{\rho_0}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref în SR EN 16798-15/ (am*)	Formula
Grosimea inițială a stratului de gheață în jurul conductei	$d_{C;sto;0}$	m	0.011	(11)/ (3.103)	$d_{C;sto;0} = \sqrt[2]{\frac{D_{C;sto}^2}{4} + \frac{m_{C;sto;sld;0}}{r_{sld} \cdot P \cdot L_{C;sto}}} - \frac{D_{C;sto}}{2}$
Variația masei de gheață pentru intervalul curent de calcul	$\Delta m_{C;sto;sld,tmp1}$	kg	-7.40	(12)/ (3.104)	$\Delta m_{sto,C,sld} = \left(\frac{-DQ_{C;sto}}{C_{p;lat} + C_{p;sld} \times \left(\frac{J_{sto;tr} - J_{C;sto;gen;out;flw}}{2} \right)} \right)$
Masa solidă nu trebuie să depășească valoarea limită	$\Delta m_{C;sto;sld,tmp2}$	kg	-7.40		$Dm_{sto,C,sld,tmp1} + m_{sto,C,sld} > 0$
Masa solidă nu poate avea o valoare negativă	$\Delta m_{C;sto;sld}$	kg	-7.40		$Dm_{sto,C,sld,tmp1} + m_{sto,C,sld} > 0$
Corecție a energiei de intrare dacă masa maximă este atinsă	$\Delta Q_{C;sto}$	kWh	0.76	(12)/ (3.102)	$DQ_{C;sto} = \Delta m_{C;sto;sld} \times \left(C_{p;lat} + C_{p;sld} \times \left(\frac{J_{sto;tr} + J_{C;sto;gen;out;flw}}{2} \right) \right)$
Grosimea stratului de gheață	$d_{C;sto}$	m	0.010	(13)/ (3.105)	$d_{C;sto} = \min \left\{ d_{C;sto;max} ; \max \left[0 ; \sqrt[2]{\left(\frac{D_{C;sto}^2}{4} + \frac{m_{C;sto;sld} + \Delta m_{C;sto;sld}}{r_{sld} \cdot P \cdot L_{C;sto}}} \right) - \frac{D_{C;sto}}{2} \right] \right\}$
Masa în faza solidă după modul 'use' (utilizare)	$m_{C;sto;sld}$	kg	42.60	(14)/ (3.106)	$m_{C;sto;sld;max} = \text{Max}(0; m_{C;sto;sld;0} + \Delta m_{C;sto;sld})$
Temperatura de stocare (lichid)	$\theta_{C;sto}$	°C	0.00		

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref în SR EN 16798-15/ (am*)	Formula
Etapa 3. Caz 2 Material cu schimbare de fază					
Evoluția masei solide	$\Delta m_{C;sto;sld,tmp1}$	kg	0.00	(15)/ (3.107)	$Dm_{C;sto;sld} = \frac{DQ_{C;sto}}{(C_{p;lat} + C_{p;sld} \times J_{sto;tr})}$
Limitare în faza solidă	$\Delta m_{C;sto;sld,tmp1}$	kg	0.00	(16)/ (3.108)	dacă $\Delta m_{C;sto;sld} > m_{C;sto;lqd,0}$ atunci $\Delta m_{C;sto;sld} = m_{C;sto;lqd,0}$ et $m_{C;sto;lqd} = 0$
Limitare a energiei pentru transformare în faza solidă			0.00	(17)/ (3.109)	dacă $\Delta m_{C;sto;sld} > m_{C;sto;sld}$ atunci $\Delta m_{C;sto;sld} = m_{C;sto;sld,0}$ $m_{C;sto;sld} = 0$
Masa (fază solidă)	$m_{C;sto;sld}$	kg	50.00		$m_{C;sto;sld} = m_{C;sto;sld,0} + \Delta m_{C;sto;sld}$
Temperatura (fază solidă)	$\theta_{C;sto;sld}$	°C	0.00	(18)/ (3.110)	$J_{C;sto;sld} = \text{Max}(J_{C;sto;sld,0} + \frac{DQ_{C;sto} - C_{p;sens;sld} \times Dm_{C;sto;sld,0} \times (J_{sto;tr} - J_{C;sto;sld})}{C_{p;sens;sld} \times (m_{C;sto;sld} + Dm_{C;sto;sld})}; J_{C;gen;out;flw})$
Masa (fază lichidă)	$m_{C;sto;lqd}$	kg	0.00		$m_{C;sto;lqd} = m_{C;sto;lqd,0} + \Delta m_{C;sto;lqd}$
Temperatura (fază lichidă)	$m_{C;sto;lqd}$	°C	-	(22)/ (3.114)	$J_{C;sto;lqd} = J_{C;sto;lqd,0} + \frac{DQ_{C;sto} - C_{p;sld} \times Dm_{C;sto;sld} \times (J_{sto;tr} - J_{C;sto;lqd})}{C_{p;lqd} \times (m_{C;sto;lqd,0} + Dm_{C;sto;sld})}$
Energia totală introdusă de unitatea de răcire	$\Delta Q_{C;gen;sto;out}$	kWh	-0.58	(21)/ (3.123)	$\Delta Q_{C,sto} = Q_{C,sto,gen} - Q_{C,sto,out} - Q_{C,sto,in,ls} - Q_{C,sto,ls} - Q_{C,sto,out,ls}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref în SR EN 16798-15/ (am*)	Formula
Timp de operare a echipamentelor auxiliare (circuit primar)	$t_{C;sto,aux,out}$	h	0.00	(25)/ (3.117)	$t_{C;sto,aux,out} = \frac{Q_{C;sto,out}}{C_{p;sto,sens,med} \cdot r_{sto,med} \cdot q_{C;sto,v;pmp,out} \cdot (q_{C;sto,out;flw} - q_{C;sto,out;ret})}$
Energie auxiliară (intrare)	$W_{C;aux;sto,out}$	kWh	0.00	(26)/ (3.118)	$W_{C;sto,aux,out} = t_{C;sto,aux,out} \cdot F_{C;sto;pmp,out}$
Masa (faza solidă)	$MC;sto;sld$	kg	42.60		
Masa (faza lichidă)	$MC;sto;lqd$	kg	0.00		
Total energie auxiliară	$W_{C;aux;sto}$	kWh	0.00	(27)/ (3.119)	$W_{C;sto,aux} = W_{C;sto;gen;aux,out} + W_{C;sto,aux,in}$
Pierderi de energie aferente stocării și distribuției	$Q_{C;sto;ls}$	kWh	0.108	(6)+(7)+(8)	$Q_{C;sto;ls;rbl} = - (Q_{C;sto,out;ls} + Q_{C;sto;ls} + Q_{C;sto,in;ls})$
Pierderi de energie recuperabile aferente stocării și distribuției	$Q_{C;sto;ls;rbl}$	kWh	0.11	(29)/ (3.121)	$Q_{C;sto;ls;rbl} = - (Q_{C;sto,out;ls} + Q_{C;sto;ls} + Q_{C;sto,in;ls}) \cdot f_{C;sto;rbl}$
Pierderi de energie recuperabile ale echipamentelor auxiliare	$Q_{C;sto;aux;ls;rbl}$	kWh	0.00	(28)/ (3.120)	$Q_{C;sto;aux;ls;rbl} = - W_{C;sto,aux} \cdot f_{aux;rbl}$
Total pierderi de energie recuperabile	$Q_{C;sto;ls;tot;rbl}$	kWh	0.11	(30)/ (3.122)	$Q_{C;sto;ls;tot;rbl} = Q_{C;sto;aux;ls;rbl} + Q_{C;sto;ls;rbl}$
Temperatura de stocare	$\theta_{C;sto}$	°C	0.00	(1)	

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref în SR EN 16798-15/ (am*)	Formula
Energie extrasă din sistemul de distribuție	$Q_{C;sto;in}$	kWh	48.29	(1)/ (3.94)	

Notă pentru semnificația (*am) - numerotarea relațiilor din paranteză corespunde formulelor din actuala metodologie

Metoda de calcul aplicată furnizează datele de ieșire din tabelul următor:

Tabelul 3.10 Date de ieșire calculate

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Destinație (modul)
<i>Date privind fluxul de energie</i>				
Căldură extrasă din sistemul de distribuție	$Q_{C;sto;in}$	kWh	48.29	M4-1
Pierderi termice (recuperabile)	$Q_{C;sto;ls;tot;rbl}$	kWh	0.11	M2-2
Energie auxiliară totală	$W_{C;sto;aux}$	kWh	0.00	M4-1; M4-4
<i>Date privind condițiile de funcționare</i>				
Temperatura mediului de stocare din unitatea de stocare	$\vartheta_{C;sto;out}$	°C	0	M4-1
<i>Alte date</i>				
Masa (faza solidă)	$m_{C;sto;sld}$	kg	43	local
Masa (faza lichidă)	$m_{C;sto;lqd}$	kg	0	local
Tipul de material pentru stocare	STO_TYPE	Listă	Apă	-

3.2.5. Consumul de energie și eficiența energetică a sistemelor de climatizare de tip aer – apă sau aer-refrigerent

3.2.5.1. Tipuri de sisteme

Metoda se aplică pentru tipurile de sisteme de climatizare menționate mai jos. O reprezentare a unui sistem aer-apă cu ventiloconvectoare, cu 4 conducte este dată în figura 3.17.

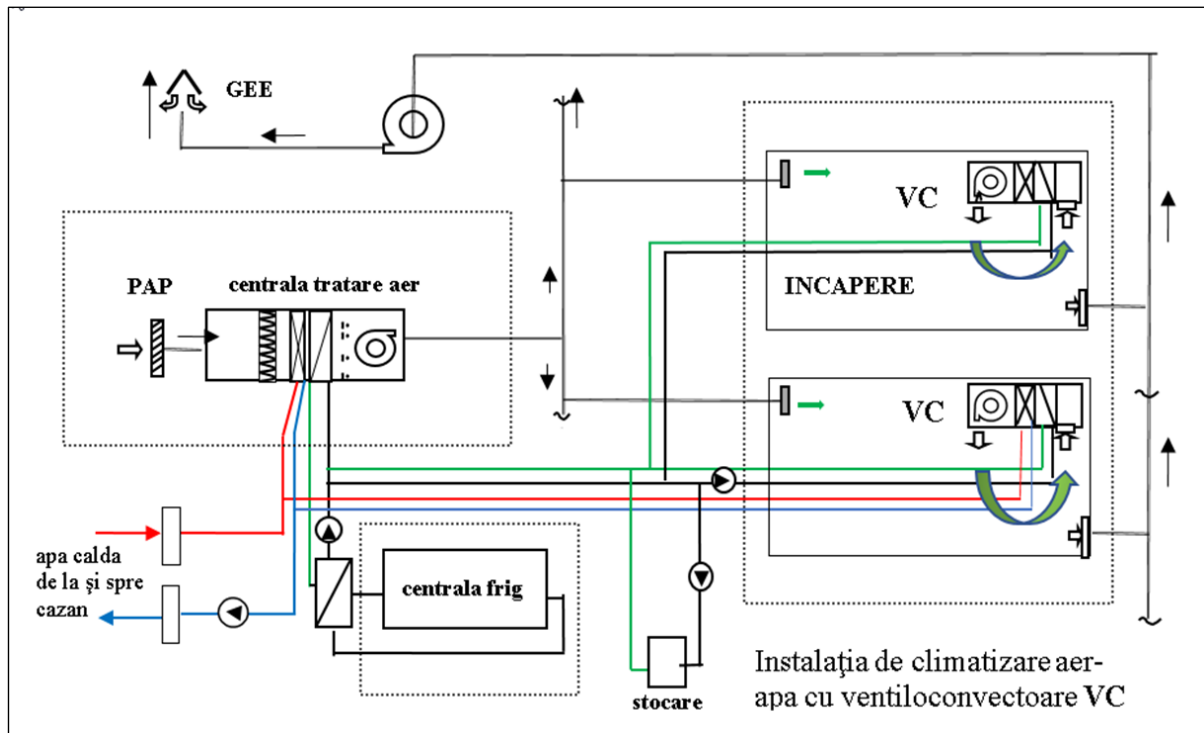


Figura 3.17. Sistem de răcire (climatizare aer-apă) cu ventiloconvectoare cu 4 conducte de apă

Sisteme aer-apă

- Sistem cu ventiloconvectoare, cu 2, 3 sau 4 conducte
- Sistem cu inducție, 2 conducte, cu sau fără comutare, cu 3 sau 4 conducte
- Panou de răcire radiant cu 2 sau 4 conducte (plafoane de răcire și grinzi de răcire pasive)
- Sisteme de răcire integrate (sol, pereți, tavan)
- Sistem de tavan cu grinzi active, cu 2 sau cu 4 conducte
- Sistem cu pompă de căldură în buclă de apă

Sisteme aer-refrigerent

- Unități pentru o încăpere (inclusiv unități cu o conductă)
- Sisteme mono-split cu detentă directă (inclusiv sistemele cu debit de agent frigorific variabil)

Metoda de calcul stabilește modul de colectare a datelor necesare pentru calculul energiei de răcire din mai multe zone termice (inclusiv a centralelor de climatizare ale sistemelor numai aer) conectate la un sistem de distribuție a frigului și modul de a reuni datele de la mai multe sisteme de distribuție pentru un calcul energetic global al sistemului.

Metoda înglobează calculul pierderilor termice datorate emisiei și distribuției de frig, precum și energia echipamentelor auxiliare. Este luată în considerare și energia de răcire care trebuie să fie extrasă de sistemul de generare a frigului și energia stocată.

Metoda indică de asemenea modul în care trebuie distribuită energia furnizată de generatorul de frig, diferitelor sisteme și eventuale priorități de funcționare.

Sunt definiți de asemenea, indicatorii de performanță energetică ai sistemelor de răcire.

Astfel, se indică modul de calcul pentru:

- temperatura de ieșire cerută de generatorul de frig,
- temperaturile apei (tur-retur) în sistemele de distribuție a frigului,
- debitele volumice în sistemul de distribuție,
- energia de răcire care trebuie să fie extrasă de sistemul de generare a frigului, pe baza exigențelor fiecărei zone termice (și a CTA-urilor racordate la aceeași distribuție),
- energia de răcire extrasă de sistemele de distribuție, în funcție de energia extrasă de generator și de efectele stocării, ținând seama de priorități,
- energia de răcire extrasă de diferite zone termice, ținând seama de pierderile termice ale emisiei și distribuției de frig.
- indicatorii de performanță ai sistemului de răcire.

Pasul de timp de calcul utilizat poate fi anual, lunar sau orar.

Un calcul simplificat care poate fi folosit la clădiri existente și în faza de proiectare, permite evitarea calculului detaliat, pe bază de factori. Acesta este indicat în mod deosebit pentru intervale de timp mari, o lună sau un an. Metoda furnizează calculul mărimilor indicate în tabelul 3.11.

Tabel 3. 11. Mărimi de ieșire ale metodei de calcul simplificate

Descriere	Simbol
Energia electrică de intrare în generatorul de frig	$E_{C;gen;el;in}$
Energia echipamentelor auxiliare pentru emisia de frig	$W_{C;aux;em}$
Energia echipamentelor auxiliare pentru distribuția de frig	$W_{C;aux;dis}$
Energia echipamentelor auxiliare pentru generarea de frig	$W_{C;aux;gen}$
Energia de răcire extrasă din zona termică j	$Q_{C;out;zt,j}$
Temperatura de ieșire necesară la generator	$\vartheta_{C;gen;out;req}$
Energia de răcire cerută de sistemul de generare a frigului	$Q_{C;gen;in;req}$
Energia furnizată de bateria de răcire a CTA pentru sistemul de climatizare k	$Q_{C;ahu;out;k}$

3.2.5.2. Date de intrare

- Date privind concepția sistemului de răcire

În tabelul urmator sunt precizate datele referitoare la concepția procesului de răcire.

Tabel 3.12. Date privind concepția procesului

Caracteristici	Simbol	Unitate măsură
Temperatura de ieșire setată pentru generarea de frig	$\vartheta_{C;gen;out;set}$	°C
Temperatura de intrare setată pentru întreg ansamblul sistemului de distribuție, pentru o temperatură furnizată constantă	$\vartheta_{C;dis;flw;set}$	°C
Temperatura de intrare maximă setată pentru întreg ansamblul sistemului de distribuție, pentru punct de reglare variabil cu compensarea temperaturii exterioare	$\vartheta_{C;dis;flw;set;max}$	°C
Temperatura de intrare minimă setată pentru întreg ansamblul sistemului de distribuție, pentru punct de reglare variabil cu compensarea temperaturii exterioare	$\vartheta_{C;dis;flw;set;min}$	°C
Factor de pantă pentru întreg ansamblul sistemului de distribuție, pentru punct de reglare variabil cu compensarea temperaturii exterioare	f_e	—
Temperatura offset pentru întreg ansamblul sistemului de distribuție, pentru punct de reglare variabil cu compensarea temperaturii exterioare	$\Delta\vartheta_{off}$	K
Factor al pierderilor termice în sistemul de distribuție a frigului (calcul simplificat)	$f_{C;ls;dis}$	—
Factor privind energia echipamentelor auxiliare din sistemul de distribuție a frigului (calcul simplificat)	$f_{C;aux;dis}$	—
Factor de ponderare pentru energia termică	$f_{W;th}$	—
Factor de ponderare pentru energia electrică	$f_{W;el}$	—

- Date privind opțiunile de reglare a procesului
 - reglarea temperaturii de ieșire pentru generarea de frig: temperatură constantă în unitatea de generare a frigului sau temperatură variabilă în unitatea de generare a frigului,
 - reglarea temperaturii de ieșire a apei răcite din sistemul de distribuție: temperatură furnizată constantă sau punct de reglare variabil cu compensarea temperaturii exterioare.
- Date privind condițiile de funcționare sau condițiile limită

Datele privind condițiile de funcționare necesare în calculul consumului de energie sunt reunite în tabelul 3.13 urmator.

Tabel 3.13. Date privind condițiile de funcționare

Mărimea	Simbol	Unitate măsură
Intervalul de timp de calcul	$t_{c,i}$	h
Temperatura aerului ambiant	ϑ_e	°C
Necesarul energetic sensibil pentru răcire, pentru zona termică j	$Q_{C;nd;zt;j}$	kWh

Mărimea	Simbol	Unitate măsură
Energia cerută la ieșirea din bateria de răcire a CTA k	$Q_{C;ahu,out;req,k}$	kWh
Temperatura necesară/cerută a aerului introdus	$\vartheta_{SUP;C;req}$	°C
Pierderi termice asociate emisiei frigului în zona termică j	$Q_{C;em,ls;j}$	kWh
Energia auxiliară pentru sistemul de emisie a frigului în zona termică j	$W_{C;aux;em;j}$	kWh
Temperatura interioară echivalentă	$\vartheta_{int;inc}$	°C
Partea de energie auxiliară pentru distribuția frigului corespunzătoare apei răcite	$f_{wat;C;dis;aux}$	—
Energia de răcire extrasă de sistemul de generare a frigului	$Q_{C;gen,in}$	kWh
Temperatura apei răcite la ieșire din generatorul de frig	$\vartheta_{C;gen,out}$	°C
Energia electrică la intrare în sistemul de generare frig	$E_{C,gen,el,in}$	kWh
Aportul de căldură pentru generarea de frig prin absorbție	$Q_{H;C;gen;abs,in}$	kWh
Energia auxiliară în sistemul de generare a frigului	$W_{C;aux;gen}$	kWh

3.2.5.3. Calculul mărimilor de ieșire

Calculul condițiilor de funcționare

- Sisteme cu detentă directă

Emisia de căldură în funcție de zona termică: extragerea căldurii se face direct din zonele răcite.

Temperatura de ieșire cerută de sistemul de generare este temperatura interioară a zonei termice.

$$\vartheta_{C,gen,out;req} = \vartheta_{C,int;inc} \quad (3.136)$$

Dacă distribuția este realizată printr-un sistem de aer, extragerea căldurii se face prin fluxul de aer considerat. Temperatura de ieșire cerută de sistemul de generare este temperatura aerului introdus :

$$\vartheta_{C,gen,out;req} = \vartheta_{SUP;C;req} \quad (3.137)$$

- Sisteme aer-apă

Temperatura de ieșire cerută de *sistemul de generare* pentru intervalul de calcul considerat este:

— dacă reglarea se face cu temperatură constantă atunci:

$$\vartheta_{C,gen,out;req} = \vartheta_{C,gen,out;set} \quad (3.138)$$

dacă nu

$$\vartheta_{C,gen,out;req} = \vartheta_{C,dis,in;flw;req} \quad (3.139)$$

Unde:

$\vartheta_{C,gen,out;set}$ [°C] Temperatura de ieșire cerută/setată de sistemul de generare ;
valoare prin lipsă $\vartheta_{C,gen,out;set} = 6^{\circ}\text{C}$.

Temperatura de intrare cerută de *ansamblul sistemului de distribuție* se determină astfel:

— dacă reglarea se face cu temperatura de intrare constantă:

$$\vartheta_{C,dis,in;flw;req} = \vartheta_{C,dis;flw;set} \quad (3.140)$$

Valoare prin lipsă $\vartheta_{C,dis;flw;set;i} = 6^{\circ}\text{C}$.

— dacă reglarea se face cu punct de reglare variabil, cu compensarea temperaturii exterioare:

$$\vartheta_{C,dis,in;flw;req} = \min \left[\vartheta_{C,dis;flw;set;max}; \max \left(\vartheta_{C,dis;flw;set;min}; f_e \cdot \vartheta_e + \Delta \vartheta_{off} \right) \right] \quad (3.141)$$

unde

$\vartheta_{C,dis,in;set}$	°C	Temperatura de intrare în sistemul de distribuție, stabilită pentru o temperatură furnizată constantă (la intrare) ;
$\vartheta_{C,dis,in;set;max}$	°C	Temperatura maximă de intrare în sistemul de distribuție, stabilită pentru punct de reglare variabil cu compensarea temperaturii exterioare (la intrare) ;
$\vartheta_{C,dis,in;set;min}$	°C	Temperatura minimă de intrare în sistemul de distribuție, stabilită pentru punct de reglare variabil cu compensarea temperaturii exterioare (la intrare) ;
f_e	—	Factor de pantă al sistemului de distribuție pentru punct de reglare variabil cu compensarea temperaturii exterioare (la intrare) ;
$\Delta \vartheta_{off}$	°C	Valoarea de temperatură a sistemului de distribuție pentru un punct de reglare variabil cu compensarea temperaturii exterioare (la intrare).

Calculul consumului de energie

- Energia extrasă din zonele termice și din CTA -uri (la sistemele numai aer)

Energia reală extrasă din zona termică j și din CTA k , pentru un interval de calcul, este:

$$Q_{C,zt,j} = \min \left[Q_{C,nd;zt,j}; \frac{Q_{C,nd;zt,j}}{Q_{C,gen,in;req}} \cdot Q_{C,gen,in} \right] \quad (3.142)$$

$$Q_{C,ahu,k,out} = \min \left[Q_{C,ahu,k,out;req}; \frac{Q_{C,ahu,k,out;req}}{Q_{C,gen,in;req}} \cdot Q_{C,gen,in} \right] \quad (3.143)$$

unde:

$Q_{C,nd;zt,j}$	Necesarul de energie sensibilă pentru răcire, al zonei termice j , în kWh
$Q_{C,em;ls,j}$	Pierderile termice datorate emisiei de frig în zona termică j , în kWh
$Q_{C,ahu,k,out;req}$	Energia de răcire cerută de CTA, k , în kWh
$Q_{C,gen,in}$	Energia extrasă de sistemul de generare a frigului, în intervalul de calcul considerat, în kWh.

- Sisteme cu detentă directă

Energia care trebuie extrasă de sistemul de generare a frigului în intervalul de calcul considerat, pentru toate zonele j și respectiv centralele k , este:

$$Q_{C,gen,in;req} = \sum_j Q_{C,nd;zt,j} + \sum_j Q_{C,em;ls,j} + \sum_k Q_{C,ahu,k,out;req} \quad (3.144)$$

- Sisteme aer-apă

Energia necesar a fi extrasă de sistemul de generare a frigului în intervalul de calcul considerat, este:

$$Q_{C,gen,in;req} = \sum_j Q_{C,nd;zt,j} + \sum_j Q_{C,em;ls,j} + \sum_k Q_{C,ahu,k,out;req} + Q_{C,dis;ls} + f_{wat,C;aux;dis} \cdot W_{C;aux;dis} \quad (3.145)$$

unde, în plus:

$f_{\text{wat};C;\text{aux};\text{dis}}$ — Partea de energie a echipamentelor auxiliare destinate vehiculării apei răcite.

Notă: Această metodă simplă, nu ține seama de stocarea frigului și realizează calculul pentru un singur sistem de distribuție.

Pierderile termice datorate distribuției frigului și energia echipamentelor auxiliare se determină ca o fracție din necesarul de energie de răcire:

$$Q_{C;\text{ls};\text{dis}} = f_{C;\text{ls};\text{dis}} \left(\sum_j Q_{C;\text{nd};\text{zt},j} + \sum_j Q_{C;\text{em};\text{ls},j} + \sum_k Q_{C;\text{ahu},k;\text{out};\text{req}} \right) \quad (3.146)$$

Unde

$f_{C;\text{ls};\text{dis}}$ — factor al pierderilor termice datorate distribuției de frig;

Pentru calculul simplificat al pierderilor termice ale sistemului de distribuție, se pot considera :

$f_{C;\text{ls};\text{dis}} = 0,05$; $f_{C;\text{aux};\text{dis}} = 0,02$.

și

$$W_{C;\text{aux};\text{dis}} = f_{C;\text{aux};\text{dis}} \left(\sum_j Q_{C;\text{nd};\text{zt},j} + \sum_j Q_{C;\text{em};\text{ls},j} + \sum_k Q_{C;\text{ahu},k;\text{out};\text{req}} \right) \quad (3.147)$$

unde

$f_{C;\text{aux};\text{dis}}$ — Factor de energie al echipamentelor auxiliare necesare distribuției de frig;

3.2.6. Generarea frigului

3.2.6.1 Introducere

Metoda se referă la calculul parametrilor de funcționare și la consumul de energie al sistemelor de generare a frigului.

Generarea frigului este realizată folosind:

- generatoare de frig – grupuri frigorifice cu apă răcită, cu comprimare mecanică sau cu absorbție,
- diverse tipuri de generatoare (denumite generice) – apa subterană, apa de suprafață sau utilizarea directă a răcirii în sol,
- diferite tipuri de căldură degajată (uscătă, umedă, hibridă cu aerul exterior, alte tipuri de surse de căldură) – pentru sistemele cu absorbție.

Metoda acoperă calculul pentru:

- Temperatura de intrare/ieșire a apei de răcire (la răcirea cu apă), $\theta_{C;\text{wat},\text{hr},\text{in}}$, $\theta_{C;\text{wat},\text{hr},\text{out}}$
- Căldura consumată pentru generarea frigului (la sistemele cu absorbție), $Q_{H;C;\text{gen};\text{in}}$
- Energia electrică necesară pentru generarea frigului (la sistemele cu compresie), $E_{C;\text{gen},\text{el};\text{in}}$
- Energia termică extrasă de sistemul de răcire, $Q_{C;\text{gen},\text{in}}$
- Consumul de energie auxiliară (de exemplu, puterea sistemului de evacuare a căldurii, consum pentru reglare, senzori și reglatoare), $W_{C;\text{aux},\text{gen};\text{in}}$
- Energia termică recuperabilă, $Q_{C;\text{gen},\text{out},\text{rbl}}$
- Căldura evacuată, $Q_{\text{hr};\text{out}}$

- Temperatura la care este evacuată căldura, $\vartheta_{C,gen,out,rbl}$
- Factorul de sarcină parțială a necesarului de energie de răcire asigurată, $f_{C,PL,cvd}$

Pasul de timp de calcul utilizat poate fi lunar sau orar. Efectele dinamice nu sunt luate în considerare. În acest document, se dezvoltă metoda de calcul pentru un pas de calcul lunar sau orar, pentru grupurile cu apă răcită, pentru sistemele split și multi-split și sistemele cu agent frigorific cu debit variabil (VRF), conform standardul SR EN 16798-13:2018.

Metoda tratează întregul circuit termodinamic, referindu-se cu precădere la generatoarele de frig (cu comprimare și absorbție), dispozitivele de evacuare a căldurii și sistemelor de comandă.

3.2.6.2.Date de intrare

- Datele tehnice necesare în calculul consumului de energie sunt date în tabelul 3.14.

Tabel 3.14. Date tehnice de intrare ale echipamentelor

Denumire	Simbol	Unitate măsură
Puterea termică nominală a sistemului de răcire	$\Phi_{C;gen;n}$	kW
Puterea termică nominală a sistemului de evacuare a căldurii	$\Phi_{hr;n}$	kW
Puterea termică nominală a sistemului de evacuare a căldurii hibrid, la funcționare în regim uscat	$\Phi_{hr;n,dry}$	kW
Randamentul energetic nominal pentru producerea de frig	EER_n	—
Temperatura ambiantă pentru un randament energetic nominal pentru generarea de frig cu un sistem răcit cu aer	$\vartheta_{e;n}$	°C
Temperatura interioară pentru un randament energetic nominal pentru generarea de frig cu un sistem răcit cu aer	$\vartheta_{i;n}$	°C
Raport nominal pentru un sistem cu absorbție	ζ_n	—
Temperatura la intrare a apei de răcire pt sistemul de evacuare a căldurii	$\vartheta_{C;wat;hr;in;n}$	°C
Temperatura la ieșire a apei de răcire pt sistemul de evacuare a căldurii	$\vartheta_{C;wat;hr;out;n}$	°C
Energia electrică specifică pt sistemul de evacuare a căldurii	$p_{hr;el}$	kW/kW
Energia electrică specifică pt sistemul de distribuție	$p_{dist;el}$	kW/kW
Puterea electrică pentru sistemul de reglare	$P_{ctrl;el;j}$	kW
Diferența de temperatură în vaporizator	$\Delta\vartheta_{evap}$	K
Diferența de temperatură în condensator	$\Delta\vartheta_{cond}$	K
Coeficient	a_0	—
Coeficient	a_1	1/°C
Coeficient	a_2	1/°C

- Date privind descrierea sistemelor de generare a frigului sunt:
 - Date privind tipul sistemului frigorific (climatizoare răcite cu aer, grup de apă răcită, răcit cu aer, grup de apă răcită, răcit cu apă
 - Tipul de generator de frig (cu compresie, cu absorbție),

- Tipul de compresor și modul de reglare al acestuia

3.2.6.3. Calculul mărimilor de ieșire ale metodei

Calculul condițiilor de funcționare

- Funcționarea în sarcină parțială

Valoarea în sarcină parțială PLV se determină pentru fiecare interval de calcul cu relația:

$$PLV = f_{C;PL,k} \cdot f_{hr;PL} \cdot f_{hr;fc} \cdot f_{C;mult} \quad (3.148)$$

unde :

- $f_{C;PL,k}$ - factor de sarcină parțială al generatorului de frig
- $f_{hr;PL}$ - factor de sarcină parțială al sistemului de evacuare a căldurii
- $f_{hr;fc}$ - factor de răcire gratuită
- $f_{C;mult}$ - factor pentru generatoare de frig multiple

În absența altor date, pentru sistemele frigorifice cu absorbție, valoarea $PLV = 0,95$.

- Funcționarea generatorului de frig la sarcină parțială a sistemului de răcire

Pentru fiecare interval de calcul, se consideră factorul la sarcină parțială:

$$f_{C;PL} = \frac{Q_{C;gen;in;req}}{t_{C;gen;op} \cdot \Phi_{C;gen;n}} \quad (3.149)$$

unde :

- $\Phi_{C;gen;in}$ Puterea termică nominală extrasă din sistemul de distribuție, în kW
- $Q_{C;gen;in;req}$ Energia termică necesară a fi extrasă de generatorul de frig în intervalul de calcul considerat, în kWh
- $t_{C;gen;op}$ Intervalul de funcționare a sistemului de generare a frigului, în h

Factorii de sarcină parțială $f_{C;PL}$ sunt asociați diferitelor trepte de funcționare în sarcină parțială k , după cum urmează:

$$\begin{aligned} 0,05 \leq f_{C;PL} < 0,15 & \rightarrow k = 0,1; \\ 0,15 \leq f_{C;PL} < 0,25 & \rightarrow k = 0,2; \\ & \vdots \\ 0,95 \leq f_{C;PL} & \rightarrow k = 1,0; \end{aligned} \quad (3.150)$$

Factorul de sarcină parțială specific generatorului de frig, pentru o anumită treaptă k de sarcină parțială, este:

$$\text{dacă } f_{C;PL} < 0,05, \quad f_{C;PL,k} = 1 \quad (3.151)$$

sau, în funcție de tipul de sistem de răcire, se pot adopta valorile prin lipsă din SR EN 16798-13, reproduse în tabelul 3.15 și în tabelul 3.16.

Factorii de sarcină parțială $f_{C;PL,k}$ pot fi obținuți și din baze naționale de date; trebuie subliniat faptul că acești factori $f_{C;PL,k}$ sunt definiți în condiții nominale de temperatură. Alte temperaturi sunt luate în considerare prin factorul $f_{hr;PL}$.

$$\text{Dacă } f_{C;PL} \leq 1 \quad Q_{C;gen;in} = Q_{C;gen;in;req} \quad (3.152)$$

sau

$$Q_{C;gen;in} = t_{C;gen;op} \cdot \Phi_{C;gen;n} \quad (3.153)$$

unde

$Q_{C;gen;in}$ Energia termică extrasă de unitatea de răcire în intervalul de timp considerat, în kWh.

- Factorul de sarcină parțială aferent necesarului de energie de răcire asigurat, este:

$$f_{C;PL;cvd} = \min \left(1,0; \frac{Q_{C;gen;in}}{Q_{C;gen;in;req}} \right) \quad (3.154)$$

Factorul $f_{C;PL;cvd}$ poate fi utilizat pentru a caracteriza calitatea și reglarea necesarului de frig.

- Corecția de temperatură pentru randamentul energetic al producerii de frig la generator
Randamentul energetic al producerii frigului EER_n , pentru o unitate de generare a frigului, se definește în condiții particulare de temperatură $\vartheta_{C;gen;req;out;n}$ și $\vartheta_{C;gen;req;in;n}$ conform condițiilor normalizate de încercare. Pentru valori diferite de temperatură, se va folosi un factor de corecție dat de relația:

$$f_{EER;corr} = \frac{\frac{T_{0;abs} + \vartheta_{C;gen;req;out} - \Delta\vartheta_{evap}}{(T_{0;abs} + \vartheta_{C;gen;hr;req;in;ref} + \Delta\vartheta_{cond}) - (T_{0;abs} + \vartheta_{C;gen;req;out} - \Delta\vartheta_{evap})}}{\frac{T_{0;abs} + \vartheta_{C;gen;req;out;n} - \Delta\vartheta_{evap}}{(T_{0;abs} + \vartheta_{C;gen;hr;req;in;n} + \Delta\vartheta_{cond}) - (T_{0;abs} + \vartheta_{C;gen;req;out;n} - \Delta\vartheta_{evap})}}, \quad (3.155)$$

unde

$T_{0;abs}$	Temperatura absolută de referință	°C
$\vartheta_{C;gen;req;out}$	Temperatura de ieșire cerută pentru producerea de frig (temperatura cerută de apă sau de aerul răcit la ieșirea din vaporizator)	°C
$\vartheta_{C;gen;hr;req;in;ref}$	Temperatura de intrare, de referință, cerută pentru evacuarea căldurii (temperatura cerută de apa de răcire sau de aerul ambiant la intrarea în condensator)	°C
$\vartheta_{C;gen;req;out;n}$	Temperatura de ieșire cerută pentru generarea de frig în condiții nominale (temperatura cerută de apă sau de aerul răcit la ieșirea din vaporizator)	°C
$\vartheta_{C;gen;hr;req;in;n}$	Temperatura de intrare pentru evacuarea de căldură în condiții nominale (temperatura cerută de apa de răcire sau de aerul ambiant la intrarea în condensator)	°C
$\Delta\vartheta_{evap}$	Diferența de temperatură în vaporizator	°C
$\Delta\vartheta_{cond}$	Diferența de temperatură în condensator	°C

Notă: Atunci când temperaturile reale sunt egale cu cele din condiții nominale, relația (155) devine $f_{EER;corr} = 1,0$.

Tabel 3.15 Factori de sarcină parțială $f_{C;PL;k}$ pentru climatizoare de cameră, răcite cu aer

Tip de sistem	Etaj (treaptă) de sarcină parțială k									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Sistem split	1,34	1,34	1,34	1,34	1,27	1,23	1,16	1,09	1,02	0,95
Sistem multi- split, cu comandă camerei de	0,68	0,73	0,77	0,80	0,86	0,93	0,95	0,97	0,94	0,90

Tip de sistem	Etaj (treaptă) de sarcină parțială k									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
evacuare sau cu închidere a cricului										
Sistem multi- split	1,52	1,54	1,57	1,69	1,45	1,31	1,21	1,09	1,03	0,95
Sistem multi-split sau sistem cu fluid refrigerent cu debit variabil	0,77	1,18	1,42	1,55	1,54	1,46	1,35	1,19	1,06	0,92

Tabel 3.16. Factori de sarcină parțială $f_{C;PL;k}$ pentru grupuri de apă răcită, răcite cu aer

Funcționare compresor	Treaptă de sarcină parțială <i>k</i>									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
compresor cu piston										
fix	0,83	0,87	0,92	0,95	0,98	1,00	1,01	1,02	1,01	1,00
programat	0,87	1,03	1,05	1,06	1,03	1,08	1,09	1,07	1,03	1,00
Inverter -variabil	Nu există date disponibile									
alt tip variabil	Exemple în Raport tehnic al SR EN 16798 – 13									
compresor cu spirală										
fix	0,83	0,87	0,92	0,95	0,98	1,00	1,01	1,02	1,01	1,00
programat	0,87	1,03	1,05	1,06	1,03	1,08	1,09	1,07	1,03	1,00
inverter variabil	0,43	0,54	0,65	0,75	0,84	0,91	0,97	1,01	1,02	1,00
alt mod variabil	Exemple în Raport tehnic al SR EN 16798 – 13									
compresor cu șurub										
fix	inadecvat									
programat	Nu există date disponibile									
inverter variabil	1,19	1,19	1,13	1,08	1,05	1,04	1,03	1,03	1,02	1,00
alt mod variabil	Exemple în Raport tehnic al SR EN 16798 – 13									
compresor centrifugal										
fix	inadecvat									
programat	Nu există date disponibile									
inverter variabil	1,40	1,40	1,32	1,24	1,18	1,13	1,09	1,06	1,03	1,00
alt mod variabil	Exemple în Raport tehnic al SR EN 16798 – 13									

Tabel 3.17. Factori de sarcină parțială $f_{C,PL,k}$ pentru grupuri de apă răcită, răcite cu apă

Funcționare compresor	Etaj (treaptă) de sarcină parțială <i>k</i>									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
compresor cu piston										
fix	0,96	0,94	0,92	0,90	0,90	0,90	0,92	0,94	0,96	1,00
programat	1,14	1,17	1,19	1,20	1,18	1,16	1,13	1,10	1,05	1,00
inverter variabil	Nu există date disponibile									
alt tip variabil	Exemple în Raport tehnic al SR EN 16798 – 13									
compresor cu spirală										
fix	0,96	0,94	0,92	0,90	0,90	0,90	0,92	0,94	0,96	1,00
programat	1,14	1,17	1,19	1,20	1,18	1,16	1,13	1,10	1,05	1,00
inverter variabil	Nu există date disponibile									
alt tip variabil	Exemple în Raport tehnic al SR EN 16798 – 13									
compresor cu șurub										
fix	inadecvat									
programat	Nu există date disponibile									
inverter variabil	0,62	0,77	0,88	0,95	0,98	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00
alt tip variabil	Exemple în Raport tehnic al SR EN 16798 – 13									
compresor centrifugal										
fix	inadecvat									
programat	Nu există date disponibile									
inverter variabil	1,42	1,41	1,38	1,34	1,29	1,24	1,18	1,12	1,06	1,00
alt tip variabil	Exemple în Raport tehnic al SR EN 16798 – 13									

Temperaturile utilizate sunt stabilite astfel:

- Pentru climatizoare de cameră și grupuri de apă rece răcite cu aer, dacă evacuarea de căldură se face cu aer, la temperatura aerului exterior:

$$\mathcal{G}_{C;gen;hr;req;in;ref} = \mathcal{G}_{e;ref} \text{ și } \mathcal{G}_{C;gen;hr;req;in;n} = \mathcal{G}_{e;n} \quad (3.156)$$

- sau dacă evacuarea de căldură se face cu aer, la temperatura aerului interior:

$$\mathcal{G}_{C;gen;hr;req;in;ref} = \mathcal{G}_{e;ref} \text{ și } \mathcal{G}_{C;gen;hr;req;in;n} = \mathcal{G}_{i;n} \quad (3.157)$$

sau dacă evacuarea de căldură se face cu apă,

$$\mathcal{G}_{C;gen;hr;req;in;ref} = \mathcal{G}_{C;wat;hr;in;ref} \text{ și } \mathcal{G}_{C;gen;hr;req;in;n} = \mathcal{G}_{C;wat;hr;in;n} \quad (3.158)$$

Unde

$\vartheta_{C;wat;hr;in;ref}$ Temperatura de intrarea a apei de răcire în sistemul de evacuare a căldurii, în condiții de referință. °C

$\vartheta_{C;wat;hr;in;n}$ Temperatura apei de răcire ce sosește în sistemul de evacuare a căldurii, la puterea nominală. °C

Valorile prin lipsă ale $\Delta\vartheta_{evap}$ și $\Delta\vartheta_{cond}$, precum și ale $\vartheta_{C;wat;hr;in;ref}$, sunt indicate în tabelele următoare:

Tabel 3.18 Date privind derularea procesului de răcire

Simbol	Valoare	Condiția	UM
$\Delta\vartheta_{cond}$	4	grup de apă răcită cu răcire cu apă	°C
$\Delta\vartheta_{cond}$	10	climatizoare de cameră și grup de apă răce, răcit cu aer exterior	°C
$\Delta\vartheta_{cond}$	20	grup de apă rece, răcit cu aer interior	°C
$\Delta\vartheta_{evap}$	6	grup de apă rece, răcit cu aer sau cu apă	°C
$\Delta\vartheta_{evap}$	20	climatizoare de cameră răcit cu aer	°C

Tabel 3.19 Temperaturi de referință pentru sistemul de evacuare a căldurii

Situația	sistemul	$\vartheta_{C;gen;hr;req;n;ref}$	$\vartheta_{C;gen;hr;req;out;ref}$
climatizor de cameră, sau grup de apă răcită fără reglare		32	Nu este cazul
grup de apă răcită, cu răcire cu aer cu comandă compresor și destindere comandată termostatic sau electric	generator cu compresie și compresor cu piston sau cu spirală	32	Nu este cazul
	generator cu compresie și compresor cu șurub sau compresor centrifugal	32	Nu este cazul
grup de apă răcită cu răcire cu apă și cu comandă compresor și destindere comandată termostatic sau electric	generator cu compresie și evacuare de căldură - umedă (33/27°C)	$\vartheta_{C;wat;hr;in;ref} = 33$	$\vartheta_{C;wat;hr;out;ref} = 27$
	generator cu compresie și compresor cu piston sau compresor centrifugal și evacuare de căldură – uscată (45/40°C, 30 % glycol)	$\vartheta_{C;wat;hr;in;ref} = 45$	$\vartheta_{C;wat;hr;out;ref} = 40$
	generator cu compresie și compresor cu șurub și evacuare de căldură – uscată (45/40°C, 30 % glycol)	$\vartheta_{C;wat;hr;in;ref} = 45$	$\vartheta_{C;wat;hr;out;ref} = 40$

- Evacuarea de căldură la funcționarea în sarcină parțială

Factorul de sarcină parțială mediu al energiei termice degajate de sistemul de evacuare a căldurii, $f_{hr,PL}$ caracterizează degajarea de căldură în funcție de condițiile ambiante. Este determinat pentru fiecare interval de calcul astfel:

$$f_{hr,PL} = a_2 \vartheta^2 + a_1 \vartheta + a_0 \quad (3.159)$$

Valorile coeficienților a_0 , a_1 și a_2 , precum și temperatura ϑ depind de sistem. Date privind acești coeficienți sunt indicate în tabelul 3.3.14. Dacă $f_{C,PL,k}$ nu este definit în condiții nominale de temperatură, $f_{hr,PL} = 1,0$.

Tabel 3.20 Valori ale coeficienților și temperatura din relația factorului de sarcină parțială pentru sistemul de evacuare a căldurii

Tip de sistem	Sistemul	ϑ	a_2	a_1	a_0	Validitate
grup de apă răcită cu răcire cu aer, fără reglarea temperaturii		—	0	0	1	permanent
grup de apă răcită cu răcire cu aer, cu reglarea temperaturii	generator cu compresie și (compresor cu piston sau	ϑ_e	0,0008 3	-0,07753	2,64	$12^\circ\text{C} \leq \vartheta_e \leq 35^\circ\text{C}$
	generator cu compresie și (compresor cu șurubsau compresor centrifugal)	ϑ_e	0,0007 1	-0,08224	2,91	$12^\circ\text{C} \leq \vartheta_e \leq 35^\circ\text{C}$
grup de apă răcită cu răcire cu apă și cu reglarea temperaturii	generator cu compresie și evacuare de căldură umedă ($33^\circ\text{C}/27^\circ\text{C}$)	$\vartheta_{C;wat;hr;in}$	0	-0,0307	2,0164	$12^\circ\text{C} \leq \vartheta_{C;wat;hr;in} \leq 40^\circ\text{C}$
	generator cu compresie și (compresor cu piston sau compresor centrifugal) și evacuare de căldură – uscată ($45/40^\circ\text{C}$, 30 % glycol)	$\vartheta_{C;wat;hr;in}$	0	-0,0249	2,1181	$15^\circ\text{C} \leq \vartheta_{C;wat;hr;in} \leq 50^\circ\text{C}$
	generator cu compresie și compresor cu șurub și evacuare de căldură – uscată ($45/40^\circ\text{C}$, 30 % glycol)	$\vartheta_{C;wat;hr;in}$	0	-0,0486	3,1851	$15^\circ\text{C} \leq \vartheta_{C;wat;hr;in} \leq 50^\circ\text{C}$

Calculul pentru un grup de apă răcită, răcit cu aer sau apă

În relația (101), temperatura este :

dacă evacuarea de căldură prin aer se face cu aer exterior

$$\vartheta = \vartheta_e \quad (3.160)$$

sau (de exemplu, evacuarea de căldură prin aer se face cu aer interior)

$$\vartheta = \vartheta_i \quad (3.161)$$

unde,

ϑ_e °C Temperatura exterioară (ambientă)
 ϑ_i °C Temperatura interioară.

- Energia termică recuperabilă este:

$$Q_{C;gen;out;rbl} = 0 \quad (3.162)$$

- Nivelul temperaturii căldurii recuperabile este:

$$\vartheta_{C;gen;out;max} = \text{nedefinit.} \quad (3.163)$$

- Energia termică degajată prin sistemul de evacuare a căldurii este :
dacă generatorul este cu compresie

$$Q_{hr;out} = Q_{C;gen;in} \left(1 + \frac{1}{EER_n f_{C;PL;k} f_{EER;corr}} \right) \quad (3.164)$$

Dacă nu:

$$Q_{hr;out} = Q_{C;gen;in} \left(1 + \frac{1}{\zeta_n f_{C;PL;k}} \right) \quad (3.165)$$

Calculul pentru grup de apă răcită cu răcire cu apă

În relația (101), temperatura este :

$$\vartheta = \vartheta_{C;wat;hr;in}$$

Temperaturile apei de răcire $\vartheta_{C;wat;hr;in}$ și $\vartheta_{C;wat;hr;out}$ trebuie calculate în mod repetat, cu relația:

$$\vartheta_{C;wat;hr;in} = \begin{cases} \vartheta_{C;wat;hr;out} + \frac{Q_{hr;out}}{t_{C;gen;op} \Phi_{hr;n}} (\vartheta_{C;wat;hr;in;ref} - \vartheta_{C;wat;hr;out;ref}) & \text{NO_CTRL} \\ \vartheta_{C;wat;hr;in;ref} & \text{CNST_TEMP} \\ \max \left(\vartheta_{C;wat;hr;in;limit}, \vartheta_{C;wat;hr;out} + \frac{Q_{hr;out}}{t_{C;gen;op} \Phi_{hr;n}} (\vartheta_{C;wat;hr;in;ref} - \vartheta_{C;wat;hr;out;ref}) \right) & \text{VAR_TEMP} \end{cases} \quad (3.166)$$

și una dintre formulele (108), (109), în funcție de sistemul de evacuare a căldurii.

Acronimele au semnificația modului de reglare a evacuării căldurii: NO_CTRL - fără reglare,
CNST_TEMP - cu temperatură constantă a apei de răcire și VAR_TEMP - cu temperatură
variabilă a apei de răcire.

Termenii din formule au semnificația următoare:

$\vartheta_{C;wat;hr;out}$ Temperatura apei de răcire ce revine din sistemul de evacuare a căldurii, °C
în intervalul de calcul considerat.
 $\vartheta_{C;wat;hr;in}$ Temperatura apei de răcire ce ajunge în sistemul de evacuare a căldurii, °C
în intervalul de calcul considerat
 $\vartheta_{C;wat;hr;in;ref}$ Temperatura de referință a apei de răcire ce ajunge în sistemul de °C
evacuare a căldurii

$\vartheta_{C;wat;hr;out;ref}$	Temperatura de referință a apei de răcire ce revine din sistemul de evacuare a căldurii	°C
$\vartheta_{C;wat;hr;in;limit}$	Limita inferioară a temperaturii de intrare a apei în sistemul de evacuare a căldurii	°C
$\Phi_{hr;n}$	Puterea nominală a sistemului de evacuare a căldurii	kW
$Q_{hr;out}$	Energia transferată a sistemului de evacuare a căldurii, în intervalul de calcul considerat definit prin (55).	kWh

- Temperatura de ieșire a apei din sistemul de evacuare a căldurii se calculează după cum urmează:

dacă evacuare de căldură - umedă sau hibridă cu reglare umed

$$\vartheta_{C;wat;hr;in} = \vartheta_{C;wat;hr;out} - \eta_e (\vartheta_{C;wat;hr;in} - \vartheta_{e;wb}) \quad (3.167)$$

sau dacă evacuare de căldură – uscată sau hibridă cu reglare uscat

$$\vartheta_{C;wat;hr;in} = \vartheta_{C;wat;hr;out} - \eta_e (\vartheta_{C;wat;hr;in} - \vartheta_e) \quad (3.168)$$

sau pentru evacuare de căldură – hibridă

dacă $Q_{hr;out} > \Phi_{hr;n;dry} \cdot t_{C;gen;op}$:

și evacuarea este hibridă și cu reglare umed (se poate utiliza relația (49)

sau :

și evacuarea este hibridă și cu reglare uscat(se poate utiliza relația (50)

unde

$\vartheta_{e;wb}$	Temperatura umedă medie a aerului exterior, pentru intervalul de calcul considerat	°C
ϑ_e	Temperatura medie a aerului exterior pentru intervalul de calcul considerat	°C
η_e	Raportul temperaturii de vaporizare	-
$\Phi_{hr;n;dry}$	Puterea nominală a sistemului de evacuare a căldurii, la funcționarea în regim uscat	kW

- Energia termică recuperabilă se calculează astfel:

Dacă generatorul este cu compresie

$$Q_{C;gen;out;rbl} = Q_{C;gen;in} \left(1 + \frac{1}{EER_n f_{C;PL;k} f_{EER;corr}} \right) \quad (3.169)$$

sau

$$Q_{C;gen;out;rbl} = Q_{C;gen;in} \left(1 + \frac{1}{\zeta_n f_{C;PL;k}} \right) \quad (3.170)$$

- Temperatura căldurii evacuate se obține cu aproximație cu relația:

$$\vartheta_{C;gen;out;max} = \vartheta_{C;wat;hr;in} \quad (3.171)$$

- Energia termică degajată/eliminată prin sistemul de evacuare a căldurii este:

$$Q_{hr;out} = \max(Q_{C;gen;out;rbl} - Q_{C;gen;out;req}; 0) \quad (3.172)$$

unde

$Q_{C;gen;out;req}$ energia termică necesară recuperării, în kWh

- Funcționarea în regim de răcire gratuită

Pentru factorii de răcire gratuită, valorile prin lipsă sunt $f_{hr;fc}=1$ și $f_{hr;fc;el}=1$

- Funcționarea de generatoare de frig multiple

În situația funcționării de generatoare de frig multiple, factorul $f_{C,mult}$ este precizat în tabelul următor.

Tabel 3.21 Factorul $f_{C,mult}$ pentru generatoare de frig multiple, pentru diferite clase de reglare în sarcină parțială

Opțiune de reglare	Număr de generatoare	Clase de reglare în sarcină parțială			
		A	B	C	D
unic	1	1,0			
secvențial	2	1,31	1,14	1,03	0,93
	≥ 3	1,38	1,16	1,03	0,91
paralel	≥ 2 , dacă $\frac{\Phi_{C,gen,n,min}}{\Phi_{C,gen,n,max}} \geq 0,25$	1,10	1,07	1,01	0,96
	≥ 2 , dacă $\frac{\Phi_{C,gen,n,min}}{\Phi_{C,gen,n,max}} \leq 0,25$	1,28	1,12	1,02	0,94
a Dacă distribuția sarcinii este inegală, se reglează funcție de generatorul cel mai mic b Dacă distribuția sarcinii este inegală, se reglează funcție de generatorul cel mai mic. c Dacă generatoarele sunt egale, $f_{C,mult} = 1,0$. d Valori prin lipsă dacă puterile nominale nu sunt cunoscute.					

Calculul energiei consumate

- Puterea furnizată pentru generarea frigului

Intrarea de energie de generare a frigului este:

Pentru generatoare cu compresie

$$E_{C;gen;el;in} = \frac{Q_{C;gen;in}}{PLV \cdot EER_n \cdot f_{EER;corr}} \quad (3.173)$$

Sau, pentru generatoare prin absorbție,

$$Q_{H;C;gen;abs;in} = \frac{Q_{C;gen;in}}{PLV \cdot \zeta_n} \quad (3.174)$$

unde

$Q_{C;gen;in}$	Energia termică extrasă de unitatea de răcire	kWh
$E_{C;gen;el;in}$	Energia electrică necesară pentru răcire (antrenarea compresorului)	kWh
EER_n	Randamentul energetic nominal pentru producerea de frig	-
$Q_{H;C;gen;abs;in;req}$	Energia calorică necesară pentru generarea de frig prin absorbție	kWh
ζ_n	Raportul de căldură nominal	-

- Energia echipamentelor auxiliarelor

Energia echipamentelor auxiliare pentru evacuarea căldurii se calculează după cum urmează :

Grup de apă răcită cu răcire cu aer

$$W_{hr;el;in} = 0 \quad (3.175)$$

sau

$$W_{hr;el;in} = Q_{hr,out} \cdot p_{hr;el} \cdot f_{hr;PL;el} \cdot f_{hr;fc;el} \quad (3.176)$$

unde

$p_{hr;el}$ Cererea de energie electrică specifică în sistemul de evacuare a căldurii

$f_{hr;PL;el}$ Factor de sarcină parțială pentru evacuarea căldurii

$f_{hr;fc;el}$ Factor de răcire gratuită, electric.

Valorile prin lipsă pentru factorii $p_{hr;el}$, $f_{hr;PL;el}$ și $f_{hr;fc;el}$ sunt indicate în tabelele 3.22 și 3.23 .

Tabel 3.22. Valori ale consumului de energie electrică pentru evacuarea căldurii

Sistemul de evacuare a căldurii	Consumul de putere electrică specifică $p_{hr;el}$ în kW/kW		
	Pentru sistem umed (include pompele pentru pulverizarea apei)		Pentru sistem uscat
	Circuit deschis	Circuit închis	
Fără atenuator de zgomot suplimentar (ventilatoare axiale)	0,033	0,018	0,045
Cu atenuator de zgomot suplimentar (ventilatoare radiale)	0,040	0,021	—

Tabel 3.23. Factor de sarcină parțială aferent evacuării căldurii, pentru electricitate, $f_{hr;PL;el}$

Reglarea evacuării căldurii	Tip de evacuare de căldură sau reglare pentru evacuare hibridă	
	Uscat sau hibrid uscat	Umed sau hibrid umed
Fără reglare	1	1
Cu temperatura apei de răcire, constantă	0,1	0,1
Cu temperatura apei de răcire, variabilă	0,45	0,8

Cererea de energie electrică pentru comandă, reglatoare, senzori etc., se determină cu relația:

$$W_{ctrl;el;in} = t_{C;gen;op} \sum_j P_{ctrl;el;j}, \quad (3.177)$$

unde

$P_{ctrl;el;j}$ Cererea de putere electrică a sistemului de comandă j, în kW

- Necesarul de energie pentru distribuția apei aferentă evacuării caldurii se calculează astfel:

Dacă grupul de apă răcită este cu răcire cu aer

$$W_{dis;hr;el;in} = 0 \quad (3.178)$$

sau

$$W_{dis;hr;el;in} = Q_{hr,out} \cdot p_{dis;el} \quad (3.179)$$

unde

$p_{dis;el}$ Cererea de energie electrică specifică sistemului de distribuție, în kW

Cererea de energie auxiliară este:

$$W_{aux;el;in} = W_{hr;el;in} + W_{dist;hr;el;in} + W_{ctrl;el;in} \quad (3.180)$$

- Randamentul energetic al generării de frig

dacă generatorul este cu compresie, randamentul este :

$$EER = \frac{Q_{C;gen;in}}{E_{C;gen;el;in} + W_{aux;el;in}} \quad (3.181)$$

sau

$$\zeta = \frac{Q_{C;gen;in}}{Q_{H;C;gen;abs;in}} \quad (3.182)$$

3.2.6.4. Exemplu de calcul

Exemplul se referă la consumul de energie și eficiența energetică a sistemelor de climatizare de tip aer-apă sau aer-refrigerent

Se consideră un sistem de răcire cu detentă directă cu unități de climatizare compacte, având caracteristicile următoare:

Emisia căldurii/frigului se realizează în mai multe zone termice $j = 1 \dots 4$,

Reglarea temperaturii de ieșire din generatorul de frig (DX_CLG_DIS_TYPE: ZONE_BASED).

Reglarea temperaturii de ieșire pentru generarea de frig: temperatură variabilă în unitatea de generare a frigului (CLG_GEN_TMP_CTRL: VARIABLE în cazul nostru, sau CONST)

Reglarea temperaturii de ieșire a apei răcite din sistemul de distribuție: punct de reglare variabil cu compensare a temperaturii exterioare (CLG_DISTR_TMP_CTRL: ODA_COMP în cazul nostru, sau CONST).

Metoda de calcul: simplificată.

Datele de intrare utilizate sunt reunite în tabelul 3.24:

Tabelul 3.24 Date de intrare pentru exemplul de sistem aer-apă (sau aer-refrigerent)

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Origine
Date privind condițiile de funcționare				
Interval de timp de calcul	tc,i	h	744	M1-9
Temperatură a aerului ambiant	ϑ_e	°C	19	M1-13
Necesar energetic sensibil pentru răcire, pentru zona termică j=1	QC;nd;zt;j	kWh	72.81108	M2-2
Necesar energetic sensibil pentru răcire, pentru zona termică j=2	QC;nd;zt;j	kWh	25.59999	M2-2
Necesar energetic sensibil pentru răcire, pentru zona termică j=3	QC;nd;zt;j;i	kWh	66.13037	M2-2
Necesar energetic sensibil pentru răcire, pentru zona termică j=4	QC;nd;zt;j;i	kWh	22.00564	M2-2
Energie la ieșirea din bateria de răcire a CTA (CTA) necesară pentru sistemul de ventilare k=1	QC;ahu,k;out;req;i	kWh	0	M5-8
Energie la ieșirea din bateria de răcire a CTA (CTA) necesară pentru sistemul de ventilare k=2	QC;ahu,k;out;req;i	kWh	0	M5-8
Temperatura necesară a aerului de răcire de introducere	$\vartheta_{SUP};C;req$	°C	16	M5-8
Pierderi termice asociate emisiei frigului în zona termică j=1	QC;em,ls;zt,j	kWh	3.64055	M4-5
Pierderi termice asociate emisiei frigului în zona termică j=2	QC;em,ls;zt,j	kWh	1.28000	M4-5
Pierderi termice asociate emisiei frigului în zona termică j=3	QC;em,ls;zt,j	kWh	3.30652	M4-5
Pierderi termice asociate emisiei frigului în zona termică j=4	QC;em,ls;zt,j	kWh	1.10028	M4-5
Energie auxiliară pentru sistemul de emisie a frigului în zona termică j=1	WC;aux;em;j	kWh	0.72811	M4-5
Energie auxiliară pentru sistemul de emisie a frigului în zona termică j=2	WC;aux;em;j	kWh	0.25600	M4-5
Energie auxiliară pentru sistemul de emisie a frigului în zona termică j=3	WC;aux;em;j	kWh	0.66130	M4-5
Energie auxiliară pentru sistemul de emisie a frigului în zona termică j=4	WC;aux;em;j	kWh	0.22006	M4-5
Parte de energie auxiliară pentru distribuția frigului corespunzătoare apei răcite	f _{wat} ;C;dis;aux	-	0.5	M4-6
Temperatura interioară echivalentă	$\vartheta_{int};inc$	°C	26	M4-5

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Origine
Energie de răcire extrasă de sistemul de generare a frigului	QC;gen;in	kWh	195.87443	M4-8
Temperatură a apei răcite la ieșire din generatorul de frig	9C;gen;out	°C	26	M4-8
Energie electrică de intrare în sistemul de generare a frigului	EC;gen;el;in	kWh	48.96861	M4-8
Intrare de căldură pentru generarea frigului prin absorbție	QH;C;gen;abs;in	kWh	0	M4-8
Energia auxiliară în sistemul de generare a frigului	WC;aux;gen	kWh	0	M4-8
Date privind proiectarea sistemului				
Proiectarea procesului				
Reglarea temperaturii de ieșire din generarea de frig	DX_CLG_DIS_TYPE		ZONE_BASED	
Temperatura de ieșire setată pentru generarea de frig	9C;gen;out;set	°C	6	local
Temperatura de intrare maximă setată pentru ansamblul sistemului de distribuție, pentru opțiunea de reglare ODA_COMP	9C;dis;flw;set;max	°C	16	local
Temperatura de intrare minimă setată pentru întreg ansamblul sistemului de distribuție, pentru opțiunea de reglare ODA_COMP	9C;dis;flw;set;min	°C	8	local
Factor de pantă pentru ansamblul sistemului de distribuție, pentru opțiunea de reglare ODA_COMP	fe	-	-0.8	local
Temperatura de echilibru pentru ansamblul sistemului de distribuție, pentru opțiunea de reglare ODA_COMP	$\Delta 9_{off}$	K	28.0	local
Factor pentru pierderile termice în sistemul de distribuție a frigului (calcul simplificat)	fC;ls;dis	-	0.1	local
Factor pentru energia echipamentelor auxiliare din sistemul de distribuție a frigului (calcul simplificat)	fC;aux;dis	-	0.01	local
Factor de pondere pentru energia termică	fW;th	-	1	local
Factor de pondere pentru energia electrică	fW;el	-	1	local
Date privind tipul de reglare				
Reglarea temperaturii de ieșire pentru generarea de frig	CLG_GEN_TMP_CTRL		VARIABLE	

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Origine
Reglarea temperaturii de ieșire a apei răcite din ansamblul sistemului de distribuție	CLG_DISTR_TMP_CTRL		ODA_COMP	
Constante	–			
Densitatea apei	ρ_{wat}	kg/m ³	1000	
Căldura specifică a apei	c_{wat}	kWh/kg K	1.16E-03	

Etapele de calcul descrise în continuare se pot aplica tuturor tipurilor de sisteme de răcire prezentate în Tabelul 3.5. (sisteme de climatizare aer-apă și sisteme aer –refrigerent). În exemplul prezentat se tratează un sistem cu detentă directă.

Tabelul 3.25 Desfășurarea calculului la exemplul de sistem aer-apă (sau aer-refrigerent)

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-9/(*am)	Formula
Calculul condițiilor de funcționare					
Sisteme cu detentă directă					
Temperatura de ieșire necesară generării pentru emisia căldurii în funcție de zona termică	$\vartheta_{C,gen;out;req}$	°C	26.0	(1a)/ (3.136)	$\vartheta_{C,gen;out;req} = \vartheta_{C,int;inc}$
Temperatura de ieșire necesară generării pentru distribuție realizată prin sistemul de aer	$\vartheta_{C,gen;out;req}$	°C	-	(1b)/ (3.137)	$\vartheta_{C,gen;out;req} = \vartheta_{SUP;C;req}$
Sisteme aer-apă					
Temperatura de ieșire necesară generării dacă CLG_GEN_TMP_CTRL = CONST	$\vartheta_{C,gen;out;req}$	°C	-	(1c)/ (3.138)	$\vartheta_{C,gen;out;req} = \vartheta_{C;gen;out;set}$
Temperatura de ieșire necesară generării, condiția dacă nu	$\vartheta_{C,gen;out;req}$	°C	-	(1d)/ (3.139)	$\vartheta_{C,gen;out;req} = \vartheta_{C;dis;in;flw;req}$
Temperatura de intrare necesară pentru ansamblul sistemului de distribuție, dacă CLG_DISTR_TMP_CTRL = CONST	$\vartheta_{C;dis;in;flw;req}$	°C	-	(2a)/ (3.140)	$\vartheta_{C;dis;in;flw;req} = \vartheta_{C;dis;flw;set}$
Temperatura de intrare necesară pentru ansamblul sistemului de distribuție, dacă CLG_DISTR_TMP_CTRL = ODA_COMP	$\vartheta_{C;dis;in;flw;req}$	°C	12.8	(2b)/ (3.141)	$\vartheta_{C;dis;in;flw;req} = \min[\vartheta_{C;dis;flw;set;max;; \max(\vartheta_{C;dis;flw;set;min}; \vartheta_e + \Delta\vartheta_{off})]$
Calcul energetic					

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-9/(*am)	Formula
Energia reală extrasă din zona termică j=1 pentru sisteme cu detentă directă	QC;zt;j	kWh	72.81	(3)/ (3.142)	$Q_{C;zt,j} = \min \left[Q_{C;nd;zt,j} ; \frac{Q_{C;nd;zt,j}}{Q_{C;gen;in;req}} \cdot Q_{C;gen;in} \right]$
Energia reală extrasă din zona termică j=2 pentru sisteme cu detentă directă	QC;zt;j	kWh	25.60	(3)/ (3.142)	
Energia reală extrasă din zona termică j=3 pentru sisteme cu detentă directă	QC;zt;j	kWh	66.13	(3)/ (3.142)	
Energia reală extrasă din zona termică j=4 pentru sisteme cu detentă directă	QC;zt;j	kWh	22.01	(3)/ (3.142)	
Energia reală extrasă din CTA k=1	QC;ahu;k;out	kWh	-	(4)/ (3.143)	$Q_{C;ahu,k;out} = \min \left[Q_{C;ahu,k;out;req} ; \frac{Q_{C;ahu,k;out;req}}{Q_{C;dis;in;req}} \cdot Q_{C;gen;in} \right]$
Energia reală extrasă din CTA k=2	QC;ahu;k;out	kWh	-	(4)/ (3.143)	
Sisteme cu detentă directă					
Energia necesară care trebuie extrasă de sistemul de generare a frigului, pt sistem cu detentă directă	QC;gen;in;req	kWh	195.87	(5a)/ (3.144)	$Q_{C;gen;in;req} = \sum_j Q_{C;nd;zt,j} + \sum_j Q_{C;em;ls,j}$
Energia necesară care trebuie extrasă de sistemul de generare a frigului, pt sistem cu detentă directă	QC;gen;in;req	kWh	-	(5b)/ (3.144)	$Q_{C;gen;in;req} = \sum_k Q_{C;ahu,k;out;req}$
Sisteme aer-apă					
Energia necesară care trebuie extrasă de sistemul de generare a frigului	QC;gen;in;req	kWh	-	(6)/ (3.145)	$Q_{C;gen;in;req} = \sum_j Q_{C;nd;zt,j} + \sum_j Q_{C;em;ls,j} + \sum_k Q_{C;ahu,k;out;req} + Q_{C;dis;ls} + f_{wat,C;aux;dis} \cdot W_{C;aux;dis}$
Pierderile termice datorate distribuției frigului	QC;ls;dis	kWh	-	(7)/ (3.146)	

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-9/(*am)	Formula
					$Q_{C;ls;dis} = f_{C;ls;dis} \cdot \left(\sum_j Q_{C;nd;zt,j} + \sum_j Q_{C;em;ls,j} + \sum_k Q_{C;ahu,k;out;req} \right)$
energia echipamentelor auxiliare pentru răcire	WC;aux;dis	kWh	-	(8)/ (3.147)	$W_{C;aux;dis} = f_{C;aux;dis} \cdot \left(\sum_j Q_{C;nd;zt,j} + \sum_j Q_{C;em;ls,j} + \sum_k Q_{C;ahu,k;out;req} \right)$
Calculul performanței energetice					
Eficiența anuală a întregului sistem de răcire	$\eta_{C;tot;an}$	-	3.56	(25)	$\eta_{C;tot;an} = \frac{\sum_{t_{ci}} \left(\sum_j Q_{C;zt,j;i} + \sum_k Q_{C;ahu,out;k;i} \right)}{\sum_{t_{ci}} (f_{w;el} \cdot E_{C;gen;el;in} + f_{w;th} \cdot Q_{H;C;gen;abs;in} + f_{w;el} \cdot W_{C;aux;gen} + f_{w;el} \cdot W_{C;aux;sto} + f_{w;el} \cdot W_{C;aux;dis} + f_{w;el} \cdot W_{C;aux;em})}$
Energia totală a echipamentelor auxiliare pentru emisia de frig	WC;aux;em	kWh	1.87	(26)	$W_{C;aux;em} = \sum_i \sum_j W_{C;aux;em;j;i}$
Eficiența anuală a sistemului de generare a frigului	$\eta_{C;gen;an}$	-	3.88	(28)	$\eta_{C;gen;an} = \frac{\sum_{t_{ci}} Q_{C;gen;in}}{\sum_{t_{ci}} (f_{w;el} \cdot E_{C;gen;el;in} + f_{w;th} \cdot Q_{H;C;gen;abs;in} + f_{w;el} \cdot W_{C;aux;gen})}$

Datele de ieșire ale calculului simplificat adoptat sunt prezentate în tabelul 3.26 de mai jos.

Notă pentru semnificația (*am) - numerotarea relațiilor din paranteză corespunde formulelor din actuala metodologie

Tabelul 3.26 Date de ieșire la exemplul de sistem aer-apă (sau aer-refrigerent)

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Destinație (modul)
Energie electrică de intrare la generarea frigului	EC;gen;el;in	kWh	48.969	M1-9
Energie a echipamentelor auxiliare pentru emisia de frig	WC;aux;em	kWh	1.865	M1-9
Energie a echipamentelor auxiliare pentru distribuția de frig	WC;aux;dis	kWh	0.000	M1-9
Energie a echipamentelor auxiliare pentru generarea de frig	WC;aux;gen	kWh	0.000	M1-9
Energie de răcire extrasă din zona termică j=1	QC;out;zt,j	kWh	72.811	M2-2, M4-5
Energie de răcire extrasă din zona termică j=2	QC;out;zt,j	kWh	25.600	M2-2, M4-5
Energie de răcire extrasă din zona termică j=3	QC;out;zt,j	kWh	66.130	M2-2, M4-5
Energie de răcire extrasă din zona termică j=4	QC;out;zt,j	kWh	22.006	M2-2, M4-5
Temperatură de ieșire necesară pentru generare	9C;gen:out;req	°C	26.0	M4-8
Energie de răcire necesară în sistemul de generare a frigului	QC;gen;in;req	kWh	195.874	M4-8
Energia furnizată de bateria de răcire din centrala de tratare a aerului (CTA) pentru sistemul de ventilare k=1	QC;ahu;out;k	kWh	-	M5-8
Energia furnizată de bateria de răcire din centrala de tratare a aerului (CTA) pentru sistemul de ventilare k=2	QC;ahu;out;k	kWh	-	M5-8
Expresia performanței energetice				
Randamentul anual al întregului sistem de răcire	$\eta_{C;tot;an}$	-	3.56	
Randamentul anual al sistemului de generare a frigului	$\eta_{C;gen;an}$	-	3.88	

Exemplul 2 se referă la un sistem de climatizare pentru o zonă de răcire cu aer, cu capacitate fixă (sistem split sau sistem cu debit de refrigerent variabil - VRV/VRF).

Exemplul de calcul tratează următorul caz:

tipul sistemului de răcire: climatizoare de încăpere cu răcire cu aer (REFR_TYPE: AIR_CLG_RAC)

sistem de generare a frigului cu compresie (GEN_TYPE : COMP),

compresor considerat: cu piston (COMP_TYPE: PSTN),

tipul de reglare a compresorului: reglare de putere fixă (numai pornit/oprit) (COMP_CTRL_TYPE: FIXED)

zonarea sistemului de climatizare: o singură zonă (AIR_CLG_RAC_ZONE_TYPE: SINGLE),

sistem de evacuare a căldurii răcit cu aer: evacuare de căldură în aerul exterior, adică la temperatura aerului exterior (AIR_CLG_HEAT_REJ: EXTERNAL)

sistem de evacuare a căldurii: în regim uscat (HEAT_REJ_TYPE: DRY),

reglarea temperaturii de generare a frigului: compresor comandat și supapă de expansiune termostatică sau electrică (CLG_GEN_TMP_CTRL: TRUE)

număr de generatoare de frig: unul singur (CLG_GEN_ARR: SINGLE),

reglarea eliminării căldurii: temperatura apei de răcire variabilă (HEAT_REJ_CTRL: VAR_TEMP).

reglarea eliminării hibride de căldură (HBRD_HEAT_REJ_CTRL: nu se aplică).

Cele mai importante date de intrare sunt prezentate în tabelul 3.27 următor:

Tabelul 3.27 Date de intrare exemplul 2

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare
Date privind condițiile de funcționare			
Energia termică necesară pentru extracție de către unitatea frigorifică	QC _{gen,in,req}	kWh	10,0
Energie termică necesară pentru recuperare	QC _{gen,out,req}	kWh	0
Intervalul de timp de funcționare a generării frigului	tC _{gen,op}	h	1
Temperatura aerului înconjurător/exterior	θ _e	°C	32
Temperatura aerului înconjurător după termometrul umed	θ _{e;wb}	°C	21
Temperatura de ieșire necesară la generarea răcirii	θC _{gen;req;out}	°C	6
Temperatura interioară a aerului	θ _i	°C	20
Puterea electrică pentru reglare, acționări, senzori etc.	P _{ctrl;el;j}	kW	0,1
Factor de încărcare parțială la o anumită fază de sarcină parțială	fC _{PL,k}	-	1,27
Factor de răcire liberă	f _{hr,fc}	-	1
Factor electric de răcire liberă	f _{hr,fc,el}	-	1
Factor de generator multiplu	fC _{mult}	-	1
Factor electric de sarcină parțială de eliminare a căldurii	f _{hr,PL,el}	-	1
Valoarea sarcinii parțiale a tipului de sistem de absorbție	PLV _{abs}	-	1
Date despre produs			

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare
Date de descriere a produsului			
Tipul sistemului de refrigerare	REFR_TYPE		AIR_CLG_R AC
Tipul sistemului de generare a răcirii	GEN_TYPE		COMP
Tipul compresorului	COMP_TYPE		PSTN
Tipul de reglare a compresorului	COMP_CTRL _TYPE		FIXED
Zonarea sistemului de climatizare	AIR_CLG_RA C_ZONE_TYP E		SINGLE
Eliminarea căldurii prin răcire cu aer	AIR_CLG_HE AT_REJ		EXTERNAL
Tipul sistemului de eliminare a căldurii	HEAT_REJ_T YPE:		DRY
Date tehnice ale produsului			
Puterea termică nominală a unității frigorifice	$\Phi_{C;gen;n}$	kW	20
Putere termică nominală a sistemului de eliminare a căldurii	$\Phi_{hr;n}$	kW	25
Puterea termică nominală a sistemului de eliminare a căldurii în modul de funcționare uscată	$\Phi_{hr;n;dry}$	kW	25
Eficiența energetică nominală	EERn	-	3,5
Proporția de căldură nominală (sisteme cu absorbție)	ζ_n	-	-
Temperatura ambiantă pentru raportul de eficiență energetică nominal al sistemului răcit cu aer	$\vartheta_{e;n}$	°C	35
Temperatura interioară pentru eficiența energetică nominală a sistemului răcit cu aer	$\vartheta_{i;n}$	°C	20
Temperatura de ieșire de generare a răcirii necesară în condiții nominale	$\vartheta_{C;gen;req;out;n}$	°C	7
Temperatura ambiantă de referință pentru sistemul răcit cu aer	$\vartheta_{e;ref}$	°C	32
Apă de răcire de intrare de referință pentru eliminarea căldurii	$\vartheta_{C;wat;hr;in;ref}$	°C	45
Apă de răcire de ieșire de referință pentru eliminarea căldurii	$\vartheta_{C;wat;hr;out;ref}$	°C	40
Apă de răcire de intrare nominală pentru eliminarea căldurii	$\vartheta_{C;wat;hr;in;n}$	°C	45
Apă de răcire de intrare de referință pentru eliminarea căldurii	$\vartheta_{C;wat;hr;in;limit}$	°C	20
Diferența de temperatură a vaporizatorului	$\Delta\vartheta_{evap}$	°C	20
Diferența de temperatură a condensatorului	$\Delta\vartheta_{cond}$	°C	10
Energie electrică specifică pentru eliminarea căldurii	$p_{hr;el}$	kW/kW	0,018
Energie electrică specifică pentru distribuție	$p_{dist;el}$	kW/kW	0,025
Coeficient	a_0	-	1
Coeficient	a_1	1/°C	0
Coeficient	a_2	1/°C ²	0
Coeficient pentru eliminarea căldurii	b_0	-	0,417
Coeficient pentru eliminarea căldurii	b_1	1/°C	0

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare
Date de proiectare a sistemului			
Proiectarea procesului			
Reglarea temperaturii de generare a răcirii	CLG_GEN_T MP_CTRL		TRUE
Dispozitiv multiplu generator de răcire	CLGL_GEN_ ARR		SINGLE
Reglarea eliminării căldurii	HEAT_REJ_C TRL		VAR_TEMP
Date privind tipul de reglare			
Reglarea eliminării hibride de căldură	HBRD_HEAT _REJ_CTRL		-
Constante			
Temperatura absolută	T0,abs	K	273,15

Etapile de calcul pentru acest exemplu sunt sintetizate în tabelul 3.28 de mai jos.

Tabelul 3.28 Desfășurarea calculului la exemplul 2

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-13/(*am)	Formula
Calculul condițiilor de funcționare					
Valoarea de sarcină parțială	PLV		1,270	29/ (3.148)	$PLV = f_{C,PL,k} f_{hr,PL} f_{hr,fc} f_{C,mult}$
Funcționare de sarcină parțială de generare a răcirii					
Factorul de sarcină parțială al cerinței de energie de răcire necesară	f _{C;PL}		0,500	30/ (3.149)	$f_{C,PL} = \frac{Q_{C,gen,in,req}}{t_{ci} \Phi_{C,gen,n}}$
Fază de sarcină parțială	k		0,500	31/ (3.150)	$0.05 \leq f_{C,PL} < 0.15 \rightarrow k = 0.1;$ $0.15 \leq f_{C,PL} < 0.25 \rightarrow k = 0.2;$ $0.95 \leq f_{C,PL} \rightarrow k = 1.0;$
Factor de sarcină parțială	f _{C;PL;k}		1,270	32/ (3.151)	$f_{C,PL} < 0.05 \rightarrow f_{C,PL} = 1$
Energia termică extrasă de unitatea frigorifică	Q _{C;gen,in}	kWh	10,000	33, 34/ (3.152-153)	$Q_{C,gen,in} = Q_{C,gen,in,req} \quad Q_{C,gen,in} = t_{C,gen,op} \Phi_{C,gen,n}$
Factor de sarcină parțială al cerinței de energie de răcire acoperită	f _{C;PL;cvd}		1,000	35/ (3.154)	$f_{C,PL,cvd} = \min \left(1.0; \frac{Q_{C,gen,in}}{Q_{C,gen,in,req}} \right)$
Corecția de temperatură a eficienței energetice al generatorului de răcire					

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-13/(*am)	Formula
Factorul de corecție a temperaturii corespunzătoare eficienței energetice a generatorului de răcire	fEER;corr		1,032	36/ (3.155)	$f_{EER,corr} = \frac{\frac{T_{0,abs} + \vartheta_{C,gen,req,out} - \Delta\vartheta_{evap}}{\left(T_{0,abs} + \vartheta_{C,gen,hr,req,in,ref} + \Delta\vartheta_{cond}\right) - \left(T_{0,abs} + \vartheta_{C,gen,req,out} - \Delta\vartheta_{evap}\right)}}{\frac{T_{0,abs} + \vartheta_{C,gen,req,out,n} - \Delta\vartheta_{evap}}{\left(T_{0,abs} + \vartheta_{C,gen,hr,req,in,n} + \Delta\vartheta_{cond}\right) - \left(T_{0,abs} + \vartheta_{C,gen,req,out,n} - \Delta\vartheta_{evap}\right)}}$
Relația logică pentru răcirea cu aer			TRUE		
Relația logică pentru răcirea cu apă			FALSE		
Temperatura de intrare necesară pentru eliminarea căldurii	$\vartheta_{C,gen,hr,req,in,ref}$	°C	32,000	37–39/ (3.156-158)	$\vartheta_{C,gen,hr,req,in,ref} = \vartheta_{e,ref} \quad \vartheta_{C,gen,hr,req,in,ref} = \vartheta_{e,ref}$ $\vartheta_{C,gen,hr,req,in,ref} = \vartheta_{C, wat,hr,in,ref}$
Temperatura de intrare necesară pentru eliminarea căldurii la condiții nominale	$\vartheta_{C,gen,hr,req,in,n}$	°C	35,000	37–39/ (3.156-158)	$\vartheta_{C,gen,hr,req,in,n} = \vartheta_{e,n} \quad \vartheta_{C,gen,hr,req,in,n} = \vartheta_{i,n}$ $\vartheta_{C,gen,hr,req,in,n} = \vartheta_{C, wat,hr,in,n}$
Funcționare în sarcină parțială de eliminare a căldurii					
Factorul de sarcină parțială al sistemului de eliminare a căldurii	f _{hr,PL}		1,000	40/ (3.159)	$f_{hr,PL} = a_2 \vartheta^2 + a_1 \vartheta + a_0$
Temperatura care trebuie introdusă în formula de calcul (34)	ϑ	°C	32,000	41, 47/ (3.160)	$\vartheta = \vartheta_e \quad \vartheta = \vartheta_{C, wat,hr,out}$
Sisteme răcite cu aer					
Energie termică recuperabilă	$Q_{C,gen,out,rbl}$	kWh	0,000	43/ (3.162)	$Q_{C,gen,out,rbl} = 0$
Nivelul de temperatură al căldurii recuperabile	$\vartheta_{C,gen,out,rbl}$	°C	nu este definită	44/ (3.163)	$\vartheta_{C,gen,out,rbl} = \text{not defined}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-13/(*am)	Formula
Energia termică ce trebuie transferată prin sistemul de eliminare a căldurii	$Q_{hr,out}$	kWh	12,181	45, 46/ (3.164-165)	$Q_{hr,out} = Q_{C,gen,in} \left(1 + \frac{1}{\zeta_n f_{C,PL,k}} \right)$ $Q_{hr,out} = Q_{C,gen,in} \left(1 + \frac{1}{EER_n f_{C,PL,k} f_{EER,corr}} \right)$
Sisteme răcite cu apă – nu este cazul în acest exemplu					
Temperatura de admisie a apei de răcire (HEAT_REJ_CTRL = "NO_CTRL")	$\vartheta_{W,hr,in}$	°C	nu este disponibilă	48/ (3.166)	
Temperatura de admisie a apei de răcire (HEAT_REJ_CTRL = "CNST_TEMP")	$\vartheta_{W,hr,in}$	°C	nu este disponibilă	48/ (3.166)	
Temperatura de admisie a apei de răcire (HEAT_REJ_CTRL = "VAR_TEMP")	$\vartheta_{W,hr,in}$	°C	nu este disponibilă	48/ (3.166)	
Temperatura de admisie a apei de răcire	$\vartheta_{W,hr,in}$	°C	nu este disponibilă	48/ (3.166)	
Temperatura de admisie a apei de răcire	$\vartheta_{W,hr,out}$	°C	nu este disponibilă	49, 50/ (3.167-168)	$\vartheta_{W,hr,out} = \vartheta_{W,hr,in} - \eta_e (\vartheta_{W,hr,in} - \vartheta_{e,wb})$ $\vartheta_{W,hr,out} = \vartheta_{W,hr,in} - \eta_e (\vartheta_{W,hr,in} - \vartheta_e)$
Relația logică pentru eliminarea căldurii uscate					HEAT_REJ_TYPE = WET sau (HEAT_REJ_TYPE = HBRD și HBRD_HEAT_REJ_CTRL = HBRD_WET)

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-13/(*am)	Formula
Relația logică pentru eliminarea căldurii umede					HEAT_REJ_TYPE = DRY sau (HEAT_REJ_TYPE = HBRD și HBRD_HEAT_REJ_CTRL = HBRD_DRY)
Modulul de reglare a eliminării hibride de căldură					
Diferența de temperatură la evacuarea apei de răcire					
Temperatura de admisie a apei de răcire	$\vartheta_{W;hr;in}$	°C	20,000		
Energia termică recuperabilă	$Q_{C;gen;out;rbl}$	kWh		52, 53/ (3.169-170)	$Q_{C,gen,out,rbl} = Q_{C,gen,in} \left(1 + \frac{1}{EER_n f_{C,PL,k} f_{EER,corr}} \right)$ $Q_{C,gen,out,rbl} = Q_{C,gen,in} \left(1 + \frac{1}{\zeta_n f_{C,PL,k}} \right)$
Nivelul de temperatură al căldurii recuperabile	$\vartheta_{C;gen;out;rbl}$	°C	nu este disponibilă	54/ (3.171)	$\vartheta_{C,gen,out,max} = \vartheta_{C,wat,hr,in}$
Energia termică ce trebuie transferată prin sistemul de eliminare a căldurii	$Q_{hr;out}$	kWh		55/ (3.172)	$Q_{hr,out} = \max(Q_{C,gen,out,rbl} - Q_{C,gen,out,req}; 0)$
Proporția de temperatură a evaporării	η_e			Tabelul B.9	
Calculul energiei: pe interval de timp					
Intrare de energie de răcire electrică (pentru sistemele de tip compresie)	$E_{C;gen;el;in}$	kWh	2,181	56/ (3.173)	$E_{C,gen,el,in} = \frac{Q_{C,gen,in}}{PLV EER_n f_{EER,corr}}$

Descriere	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Ref formulă în SR EN 16798-13/(*am)	Formula
Intrare de energie de răcire termică (pentru sistemele de tip absorbție)	$Q_{H,C;gen};in$	kWh	nu este disponibilă	57/ (3.174)	$W_{hr,el,in} = Q_{hr,out} p_{hr,el} f_{hr,PL,el} f_{hr,fc,e}$ $W_{hr,el,in} = 0$
Cerință de energie pentru eliminarea căldurii	$W_{hr,el,in}$	kWh	0,000	58, 59/ (3.175-176)	
Cerință de energie pentru reglare, acționări, senzori etc.	$W_{ctrl,el,in}$	kWh	0,100	60/ (3.177)	$W_{ctrl,el,in} = t_{c,i} \sum_j P_{ctrl,el,j}$
Cerință de energie pentru distribuția apei de eliminare a căldurii	$W_{dist,hr,el,in}$	kWh	0,000	61, 62/ (3.178-179)	$W_{dist,hr,el,in} = 0 \quad W_{dist,hr,el,in} = Q_{hr,out} p_{dist,el}$
Cerință de energie auxiliară	$W_{aux,el,in}$	kWh	0,100	63/ (3.180)	$W_{aux,el,in} = W_{hr,el,in} + W_{dist,hr,el,in} + W_{ctrl,el,in}$
Eficiența energetică	EER	-	4,385	64/ (3.181)	$EER = \frac{Q_{C,gen,in}}{E_{C,gen,el,in} + W_{aux,el,in}}$
Proporția de căldură	ζ	-	nu este disponibilă	65/ (3.182)	$\zeta = \frac{Q_{C,gen,in}}{Q_{H,C,gen,in}}$

Datele de ieșire sunt rezumate în tabelul 3.29 următor:

Tabelul 3.29. Date de ieșire la exemplul 2

Denumire	Simbol	Unitate de măsură	Valoare	Destinație prevăzută
Date privind fluxul de energie				
Energia termică ce trebuie extrasă prin sistemul frigorific	QC,gen,in	kWh	10,00	M4–6
Consumul de energie electrică de generare a frigului	EC,gen,el,in	kWh	2,181	M1–9, M4–4
Energie termică recuperabilă	QC,gen,out,rbl	kWh	0,00	M4–1
Nivel de temperatură al căldurii de evacuat	9C,gen,out,max	°C	-	M3–1
Consumul de căldură pentru generarea răcirii	QH;C,gen;abs,in;req	kWh	-	M3–1
Consumul de energie electrică auxiliară	WC;aux,gen,in	kWh	0,10	M1–9, M4–4
Căldură de eliminat	Qhr;out	kWh	12,181	M4–1
Eficiența energetică	EER	—	4,385	M4–1
Date privind condițiile de funcționare				

Factor de sarcină parțială al cerinței de energie de răcire acoperită	fC,PL,cvd	—	1,00	M4–1
Reglarea eliminării hibride de căldură	HBRD_HEAT_REJ_CTRL		-	M4–1

Notă pentru semnificația (*am) - numerotarea relațiilor din paranteză corespunde formulelor din actuala metodologie

3.2.7. Sinteză a calculului energetic al sistemelor de încălzire, răcire, ventilare și răcire

Structura generală a sistemelor de încălzire, răcire, ventilare și răcire și calculele energetice ale acestor sisteme au fost prezentate în cap. 3.2. Se poate aprecia că sistemele de răcire și cele de încălzire au în general o structură de calcul similară. Funcțiile de răcire și de încălzire pot fi combinate în cadrul componentelor sistemului de distribuție și de emisie a căldurii (conduce, ventiloconvectoare) și în cadrul dispozitivelor de generare (sisteme monosplit de răcire și de încălzire, aparate de răcire reversibile). În majoritatea sistemelor, fluidele care realizează transferul și distribuția de căldură și de frig sunt aerul și apa. Fluxul termic este transferat de apă aerului, prin intermediul schimbătoarelor de căldură sau la nivelul echipamentelor de emisie a căldurii, utilizând de exemplu ejectoconvectoare/ventiloconvectoare, radiatoare etc.

În continuare se prezintă două scheme recapitulative, utile calculului energetic:

- pentru un sistem aer-apă cu ventiloconvectoare (figura 3.18) și
- pentru un sistem de climatizare "numai aer" (figura 3.19)

Pentru calculele detaliate specifice fiecărui subsistem (emisie, distribuție, stocare, generare a căldurii și frigului) în schemele prezentate sunt menționate paragrafele din textul metodologiei de față. Se face mențiunea că în figurile de mai jos nu s-au considerat situațiile în care sunt utilizate surse regenerabile de energie. De asemenea nu este reprezentată și considerată energia exportată E_{exp} către un sistem exterior.

Limita sistemului pentru încălzire se poate situa în diferite locuri, în funcție de tipul sistemului de încălzire; generarea și stocarea căldurii se realizează întotdeauna în exteriorul limitei pentru sistemul de încălzire. Fiecare subsistem poate avea pierderi și poate utiliza o putere auxiliară. Generatoarele de frig și de căldură sunt consumatoare de energie electrică sau de combustibil. La rândul lor, sistemele de emisie a căldurii și componentele sistemului de distribuție pot avea pierderi de energie prin interacțiunea lor, datorită răcirii și încălzirii simultane, precum și amestecului de flux cald/rece. Pierderile de căldură prin interacțiune între toate componentele sistemului de emisie și de distribuție a căldurii și frigului pot fi neglijate în calcule și de aceea nu au mai fost reprezentate în scheme.

Săgețile cu linie continuă semnifică sensul de derulare a calculelor în cadrul fiecărui subsistem analizat și direcția fluxului de energie. Săgețile cu linie întreruptă arată consumul de energie al echipamentelor auxiliare pentru încălzire și răcire. De asemenea au fost reprezentate pierderile de căldură aferente sistemelor de producere, stocare, distribuție și emisie a căldurii și frigului. Calculul energetic va începe de fiecare dată cu determinarea necesarului de energie pentru încălzirea și răcirea clădirilor prezentat în paragraful 3.2.

Pentru o perioadă dată, energia furnizată (primită din exterior) pentru încălzire $Q_{H,gen,in}$ și pentru răcire $Q_{C,gen,in}$ se obține într-o formă generală, utilizând formulele:

$$Q_{H,gen,in} = Q_{H,nd} + Q_{H,em,ls} + Q_{H,dis,ls} + Q_{H,sto,ls} + Q_{H,gen,ls} \text{ [kWh]} \quad (3.183)$$

$$Q_{C,gen,in} = Q_{C,nd} + Q_{C,em,ls} + Q_{C,dis,ls} + Q_{C,sto,ls} + Q_{C,gen,ls} \quad [kWh] \quad (3.184)$$

unde:

$Q_{H,nd}$	necesarul de energie pentru încălzire, în kWh;
$Q_{C,nd}$	necesarul de energie pentru răcire, în kWh;
$Q_{H,em,ls}$	pierderile termice în sistemul de transmisie (emisie) a căldurii, în kWh;
$Q_{C,em,ls}$	pierderile termice în sistemul de transmisie (emisie) a frigului, în kWh;
$Q_{H,dis,ls}$	pierderile termice în sistemul de distribuție a căldurii, în kWh;
$Q_{C,dis,ls}$	pierderile termice în sistemul de distribuție a frigului, în kWh;
$Q_{H,sto,ls}$	pierderile termice în sistemul de stocare a căldurii, în kWh;
$Q_{C,sto,ls}$	pierderile termice în sistemul de stocare a frigului, în kWh;
$Q_{H,gen,ls}$	pierderile termice în sistemul de generare a căldurii, în kWh;
$Q_{C,gen,ls}$	pierderile termice în sistemul de generare a frigului, în kWh;

În general, sistemele de utilități utilizează vectori energetici diferiți pentru generarea de frig și de căldură. De aceea, energia furnizată din exterior trebuie **calculată separat** pentru fiecare vector energetic.

Se menționează în mod special **necesitatea utilizării coeficienților EER (eficiența energetică) și COP (coeficientul de performanță)**, la stabilirea consumurilor de energie electrică pentru generarea energiei termice pentru răcire.

Cumularea fluxurilor de energie se face pentru fiecare agent energetic separat. Consumul total de energie al echipamentelor auxiliare pentru sistemul de încălzire $W_{H,in,tot}$ și cel de răcire $W_{C,in,tot}$, este în general un **consum de energie electrică** și se determină cu relațiile:

$$W_{H,in,tot} = W_{H,aux,em,ls} + W_{H,aux,dis,in} + W_{H,aux,sto,in} + W_{H,aux,gen,in} \quad [kWh] \quad (3.185)$$

$$W_{C,in,tot} = W_{C,aux,em,in} + W_{C,aux,dis,in} + W_{C,aux,sto,in} + W_{C,aux,gen,in} \quad [kWh] \quad (3.186)$$

unde:

$W_{H,in,tot}$	consumul de energie auxiliară totală pentru încălzire, în kWh;
$W_{H,aux,em,ls}$	consumul de energie auxiliară din sistemul de emisie a căldurii, în kWh;
$W_{H,aux,dis,in}$	consumul de energie auxiliară din sistemul de distribuție a căldurii, în kWh;
$W_{H,aux,sto,in}$	consumul de energie auxiliară din sistemul de stocare a căldurii, în kWh;
$W_{H,aux,gen,in}$	consumul de energie auxiliară din sistemul de generare a căldurii, în kWh;
$W_{C,in,tot}$	consumul de energie auxiliară totală pentru răcire, în kWh;
$W_{C,aux,em,in}$	consumul de energie auxiliară din sistemul de emisie a frigului, în kWh;
$W_{C,aux,dis,in}$	consumul de energie auxiliară din sistemul de distribuție a frigului, în kWh;
$W_{C,aux,gen,in}$	consumul de energie auxiliară din sistemul de stocare a frigului, în kWh;
$W_{C,in,g}$	consumul de energie auxiliară din sistemul de generare a frigului în kWh.

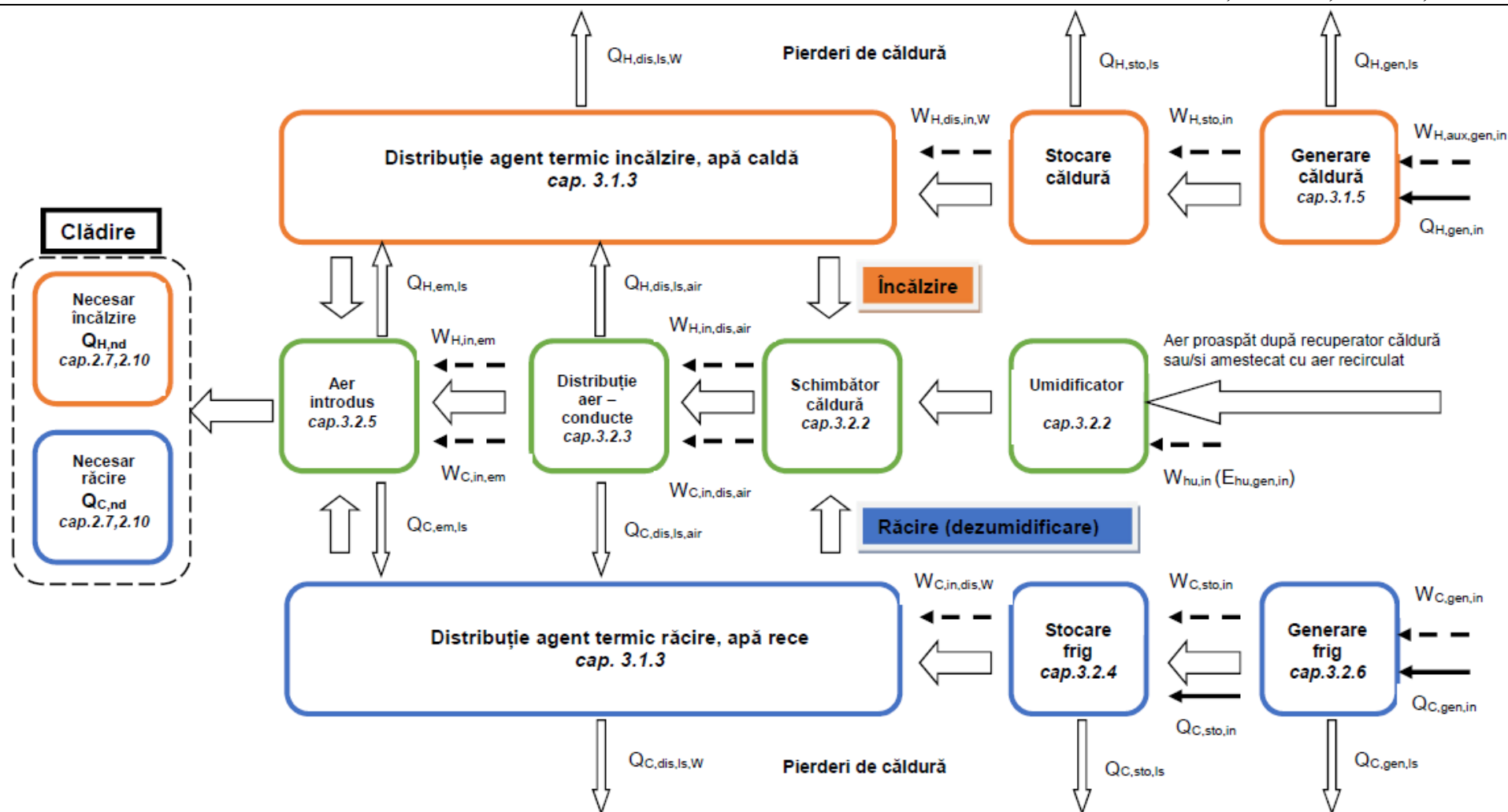


Figura 3.18. Sistem de climatizare "aer-apă" cu ventiloconvectoare (cu 2, 3 sau 4 conducte)

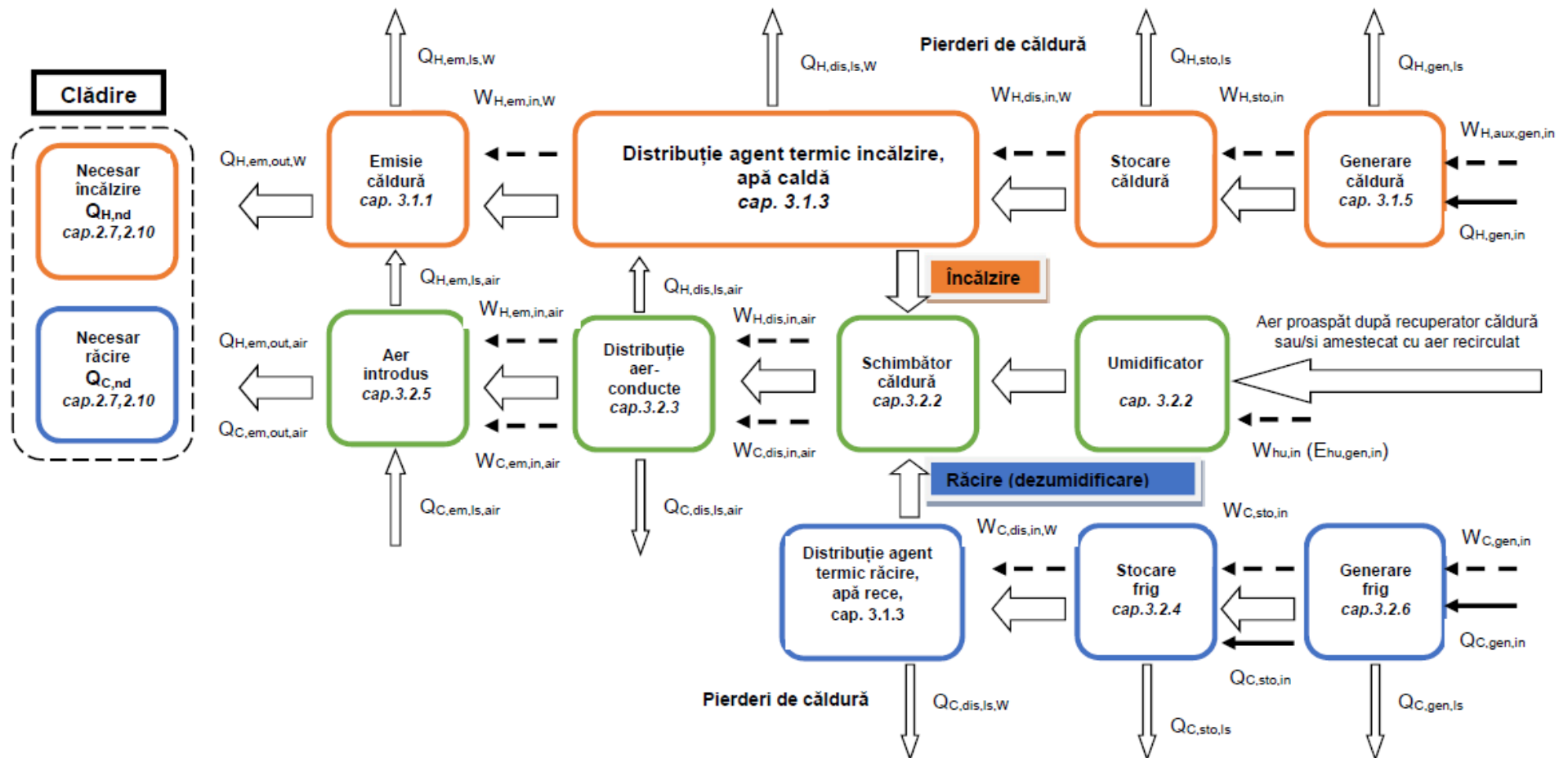


Figura 3.19. Sistem de climatizare "numai aer", cu o conductă de aer

3.3. Instalații pentru apă caldă de consum

3.3.1 Obiect și domeniu de aplicare

Acest capitol își propune să precizeze metodele pentru calculul necesarului și consumului de energie pentru sistemele de apă caldă de consum.

3.3.2 Clasificarea instalațiilor (sistemelor) de apă caldă de consum

3.3.2.1 Definirea sub-sistemelor aferente instalației (sistemului) de apă caldă de consum

Energia corespunzătoare sistemului de apă caldă de consum poate fi apreciată, separat, pentru fiecare din cele patru sub-sisteme constitutive, respectiv:

- sub-sistemul de furnizare a apei calde de consum (respectiv punctele de consum – bateriile amestecătoare etc);
- sub-sistemul de distribuție a apei calde de consum, inclusiv recircularea;
- sub-sistemul de preparare/acumulare a apei calde de consum;
- sub-sistemul de producere a energiei termice necesare preparării apei calde de consum (ex: cazane, panouri solare, pompe de căldură, unități de cogenerare).

3.3.2.2 Schemele de preparare a apei calde de consum adoptate

Echipamentele pentru prepararea apei calde de consum pot fi:

- cu acumulare cu serpentină de tip boilere;
- fără acumulare de tip schimbătoare tubulare, schimbătoare cu plăci;
- cu acumulare fără serpentină (rezervor de acumulare fără serpentină) și schimbătoare de căldură de tip recuperativ (tubulare sau cu plăci).

3.3.2.3 Zonarea instalațiilor/sistemelor de apă caldă de consum

În cazurile în care clădirea are mai multe funcțiuni (spații cu destinații diferite) sau există în clădire mai multe sisteme de apă caldă de consum, va fi necesară zonarea instalației.

Conform SR EN ISO 52000-1, capitol 10, tabel 10, definirea zonelor pentru sistemele de apă caldă de consum se face în funcție de:

- Condiții diferite de consum (în funcție de destinația spațiilor), zone notate WNZ;
- Tipuri diferite de sisteme și sub-sisteme de alimentare cu apă caldă, utilizate în clădire notate WSZ;
- Sisteme diferite de alimentare cu apă caldă prezente în clădirea analizată, notate WSZ.

3.3.3 Consumul de energie pentru instalațiile de apă caldă de consum (denumit sistem)

Determinarea consumului de energie se bazează pe ecuația de bilanț în care intervine energia introdusă în sistem precum și pierderile de energie aferente acestui sistem. Ecuația generală pentru consumul de energie este prezentată în capitolul 3.1, particularizată după cum urmează:

$$Q_{W,Y,in} = Q_{W,Y,out} + Q_{W,Y,ls} - Q_{W,Y,ls,rvd}$$

și se aplică pentru fiecare dintre sub-sistemele componente ale sistemului de apă caldă de consum, considerându-se în calcul și zonarea sistemului.

Calculul necesarului de căldură pentru prepararea apei calde de consum (a.c.c.), livrat la consumator, $Q_{w,nd}$, pe zone

Într-o prima etapă, se determină necesarul de energie termică pentru prepararea apei calde de consum, ținându-se seama de împărțirea sistemului în zone, în funcție de categoria de consum (WNZ) sau de tipul de subsistem (WSZ), prin aplicarea metodei din capitolul 6.4 din SR EN 15316-1. Modul de determinare a termenului $Q_{w,nd}$ pentru o zonă este prezentat în capitolele următoare.

Recuperarea pierderilor de căldură

Când se analizează o clădire sau o parte a clădirii, nu toate pierderile termice ale instalației de apă caldă de consum reprezintă pierderi efective; acest fapt se datorează recuperărilor parțiale. De exemplu, pierderile termice ale conductelor de a.c.c. sunt pierderi efective în cazul în care conductele de a.c.c. sunt amplasate în exteriorul clădirii. Dacă conductele sunt amplasate în interiorul spațiilor încălzite, degajarea de căldură de la conductele de a.c.c. poate contribui la încălzirea spațiului; în acest caz, pierderile termice sunt considerate recuperate și pot fi luate în considerare pentru reducerea necesarului de căldură pentru încălzire. În mod similar, în cazul în care clădirea studiată are un sistem de răcire, pierderile termice ale instalației de apă caldă de consum pot majora sarcina de răcire corespunzătoare.

Energia auxiliară totală necesară pentru instalația de apă caldă de consum

Energia auxiliară este energia necesară echipamentelor electrice prezente în instalația de apă caldă, respectiv pompele de distribuție, recirculare, vanele și echipamentele de reglare și automatizare. Necesarul de energie auxiliară se calculează pentru fiecare sistem component al instalației de apă caldă de consum. Totalul energiei auxiliare se obține prin însumarea energiei utilizate în fiecare element component al instalației. Energia auxiliară este exprimată în kWh/an sau în kWh/lună. O parte din energia auxiliară poate fi recuperată sub formă de căldură.

3.3.4 Perioadele de calcul

În cazul în care există profile de consum pentru sistemul de apă caldă, acesta poate fi considerat în calcul, pasul de timp devenind o oră, determinându-se în final consumuri zilnice, lunare și apoi anuale. Scopul final îl reprezintă stabilirea consumului anual de energie pentru instalația de apă caldă de consum.

3.3.5 Temperaturi specifice sistemului de apă caldă de consum

$\theta_{w,c}$ - temperatura apei reci de consum se consideră egală cu 10°C, conform SR EN 12831-3, anexa B, tabel B.6; se poate considera ca variantă alternativă, în vederea realizării unui calcul mai exact, ipoteza că valoarea temperatura apei reci de consum este egală cu valoarea temperaturii medii anuale a aerului exterior considerată pentru poziția geografică a clădirii/sistemului analizat, conform capitolului 6.5.2.3 din SR EN 12831-3.

θ_w - temperatura apei calde de consum în rețelele de distribuție, valoare medie aferentă pasului de timp adoptat (cuprins în intervalul 1-8760 h). Conform cap 6 din SR EN 15316-3, respectiv M8-1, se poate considera o valoare în intervalul 30-70 °C. Se recomandă utilizarea valorii de 60°C.

$\theta_{w,sto}$ – temperatura apei calde de consum, în echipamentul de acumulare a apei calde, se consideră conform tabel 4, SR EN 15316-1, respectiv 60 °C.

$\theta_{w,dloop}$ - temperatura apei calde de consum, în sub-sistemul de distribuție, se consideră conform tabel 4, SR EN 15316-1, respectiv 60 °C

$\Delta \theta_{w,dloop}$ – diferența de temperatura admisă în circuitul de apă caldă de consum (constituit din traseele de distribuție și recirculare a apei calde de consum), Se poate considera o valoare în intervalul 2-10 °C (conform M8-1). Se recomandă utilizarea valorii de 5°C (sau K), conform tabel 4, SR EN 15316-1.

$\Delta \theta_w$ – diferența de temperatură între temperatura apei calde de consum livrate la punctul de consum și traseele de recirculare a apei calde de consum), Se poate considera o valoare în intervalul 2-10 °C (conform M8-1). Se recomandă utilizarea valorii de 5°C (sau K), conform tabel 4, SR EN 15316-1.

$\theta_{w,draw}$ - temperatura apei calde de consum $\theta_{w,draw}$ livrată la baterie, în urma amestecului cu apă rece; valoarea acestei temperaturi depinde de tipul de consumator; conform SR EN 12831-3, anexa B, tabel B.6, se poate considera la punctul de consum o temperatură de utilizare minimă a apei calde de consum de 42°C ($\theta_{w,draw} = \min 42$ °C, se recomandă utilizarea valorii de 45 °C).

3.3.6 Necesarul de căldură pentru prepararea apei calde de consum furnizată utilizatorului, $Q_{w,nd}$

În acest capitol se descriu metode de calcul a energiei termice necesare pentru încălzirea apei calde furnizate la consumatori, $Q_{w,nd}$.

Există situații în care în clădirea analizată apa caldă de consum se asigură în mod precar, prin încălzirea apei reci pe plită, la aragaz, pe sobă etc. În aceste cazuri se va considera necesarul de a.c.c. normat în condiții de confort fiziologic, iar consumul final de energie se va calcula ținând cont de randamentul sursei reale de căldură (40% pentru preparare pe plită, sobă, aragaz). În lipsa oricărei instalații de furnizare a a.c.c., deși destinația clădirii/unității de clădire/apartamentului impune consum de a.c.c., se va considera o instalație virtuală de alimentare care să asigure necesarul normat de a.c.c. în condiții de confort fiziologic și care funcționează cu un randament global de 40% (ca și în cazul preparării pe plită).

Necesarul de căldură pentru prepararea apei calde de consum reprezintă energia necesară încălzirii volumului de apă caldă furnizat la consumator, care poate fi determinat în funcție de numărul și tipul consumatorilor, pe de o parte, precum și de consumurile specifice de apă caldă aferente acestora. Energia totală pentru încălzirea apei calde de consum se determină prin însumarea cerințelor individuale.

Necesarul de energie pentru apa caldă de consum furnizată utilizatorului $Q_{w,nd}$ depinde de volumul livrat și de temperaturile apei; se determină valori zilnice, obținute ori direct, utilizând volume specifice zilnice sau dacă se realizează calcule detaliate, se vor utiliza volume orare de consum orare, cumulate ulterior pentru durata unei zile. Necesarul de energie se determină cu relația :

$$Q_{w,nd} = V_t \cdot c_w \cdot \rho_w \cdot (\theta_{w,draw} - \theta_{w;c}) \cdot \frac{1}{1.000} \quad [\text{kWh/zi}] \text{ sau } [\text{kWh/h}] \quad (3.188)$$

$V_t = V_{W,day} \cdot [l/zi]$, dacă se realizează calculul pentru valori medii zilnice ale consumului de apă,

sau

$V_t = V_{W,day} \cdot x_h$, [l/oră], dacă se utilizează valori orare ale consumurilor de apă,

în care

$Q_{W;nd}$	Energia termică necesară, pentru un pas de timp egal cu t (zi sau ora)	[kWh/zi sau kWh/h]
V_t	Necesar volumic de apă caldă de consum, pe durata pasului de timp t (zi sau ora)	[l/zi sau l/h]
$V_{W,day}$	Necesar volumic zilnic de apă caldă de consum, valoare corectată pentru temperatura de utilizare a apei calde, $\theta_{W,draw}$	[l/zi]
c_W	Căldura specifică a apei	[kWh/kgK]
ρ_W	Densitatea apei (se poate considera valoarea 1000 kg/m ³)	[kg/m ³]
$\theta_{W,draw}$	Temperatura de utilizare a apei calde la punctul de consum, (rezultată în urma amestecului apei reci cu apa caldă la punctul de furnizare, e.g. baterie)	[°C]
$\theta_{W;c}$	Temperatura pentru apa rece de consum	[°C]
x_h	Coeficient de repartiție orară a consumului de apă caldă, conform specificațiilor din anexa B, tabel B.2.din SR EN 12831-3; acest tabel conține coeficienți de repartiție orară pentru clădiri de locuit individuale, apartamente, cămin pentru bătrâni, cămine de studenți, spital.	[%]

Necesarul volumic zilnic de apă caldă de consum $V_{W;day}$ se determină:

- pentru clădiri de locuit, în funcție de necesarul specific zilnic de apă caldă de consum și numărul de consumatori echivalenți;
- pentru celelalte tipuri de clădiri, în funcție de necesarul specific zilnic de apă caldă de consum și numărul real de consumatori.

3.3.6.1 Necesarul volumic zilnic de apă caldă de consum $V_{W;day}$ calculat cu ajutorul necesarului specific [e.g. l/om, zi, l/unitate consum, zi] și număr de consumatori

Necesarul volumic zilnic de apă caldă se determină în funcție de: necesarul specific zilnic de apă caldă, notat $V_{P,W;day}$ sau $V_{f,W;day}$ (notația depinde de destinația clădirii, de tipul consumatorului de apă caldă de consum) și de numărul de utilizatori / unități de folosință, conform următoarelor relații de calcul:

- pentru clădiri de locuit:

$$V_{W,day} = V_{W,P,day} \cdot n_p \quad [l/zi] \quad (3.189)$$

- pentru celelalte tipuri de clădiri

$$V_{W,day} = V_{W,f,day} \cdot f \quad [l/zi] \quad (3.190)$$

$V_{P,W;day}$ reprezintă necesarul specific zilnic de apă caldă de consum, pentru un consumator echivalent, într-o clădire de locuit. $V_{f,W;day}$ este notația pentru necesarul specific zilnic de apă caldă de consum, pentru un consumator, pentru celelalte tipuri de clădiri.

Pentru determinarea valorii $V_{P,W;day}$ se utilizează relații de calcul (în funcție de aria locuibilă și numărul de consumatori echivalenți, pentru temperaturile de referință $\theta_{W,draw} = 60^\circ\text{C}$ și $\theta_{W,c} = 13,5^\circ\text{C}$) iar pentru $V_{f,W;day}$ se adoptă valorile necesarului specific zilnic de apă caldă prezentate în tabelul 3.3.1; valorile din tabel sunt exprimate pentru $\theta_W = 60^\circ\text{C}$ și $\theta_{W,c} = 10^\circ\text{C}$.

Va fi necesară o corecție a necesarului specific de apă caldă pornind de la temperaturile indicate în norme, pentru temperaturile adoptate în calcul pentru $\theta_{W,draw}$ și $\theta_{W,c}$.

De exemplu, valorile pentru necesarul specific zilnic din tabelul 3.3.1 sunt exprimate pentru temperaturile $\theta_W = 60^\circ\text{C}$ și $\theta_{W,c} = 10^\circ\text{C}$ (notate, de exemplu $V_{f,W,day}^{din\ norme}$); dacă în calcul se consideră temperaturile $\theta_{W,draw} = 45^\circ\text{C}$ și $\theta_{W,c} = 10^\circ\text{C}$, va fi necesară corecția necesarului specific zilnic de apă caldă, utilizând următoarea relație:

$$V_{f,W,day} = V_{f,W,day}^{din\ norme} \frac{\theta_W - \theta_{W,c}}{\theta_{W,draw} - \theta_{W,c}} = V_{f,W,day}^{din\ norme} \frac{60 - 13,5}{45 - 10} \quad (3.191)$$

Necesarul volumic zilnic de apă caldă de consum aferente persoanelor $V_{W,day}$ în clădiri de locuit

Se aplică relația de calcul (3.189) :

$$V_{W,day} = V_{W,P,day} \cdot n_P \quad [l/zi]$$

în care:

$V_{W;day}$	necesarul volumic zilnic de apă caldă de consum, la temperatura specificată de utilizare $\theta_{W,draw}$	[l/zi]
$V_{W,P;day}$	necesarul volumic specific de apă caldă de consum, la temperatura de utilizare, $\theta_{W,draw}$, pentru o persoană, pe durata unei zile, determinat prin calcul	[l/om, zi]
n_P	numărul de consumatori echivalenți în clădirea/zona analizată, cu notația $n_{P,eq}$	[-]

Necesarul specific de apă caldă de consum, $V_{W,P,day}$, aferente persoanelor, în clădiri de locuit, se stabilește prin calcul, în funcție de aria locuibilă A_h și de numărul de consumatori echivalenți, conform prevederilor din SR EN 12831-3, anexa B.2.2, aplicând următoarea metodologie, expusă în etapele următoare 1 și 2.

Etapa 1

Determinarea numărului de consumatori echivalenți $n_{P,eq}$ (în funcție de aria locuibilă A_h)

Se determină numărul de consumatori echivalenți $n_{P,eq}$; acest număr se determină în funcție de n_P , $n_{P,max}$; $n_{P,eq,max}$ se determină în funcție de aria locuibilă A_h .

A. Calculul $n_{P,eq}$ pentru locuințe unifamiliale/înșiruite

Aria locuibilă A_h este utilizată pentru determinarea termenului $n_{P,eq,max}$, cu relația de calcul următoare :

$$n_{P,eq,max} = \begin{cases} 1 & \text{dacă } A_h < 30 \text{ m}^2 \\ \{1,75 - 0,01875 \cdot (70 - A_h) & \text{dacă } 30 \text{ m}^2 \leq A_h < 70 \text{ m}^2 \\ 0,025 \cdot A_h & \text{dacă } A_h \geq 70 \text{ m}^2 \end{cases} \quad (3.192)$$

Ulterior, numărul de consumatori echivalenți $n_{P,eq}$ se stabilește cu relația următoare:

$$n_{P,eq} = \begin{cases} n_{P,eq,max} & \text{dacă } n_{max} < 1,75 \\ 1,75 + 0,3 \cdot (n_{P,eq,max} - 1,75) & \text{dacă } n_{max} \geq 1,75 \end{cases} \quad (3.193)$$

B. Calculul $n_{P,eq}$ pentru apartamente

Aria locuibilă A_h este utilizată pentru determinarea termenului $n_{P,eq,max}$, cu relația de calcul următoare :

$$n_{P,eq,max} = \begin{cases} 1 & \text{dacă } A_h < 10 \text{ m}^2 \\ \{1,75 - 0,01875 \cdot (50 - A_h) & \text{dacă } 10 \text{ m}^2 \leq A_h < 50 \text{ m}^2 \\ 0,035 \cdot A_h & \text{dacă } A_h \geq 50 \text{ m}^2 \end{cases} \quad (3.194)$$

Ulterior se determină numărul de consumatori echivalenți $n_{P,eq}$ cu relația:

$$n_{P,eq} = \begin{cases} n_{P,eq,max} & \text{dacă } n_{P,eq,max} < 1,75 \\ 1,75 + 0,3 \cdot (n_{P,eq,max} - 1,75) & \text{dacă } n_{P,eq,max} \geq 1,75 \end{cases} \quad (3.195)$$

Etapă 2 – se determină necesarul specific de apă caldă de consum, cu următoarea relație:

$$V_{W,P,day} = \min \left(x; \left(y \cdot \frac{A_h}{n_{P,eq}} \right) \right) \quad (3.196)$$

în care:

A_h Aria locuibilă [m^2]

$n_{P,eq}$ Numărul de consumatori echivalenți

$n_{P,eq,max}$ Numărul maxim de consumatori echivalenți, corespunzător zonei sau a unei părți din zona alimentată cu apă caldă de același echipament de preparare a apei calde de consum (echipament pentru preparare individuală sau preparare comună pentru locuințe colective)

x, y Coeficienți; valori implicite sunt: $x = 40,71$; $y = 3,26$

Valoarea obținută reprezintă un necesar specific de apă caldă, pentru temperaturile de calcul: $\theta_w = 60^\circ\text{C}$ și $\theta_{w,c} = 13,50^\circ\text{C}$. Ulterior, va fi necesară corecția valorilor consumului în funcție de temperaturile de calcul adoptate, $\vartheta_{W,draw}$ și $\vartheta_{W,c}$.

Necesarul de apă caldă de consum $V_{W,day}$ pentru clădiri terțiare, în funcție de numărul de unități de consum

Se aplică relația de calcul (3.190):

$$V_{W,day} = V_{W,f,day} \cdot f \quad [l/zi]$$

în care

$V_{W;day}$	necesar volumic zilnic de apă caldă de consum, la temperatura specificată de utilizare $\theta_{W,draw}$	[l/zi]
$V_{W,f;day}$	necesarul specific de apă caldă de consum, la temperatura de utilizare, $\theta_{W,draw}$, pentru o persoană, pe durata unei zile; se consideră valorile din tabelul 3.3.1.	[l/om, zi]
f	numărul mediu anual de unități zilnice de consum în clădirea/zona analizată, se obține de la beneficiarul sau administratorul clădirii	[–]

Tabel 3.3.1 Valorile pentru necesarul specific de apă caldă de consum, în funcție de destinația clădirii

Nr. crt.	Destinația clădirii	Necesar specific, [l/unitate, zi]
		la 60°C
1.	Locuinte unifamiliate/înșiruite, se calculează (pentru un consumator echivalent)	Conform cap 3.3.6.1
2.	Apartamente, se calculează (pentru un consumator echivalent)	Conform cap 3.3.6.1
3.	Birouri (pentru un funcționar pe schimb)	5
4.	Cluburi, case de cultură și teatre - actori (pentru o persoană pe zi) - spectatori, vizitatori (pentru 1 m ² , suprafață utilă)	15 0,03
5.	Spații comerciale, centre comerciale, magazine (pentru 1 m ² , suprafață utilă)	0,03
6.	Cantine, restaurante, bufete: - Catering, 2 mese pe zi - Catering, 2 mese pe zi (autoservire, tip bufet). - Catering, 1 masă pe zi. - Catering, 1 masă pe zi (autoservire, tip bufet) - Cantine și restaurante (pentru o persoană, o masă la prânz pe zi) - Cantine și restaurante (pentru o persoană, trei mese pe zi)	21 8 10 4 10 30
7.	Clădiri pentru cazare elevi, studenți, persoane în vârstă (pentru un ocupant pe zi) - cu obiecte sanitare în grupuri sanitare comune - cu lavoare în camere - cu grupuri sanitare pentru fiecare cameră - cu nivel de dotare superior (cu sauna, jacuzzi etc)	30 40 50 80
8.	Clădiri pentru copii (creșe, grădinițe): - creșe, grădinițe cu program redus - creșe, grădinițe cu program prelungit – fără cazare	8 10

Nr. crt.	Destinația clădirii	Necesar specific, [l/unitate,zi]
		la 60°C
	- creșe, grădinițe – cu cazare	40
9.	Hoteluri și pensiuni (pentru un loc cazare):	
	- Hostel pentru studenți (clădire turism cazare pentru tineri, cu buget restrâns)	40
	- Hotel, 1-stea, fără spălătorie	56
	- Hotel, 1-stea, cu spălătorie	70
	- Hotel, 2-stele, fără spălătorie	76
	- Hotel, 2-stele, cu spălătorie	90
	- Hotel, 3-stele, fără spălătorie	97
	- Hotel, 3-stele, cu spălătorie	111
	- Hotel, 4-stele, fără spălătorie	118
	- Hotel, 4-stele, cu spălătorie	132
10.	Dispensare, policlinici (pentru un bolnav, pe zi)	3
11.	Clădire sănătate (pentru un pacient, pentru o zi):	
	- Clădire sănătate, tratament ambulatoriu (fără cazare)	10
	- Clădire sănătate, tratament cu cazare, fără spălătorie	56
	- Clădire sănătate, tratament cu cazare, cu spălătorie	88
12.	Sanatorii, centre recuperare (pentru un pacient pe zi):	
	- cu căzi de baie și dușuri în grupuri sanitare	115
	- cu căzi de baie pentru fiecare cameră, pentru bolnavi	165
	- cu căzi de baie pentru fiecare cameră, pentru tratamente balneologice	225
13.	Școli (pentru un elev pe program) fără dușuri sau băi	5
14.	Clădire de sport pentru elevi:	
	- fără dușuri în grupurile sanitare, pentru un utilizator	5
	- cu dușuri în grupurile sanitare, pentru un duș instalat	101
15.	Grupuri sanitare pentru terenuri de sport, stadioane (pentru o manifestare sportivă)	
	- pentru spectatori (pentru 1 m ² , suprafață utilă)	0,03
	- pentru un sportiv	20
16.	Clădiri pentru transport: gări, aeroporturi (pentru 1 m ² , suprafață utilă)	0,03
17.	Spălătorii (pentru un kilogram de rufe uscate)	
	- cu spălare semimecanizată	25
	- cu spălare mecanizată	30
18.	Clădiri industriale (pentru un muncitor pe schimb, pentru consum menajer personal, igiena) cu procese tehnologice din grupa:	
	I	
	II	20
	III a)	25
	b)	25
	IV	30
	V	30
	VI a)	40
	b)	25
	Nota – grupele tehnologice sunt definite conform STAS 1478-90, tabel 2	30

Volumul de apă caldă de consum corespunzător pierderilor și risipei de apă, $V_{W,ls,day}$, calculat cu coeficienți adimensionali

Pierderile de apă caldă de consum pot fi estimate cu ajutorul unor coeficienți de penalizare f_1 și f_2 ; acești coeficienți majorează valoarea $V_{W,day}$, în funcție de timpul de așteptare pentru furnizare la punctele de consum (din cauza lipsei sub-sistemelor de recirculare a apei calde) și în funcție de starea tehnică (necorespunzătoare) a armăturilor:

$$V_{W,day} + V_{W,ls,day} = V_{W,day} \times f_1 \times f_2 \quad (3.197)$$

Se propune adoptarea următoarelor valori pentru coeficienții f_1 și f_2 :

- $f_1 = 1, 30$ pentru obiective alimentate în sistem centralizat, fără recirculare
- $f_1 = 1, 20$ pentru obiective alimentate în sistem local centralizat
- $f_1 = 1, 10$ pentru obiective alimentate în sistem local
- $f_2 = 1, 10$ pentru instalații echipate cu baterii clasice
- $f_2 = 1, 05$ pentru instalații echipate cu baterii monocomandă

în care

f_1 depinde de tipul instalației la care este racordat punctul de consum

f_2 depinde de starea tehnică a armăturilor la care are loc consumul de apă caldă

3.3.6.2 Necesarul de căldură pentru prepararea apei calde de consum furnizată utilizatorului, determinat în funcție de zonarea sistemului de apă caldă de consum

Atunci când clădirea analizată are mai multe spații cu destinații diferite, sau există în clădire mai multe sisteme de apă caldă de consum, va fi necesară zonarea instalației, conform SR EN ISO 52000-1, capitol 10, tabel 10.

Definirea zonelor pentru sistemele de apă caldă de consum se face în funcție de:

- Condiții diferite de consum (în funcție de destinația spațiilor), zone notate WNZ;
- Tipuri diferite de sisteme și sub-sisteme de alimentare cu apă caldă, utilizate în clădire notate WSZ;
- Sisteme diferite de alimentare cu apă caldă prezente în clădirea analizată, notate WSZ.

Dacă o clădire are mai multe sisteme de alimentare cu apă caldă de consum, se va calcula necesarul de căldură pentru fiecare sistem, denumit zonă definită WSZ, respectiv $Q_{w,nd,wsz}$. Dacă sistemele componente deservește, la rândul lor, spații cu destinații diferite (condiții diferite de consum), atunci se vor considera sub-zone, notate WNZ.

În final se aplică următoarea relație de calcul:

$$Q_{W,nd,wsz,i} = \sum_k Q_{W,nd,wnz,j} \quad (3.198)$$

unde

$Q_{W,nd,wsz,i}$ reprezintă necesarul de căldură pentru apa caldă de consum, furnizată consumatorului, pentru fiecare sistem prezent în clădirea analizată;

$Q_{W,nd,wnz,j}$ reprezintă necesarul de căldură pentru apă caldă de consum furnizată consumatorului, pentru fiecare zonă k din cadrul unui sistem de alimentare cu apă caldă de consum;

wnz	reprezintă zona cu necesar de apă caldă de consum, dintr-un sistem de alimentare cu apă (e.g. spații cu destinații diferite, așadar cu condiții diferite de consum);
wsz	este zona reprezentată de fiecare sistem de preparare a apei calde de consum prezent în clădire

Dacă o zonă cu aceleași caracteristici ale consumului (o zonă wnz) este deservită de mai multe sisteme de alimentare cu apă caldă de consum (wsz), necesarul pentru fiecare zonă a sistemului de preparare $Q_{W;nd;wsz,i}$ este dat atunci de:

$$Q_{W;nd;wsz,i} = Q_{W;nd;wnz,j} \frac{X_{wsz,i}}{\sum_k X_{wsz,k}} \quad (3. 199)$$

unde

$Q_{W;nd;wnz,j}$	reprezintă necesarul de căldură pentru apă caldă de consum furnizată consumatorului amplasat în zona j de consum wnz ;
$X_{wsz,i}$	coeficient de pondere pentru zona i a sistemului de preparare a apei calde de consum (wsz) care aparține zonei cu necesar de apă caldă de consum (wnz).
$X_{wsz,k}$	reprezintă coeficient de pondere pentru fiecare zonă a sistemului de preparare a apei calde de consum (k zone de tip wsz) care aparține zonei cu necesar de apă caldă de consum j (wnz).

Coeficienții de repartitie trebuie să fie specificați conform tabelului B.2 din SR EN 15316-1.

3.3.7 Metoda de calcul a consumurilor de energie pentru conductele de distribuție a apei calde de consum

Această metodă de calcul se referă la determinarea pierderilor termice și a consumurilor de energie aferente sub-sistemelor de distribuție a apei calde de consum. Un sub-sistem de distribuție reprezintă ansamblul traseelor de apă caldă de consum, inclusiv conductele de recirculare, împreună cu pompele care asigură circulația fluidului și cu dispozitivele de automatizare și reglare aferente. Din aceste circuite fac parte distribuția orizontală, coloanele și racordurile către consumatorii de apă caldă de consum, inclusiv conductele de recirculare. Se aplică standardele SR EN 15316-1 și SR EN 15316-3.

Metoda de calcul este utilizată pentru:

- calculul pierderilor termice suplimentare a sub-sistemelor de distribuție pentru apa caldă de consum;
- calculul consumurilor auxiliare de energie electrică (pentru acționarea pompelor, cabluri încălzitoare etc).

Se menționează faptul că pierderile termice aferente sub-sistemului de distribuție pot fi recuperabile (cu indice rbl), recuperate (cu indice rvd) sau nerecuperabile (cu indice $nrvd$). De aceea, ca variante, se consideră conductele de distribuție amplasate în spațiu încălzit, spațiu

neîncălzit sau în afara clădirii. Condiții suplimentare de calcul sunt indicate în capitolul 5.1.6 din SR EN 15316-1.

Pentru calculul consumurilor de energie auxiliară, se aplică condițiile din capitolul 5.1.7, SR EN 15316-1; o abordare simplificată pentru determinarea acestor termeni constă în operația de înmulțire între puterea electrică a echipamentelor auxiliare și durata de funcționare a acestora. Termenii, definițiile, simbolurile și abrevierile sunt în concordanță cu SR EN ISO 52000-1, SR EN 15316-1 și SR EN 15316-3. Detalii suplimentare privind funcționarea sistemelor de reglare se găsesc în standardul SR EN 15232-1, Performanța energetică a clădirilor. Partea 1: Impact al automatizării, reglării și managementului tehnic al clădirii.

3.3.7.1 Calculul pierderilor termice și a energiei auxiliare aferente sub-sistemului de distribuție a apei calde de consum

În urma aplicării procedurilor de calcul, se vor obține următorii termeni, după cum urmează:

- pierderile termice ale sub-sistemului de distribuție pentru apa caldă de consum: $Q_{W,dis,ls,total}$ [kWh];
- pierderile termice recuperabile ale sub-sistemului de distribuție pentru apa caldă de consum: $Q_{W,dis,rbl}$ [kWh];
- energia auxiliară consumată pentru distribuția apei calde de consum, $W_{W,dis}$ [kWh];
- energia auxiliară recuperabilă, sub formă de căldură, aferentă distribuției agentului termic pentru încălzire, $Q_{H,dis,rbl}$ [kWh];
- energia auxiliară recuperabilă, sub formă de căldură, aferentă distribuției apei calde de consum, $Q_{W,dis,rbl}$ [kWh];
- energia auxiliară recuperată, sub formă de căldură, aferentă distribuției apei calde de consum, $Q_{W,dis,rvd}$ [kWh].

Intervalul de timp considerat pentru analiză poate fi orar, lunar sau anual, în funcție de modul de introducere în calcul a parametrilor de intrare.

Toate valorile de intrare și de ieșire sunt valori medii pe intervalul de timp utilizat. Această metodă de calcul este o metodă staționară și nu ia în considerare niciun efect dinamic. Această metodă nu este recomandabilă pentru simulări dinamice ale fenomenelor de transfer de căldură.

În cazul în care nu se cunoaște lungimea conductelor din instalația de distribuție a apei calde de consum, se pot face aproximări ale acestor lungimi, pornind de la elementele caracteristice clădirii/unității analizate, conform anexei B2.3 din SR EN 15316-3.

3.3.7.2 Determinarea pierderilor termice ale sub-sistemului de distribuție pentru apa caldă de consum, $Q_{W,dis,ls,total}$

Determinarea pierderilor termice ale unui sub-sistem de distribuție se realizează cu ajutorul următorilor termeni: temperatura medie a agentului vehiculat, temperatura zonei ambiante, transmitanța termică a conductelor, lungimea conductelor și timpul de funcționare.

A. Calculul temperaturii medii a apei vehiculate

Temperatura medie a apei în sistemul de distribuție a apei calde de consum $\vartheta_{W,mean}$ este dată de relația:

$$\vartheta_{W,mean} = \vartheta_W - \frac{\Delta \vartheta_W}{2} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.200)$$

În care

ϑ_W	$[^{\circ}\text{C}]$	Temperatura apei calde de consum în rețelele de distribuție, valoare medie aferentă pasului de timp adoptat. Pasul de timp adoptat poate fi cuprins în intervalul 1-8760 h. Se poate considera o valoare în intervalul 30-70 °C (conform cap 6 din SR EN 15316-3, respectiv M8-1). Se recomandă utilizarea valorii de 60°C.
$\Delta \vartheta_W$	$[^{\circ}\text{C}]$	Diferența de temperatură între temperatura apei calde de consum furnizată la punctul de consum, și temperatura de întoarcere a apei calde de consum pe traseul de recirculare, valoare medie, pentru pasul de timp considerat. Se poate considera o valoare în intervalul 2-10 °C (conform M8-1). Se recomandă utilizarea valorii de 5°C.

Se face distincția între o conductă de distribuție apă caldă de consum însoțită de o conductă de recirculare, făcând parte dintr-un sistem inelar, și o conductă de distribuție neînsoțită de recirculare, ca de exemplu legătura de la rețeaua inelară (compusa din distribuție și recirculare) către consumatorul de apă caldă, denumită, în standardele europene, „stub”, denumire care se menține ca indice, în notațiile termenilor corespunzători acestor tipuri de conducte.

B. Calculul transmitanței termice a conductelor

Transmitanța termică liniară pentru țevi izolate, Ψ , amplasate în spații deschise, cu un coeficient total de transfer termic incluzând convecția și radiația pe partea exterioară, se calculează cu relația următoare:

$$\Psi = \frac{\pi}{\frac{1}{2\lambda_D} \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{h_a d_a}} \quad [\text{W} / \text{mK}] \quad (3.201)$$

în care:

d_i, d_a - sunt diametrul interior și diametrul exterior al țevii fără izolație, [m]

h_a - este coeficientul global de transfer termic (convecție și radiație), $[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$

λ_D - este conductivitatea termică a izolației, $[\text{W}/\text{m K}]$

Transmitanța termică liniară pentru țevi îngropate, Ψ_{em} , este:

$$\Psi_{em} = \frac{\pi}{\frac{1}{2[\frac{1}{\lambda_D} \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{\lambda_{em}} \ln \frac{4z}{d_a}]}} \quad [\text{W} / \text{mK}] \quad (3.202)$$

unde:

z - este adâncimea de îngropare a țevii față de suprafața terenului, [m];

λ_{em} - este conductivitatea termică a materialului de îngropare, $[\text{W}/\text{mK}]$

Transmitanța termică liniară pentru țevi neizolate, Ψ_{non} , se calculează:

$$\Psi_{non} = \frac{\pi}{\frac{1}{2\lambda_p} \ln \frac{d_{p,a}}{d_{p,i}} + \frac{1}{h_a d_{p,a}}} \quad [\text{W} / \text{mK}] \quad (3.203)$$

unde:

$d_{p,i}$, $d_{p,a}$ - sunt diametrul interior și diametrul exterior al țevii neizolate, [m]

h_a - este coeficientul global de transfer termic (convecție și radiație), [W/m^2K]

λ_p - este conductivitatea termică a țevii, [W/mK]

Un calcul aproximativ pentru transmitanța termică liniară a țevelor neizolate, Ψ_{non} , se poate face cu relația următoare:

$$\Psi_{non} = h_a \cdot \pi \cdot d_{p,a} \quad [W/mK] \quad (3.204)$$

Anexa B a standardului SR EN 15316-3, tabel B4, indică valori convenționale ale transmitanței termice liniare a țevelor, în funcție de vechimea clădirii și caracteristicile de montaj ale rețelei de distribuție.

C. Calculul pierderilor termice aferente conductelor de distribuție cu recircularea apei calde de consum, $Q_{W,dis,ls}$

Pierdere termică aferentă unor conducte de distribuție a apei calde de consum însoțite de recirculare se obține cu ecuația următoare:

$$Q_{W,dis,ls} = \frac{1}{1000} \sum_0^{t_{w,op}} \sum_j \psi_j (\theta_{W,mean} - \theta_{W,amb,j}) (L + L_{equip})_j t_{ci} \quad [kWh] \quad (3.205)$$

unde:

$\theta_{W,mean}$ - temperatura medie a apei în conductele de distribuție și recirculare a apei calde de consum, [$^{\circ}C$];

j - index pentru zona ambiantă pentru conducta de distribuție (zona climatizată sau neclimatizată);

$\theta_{W,amb,j}$ - temperatura ambiantă în încăperea sau în spațiul zona de amplasare a conductei de distribuție apă caldă de consum [$^{\circ}C$], pentru pasul de timp considerat;

L - lungimea conductei de distribuție, în zona j (zona climatizată sau neclimatizată), [m];

L_{equip} - lungimea echivalentă a conductei, în zona j (zona climatizată sau neclimatizată), corespunzătoare pierderilor de sarcină locale (vane, flanșe, armături etc), [m];

t_{ci} - intervalul pasului de timp de calcul, [h];

$t_{w,op}$ - timpul total de operare pentru recirculare a apei calde de consum, [h]

Ψ - transmitanța termică liniară pentru conducta j , [W/mK]

D. Calculul pierderilor termice aferente conductelor de distribuție fără recircularea apei calde de consum, $Q_{W,dis,ls,stub}$

Suplimentar față de termenul anterior, când apa caldă stagnează în conductă între 2 utilizări succesive, se determină pierdere termică aferentă porțiunii de conducte de distribuție a apei calde de consum neînsoțite de recirculare, $Q_{W,dis,ls,stub}$, considerată pentru pasul de timp, pe durata furnizării apei la punctul de consum, care se determină cu relația de calcul:

$$Q_{W,dis,ls,stub} = (\sum_j V_{stub,j} * \rho_w * n_{tap,j}) * c_w * (\theta_w - \theta_{w,amb,j}) * t_{ci} \quad [kWh] \quad (3.206)$$

În care:

c_w [kWh/kgK] Căldura specifică a apei

$V_{stub,j}$ [m^3] Volumul conductelor din circuitul deschis, pentru fiecare zonă j definită (zone cu notația „stub”);

ρ_w [kg/m^3] Densitatea apei

$n_{tap,j}$ [1/h] Numărul de utilizări la punctul de consum, pentru fiecare zonă j și pas de timp.

E. Calculul pierderilor termice aferente conductelor de distribuție cu recirculare DHW, în absența consumului de apă caldă, $Q_{W,dis,ls,nom}$

Pierderile termice aferente conductelor de distribuție a apei calde de consum cu recirculare $Q_{W,dis,ls,nom}$, în absența unui consum de apă caldă, se determină cu relația de calcul

$$Q_{W,dis,ls,nom} = \frac{1}{1000} \sum_0^{t_{w,op}} \sum_j \Psi_j \cdot (\vartheta_{W,avg} + \vartheta_{W,amb,j}) \cdot (L + L_{equi})_j \cdot t_{ci} \text{ [kWh]} \quad (3.207)$$

Relația este similară cu relația calculului $Q_{W,dis,ls,stub}$ dar în care apare temperatura $\theta_{W,avg}$ în locul termenului $\theta_{W,mean}$. Calculul lui $\theta_{W,avg}$ este indicat în continuare.

$\vartheta_{W,avg}$ [°C] Valoarea medie a temperaturii apei calde de consum într-un sistem de distribuție și recirculare a apei calde, fără consum de apă, pe durata pasului de timp considerat.

Determinarea temperaturii $\vartheta_{W,avg}$, după un interval de timp de neutilizare a instalației

Caz 1 - Determinarea temperaturii $\vartheta_{W,avg}$

Etapă 1 - Se calculează q_i , pierderea termică specifică liniară, cu relația:

$$q_i = \Psi_i \cdot (\vartheta_W - \vartheta_{W,amb,j}) \text{ [W/m]} \quad (3.208)$$

Etapă 2 - Se determină valoarea coeficientului exponențial C_i

Exponentul C_i , necesar evaluării scăderii temperaturii apei calde de consum după o operație de utilizare, este dat de relația:

$$C_i = \frac{q_i \cdot L_i}{c_W \cdot \rho_W \cdot V_i + c_p \cdot m_{p,i}} \cdot \frac{t_{atap}}{(\vartheta_W - \vartheta_{W,amb,i})} \quad (3.209)$$

V_i [m³] Volumul de apă conținut de tronsonul i al sistemului de distribuție apă caldă de consum

c_P [kWh/kgK] Căldura specifică a materialului din care este realizată conducta

$m_{p,i}$ [kg] Masa efectivă a tronsonului i al rețelei de distribuție apă caldă de consum, exclusiv apa conținută

t_{atap} [h] Durata între utilizări (furnizări ale apei calde de consum) (1 h)

q_i [W/m] Pierderea termică specifică pe lungime unitară (calculată la etapa 1)

Etapă 3 - Cu ajutorul coeficientului exponențial C_i se determină $\vartheta_{W,dis,atap}$, respectiv valoarea temperaturii apei calde de consum după un interval de timp de neutilizare a instalației:

$$\vartheta_{W,dis,atap,i} = \vartheta_{W,ah,j} + (\vartheta_{W,avg,begin} - \vartheta_{W,amb,j}) \cdot e^{-C_i} \text{ [°C]} \quad (3.210)$$

Caz 2 - Determinarea temperaturii $\theta_{W,avg}$ considerând cunoscute profilele de consum DHW

Această metodă poate fi utilizată în cazul în care se cunoaște profilul de consum pentru apa caldă. În acest caz, valoare medie a temperaturii apei calde de consum $\vartheta_{W,avg}$ utilizată în relația de determinare a pierderii termice aferente unui sistem de distribuție a apei calde de consum cu recirculare, în absența consumului de apă caldă, poate fi determinată cu relația:

$$\vartheta_{W,avg} = \frac{\vartheta_{W,avg,begin} + \vartheta_{W,dis,atap}}{2} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.211)$$

Se poate adopta o metoda simplificată pentru pierderea termică aferentă unor conducte de distribuție a apei calde de consum, fără recirculare (formula 3.201) în care temperatura medie a apei calde de consum $\theta_{W,avg}$ este dată de relația:

$$\theta_{W,avg} = 25 \cdot \Psi^{-0,2} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.212)$$

Această metodă simplificată se utilizează în cazul în care se adoptă în calcul un pas de timp orar.

În final, pierderile termice aferente unui sistem de distribuție a apei calde de consum cu recirculare se determină cu relația:

$$Q_{W,dis,ls,total} = Q_{W,dis,ls} + Q_{W,dis,ls,nom} + Q_{W,dis,ls,stub} \quad [\text{kWh}] \quad (3.213)$$

în care:

- $Q_{W,dis,ls}$ - pierderile termice aferente inelului distribuție și recirculare, în timpul furnizării apei calde de consum;
- $Q_{W,dis,ls,nom}$ - pierderile termice aferente inelului distribuție și recirculare, între utilizări ale apei calde de consum;
- $Q_{W,dis,ls,stub}$ - pierderile termice aferente conductelor de distribuție fără recirculare (stub), în timpul utilizării apei calde de consum.

3.3.7.3 Determinarea pierderilor termice recuperabile ale sub-sistemului de distribuție pentru apa caldă de consum, $Q_{W,dis,rbl}$

Pierderile termice recuperabile ale sub-sistemului de distribuție pentru apă caldă de consum $Q_{W,dis,rbl}$ se determină numai pentru lungimea conductelor care traversează spații climatizate (încălzite sau răcite), prin aplicarea relației de calcul pentru pierderea termică aferentă unor conducte de distribuție a apei calde de consum însoțite de recirculare, în care L este lungimea conductelor de distribuție amplasate în spații climatizate, $L_{condispace}$:

$$Q_{W,dis,ls,condispace} = \frac{1}{1000} \sum_0^{t_{w,op}} \sum_j \psi_j (\theta_{W,mean} - \theta_{w,amb,j}) (L_{condispace} + L_{equip})_j t_{ci} \quad [\text{kWh}] \quad (3.214)$$

În aceste condiții, se poate calcula un factor de recuperare a pierderilor termice, $f_{W,dis,ls,rbl}$ astfel:

$$f_{W,dis,ls,rbl} = Q_{W,dis,ls,condispace} / Q_{W,dis,ls,total} \quad [-] \quad (3.215)$$

Energia termică recuperabilă din pierderile termice ale distribuției pentru apă caldă de consum este:

$$Q_{W,dis,ls,rbl} = f_{W,dis,ls,rbl} \cdot Q_{W,dis,ls,total} \quad [\text{kWh}] \quad (3.216)$$

3.3.7.4 Calculul consumului de energie auxiliară al sub-sistemului de distribuție pentru apă caldă de consum

Calculul consumului de energie auxiliară se bazează pe puterea proiectată a pompelor de recirculare, pe pierderile de sarcină în sistem, pe debitele de fluid proiectate, pe factorul de utilizare a energiei corespunzător funcționării pompelor și pe timpul de funcționare. Consumul auxiliar de energie reprezintă consumul electric al pompelor de recirculare care asigură debitele de fluid în rețeaua de distribuție (cu recirculare).

Determinarea puterii proiectate a pompelor de recirculare, $P_{W,hydr,des}$

În primul rând, se determină puterea proiectată a pompelor de recirculare, $P_{W,hydr,des}$, care este dată de relația următoare:

$$P_{W,hydr,des} = \Delta p_{W,des} \cdot \dot{V}_{W,des} / 3600 \quad [\text{kW}] \quad (3.217)$$

unde:

$\Delta p_{W,des}$ - pierderea de sarcină pe circuitul de distribuție și recirculare apă caldă de consum, cel mai dezavantajat (înălțimea de pompare furnizată de pompă, valoare proiectată), [kPa];

$\dot{V}_{W,des}$ - debitul de apă caldă de consum, valoare proiectată [m³/h].

Pierderea de sarcină a unui sistem de conducte în circuit închis, $\Delta p_{W,des}$

Pierderea de sarcină a unui sistem de conducte în circuit închis, $\Delta p_{W,des}$, se calculează cu relația:

$$\Delta p_{W,des} = (1 + f_{comp}) \cdot R_{W,max} \cdot L_{max} + \Delta p_{W,add} \quad [\text{kPa}] \quad (3.218)$$

unde:

f_{comp} - este factorul de rezistență al componentelor în sistemul de distribuție, [-], conform anexei B.5.2.2, SR EN 15316-3, respectiv

- pentru rețele de distribuție obișnuite, $f_{comp} = 0,3$
- pentru rețele de distribuție cu multe schimbări de direcție, $f_{comp} = 0,4$

$R_{W,max}$ - este pierderea de sarcină liniară pe circuitul cel mai dezavantajat, [kPa/m], conform anexei B.5.2.1, SR EN 15316-3, tabel B8;

L_{max} - este lungimea maximă a circuitului de distribuție cel mai dezavantajat, [m];

$\Delta p_{W,add}$ - este pierderea de sarcină locală aferentă rezistențelor hidraulice suplimentare locale, [kPa], conform anexei B, SR EN 15316-3, tabel B9;

Necesarul de energie electrică al pompei de recirculare, $W_{W,dis,hydr,an}$

Necesarul de energie al pompei de recirculare, $W_{W,dis,hydr,an}$, este dat de relația:

$$W_{W,dis,hydr,an} = P_{W,hydr,des} \cdot \beta_{W,dis} \cdot t_{W,op,an} \cdot f_{W,corr} \quad [\text{kWh}] \quad (3.219)$$

unde:

$P_{W,hydr,des}$ - puterea pompelor proiectate, de recirculare, determinată anterior

$\beta_{W,dis}$ - este factor de funcționare (încărcare) la sarcina parțială a sistemului de distribuție, cu valori între (0...1);

$t_{W,op,an}$ - este timpul de funcționare a sistemului de distribuție, [h];

$f_{W,corr}$ - factorul de corecție pentru condiții speciale de proiectare a sistemului de distribuție, conform Anexa C, SR EN 15316-3; $f_{W,corr} = f_{HB} \cdot f_{special}$

f_{HB} - este factor pentru echilibrarea hidraulică și valoarea lui este:

$f_{HB} = 1,0$ dacă sistemul este echilibrat hidraulic

$f_{HB} = 1,15$ dacă sistemul este dezechilibrat hidraulic

$f_{special} = 1,0$ pentru distribuție

Consumul de energie auxiliară, $W_{W,dis,hydr,an}$, este:

$$W_{W,dis,an} = W_{W,dis,hydr,an} \cdot \varepsilon_{W,dis} \quad [\text{kWh}] \quad (3.220)$$

unde:

$W_{W,dis,hydr,an}$ – calculat anterior

$\varepsilon_{W,dis}$ - este factorul de utilizare a energiei al pompelor de distribuție, [-]

Factorul de utilizare a energiei al pompelor de distribuție, $\varepsilon_{W,dis}$, se calculează astfel:

$$\varepsilon_{W,dis} = f_{W,e} \cdot (C_{P1} + C_{P2} \cdot \beta_{W,dis}^{-1}) \cdot EEI/0,25 \quad [-] \quad (3.221)$$

unde:

$f_{W,e}$ - factor de eficiență, [-];

C_{P1}, C_{P2} - constantă în funcție de sistemul de reglare a pompei, pentru distribuție apă caldă de consum, [-], conform Anexei B, SR EN 15316-3, tabel B7;

EEI - indexul eficienței energetice, [-], din anexa B

Factorul de eficiență, $f_{W,e}$

Factorul de eficiență, $f_{W,e}$, este dat în general, de raportul următor:

$$f_{W,e} = P_{W,ref} / P_{W,hydr,des} \quad [-] \quad (3.222)$$

unde:

$P_{W,ref}$ - este puterea de referință a pompei, [kW]

Pentru pompe de recirculare (wet running meter) cu puterea hidraulică proiectată $0,001 < P_{W,hydr,des} < 2,5$ kW, puterea de referință este, conform EU – Regulation Nr. 622/2012, calculată cu:

$$P_{W,ref} = [1,7 \cdot P_{W,hydr,des} + 17 \cdot (1 - e^{-0,3 \cdot P_{W,hydr,des}})] \cdot 10^{-3} \quad [\text{kW}] \quad (3.223)$$

Pentru instalații existente, se poate considera ca putere de referință, $P_{W,ref}$, puterea electrică înscrisă pe etichetă, $P_{el,pmp}$.

Energie auxiliară pentru cablurile electrice încălzitoare

Consumul de energie auxiliară aferentă cablurilor electrice încălzitoare utilizate în distribuțiile instalațiilor de apă caldă de consum, $Q_{W,dis,rbl}$ este dat de relația de calcul:

$$W_{W,dis,rbl} = Q_{W,dis,ls} \quad [\text{kWh}] \quad (3.224)$$

în care:

$$Q_{W,dis,ls} = \frac{1}{1000} \sum_0^{t_{w,op}} \sum_j \psi_j (\theta_{W,mean} - \theta_{w,amb,j}) (L + L_{equip})_j t_{ci} \quad [\text{kWh}] \quad (3.225)$$

considerându-se doar lungimea conductelor pentru apa caldă de consum, protejate cu cablu încălzitor.

Energii auxiliare recuperabile și recuperate

Energia auxiliară recuperabilă pentru subsistemul de distribuție al instalațiilor de distribuție apă caldă de consum este considerat un aport termic către zona ambiantă și se calculează astfel:

$$Q_{W,dis,rbl} = f_{rbl,dis} \cdot W_{W,dis} \quad [\text{kWh}] \quad (3.226)$$

unde $f_{rbl,dis}$ este factor de recuperare a energiei auxiliare din subsistemul de distribuție.

Energia auxiliară recuperată în aer de la subsistemul de distribuție pentru apă caldă de consum, $Q_{W,dis,rvd}$, ca aport termic către zona ambiantă, este dată de ecuația:

$$Q_{W,dis,rvd} = f_{rbl,dis} \cdot W_{W,dis} \quad [\text{kWh}] \quad (3.227)$$

Valoarea factorului de recuperare $f_{rbl,dis}$, este menționată în anexa B.6, SR EN 15316-3, tabel B11, respectiv:

- pentru pompe cu izolație termică: $f_{rbl,dis} = 0,10$
- pentru pompe fără izolație termică: $f_{rbl,dis} = 0,25$

3.3.8 Pierderi termice aferente rezervoarelor de acumulare din sistemul de apă caldă de consum

Informații referitoare la metodă

În vederea realizării calculului, rezervorul de acumulare este împărțit în volume care reflectă stratificarea termică a apei în rezervor. Ipoteza consideră o temperatură ambiantă constantă în spațiul de amplasare a rezervorului.

Sursa de agent termic primar aferent rezervorului poate fi amplasată în afara rezervorului de acumulare (e.g. cazane, pompe de căldură) sau în interior pentru cazuri specifice (e.g. rezistențe electrice).

Temperatura oricărui volum de calcul din rezervor reprezintă rezultatul bilanțului energetic pentru volumul considerat (consum de energie, transfer de masă, pierderi termice prin anvelopă).

Pierderi termice la nivelul rezervorului de acumulare

Calculul pierderilor termice aferente rezervorului poate fi realizat utilizând fie **metode detaliate** (cu condiții de calcul dinamic, cu variația în timp a temperaturii în rezervor, considerând volume de calcul multiple) fie **metode simplificate (metoda B)**, care utilizează un model de calcul cu volum unic și temperatură uniformă (fără stratificare termică). **Această metodă este descrisă în continuare (metoda anuală, denumită metoda B, respectiv modelul cu un volum unic).**

Metoda anuală (metoda B, modelul cu un volum unic)

Numărul volumelor de calcul din rezervor poate fi redus la 1 (model fără stratificare termică) atunci când temperatura la nivelul întregului rezervor este considerată omogenă. Nu se consideră o variație a temperaturii în funcție de timp.

În aceste ipoteze, pierderile termice la nivelul mantalei rezervorului se calculează cu relația:

$$Q_{sto;ls;tot} = f_{sto;bac;acc} \times f_{sto;dis;ls} \times \frac{H_{sto;ls}}{1000} \times (g_{sto;set} - g_{sto;amb}) \times t_{ci} \quad [\text{kWh}] \quad (3.228)$$

Semnificația termenilor este următoarea:

$f_{sto;bac;acc}$ - coeficient de corecție ale cărui valori depind de tipul de automatizare și de dimensiunile rezervorului de acumulare. Acest coeficient de corecție ține cont de faptul că, în interiorul rezervorului de acumulare, apa se va stratifica, ceea ce duce la diminuarea pierderilor termice către mediul exterior, deoarece, în anumite zone ale rezervorului, temperatura apei este mai scăzută. Acest coeficient de corecție poate avea valori între 0 și 1. Pentru modelul ce

presupune un volum unic de acumulare și având o temperatură uniformă, $f_{sto;bac;acc}$ este considerat egal cu 1. Se utilizează valori mai mici decât 1 ale $f_{sto;bac;acc}$, dacă acest parametru este calculat cu procedura prezentată în Anexa D din SR CEN/TR 15316-6-10.

$f_{sto;dis;ls}$ - coeficient de corecție ce ține cont de pierderile termice aferente distribuției agentului termic primar. Acest coeficient depinde de numărul de racorduri ale rezervorului, de tipul de conexiune al acestora, tipurile izolației termice la nivelul conductelor și al vanelor; acest coeficient poate lua valori între 1 și 5.

$f_{sto;dis;ls}$ - egal cu 1, în situația în care nu există întreruperi ale izolației și nu există pierderi de agent termic pe traseul către rezervorul de acumulare. În acest caz ideal, pierderile de energie termică sunt prezente doar pe distribuție.

$f_{sto;dis;ls}$ - egal cu 3 (valoare recomandată pentru calcule) corespunde situației celei mai des întâlnite în realitate, anume izolația este prezentă doar pe traseele rectilinii ale conductelor de agent termic primar, nu și pe celelalte racorduri, iar teurile, cotelile și vanele nu sunt izolate.

$H_{sto;ls}$ - reprezintă transmitanța la nivelul pereților rezervorului de acumulare, exprimată în W/K și poate lua orice valoare de la 0 la infinit. Acest parametru va fi specificat de către furnizorul / producătorul rezervorului.

$J_{sto;set}$ - reprezintă temperatura apei în interiorul rezervorului de acumulare în °C considerat ca volum de calcul unic, cu temperatură constantă (poate avea valori până la 110 °C, în funcție de aplicație).

J_{amb} - temperatura mediului înconjurător în °C (de exemplu 15 °C).

t_{ci} - timpul considerat în calcul, respectiv numărul de ore dintr-un an, 8760 de ore.

3.3.9. Pierderi termice aferente subsistemului de generare din sistemul de apă caldă de consum

Metoda de calcul a consumului la generator, inclusiv a pierderilor de energie și a performanței subsistemului de generare a agentului termic pentru prepararea apei calde de consum, preluată din SR EN 15316-4-1 și valabilă atât pentru cazane automatizate pe combustibili fosili cât și pe biomasa, a fost descrisă în detaliu la & 3.1.5. Consumul de energie și eficiența energetică a sistemelor de generare a agentului termic pentru încălzire, prin arderea combustibilului fosil și a biomasei.

Procedura de calcul este valabilă atât în cazul generării simultane a agentului termic pentru încălzire și preparare a.c.c. (spre exemplu în sezonul rece), cât și pentru generarea agentului termic doar pentru prepararea a.c.c. (spre exemplu în sezonul cald, când nu este nevoie de încălzire).

Se determină și în aceste cazuri:

- pierderile termice ale subsistemului de generare
- pierderile recuperabile de căldură pentru încălzirea clădirii/zonelor (din pierderile de la coș, prin mantaua cazanului și a vaselor de acumulare/boilere și din energia auxiliară)
- energia auxiliară necesară funcționării subsistemului de generare.

În situația specială a utilizării boilerelor de preparare a a.c.c. cu ardere directă (rezistență electrică sau gaze naturale), se va utiliza procedura diferită de calcul descrisă în SR EN 15316-4-1 (&6.11).

ANEXA 3.3.A Exemplu de calcul - Necesarul de căldură pentru apa caldă de consum livrată la consumator, $Q_{W,nd}$

Să se determine necesarul de căldură pentru apa caldă de consum, livrată la consumator (termenul $Q_{W,nd}$) pentru un apartament situat într-o clădire de locuit, având aria suprafeței locuibile 75 m². Apa caldă este preparată centralizat. Apartamentul este renovat, fiind dotat cu armături eficiente la punctele de consum.

Acest exemplu de calcul se va realiza pentru o zonă a unei clădiri. O zonă este definită ca o clădire sau o parte a clădirii cu funcțiune distinctă, pentru care se va determina $Q_{W,nd}$. Criteriile de definire a zonelor sunt stabilite conform SR EN ISO 52000-1, tabel 10.

Pașii pentru stabilirea necesarului de căldură aferent preparării apei calde în zona de furnizare, $Q_{W,nd}$ sunt prezentați mai jos.

Relația generală pentru necesarul de căldură pentru apa caldă de consum, livrată la consumator (termenul $Q_{W,nd}$) este următoarea:

$$Q_{W,nd} = V_t \cdot c_W \cdot \rho_W \cdot (\theta_{W,draw} - \theta_{W;c}) \cdot \frac{1}{1.000} \quad [\text{kWh/h}]$$

Semnificația termenilor este prezentată mai jos.

$$V_t = V_{W,day}$$

și

c_W	Căldura specifică a apei	[kWh/kgK]
ρ_W	Densitatea apei (se poate considera valoarea 1000 kg/m ³)	[kg/m ³]
$\theta_{W,draw}$	Temperatura de utilizare a apei calde la punctul de consum, rezultată în urma amestecului apei reci cu apa caldă, la punctul de furnizare (e.g. baterie); se consideră $\theta_{W,draw} = 45^\circ\text{C}$	[°C]
$\theta_{W;c}$	Temperatura apei reci de consum; se consideră $\theta_{W;c} = 10^\circ\text{C}$	[°C]

1. Pornind de la aria locuibilă $A_h = 75 \text{ m}^2$, se determină $n_{P,eq,max}$, cu relația de calcul următoare :

$$n_{P,eq,max} = \begin{cases} 1 & \text{dacă } A_h < 10 \text{ m}^2 \\ \{1,75 - 0,01875 \cdot (50 - A_h)\} & \text{dacă } 10 \text{ m}^2 \leq A_h < 50 \text{ m}^2 \\ 0,035 \cdot A_h & \text{dacă } A_h \geq 50 \text{ m}^2 \end{cases}$$

Ulterior se determină numărul de consumatori echivalenți $n_{P,eq}$ cu relația:

$$n_{P,eq} = \begin{cases} n_{P,eq,max} & \text{dacă } n_{P,eq,max} < 1,75 \\ 1,75 + 0,3 \cdot (n_{P,eq,max} - 1,75) & \text{dacă } n_{P,eq,max} \geq 1,75 \end{cases}$$

În consecință, pentru $A_h = 75 \text{ m}^2$, se obține:

$$n_{P,eq,max} = 0,035 \cdot A_h = 2,625, \text{ număr maxim de consumatori echivalenți}$$

Pentru $n_{P,eq}$ se adoptă formula:

$$n_{P,eq} = 1,75 + 0,3 \cdot (n_{P,eq,max} - 1,75) = 2,0125 \cong 2,02, \text{ număr consumatori echivalenți.}$$

2. Se determină necesarul specific de apă caldă de consum, cu următoarea relație:

$$V_{W,P,day} = \min \left(x; \left(y \cdot \frac{A_h}{n_{P,eq}} \right) \right)$$

Așadar,

$$V_{W,P,day} = \min \left(x; \left(y \times \frac{A_h}{n_{P,eq}} \right) \right) = \min \left(40,71; \left(3,26 \times \frac{75}{2,0125} \right) \right) = \min(40,71; 121,49) = 40,71 \text{ l/om,zi} = V_{f,W,day}^{din\ norme}$$

Această valoare reprezintă necesarul specific de apă caldă de consum pentru temperaturile $\theta_w = 60^\circ\text{C}$ și $\theta_{w,c} = 13,50^\circ\text{C}$.

3. Se realizează corecția necesarului specific pentru temperaturile $\theta_{w,draw} = 45^\circ\text{C}$ și $\theta_{w,c} = 10^\circ\text{C}$, utilizând următoarea relație:

$$V_{P,W,day} = V_{P,W,day}^{din\ norme} \frac{\theta_w - \theta_{w,c}}{\theta_{w,draw} - \theta_{w,c}} = V_{P,W,day}^{din\ norme} \frac{60 - 13,50}{45 - 10} \\ = 40,71 \frac{din\ norme}{P,W,day} \frac{60 - 13,50}{45 - 10} = 54,08 \frac{l}{om, zi}$$

4. În final, se obține necesarul total de apă caldă de consum pentru apartament:

$$V_{W,day} = V_{W,P,day} \cdot n_P = V_{W,P,day} \cdot n_{P,eq} = 54,08 \cdot 2,02 = 109,25 \quad [l/zi]$$

5. Necesarul de căldură pentru prepararea apei calde de consum livrată la consumator se determină utilizând relația:

$$Q_{W,nd} = V_t \cdot c_w \cdot \rho_w \cdot (\vartheta_{w,draw} - \vartheta_{w,c}) \quad [\text{kWh/zi}]$$

În această relație de calcul, $V_t = V_{W,day}$

$$Q_{W,nd} = V_t \cdot c_w \cdot \rho_w \cdot (\vartheta_{w,draw} - \vartheta_{w,c}) = 109,25 \text{ l/zi} \cdot 4,186 \text{ kJ/Kg} \cdot 1 \text{ kg/dm}^3 \cdot (45 - 10) \text{ K} = 16006,22 \text{ kJ/zi} = 16006,22 \text{ kJ} / (24 \times 3600) \text{ s} \times 24 \text{ h} = 4.45 \text{ kWh/zi}$$

S-a considerat ipoteza de calcul conform căreia acest necesar de apă se livrează în 24 ore/zi.

ANEXA 3.3.B Determinarea pierderilor termice aferente conductelor de distribuție

Etapă 1

Se selectează date de intrare privind clădirea și rețeaua de distribuție pentru încălzire/răcire sau apă caldă de consum.

Nume parametru	Simbol	Unitate de măsură	Valoare adoptată în exemplul de calcul	Interval de valori recomandat
Date de intrare				
Lungimea clădirii	L_L	m	15	4...100
Lățimea clădirii	L_W	m	10	4...20
Număr de niveluri	N_{lev}	-	3	1...10
Înălțimea nivelului	h_{fl}	m	2,9	2...5
Lungime (conform B1.1 – din SR EN 15316-3)	l_c	m	0	0 / 6
Transmitanța termică liniară pentru conducte izolate, în interiorul clădirii	ψ	W/(m·K)	0,2	0,05..0,5
Diametrul interior al conductei (fără izolație)	d_i	m	0,02	0,01...1,00
Diametrul exterior al conductei (cu izolație)	d_a	m	0,06	0,01...1,00
Conductivitatea termică a izolației	λ_D	W/(m·K)	0,04	0,01..0,08
Conductivitatea termică a materialului de îngropare	λ_{em}	W/(m·K)	1	0,01....5,0
Adâncimea de îngropare a țevii față de suprafața terenului	z	m	0,15	0,05..2,0
Conductivitatea termică a materialului conductei	λ_p	W/(m·K)	380	10..500
Diametrul interior al conductei	$d_{p,i}$	m	0,019	
Diametrul exterior al conductei	$d_{p,a}$	m	0,022	
Căldura specifică a materialului conductei	c_p	kWh/(kg·K)	0,106	0,02...0,25
Densitatea materialului conductei	ρ_p	kg/m ³	8900	1000...20000

Etapa 2 –

În cazul în care nu se cunosc traseele exacte ale distribuției, se pot adopta lungimi aproximative, obținute cu formula de calcul care utilizează geometria clădirii.

Instalația analizată	Simbol	Unitate de măsură	Valoare adoptată în exemplul de calcul	Formula de calcul (anexa B2.3 din SR EN 15316-3)	Explicații suplimentare
Încălzire/răcire spațiu					
Lungimea conductelor de legătură de la radiator (echipament) la coloane;	l_A	m	247,50	$l_A = 0,55 \cdot l_L \cdot l_W \cdot N_{lev}$	
Lungimea coloanelor;	l_S	m	32,63	$l_S = 0,025 \cdot l_L \cdot l_W \cdot N_{lev} \cdot h_{lev}$	
Lungimea distribuției/colectorului inferioare a conductelor;	l_V	m	54,38	$l_V = 2 \cdot l_L + 0,01625 \cdot l_L \cdot l_W^2$	
Lungimea maxima a traseului de la generatorul de căldură către cel mai îndepărtat corp de încălzire/răcire	L_{max}	m	57,40	$L_{max} = 2 \cdot \left(L_L + \frac{l_W}{2} + N_{lev} \cdot h_{lev} + l_c \right)$	
Apa caldă de consum					
Lungimea conductelor din circuitul deschis (denumit cu indicele „stub”)	l_A	m	22,50	$l_A = 0,05 \cdot l_L \cdot l_W \cdot N_{lev}$	
Lungimea conductelor verticale	l_S	m	97,88	$l_S = 0,075 \cdot l_L \cdot l_W \cdot N_{lev} \cdot h_{lef}$ $l_V = 2 \cdot l_L + 0,0125 \cdot l_L \cdot l_W$	Lungimea conductelor verticale, însoțite de recirculare Sau * (0,5) Lungimea conductelor verticale, fără recirculare
Lungimea conductelor aferente distribuției	l_V	m	31,88		Lungimea conductelor verticale, însoțite de recirculare

Instalația analizată	Simbol	Unitate de măsură	Valoare adoptată în exemplul de calcul	Formula de calcul (anexa B2.3 din SR EN 15316-3)	Explicații suplimentare
					Sau * (0,5) Lungimea conductelor verticale, fără recirculare
Lungimea maximă a conductelor, într-un circuit închis (distribuție și recirculare)	L_{max}	m	57,40	$L_{max} = 2 \cdot \left(L_L + \frac{L_W}{2} + N_{lev} \cdot h_{lev} + l_c \right)$	

Etapa 3 –

Se determină o serie de parametri, care caracterizează pierderile termice de-a lungul distribuției. Acești parametri sunt utilizați ulterior în calcul.

Parametru	Simbol	Unitate de măsură	Valoare adoptată în exemplul de calcul	Referință formulă	Formula de calcul	Explicații suplimentare
Factorul de corecție pentru condiții speciale de proiectare a sistemului de distribuție	$f_{X,corr}$		1,00			Anexa
Transmitanța termică liniară pentru conducte izolate, în interiorul clădirii	Ψ	W/(m·K)	0,20	Formula (3)	$\Psi = \frac{\pi}{\left(\frac{1}{2 \cdot \lambda_D} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{h_a \cdot d_a} \right)}$	
Transmitanța termică liniară pentru conducte îngropate	Ψ_{em}	W/(m·K)	0,21	Formula (4)	$\Psi_{em} = \frac{\pi}{\frac{1}{2} \left[\frac{1}{\lambda_D} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{\lambda_{em}} \cdot \ln \frac{4 \cdot z}{d_a} \right]}$	

Parametru	Simbol	Unitate de măsură	Valoare adoptată în exemplul de calcul	Referință formulă	Formula de calcul	Explicații suplimentare
Transmitanța termică liniară pentru conducte neizolate	Ψ_{non}	W/(m·K)	0,97	Formula (5)	$\Psi_{non} = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_p} \cdot \ln \frac{d_{p,a}}{d_{p,i}} + \frac{1}{h_a \cdot d_{p,a}}}$	Formula de calcul exact
Transmitanța termică liniară pentru conducte neizolate	Ψ_{non}	W/(m·K)	0,97	Formula (6)	$\Psi_{non} = h_a \cdot \pi \cdot d_{p,a}$	aproximare
Volumul conductelor din circuit deschis, definit pe zone	V_p	m ³	0,0064		$V_p = d_{p,i}^2 \cdot \pi / 4 \cdot L_p$	
Masa conductelor	m_p	kg	56,75		$m_p = \rho_p \cdot V_p$	
Factor de eficiență, pentru instalația X (încălzire/răcire, apa caldă de consum)	$f_{X,e}$		4,332	Formula (23)	$f_{X,e} = \left(1,25 + \left(\frac{0,2}{P_{X,hydr,des}} \right)^{0,5} \right) \cdot b$	
Factor utilizat in selecția pompei	b		1			constant
Constantă care depinde de sistemul de reglare (automatizare) a pompei	C_{p1}		0,90			HEAT_DIST R_CTRL_PM P 0 / 3 / 4
Constantă care depinde de sistemul de reglare (automatizare) a pompei	C_{p2}		0,10			HEAT_DIST R_CTRL_PM P 0 / 3 / 4
Factor de cheltuieli pentru energia pompelor de distribuție	$\varepsilon_{X,dis}$		4,80	Formula (22)	$\varepsilon_{X,dis} = f_{X,e} \cdot (C_{p1} + C_{p2} \cdot \beta_{X,dis}^{-1})$	
Factor f_{EEI}	f_{EEI}		0,43	Formula (28)	$f_{EEI} = \frac{EEI}{C_E}$	

Valori pentru coeficientul eficiența energetică EEI		
Încălzire		0,25
Răcire		0,25
Apa caldă de consum		0,30

Etapa 4 –

Determinarea și adoptarea altor parametrii, necesari în calculul termic

Nume mărime	Simbol	Unitate de măsură	Valoare considerată în calcul	Interval optim	Modul de calcul	Mărime variabilă	Notă
Condiții inițiale							
Temperatura agentului termic, de intrare în echipamentul de emisie energie termică (încălzire)	$\theta_{H,em,in}$	°C	68	0..110	M3-5	Da	
Temperatura agentului termic, de ieșire din echipamentul de emisie energie termică (încălzire)	$\theta_{H,em,out}$	°C	58	0..110	M3-5	Da	
Debit, în circuitul de încălzire	$\dot{V}_H$	m³/h	3.5	0.....μ	M3-5	Da	
Temperatura agentului termic, de intrare în echipamentul de răcire (e.g ventiloconvector)	$\theta_{C,em,in}$	°C	6	0..110	M4-5	Da	
Temperatura agentului termic, de ieșire din echipamentul de răcire	$\theta_{C,em,out}$	°C	12	0..110	M4-5	Da	
Debit în circuitul de răcire	$\dot{V}_C$	m³/h	0.8	0.....μ	M4-5	Da	
Temperatura DHW (a apei calde de consum)	θ_W	°C	50	30..70	M8-1	Da	
Diferența de temperatură între temperatura de consum a apei	$\Delta\theta_W$	K	5	2..10	M8-1	Da	Doar pentru distribuții însoțite de recirculare

Nume mărime	Simbol	Unitate de măsură	Valoare considerată în calcul	Interval optim	Modul de calcul	Mărime variabilă	Notă
calde și temperatura pe conducta de recirculare							
Intervalul de calcul, pas de timp	t_{ci}	h	1	1...8760	M1-9	Da	
Durata de operare totală	t_{op}	h	1	0...8760	M1-6	Da	Suma intervalelor de calcul, a pașilor de timp
Temperatura mediului ambiant, pe durata intervalului de calcul, pe durata de încălzire	$\theta_{ah,H}$	°C	13	-30...+30	M2-2	Da	
Temperatura mediului ambiant, pe durata intervalului de calcul, pe durata de răcire	$\theta_{ah,C}$	°C	22	-30...+30	M2-2	Da	
Temperatura mediului ambiant, pe durata intervalului de calcul, pe durata de consum apă caldă	$\theta_{ah,W}$	°C	13	-30...+30	M2-2	Da	
Intervalul de timp între două utilizări ale armăturii, în vederea consumului	t_{atap}	h	2	0..24	M8-1	Da	
Timpul de operare a sistemului de distribuție	$t_{x,op}$	h	1	0...8760		Da	
Date utilizate în proiectarea sistemului							
<i>Date considerate în documentația tehnică aferentă instalației</i>							
Profil consum, exprimat prin frecvența de utilizare a armăturilor pentru apa caldă	n_{tap}	1/h	0,5	1..30	M8-1	Da	

Nume mărime	Simbol	Unitate de măsură	Valoare considerată în calcul	Interval optim	Modul de calcul	Mărime variabilă	Notă
Număr de operații (utilizări) ale pompei de recirculare	n_{nom}	1/d	2	0...24	M8-1	Da	
Temperatura medie a apei calde de consum în sistem închis, fără utilizare, considerată pentru pasul de timp	$\theta_{W,avg}$	°C	25	20...70	M8-1	Da	Se determină prin calcul
Factorul de rezistență al componentelor în sistemul de distribuție	f_{comp}		0.3	0...0,8			Se aplică LOCAL
Pierdere de sarcină liniară unitară	$R_{X,max}$	kPa/m	0.1	0,05...0,50			
Pierdere de sarcină locală	$\Delta p_{X,add}$	kPa	3	0...100		Da	
Sarcina termică determinată prin calcul, pentru încălzire (H) pentru o zonă	$F_{H,em.out}$	kW	50	1.....μ			
Sarcina termică determinată prin calcul, pentru răcire (C), pentru o zonă	$F_{C,em.out}$	kW	50	1.....μ			
Diferența de temperatură, de calcul, pentru circuitul de încălzire	$\Delta \theta_{H,dis,des}$	K	15	1...50			
Diferența de temperatură, de calcul, pentru circuitul de răcire	$\Delta \theta_{C,dis,des}$	K	6	1...20			
Diferența de temperatură, de calcul, pentru circuitul aferent apei calde de consum (distribuție + recirculare)	$\Delta \theta_{W,circ}$	K	5	1...10			
Factor de energie primară, pentru transport energie termică	$f_{X,\gamma}$		1,1				

Nume mărime	Simbol	Unitate de măsură	Valoare considerată în calcul	Interval optim	Modul de calcul	Mărime variabilă	Notă
Factor de energie primară, pentru transport energie electrică	$f_{x,z}$		2,4				
Tipul de reglare a sistemului							
Tipul de reglare/automatizare a debitului	HEAT_DISTR_CTRL_PMP			0, 3, 4			
Tipul de reglare/automatizare a turației	HEAT_DISTR_CTRL			0, 2, 3			
Constante							
(căldură specifică x densitatea) apei	$c_w \cdot \rho_w$	kWh/(m ³ ·K)	1,15				
Căldura specifică a apei	c_w	kWh/(kg·K)	1,163				
Densitatea apei	ρ_w	kg/m ³	990				
Factor de selecție a pompei	b	-	1				Selecție la parametrii calculați ai instalației
Factor de selecție a pompei	b	-	2				Selecție la parametrii diferiți de cei calculați ai instalației
Coeficientul global de transfer termic (convecție și radiație)	h_a	W/(m ² K)	8		Local	NU	Valoare pentru conducte izolate
	h_a	W/(m ² K)	14				Valoare pentru conducte neizolate

Etapa 5 –

Se determină, prin calcul, parametrii necesari, cuprinși în tabelul următor, respectiv pierderile termice aferente sistemului de distribuție.

Descriere termen calculat	Simbol	Unitate de măsură	Valoare obținută în urma calculului	Formula utilizată din SR EN 15316-3	Formulă	Note suplimentare
Temperatura medie a apei, în sistemul de distribuție pentru încălzire	$\theta_{H,em,mean}$	°C	63,0	Formula (1)	$\theta_{X,em,mean} = \frac{\theta_{X,em,in} + \theta_{X,em,out}}{2}$	Indice X: încălzire H
Temperatura medie a apei, în sistemul de distribuție pentru răcire	$\theta_{C,em,mean}$	°C	9,0	Formula (1)	$\theta_{X,em,mean} = \frac{\theta_{X,em,in} + \theta_{X,em,out}}{2}$	Indice X: răcire C
Temperatura medie a apei, în sistemul de distribuție pentru apa caldă de consum	$\theta_{W,em,mean}$	°C	47,5	Formula (2)	$\theta_{W,em,mean} = \theta_W - \frac{\Delta\theta_W}{2}$	
Pierderile termice aferente sistemelor de distribuție a agentului termic apă, pentru încălzire	$Q_{H,dis,ls}$	kWh	0,54	Formula (7)	$Q_{X,dis,ls} = \frac{1}{1000} \sum_0^{t_{X,op}} \sum_j \Psi_j \cdot (\theta_{X,em,mean} - \theta_{X,ah,j}) \cdot L_j \cdot t_{ci}$	Pierdere termică în pasul de timp t_{ci}
Pierderile termice (aporturi) aferente sistemelor de distribuție a agentului termic apă, pentru răcirea spațiilor	$Q_{C,dis,ls}$	kWh	-0,64	Formula (7)	$Q_{X,dis,ls} = \frac{1}{1000} \sum_0^{t_{X,op}} \sum_j \Psi_j \cdot (\theta_{X,em,mean} - \theta_{X,ah,j}) \cdot L_j \cdot t_{ci}$	Pierdere termică(aport de căldură) în pasul de timp t_{ci}
Pierderile termice aferente sistemelor de distribuție apă caldă de consum	$Q_{W,dis,ls}$	kWh	0,225	Formula (7)	$Q_{X,dis,ls} = \frac{1}{1000} \sum_0^{t_{X,op}} \sum_j \Psi_j \cdot (\theta_{X,em,mean} - \theta_{X,ah,j}) \cdot L_j \cdot t_{ci}$	Pierdere termică în pasul de timp t_{ci} pentru lungimea conductelor de distribuție și recirculare
Debit masic pentru apa caldă de consum, în sistem deschis (de la circuitul distribuție- recirculare	$m_{w,dis,stub}$	kg/h	3,16	Formula (9)	$\dot{m}_{W,dis,stub} = \sum V_{stub,j} \cdot \rho_W \cdot n_{tap,j}$	

Descriere termen calculat	Simbol	Unitate de măsură	Valoare obținută în urma calculului	Formula utilizată din SR EN 15316-3	Formulă	Note suplimentare
către armături, neînsoțit de recirculare)						
Pierderi suplimentare termice pentru conductele de distribuție neînsoțite de recirculare	$Q_{W,dis,stub}$	kWh	135.8	Formula (8)	$Q_{W,dis,ls,stub} = \dot{m}_{W,dis,stub} \cdot c_w \cdot (\vartheta_W - \vartheta_{W,amb,j}) \cdot t_{ci}$	
Debit masic pentru conductele de recirculare	$\dot{m}_{w,dis,nom}$	kg/h	0.53	Formula (11)	$\dot{m}_{W,dis,nom} = \frac{1}{24} \cdot \sum_j V_j \cdot \rho_W \cdot n_{nom,j}$	
Pierderi termice in sisteme de recirculare, in absenta consumului	$Q_{w,dis,nom}$	kWh	7.3	Formula (10)	$Q_{W,dis,nom} = \dot{m}_{W,dis,nom} \cdot c_w \cdot (\theta_{W,avg} - \theta_{W,ah,j}) \cdot t_{ci}$	
Temperatura apei calde de consum, pe perioada lipsei de consum, intre utilizările apei calde	$\theta_{W,dis,atap}$	°C	31.9	Formula (12)	$\theta_{W,dis,atap,i} = \theta_{W,ah,j} + (\theta_W - \theta_{W,ah,j}) \cdot e^{-C_i}$	
Exponent C_i utilizat pentru calculul scăderii temperaturii apei calde in conducte de distribuție, după o utilizare, in secțiunea i	C_i		0.674	Formula (13)	$C_i = \frac{q_i \cdot L_i \cdot t_{atap}}{c_w \cdot \rho_w \cdot V_i + c_p \cdot m_{p,i}} \cdot \frac{1}{(\theta_W - \theta_{W,ah,i})}$	
Flux de căldură specific liniar	q_i	W/m	7.4	Formula (14)	$q_i = \Psi_i \cdot (\theta_W - \theta_{W,ah,j})$	

Descriere termen calculat	Simbol	Unitate de măsură	Valoare obținută în urma calculului	Formula utilizată din SR EN 15316-3	Formulă	Note suplimentare
Factor / pondere a energiei termice recuperabile aferente sistemului de distribuție	$f_{H,dis,rbl}$		0.65	Formula (17)	$f_{H,dis,rbl} = \frac{Q_{H,dis,ls,heatedspace}}{Q_{H,dis,ls,total}}$	ipoteza
Pierderi termice recuperabile ale sistemului de distribuție pentru încălzirea în zona de amplasare a distribuției	$Q_{H,dis,rbl}$	kWh	0.35	Formula (18)	$Q_{HW,dis,rbl} = f_{HCW_dis_rbl} \cdot Q_{HW,dis,ls,total}$ $Q_{C,dis,rbl} = -f_{HCW_dis_rbl} \cdot Q_{C,dis,ls,total}$	
Energie termică necesară la intrarea în sistemul de emisie	$Q_{X,em}$	kWh	40.25	Formula (37)	$Q_{X,em} = \dot{V}_X \cdot c_w \cdot \rho_w \cdot (\theta_{X,em,in} - \theta_{X,em,out}) \cdot t_{ci}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apa caldă de consum W
Factor de cost pentru energie	$\varepsilon_{X,dis}$		1.014	Formula (36)	$\varepsilon_{X,dis} = \frac{Q_{X,em} + Q_{X,dis,ls}}{Q_{X,em}} = 1 + \frac{Q_{X,dis,ls}}{Q_{X,em}}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apa caldă de consum W
Factor de cost pentru energia primară	$\varepsilon_{P,X,dis}$		0.018	Formula (38)	$\varepsilon_{P,X,dis} = \frac{f_{X,Y} \cdot Q_{X,dis,ls} + f_{X,Z} \cdot W_{X,dis,aux}}{Q_{X,em}}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apa caldă de consum W
Energie termică necesară la intrarea în sistemul de distribuție	$Q_{H,dis,in}$	kWh	40.794	Formula(39)	sau $Q_{X,dis,in} = \varepsilon_{X,dis} \cdot Q_{X,em}$ $Q_{X,dis,in} = Q_{X,em} + Q_{X,dis,ls}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apa caldă de consum W
Temperatura medie a apei calde de consum	$\theta_{W,avg}$	°C	40.93	Formula(15)	$\theta_{W,avg} = \frac{\theta_W + \theta_{W,dis,atap}}{2}$	
Temperatura medie a apei calde de consum, în sisteme deschise, forma simplificată	$\theta_{W,em,mean}$	°C	34.49	Formula(16)	$\theta_{W,em,mean} = 25 \cdot \Psi^{-0,2}$	

Etapa 6 –

Se determină, prin calcul, parametrii necesari, cuprinși în tabelul următor, respectiv energiile auxiliare consumate, aferente sistemului de distribuție.

Descriere termen calculat	Simbol	Unitate de măsură	Valoare obținută în urma calculului	Formula utilizată din SR EN 15316-3	Formula	Note suplimentare
Diferența de presiune aferentă unei zone din sistemul de distribuție	$\Delta p_{X,des}$	kPa	10,46	Formula (20)	$\Delta p_{X,des} = (1 + f_{comp}) \cdot R_{X,max} \cdot L_{max} + \Delta p_{X,add}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apă caldă de consum W
Debit volumic utilizat în proiectarea sistemelor de încălzire și răcire	$\dot{V}_{X,des}$	m³/h	7,25	Formula (21)	$\dot{V}_{X,des} = \frac{\Phi_{X,em,out}}{c_W \cdot \rho_W \cdot \Delta \theta_{X,dis,des}}$	Indice X: încălzire H, răcire C
Debit volumic utilizat în proiectarea sistemelor de distribuție apă caldă de consum	$\dot{V}_{W,des}$	m³/h	0,04	Formula (22)	$\dot{V}_{W,des} = \frac{Q_{W,dis,ls}}{c_W \cdot \rho_W \cdot \Delta \theta_{circ}}$	
Puterea proiectată a pompelor de recirculare a apei calde de consum	$P_{X,hydr,des}$	kW	0,021	Formula (19)	$P_{X,hydr,des} = \frac{\Delta p_{X,des} \cdot \dot{V}_{X,des}}{3600}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apă caldă de consum W
Energie auxiliară necesară pentru cabluri electrice încălzitoare	$W_{W,dis,aux,rib}$	kWh	0,225	Formula (19)	$W_{W,dis,aux,rib} = Q_{W,dis,ls}$	Se calculează cu lungimea conductelor de apă caldă și pe durata unui an

Descriere termen calculat	Simbol	Unitate de măsură	Valoare obținută în urma calculului	Formula utilizată din SR EN 15316-3	Formula	Note suplimentare
Factor de încărcare la sarcină parțială a sistemului de distribuție	$\beta_{X,dis}$		0,483	Formula (25)	$\beta_{X,dis} = \frac{\dot{V}_{X,dis}}{\dot{V}_{X,des}}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apă caldă de consum W
Necesar de energie al pompei din rețeaua de distribuție	$W_{X,dis,hydr}$	kWh	0,01	Formula (24)	$W_{X,dis,hydr,an} = P_{X,hydr,des} \cdot \beta_{X,dis} \cdot t_{X,op,an} \cdot f_{X,corr}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apă caldă de consum W
Necesarul de energie auxiliară	$W_{X,dis,aux}$	kWh	0,049	Formula (26)	$W_{X,dis,aux,an} = W_{X,dis,hydr,an} \cdot \varepsilon_{X,dis}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apa caldă de consum W
Energia auxiliară recuperabilă aferentă distribuției, utilizată pentru încălzirea zonei considerate	$Q_{X,dis,aux,rbl}$	kWh	0,012	Formula (34)	$Q_{X,dis,aux,rbl} = 0,25 \cdot W_{X,dis,aux}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apa caldă de consum W
Energia auxiliară recuperată aferentă distribuției, utilizată pentru încălzirea zonei considerate	$Q_{X,dis,aux,rvd}$	kWh	0,037	Formula (35)	$Q_{X,dis,aux,rvd} = 0,75 \cdot W_{X,dis,aux}$	Indice X: încălzire H, răcire C, apa caldă de consum W
Energie auxiliară, consumată pe durata de funcționare în mod redus (setback operation)	$W_{X,dis,aux,setb}$	kWh	0,021	Formula(30)	$W_{X,dis,aux,setb} = P_{X,hydr,des} \cdot t_{ci}$	HEAT_DISTR_CTRL = 2

Descriere termen calculat	Simbol	Unitate de măsură	Valoare obținută în urma calculului	Formula utilizată din SR EN 15316-3	Formula	Note suplimentare
Energie auxiliară, consumată pe durata de funcționare în mod impuls (boost mode operation)	$W_{X,dis,aux,setb}$	kWh	0,069	Formula(31)	$W_{X,dis,aux,boost} = 3,3 \cdot P_{X,hydr,des} \cdot t_{ct}$	HEAT_DISTR_CTRL = 3

3.4. Instalații pentru iluminat; cuplarea cu lumina naturală

3.4.1. Informații generale; alte referințe tehnice aplicabile

Metoda de calcul prezentată în acest capitol și care are ca obiectiv determinarea consumului global sau specific de energie pentru iluminarea unei clădiri/zone de clădire rezidențială sau nerezidențială urmează procedurile prezentate în standardul SR EN 15193-1 Performanța energetică a clădirilor. Cerințe energetice pentru iluminat. Partea 1: Specificații, Modul M9.

Se presupune că atât clădirile existente cât și cele noi sau renovate sunt echipate cu sisteme de iluminat care respectă bunele practici și cerințele de proiectare prezentate în:

- SR EN 12464-1 pentru spațiile din clădirile nerezidențiale noi sau renovate destinate activităților lucrative
- SR EN 12193 pentru clădirile nerezidențiale noi sau renovate, destinate activităților sportive
- SR EN 1838 pentru iluminatul de siguranță din clădirile nerezidențiale noi sau renovate
- SR EN 15193-1 pentru sistemul de iluminat din clădirile rezidențiale.

Pentru înțelegerea completă și aplicarea corectă a procedurilor prezentate în acest capitol sunt utile și următoarele documente tehnice aplicabile domeniului "iluminat":

- SR EN 12665 Lumină și iluminat. Termeni de bază și criterii pentru specificarea cerințelor de iluminat
- SR EN 60598 (toate părțile) – Corpuri de iluminat
- SR EN 62722-1 Performanța corpurilor de iluminat. Partea 1: Cerințe generale
- SR EN 50470 (toate părțile) Echipamente de măsurare a energiei electrice (c.a.)
- ISO 10916. Calcularea impactului utilizării luminii naturale asupra rețelei electrice și necesarul final de energie pentru iluminat.

Metoda de calcul ia în considerare cuplarea în orice proporție a luminii provenite de la sistemul de iluminat cu cea naturală.

3.4.2. Metode de calcul al indicatorului LENI (Lighting Energy Numeric Indicator)

Se vor prezenta în continuare metoda complexă și respectiv cea simplificată de calcul pentru determinarea performanței energetice a sistemelor de iluminat în diverse situații. Ambele metode țin cont de puterea electrică instalată pentru iluminat, nivelul de ocupare și nivelul iluminatului natural.

Notă: cu ajutorul procedurilor de estimare prin calcul al consumului de energie pentru iluminat se pot determina suplimentar valorile cu care sistemul de iluminat contribuie la necesarul de energie pentru încălzire și respectiv răcire (WL din anexa P obținut cu formula P.4 din SR EN 15193-1

care semnifică $q_{int,L}$ din modulele M1-9, M2-7 și M4-3 din setul de standarde EPB) în vederea stabilirii performanței energetice totale a unei clădiri/zone dintr-o clădire.

3.4.2.1. Metoda complexă de calcul

Această metodă se aplică pentru determinarea consumului de energie al sistemelor de iluminat din clădirile/zone din clădirile rezidențiale și nerezidențiale, existente, noi sau renovabile, în cazul în care există informații detaliate despre aceste sisteme de iluminat.

Calculul se poate realiza anual, lunar sau orar în funcție de pasul de timp al setului de date necesare utilizate ca intrări în formulele de calcul. Rezultatul final al calculului este consumul de energie pentru pasul de timp ales, exprimat în kWh/an, pas de timp, respectiv coeficientul de performanță al sistemului de iluminat, coeficientul $LENI_{sub}$ ($LENI$ pentru o zonă și/sau un pas de timp subanual) sau $LENI$, exprimat în kWh/an, m² (consumul total normalizat la suprafața unitară utilă a clădirii).

Datele de intrare necesare calculului atât pentru clădirile noi sau renovate cât și pentru clădirile existente, sunt:

- tipul de corpuri de iluminat, identificate fiecare cu un cod unic și respectiv caracterizate de date tehnice
- numărul din fiecare tip de corp de iluminat
- tipul de dispozitive de reglare a nivelului de iluminat
- factorul de mentenanță MF utilizat în procesul de proiectare sau în planul de întreținere

Pentru fiecare tip de corp de iluminat sunt necesare următoarele valori declarate de producător în baza standardelor aplicabile și ajustate ulterior în funcție de regimul de operare al sistemului de iluminat:

- puterea electrică P_i (W) – valoare conform documentației tehnice a corpurilor de iluminat utilizate sau anexa B, tabelul B.10 din SR EN 15193-1 pentru cazul clădirilor rezidențiale
- puterea electrică P_{ci} (W) absorbită în mod standby de către dispozitivele de reglare
- puterea electrică P_{ei} (W) necesară încărcării bateriilor pentru iluminatul de siguranță.

În cazul corpurilor de iluminat din clădirile existente pentru care nu sunt disponibile datele tehnice de mai sus, se va folosi metoda de testare în situ descrisă în anexa D a SR EN 15193-1.

Determinarea consumului total anual de energie al unui sistem de iluminat (pentru o zonă de clădire sau întreaga clădire) se face utilizând ecuațiile 1...13 din SR EN 15193-1 prin care se determină, în ordinea indicată mai jos:

1. timpul t_D în care se asigură iluminatul clădirii/zonei de clădiri utilizând și lumină naturală, conform anexei B, tabel B.2 din SR EN 15193-1
2. timpul t_N în care se asigură iluminatul clădirii/zonei de clădiri utilizând doar lumină artificială, conform anexei B, tabel B.2 din SR EN 15193-1

3. puterea electrică instalată totală a corpurilor de iluminat (include puterea lămpilor, a balastului și altor componente când funcționează la putere maximă), P_n conform ecuației (1)

$$P_n = \sum_{i=1}^{i=n} P_i [W] \quad (1)$$

4. puterea electrică totală instalată pentru încărcarea bateriilor din corpurile de iluminat de siguranță, P_{em} conform ecuației (2) și anexa eventual H din SR EN 15193-1

$$P_{em} = \sum_{i=1}^{i=n} P_{ei} [W] \quad (2)$$

5. puterea electrică totală a dispozitivelor de automatizare a funcționării corpurilor de iluminat, P_{pc} conform ecuației (3) și eventual anexa H din SR EN 15193-1

$$P_{pc} = \sum_{i=1}^{i=n} P_{ci} [W] \quad (3)$$

6. factorul de ocupare a spațiilor F_o , conform ecuațiilor 4-6 și anexei E din SR EN 15193-1

7. factorul de utilizare al luminii naturale F_D , conform ecuației 7 și anexei F din SR EN 15193-1

$$F_D = 1 - (F_{D,S} \times F_{D,C}) \quad (7)$$

8. factorul de dependență de nivelul constant de iluminare F_C , conform ecuației (8) și anexei G din SR EN 15193-1

$$F_C = 1 - \frac{1}{2} F_{CC} (1 - MF) \quad (8)$$

9. consumul de energie electrică necesară pentru îndeplinirea funcției de iluminare într-o zonă a clădirii, pentru pasul de timp utilizat t_s , $W_{L,t}$ (kWh/ts), conform ecuației (10) din SR EN 15193-1

$$W_{L,t} = \sum \{ (P_n \times F_o) \times F_D [(t_D \times F_D) + t_W] \} / 1\,000 \text{ [kWh / } t_s] \quad (10)$$

10. consumul de energie electrică necesară în perioadele în care nu este necesar iluminatul pentru bateriile corpurilor de iluminat de siguranță și pentru menținerea activă a dispozitivelor de reglare într-o zonă a clădirii, pentru pasul de timp utilizat t_s , $W_{P,t}$ (kWh/ts), conform ecuației (11) din SR EN 15193-1

$$W_{P,t} = \sum \{ (P_{pc} \times t_s) + (P_{em} \times t_e) \} / 1\,000 \text{ [kWh / } t_s] \quad (11)$$

11. consumul total de energie pe intervalul de timp t_s pentru corpurile de iluminat, bateriile corpurilor de iluminat de siguranță și dispozitivelor de reglare dintr-o clădire/zonă a clădirii, conform ecuației (9) din SR EN 15193-1

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} \text{ [kWh / } t_s] \quad (9)$$

12. consumul anual total de energie electrică W (kWh/an) pentru iluminatul unei clădiri, conform ecuației (12) din SR EN 15193-1

$$W = \sum (8\,760 / t_s \times W_t) \text{ [kWh / an]} \quad (12)$$

13. LENI (kWh/m²×an), conform ecuației (13) din SR EN 15193-1.

$$LENI = W/A \text{ [kWh/(m}^2 \times \text{an)]} \quad (13)$$

Notațiile utilizate în formule, în afara celor menționate sunt:

- F_c Factor de iluminare constantă
- F_{cc} Factor pentru eficiența sistemului de reglare a iluminării constante
- F_D Factor de dependență de iluminat natural
- $F_{D,C}$ Factor al sistemului de reglare a iluminatului
- $F_{D,S}$ Factor de acces la iluminat natural
- F_o Factor de dependență de ocupare
- P_{ci} Putere în așteptare a sistemului de reglare a aparatului de iluminat, W
- P_{ei} Putere în așteptare a sistemului de iluminat de urgență al aparatului de iluminat, W
- P_i Putere a aparatului de iluminat pentru iluminare, W
- P_j Densitate de putere a zonei, W/m^3
- t_N Timp de utilizare în absența iluminatului natural, h
- t_s Perioada de timp, oră / lună / an
- W Energie auxiliară (electrică), kWh
- $W_{L,t}$ Energie totală pentru iluminat, kWh
- $W_{P,t}$ Energie totală pentru așteptare, kWh

3.4.2.2. Metoda simplificată de calcul

Această metodă se aplică doar în faza conceptuală a clădirilor rezidențiale și nerezidențiale, noi sau renovate, pentru determinarea consumului de energie al sistemelor de iluminat, în cazul în care există doar informații sumare despre aceste sisteme de iluminat.

Calculul se realizează doar pentru pas de timp anual, utilizează valori prestabilite, rezultatul final fiind consumul acoperitor anual de energie exprimat în kWh/an, respectiv coeficientul de performanță al sistemului de iluminat, coeficientul LENI, exprimat în kWh/an, m² (consumul total normalizat la suprafața unitară utilă a clădirii).

Metoda simplificată folosește valori predefinite fie la nivel național (anexa normativă A), fie conform propunerilor din anexa B a standardului SR EN 15193-1 și urmărește etapele de mai jos:

1. se estimează puterea instalată totală a corpurilor de iluminat, P_n , pentru o clădire/zonă de clădire; se poate folosi procedura din anexa C a standardului SR EN 15193-1 pentru clădirile nerezidențiale, iar pentru clădirile rezidențiale valorile din tabelul B.10, anexa B a standardului SR EN 15193-1

2. se utilizează valori predefinite pentru W_{pe} (energia consumată de corpurile de iluminat de siguranță) și W_{pc} (energia consumată de dispozitivele de reglare) conform anexei B, tabelul B.1 din standardul SR EN 15193-1
3. se determină factorul de ocupare F_o conform anexei B, tabel B.7 din standardul SR EN 15193-1
4. se calculează factorul de utilizare a luminii naturale F_D conform formulelor 25...31 din standardul SR EN 15193-1 și anexelor F și B (F.2, F.3.1, tabele B.3, B.4 și B.5) din standardul SR EN 15193-1
5. se alege factorul de dependență de nivelul constant de iluminare F_C din anexa B, tabelul B.8 din standardul SR EN 15193-1
6. se calculează factorul LENI pentru clădire/zona de clădire conform ecuațiilor (32) și (34) din SR EN 15193-1.

$$LENI_{sub} = \{F_C \times (P_i / 1\,000) \times F_o [(t_D \times F_D) + t_N]\} + 1,0 + 1,5 \text{ [kWh/(m}^2 \text{ an)]} \quad (32)$$

$$LENI = \frac{\sum_{i=1}^n (LENI_{sub,i} \times A_i)}{A} \quad (34)$$