

1.2. ENERGIILE REGENERABILE ȘI ÎNCĂLZIREA CLĂDIRILOR

Câteva dintre cele mai importante particularități ale sistemelor tehnice de producere a energiei termice cu ajutorul surselor regenerabile de energie, sunt:

Necesitatea utilizării unor soluții specifice de izolare termică;
Regimurile termice sunt caracterizate prin diferențe reduse de temperatură;
Necesitatea acumulării energiei termice.

Toate aceste particularități, sunt impuse de condiții tehnico-economice particulare, care trebuie avute în vedere la proiectarea sistemelor de producere a energiei termice cu ajutorul energiilor regenerabile, condiții care vor fi prezentate detaliat în continuare.

1.2.1. Noțiuni de eficiență termică a clădirilor

În proiectarea sistemelor clasice de încălzire, se cunoaște că *utilizarea izolațiilor termice are ca efect reducerea consumurilor specifice de combustibili*. Experiența ultimilor ani, arată că în condițiile economice actuale, *costurile inițiale ale investiției în izolația termică, sunt amortizate în cca. 2...4 ani*, prin reducerea corespunzătoare a cheltuielilor cu combustibilii.

La proiectarea sistemelor de încălzire și producere a apei calde cu ajutorul energiilor regenerabile, necesitatea utilizării izolațiilor termice este și mai acută. Este evident că izolarea reduce pierderile de căldură, și prin urmare scade consumul de energie, dar ***în cazul utilizării energiilor regenerabile, scopul izolării este de a reduce cât mai mult posibil, necesarul de energie*** care trebuie asigurat. Acest obiectiv este extrem de important, deoarece tehnologiile de conversie în energie termică a surselor regenerabile de energie, sunt mult mai scumpe decât soluțiile clasice.

Structura cheltuielilor inițiale ale investiției, va avea două componente importante:
O izolație cu mult mai performantă decât în cazul sistemelor clasice;
Echipamentele de conversie a energiilor regenerabile, în energie termică.

Pentru a fi posibilă reducerea costurilor echipamentelor, este obligatoriu să se reducă la minim, valorile sarcinilor termice care vor fi asigurate de aceste echipamente. Acest obiectiv este posibil numai printr-o izolare termică extrem de performantă. Astfel, costurile cu izolația se vor amortiza rapid, iar costurile echipamentelor având sarcini termice reduse, se vor amortiza în cca. 10...15 ani, ceea ce reprezintă un termen absolut rezonabil. În condițiile în care se estimează o creștere constantă a prețurilor combustibililor clasici se poate estima și că în viitorul apropiat, perioada de amortizare a costurilor echipamentelor de conversie a energiilor regenerabile în energie termică, se va reduce corespunzător.

În țările dezvoltate există reglementări precise în ceea ce privește consumurile de energie termică în care trebuie să se încadreze locuințele și există proceduri precise de evaluare energetică a clădirilor și locuințelor. Astfel de reglementări au fost introduse de exemplu, în Germania (1984), în Suedia (1990) și din nou în Germania (1995). Tot în Germania, țara europeană cu cele mai avansate preocupări în domeniul energiilor regenerabile și al reducerii consumurilor energetice în clădiri și locuințe, au fost definite și două tipuri de locuințe, ale căror consumuri de energie termică sunt și mai reduse decât cele prevăzute în reglementările obligatorii în vigoare. Denumirile acestor tipuri de locuințe sunt case cu consum energetic redus (low energy houses), respectiv case pasive energetice (passive houses).

Câteva caracteristici ale unor tipuri de locuințe menționate, sunt prezentate în tabelul alăturat.

Caracteristici	Tip locuință		
	G95 ¹	CER ²	CPE ³
Necesar anual de căldură pt. încălzire [kWh/m ² /an]	50	35	15
Necesar anual de căldură pt. ventilare [kWh/m ² /an]	40 ⁴	35	15
Necesar căldură pt preparare a.c.m. [kWh/m ² /an]	15	15	15
Necesar anual total de căldură [kWh/m ² /an]	105	85	45
Sarcina termică specifică [W/m ²]	50	40	20
Coeficienți globali de transfer termic [W/m ² K]			
- pereți	0,5	0,2	0,1
- podea	0,6	0,2	0,1
- tavan	0,3	0,2	0,1
- ferestre	1,4	1,3	0,8

Consumurile anuale de energie termică ale locuințelor vechi din Germania, respectiv a celor construite în urma introducerii unor reglementări precise, în Suedia, sau Germania, sunt prezentate în figura 1.10.

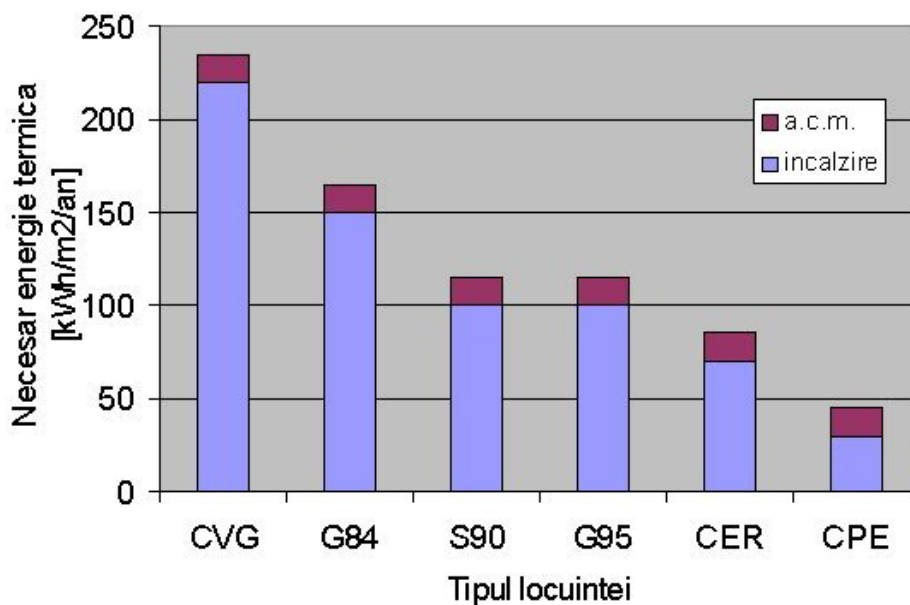


Fig. 1.10. Evoluția consumurilor energetice anuale în locuințe
 CVG – case vechi Germania; G84 – reglementări Germania 1984;
 S90 – reglementări Suedia 1990; G95 – reglementări Germania 1995;
 CER – case cu consum energetic redus; CPE – case pasive energetic

Pentru casele de tipul S90/G95, respectiv CER și CPE, se poate analiza în mod defalcăt, consumul anual de energie termică, având cele trei componente principale:

- Pentru compensarea pierderilor de căldură perimetrale;
- Pentru ventilare / aerisire;
- Pentru prepararea apei calde menajere.

¹ G95 – casă cu izolație normală (Germania 1995, Suedia 1990)

² CER – casă cu consum energetic redus

³ CPE – casă pasivă energetic

⁴ Aerisire (nu se prevede necesitatea ventilării mecanice)

În figura 1.11, este reprezentată grafic structura consumului anual de energie termică pentru tipurile de case menționate.

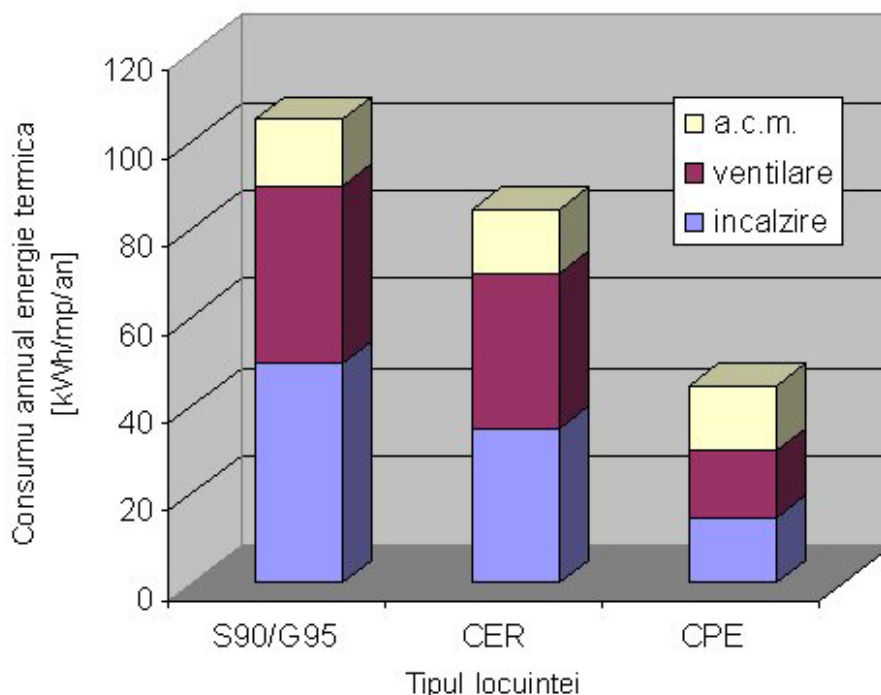


Fig. 1.11. Structura consumului anual de energie termică

Analizând figurile 1.10 și 1.11, se observă că odată cu îmbunătățirea performanțelor termice ale locuințelor se reduce și consumul de energie termică pe care trebuie să îl asigure echipamentele de încălzire. Este evident că energiile regenerabile vor fi utilizate cel mai eficient în casele cu consum energetic redus, respectiv în casele pasive energetice, deoarece aceste categorii de clădiri, au cele mai mici consumuri energetice și deci cheltuielile pentru echipamentele de conversie a energiilor regenerabile în căldură, vor fi cele mai reduse. Acest aspect este fundamental, deoarece s-a arătat deja că prețurile acestor echipamente sunt ridicate. Pe lângă costurile cele mai reduse posibile, ale investiției în echipamente, casele cu consum energetic redus și cele pasive sunt caracterizate și prin cele mai reduse cheltuieli propriu-zise de exploatare, facturile de energie termică fiind cele mai reduse, iar în aceste condiții, este posibilă amortizarea relativ rapidă a investițiilor.

1.2.2. Case pasive energetice

În continuare sunt prezentate câteva elemente caracteristice ale caselor pasive energetice.

- Orientarea fațadei spre sud și evitarea zonelor umbrite;
- Formă compactă și izolație termică performantă;
- Ferestre eficiente din punct de vedere energetic;
- Prezența unui sistem pentru evitarea infiltrării aerului;
- Evitarea punților termice;
- Împrospătarea aerului prin ventilație și un sistem eficient de recuperare a căldurii;
- Utilizarea unor surse regenerabile de energie pentru prepararea apei calde;
- Utilizarea de aparate electrocasnice cu consum energetic redus;
- Utilizarea facultativă a încălzirii sau răcirii pasive a aerului proaspăt.

Noțiunea de casă pasivă energetică, reprezintă un concept care permite asigurarea unui confort termic ridicat, cu costuri reduse. Acest concept nu trebuie confundat cu un standard de performanță energetică ridicată. Casele pasive energetice au fost definite ca și clădiri în care condițiile de confort termic ridicat pot fi atinse prin simpla post-încălzire sau post-răcire a aerului proaspăt introdus în aceste clădiri. În aceste case, aerul nu este recirculat.

Izolația termică a caselor pasive energetice

În figura 1.12, este prezentat un detaliu de izolație termică utilizată la o casă pasivă energetică. Se observă că izolația este amplasată pe tot perimetrul exterior al clădirii, inclusiv pe acoperiș. De asemenea, trebuie remarcat că izolația se amplasează pe fața exterioară a peretelui de rezistență, la exteriorul clădirii. Dacă s-ar aplica izolația la interior (greșeală gravă care se produce frecvent la izolarea apartamentelor de bloc, în România), ar apărea pericolul condensării umidității din aer, în stratul de izolație.

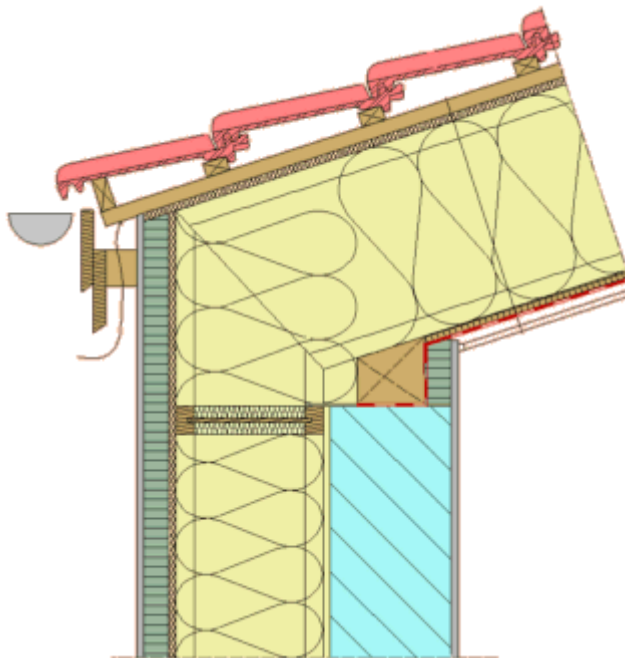


Fig. 1.12. Detaliu de izolație termică a unei case pasive energetice.

www.passivhaustagung.de

Izolația caselor pasive energetic, trebuie să asigure un coeficient global de transfer termic, mai mic decât $0,1\text{W/m}^2\text{K}$. Coeficientul global de transfer termic k , reprezintă inversul rezistenței la transferul termic R_t . Astfel, valorii reduse a coeficientului global de transfer termic, îi corespunde o valoare ridicată a rezistenței termice:

$$R_t = \frac{1}{k} = \frac{1}{0,1} = 10 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Deoarece între interiorul și exteriorul clădirii, căldura se transmite prin convecție de la interior la pereți, prin conducție, în interiorul pereților și prin convecție, de la perete la exterior, rezistența termică se poate calcula ca și sumă a rezistențelor parțiale la transferul termic:

$$R_t = \frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}$$

unde:

- α_i este coeficientul de convecție la interior, care depinde de viteza de circulație a aerului și de temperatura acestuia, având valoarea maximă de cca. $\alpha_i=10\text{W/m}^2\text{K}$;
- α_e este coeficientul de convecție la exterior, care depinde de viteza vântului și de temperatura aerului exterior, având valoarea maximă de cca. $\alpha_e=25\text{W/m}^2\text{K}$;
- δ_i este grosimea fiecărui strat din care este realizat peretele;
- λ_i este conductibilitatea termică a materialului din care este realizat fiecare strat al peretelui.

Valorile medii ale conductibilității termice pentru câteva materiale din care sunt realizați uzual pereții de rezistență ai clădirilor, respectiv straturile izolatoare, sunt indicate în tabelul alăturat:

Material	Conductibilitatea termică λ [W/mK]
Beton	1,45
Căramidă	0,9
BCA	0,4
Lemn placat	0,13
Lemn de fag / stejar	0,25
Lemn de brad / pin	0,2
Polistiren expandat	0,04
Polistiren extrudat	0,035
Vată minerală	0,041
Poliuretan	0,018
Plută	0,06

Pentru a înțelege mai bine semnificația valorii coeficientului global de transfer termic de $0,1\text{W/m}^2\text{K}$, respectiv a rezistenței termice de $10\text{m}^2\text{K/W}$, se va considera cazul unui perete construit din cărămidă cu grosimea de 20cm (o cărămidă și jumătate), placat cu polistiren expandat și se va calcula grosimea necesară a stratului de polistiren, pentru a se asigura rezistența termică a unei case pasive energetic.

Din relația anterioară se poate obține grosimea necesară a stratului de izolație:

$$\delta_{iz} = \lambda_{iz} \cdot \left[\frac{1}{k} - \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta_p}{\lambda_p} + \frac{1}{\alpha_e} \right) \right] \quad [\text{m}]$$

unde s-a considerat că peretele este alcătuit din două straturi, structura de rezistență notată cu indicele p și izolația notată cu indicele iz .

Înlocuind valorile numerice ale tuturor mărimilor care intervin, se obține:

$$\delta_{iz} = 0,04 \cdot \left[\frac{1}{0,1} - \left(\frac{1}{10} + \frac{0,2}{0,9} + \frac{1}{25} \right) \right] = 0,385 \text{ m} \approx 0,4 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

În concluzie, pentru ca o casă având peretele din cărămidă de 20 cm grosime, să devină casă pasivă energetic, este nevoie de un strat izolator din polistiren, cu grosimea de 40cm.

Dacă se calculează valoarea rezistenței termice R'_t a aceluiași perete din cărămidă, fără stratul de izolație, se obține:

$$R'_t = \frac{1}{k'} = \frac{1}{10} + \frac{0,2}{0,9} + \frac{1}{25} = 0,362 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

iar coeficientul global de transfer termic k' , este în acest caz:

$$k' = \frac{1}{R'_t} = \frac{1}{0,362} = 2,76 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Raportul dintre rezistențele termice, sau dintre coeficienții globali de transfer termic, în cele două cazuri, este: $\frac{R_t}{R'_t} = \frac{k'}{k} = \frac{10}{0,36} = 27,6$ deci *prin izolare până la atingerea standardului de casă*

pasivă energetic, pierderile de căldură prin pereți se reduc de aproape 30 de ori. În aceste condiții, având în vedere și că prețurile energiei termice au fost în continuă creștere în ultimii ani, tendință care se va menține și în perioada următoare, devine evident că amortizarea cheltuielilor cu izolația, va fi extrem de rapidă. Dacă izolarea clădirii se realizează cu un credit ipotecar, pe o perioadă lungă de timp, practic acest credit împreună cu dobânzile aferente, vor fi suportate din economiile substanțiale realizate prin reducerea drastică a costurilor de încălzire. În aceste condiții *izolarea se va realiza practic gratuit, odată cu îmbunătățirea considerabilă a confortului termic în clădire.* Asemenea concluzii justifică pe deplin afirmația conform căreia ***casele pasive energetic permit obținerea unui confort termic ridicat, cu costuri reduse.***

Ferestre eficiente din punct de vedere termic

Pentru construirea caselor pasive energetic, trebuie utilizate ferestrele cele mai eficiente din punct de vedere energetic. Tipul ferestrelor depinde de zona climatică în care este amplasată clădirea. În zona Europei Centrale și de Est, în zona Asiei, sau în zonele nordice, este obligatorie utilizarea ferestrelor caracterizate prin:

- trei geamuri cu două acoperiri “Low-E”;
- distanțiere “calde”, realizate din materiale izolatoare;
- spumă izolatoare de cea mai bună calitate.

Acese elemente constructive ale ferestrelor utilizate la casele pasive energetic, sunt prezentate în figura 1.13, iar în figura 1.14 este prezentată o fereastră de acest tip.

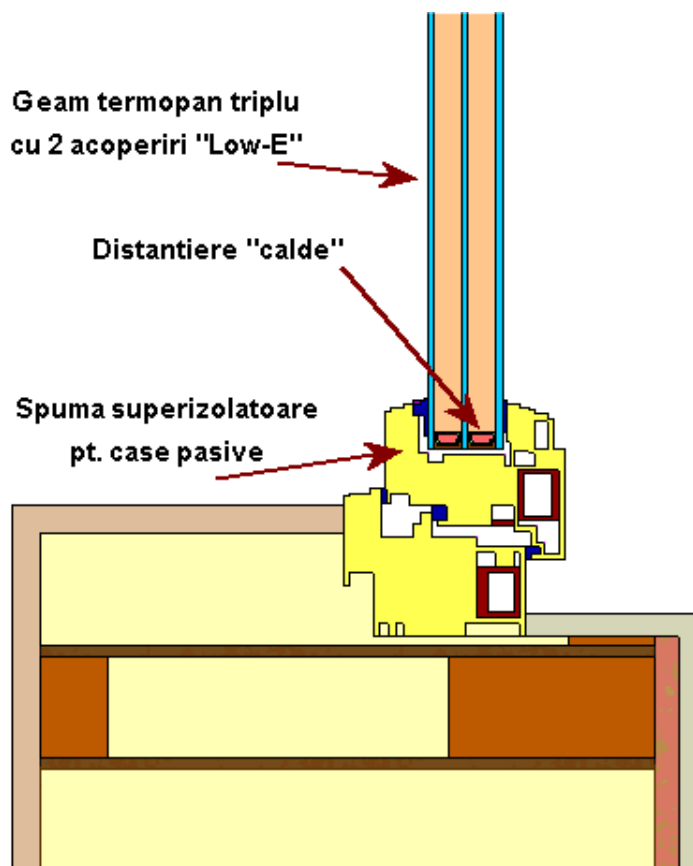


Fig. 1.13. Elementele constructive ale ferestrelor caselor pasive energetic. www.passivhaustagung.de

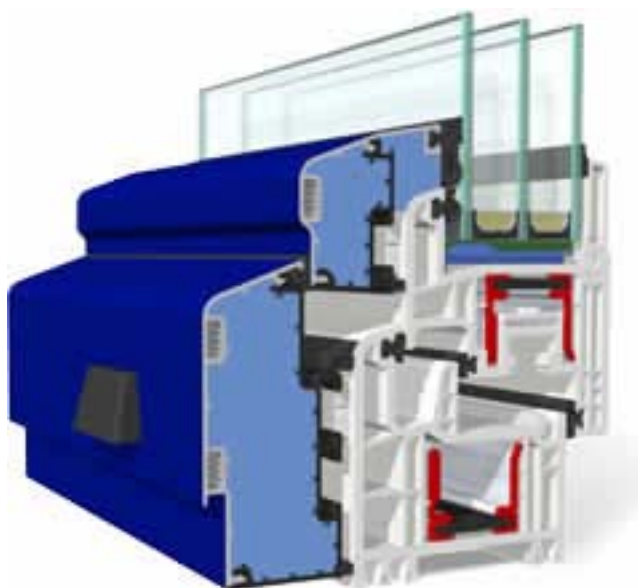


Fig. 1.14. Ferestreastră pentru casă pasivă energetic
www.passivhaustagung.de

Cu ajutorul acestor ferestre se pot atinge valori ale coeficientului global de transfer termic de $0,8\text{W/m}^2\text{K}$, impuse ferestrelor pentru casele pasive energetice prin standardul european EN 10077. Aceste geamuri, datorită pierderilor de căldură extrem de reduse, chiar și în cele mai reci zile de iarnă, vor avea temperatura interioară peste valoarea de 17°C , impusă caselor pasive energetice, indiferent de zona climatică în care este amplasată clădirea. În aceste condiții se îmbunătățește substanțial confortul termic prin eliminarea fenomenului de “radiație rece” a ferestrelor, fenomen întâlnit frecvent la ferestre cu performanțe termice reduse.

Evitarea infiltrării aerului

Fenomenul de infiltrare a aerului se produce, în lipsa unor măsuri speciale, prin fisurile și microfisurile existente în pereții și izolațiile clădirilor obișnuite. Acest fenomen este ilustrat în figura 1.15.

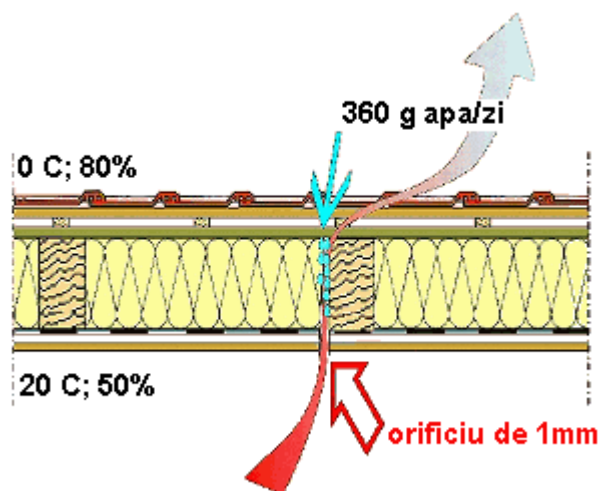


Fig. 1.15. Efectul infiltrării aerului prin fisurile din pereți și izolații
www.passivhaustagung.de

Aerul din interiorul clădirii se infiltrează chiar și prin fisurile sau porii de dimensiuni extrem de reduse din pereți. Deoarece în perete temperatura scade de la valoarea din interiorul clădirii, la valoarea din exteriorul acesteia, la un momentdat, undeva în perete, aerul va atinge temperatura punctului de rouă, ceea ce înseamnă că aerul devine saturat în umiditate, iar umiditatea în exces, din aer, va condensa. Așa cum se observă pe figura 1.15, cantitățile de apă care condensează în acest fel nu sunt deloc neglijabile și în timp vor duce întâi la deteriorarea izolației și apoi a structurii de rezistență a peretelui.

Pentru a se evita problemele datorate infiltrării aerului prin pereți, în Germania au fost adoptate reglementări specifice, în Standardul pentru economisirea energiei (Energy Saving Standard), care impune reducerea acestor infiltrații, la construcțiile realizate după anul 2000, așa cum se observă în figura 1.16.

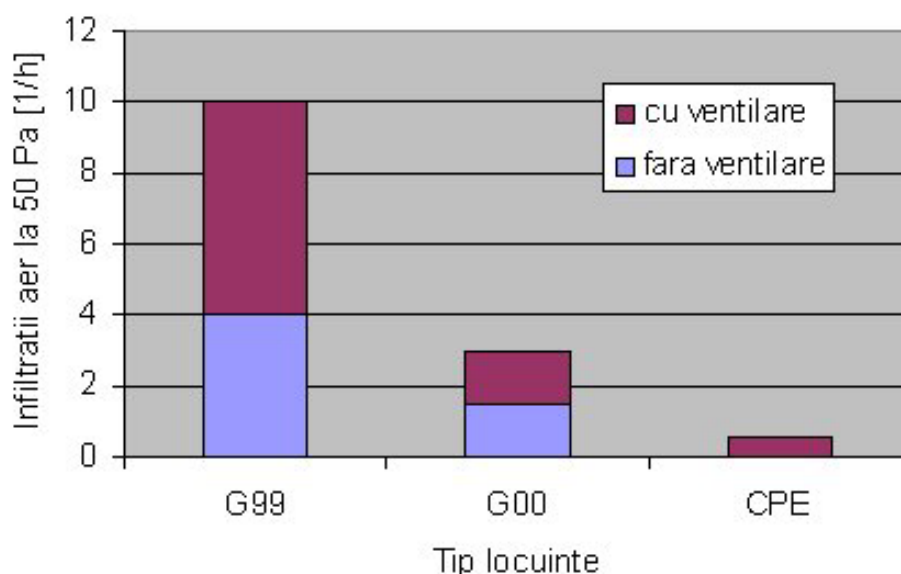


Fig. 1.16. Valori ale infiltrațiilor aerului în diverse tipuri de clădiri

G99 – clădiri din Germania construite până în anul 1999 inclusiv;

G00 – clădiri din Germania construite după anul 2000; CPE – case pasive energetic

Măsurarea “etanșeității” clădirii se realizează prin crearea unei depresiuni de 50Pa în clădire, și determinarea timpului până la pierderea depresiunii. Prin această metodă se poate determina valoarea infiltrațiilor prin neetanșeitățile pereților clădirii, iar această mărime este exprimată în volume de aer ale spațiului interior pătrunse în clădire din exterior într-o oră. Fiind vorba de un *număr* de volume de aer, și de o diferență de presiune de 50Pa, acest parametru este notat în literatura de specialitate cu n_{50} , fiind exprimat în $1/h$ sau h^{-1} .

Valorile măsurate prin această metodă la clădirile construite înainte de anul 2000, în Germania, sunt $n_{50}=4h^{-1}$, în lipsa unui sistem de ventilație, respectiv $n_{50}=10h^{-1}$, în clădirile prevăzute cu sistem de ventilație. Reglementările introduse în anul 2000, pentru toate clădirile noi din Germania, prevăd valori $n_{50}=1,5h^{-1}$ fără ventilație, respectiv $n_{50}=3h^{-1}$ cu ventilație. Măsurătorile efectuate în casele pasive energetic, construite în Germania, au arătat că aceste valori se situează mult sub limitele impuse, cu atât mai mult cu cât toate casele pasive energetic, sunt prevăzute cu sistem de ventilație și recuperarea căldurii. Astfel la casele pasive s-au măsurat valori $n_{50}=0,2 \dots 0,6h^{-1}$.

Din punct de vedere tehnologic, “etanșeitatea” construcțiilor se realizează prin aplicarea unor folii care să nu permită trecerea aerului, realizate uzual din aluminiu, PVC sau alte materiale. Aceste folii se aplică în mod continuu pe toată suprafața pereților, așa cum se observă în figurile 1.17 și 1.18.



Fig. 1.17. Folie pentru minimizarea infiltrațiilor aerului prin pereți
www.passivhaustagung.de



Fig. 1.18. Detaliu de montaj a foliei de “etanșare” în zona unei uși
www.passivhaustagung.de

Evitarea punților termice

Izolația caselor pasive energetic, trebuie realizată astfel încât pierderile de căldură datorate punților termice, să fie neglijabile. În figura 1.19, este prezentată o soluție de evitare a formării unei punți termice între un perete și podea, prin utilizarea la baza peretelui a unui strat din cărămizi poroase, bune izolatoare termice. Aceste cărămizi au conductivitatea termică $\lambda=0,14\text{W/m}^2\text{K}$, valoare comparabilă cu a lemnului placat, și mult mai redusă decât a BCA-ului pt. care $\lambda=0,4\text{W/m}^2\text{K}$.

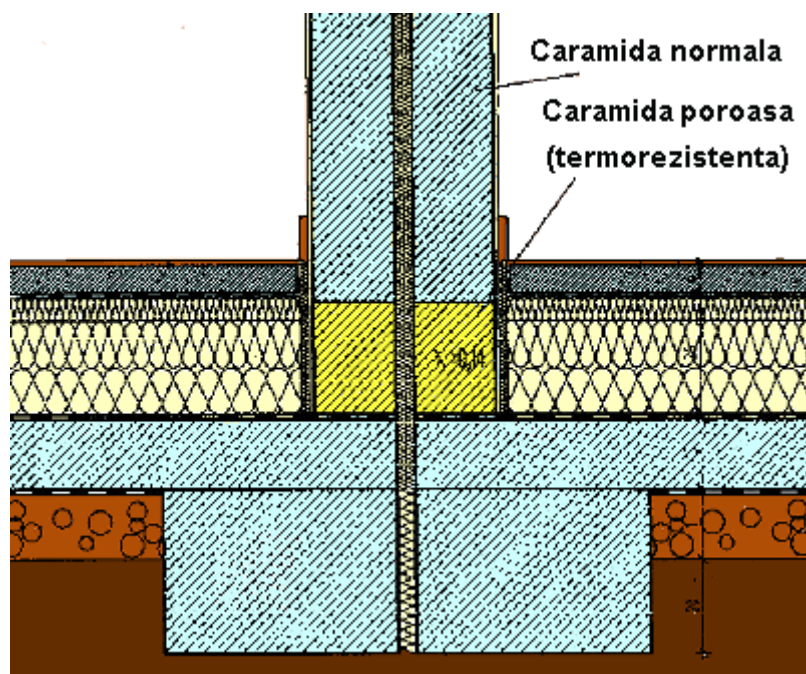


Fig. 1.19. Soluție tehnică pentru întreruperea punții termice între perete și podea
www.passivhaustagung.de

Această măsură specifică, a întreruperii punților termice, împreună cu celelalte măsuri prezentate anterior, permite realizarea unor anvelope ale clădirilor de acest tip, cu adevărat extrem de eficiente din punct de vedere termic, așa cum se observă în figura 1.20.

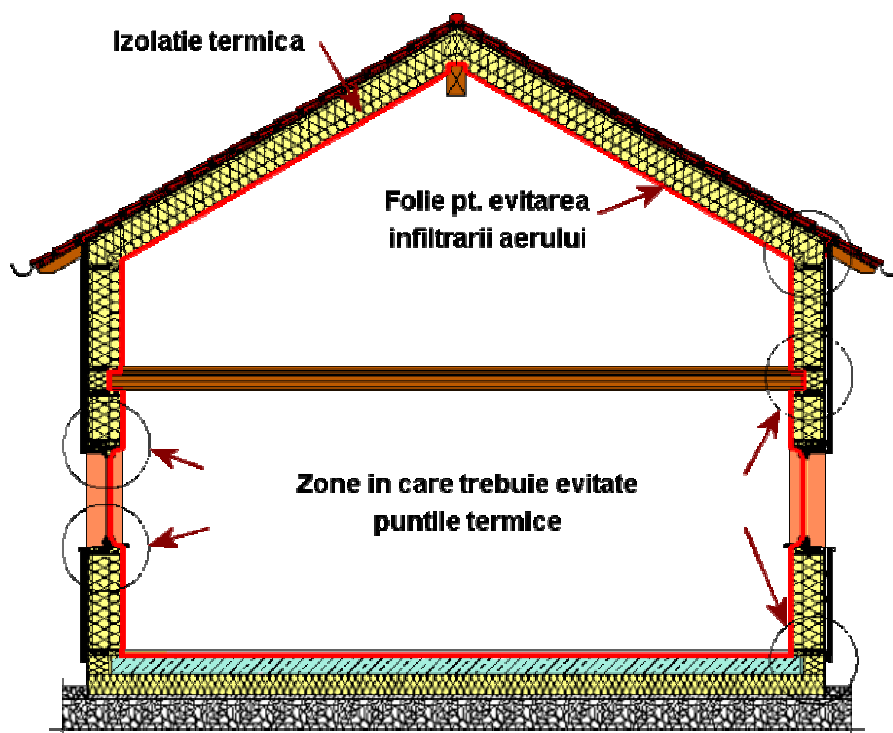


Fig. 1.20. Anvelopa unei construcții eficiente din punct de vedere termic
www.passivhaustagung.de

În figurile 1.21 și 1.22 sunt prezentate imagini în infraroșu ale unui perete fără punte termică față de podea și a unui perete care prezintă o zonă rece la îmbinarea cu podeaua, datorată unei punți termice care nu a fost corect întreruptă.

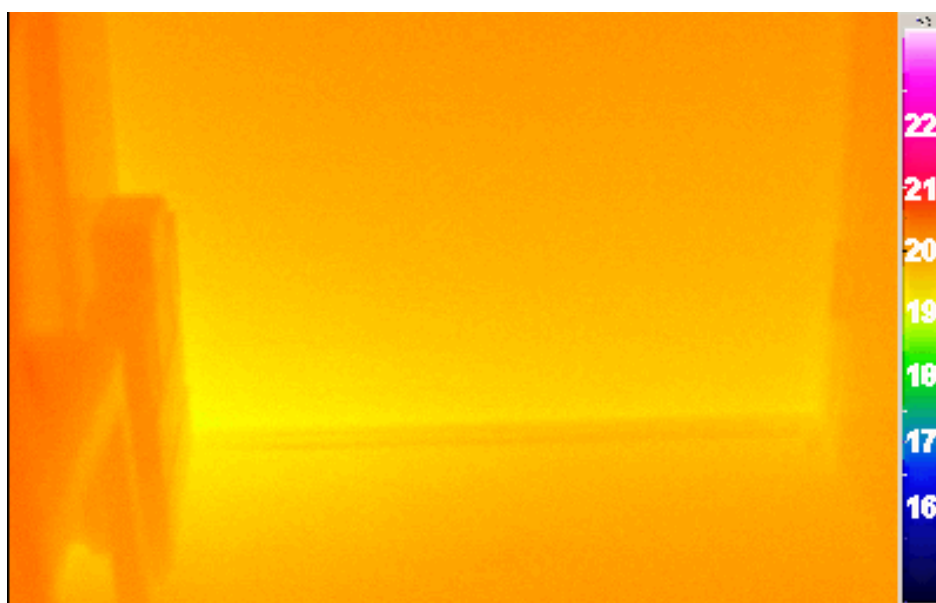


Fig 1.21. Îmbinare între perete și podea, fără punte termică.
www.passivhaustagung.de

Se observă că temperatura peretelui, a zonei de îmbinare și a podelei este relativ constantă, fiind situată în jurul valorii de 19-20°C.

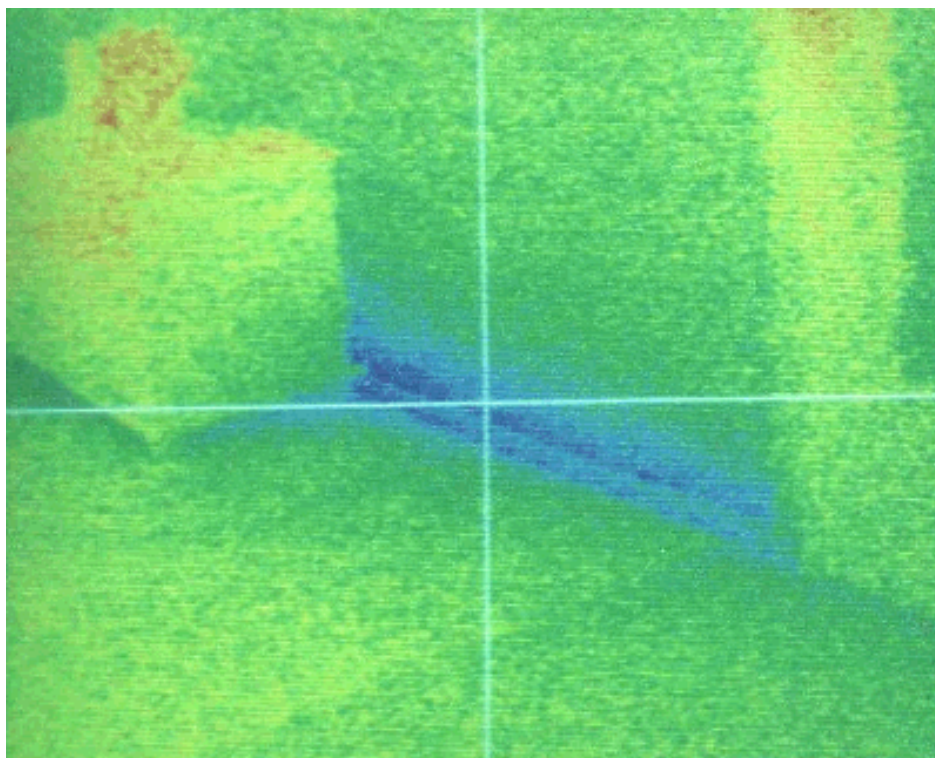


Fig. 1.22. Îmbinare între perete și podea, cu punte termică.
www.passivhaustagung.de

Se observă că în zona de îmbinare dintre perete și podea, există o zonă mai rece, datorată unei punți termice.

Calitatea excepțională a izolațiilor caselor pasive energetice, poate fi remarcată și prin analiza comparativă a imaginilor realizate în infraroșu, pentru fațadele a două clădiri diferite, prezentate în figurile 1.23 și 1.24. Figura 1.23 prezintă fațada unei case vechi, iar în figura 1.24 este prezentată fațada unei case pasive energetice. Pentru casa veche, pot fi observate ușor temperaturi ale pereților exteriori de 8...9°C, în timp ce zonele de închidere ale ferestrelor ajung la temperaturi de cca. 10°C. În cazul casei pasive energetice, se observă că temperatura întregii fațade este relativ constantă, în jurul valorii de 5...7°C. Există doar câteva zone punctuale, datorate probabil unor reglaje efectuate greșit ale sistemelor de închidere ale unor ferestre, în care temperatura se apropie de 8...9°C. Merită remarcat că temperatura suprafeței fațadei este egală sau mai scăzută decât temperatura frunzelor copacilor din fața clădirii, ceea ce înseamnă că pierderile de căldură prin pereți sunt aproape nule.

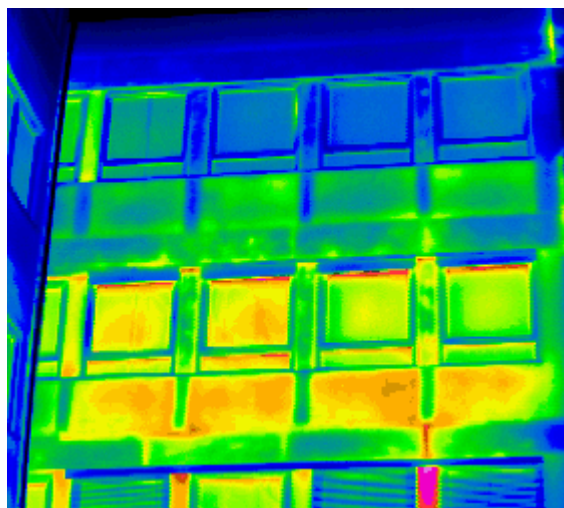


Fig. 1.23. Fațada unei clădiri vechi.
www.passivhaustagung.de

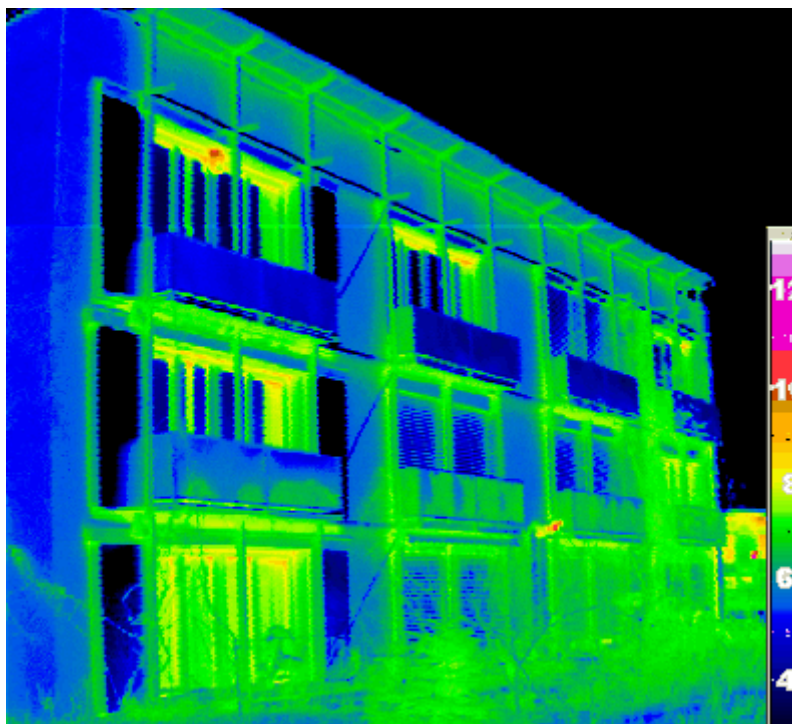


Fig. 1.24. Fațada unei case pasive energetice.
www.passivhaustagung.de

Ventilarea și recuperarea căldurii

Sistemul de ventilare din clădirile pasive energetice, are în primul rând rolul de a asigura aerul proaspăt necesar menținerii parametrilor de calitate a aerului interior. În clădirile pasive energetice, schimbarea aerului viciat, nu se realizează prin aerisire ci prin intermediul unui sistem eficient de ventilare. În figura 1.25 este prezentată o comparație energetică între cele două soluții de îmborspătare a aerului.

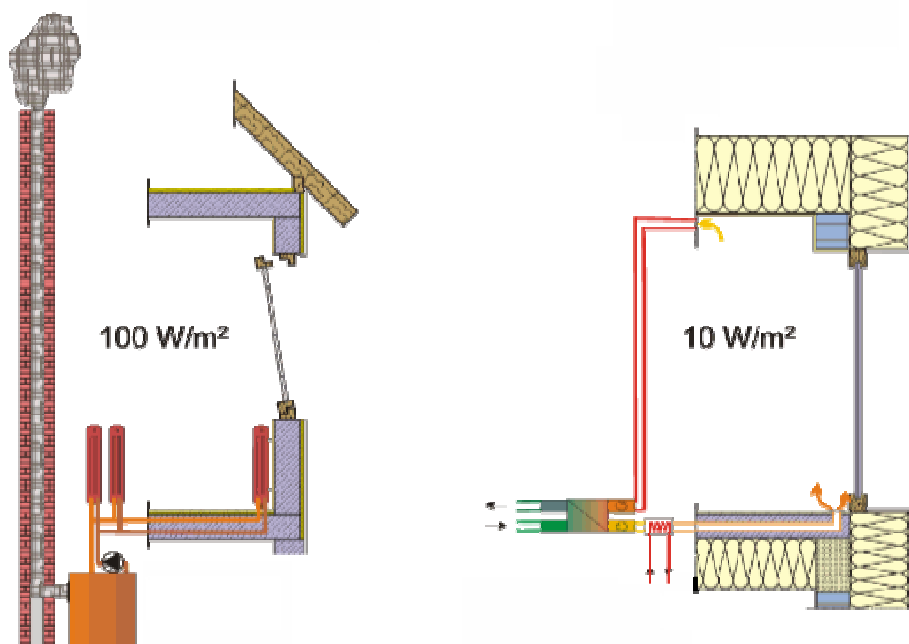


Fig. 1.25. Comparație energetică între îmborspătarea aerului prin aerisire și ventilare
www.passivhaustagung.de

În cazul aerisirii, sarcina termică specifică pentru compensarea căldurii pierdute prin deschiderea geamurilor este de cca. 100W/m^2 de suprafață utilă, în timp ce în cazul ventilării și recuperării căldurii, această valoare poate fi redusă până la cca. 10W/m^2 în zonele calde ale Europei (Roma), 15W/m^2 în zonele temperate (Paris) sau 20W/m^2 în zonele reci ale Europei (Stockholm). Pentru o comparație mai ușoară, se va lua în considerare valoarea de 10W/m^2 , care este de 10 ori mai mică decât valoarea densității de flux termic necesar în cazul caselor vechi, care au nevoie de aerisire pentru îmborspătarea aerului. În cazul considerat al unei case vechi, cu suprafața construită de 100m^2 , pentru compensarea pierderilor de căldură datorate aerisirii, va fi nevoie de o sarcină termică a sistemului de încălzire, de $10000\text{W}=10\text{kW}$, iar în cazul casei pasive energetice având aceeași suprafață, pentru compensarea pierderilor prin sistemul de ventilare, va fi nevoie de o sarcină termică de $1000\text{W}=1\text{kW}$. În primul caz este evident că sistemul de încălzire trebuie să fie unul clasic, bazat pe arderea unui combustibil fosil, în timp ce al doilea caz permite utilizarea unei surse regenerabile de energie, deoarece sarcina termică este extrem de redusă.

În vederea reducerii necesarului de căldură pentru acoperirea pierderilor prin ventilare, acest sistem trebuie să fie prevăzut cu un dispozitiv foarte eficient de recuperare a căldurii, de tipul celui prezentat în figura 1.26.

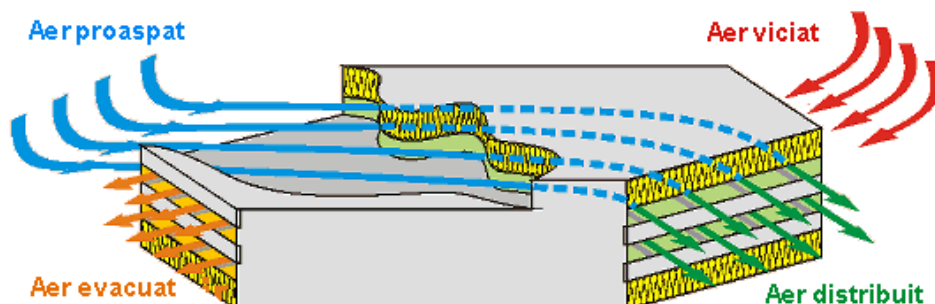


Fig. 1.26. Echipament de recuperare a căldurii în sistemul de ventilare
www.passivhaustagung.de

Echipamentele de acest tip, existente pe piață, permit recuperarea a minim 75% din căldura evacuată de sistemul de ventilare, dar există și construcții care pot recupera până la 98% din această căldură. Modul de amplasare a recuperatorului de căldură în sistemul de ventilare, este prezentat în figura 1.27.

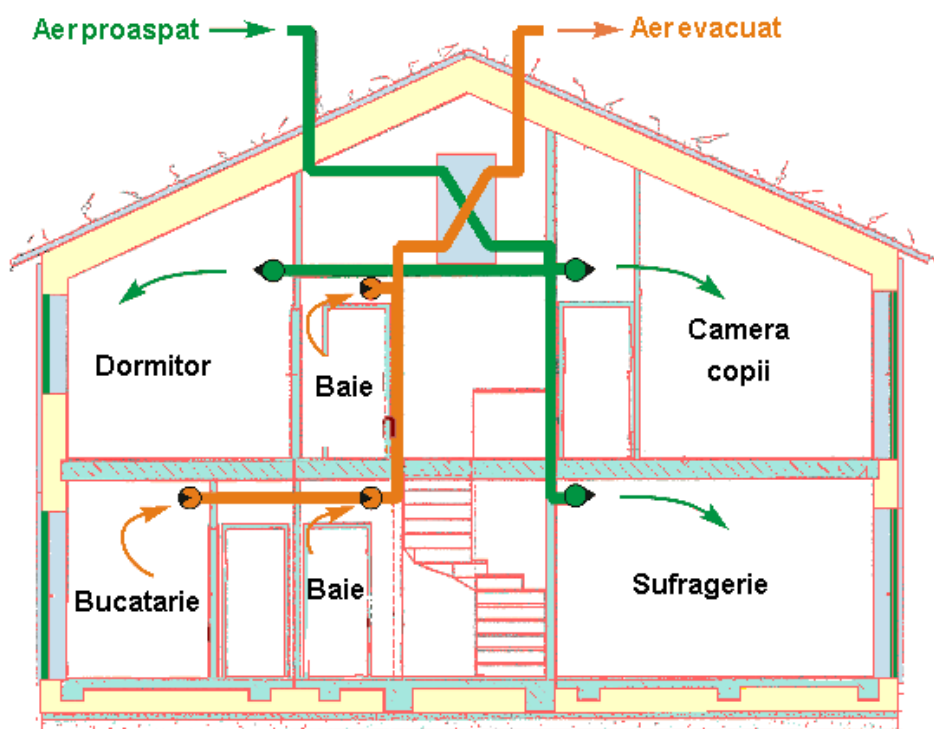


Fig. 1.27. Sistemul de ventilare al unei case pasive energetice
www.passivhaustagung.de

Sistemului de ventilare, trebuie să asigure conform DIN 1946, un debit minim de aer proaspăt $\dot{V} = 30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{pers} = 0,00833 \text{ m}^3/\text{s}/\text{pers}$. Pentru comparație, sistemul de ventilare al avioanelor asigură $12 \dots 15 \text{ m}^3/\text{h}$, dar calitatea aerului din avioane, chiar dacă este acceptabilă pentru câteva ore de zbor, nu este impecabilă, așa cum trebuie să fie într-o locuință.

În aceste condiții, se poate calcula sarcina termică a recuperatorului de căldură $\dot{Q}$:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta t \text{ [kW]}$$

unde:

- Δt este variația temperaturii aerului proaspăt în recuperatorul de căldură;
- c_p este căldura specifică a aerului: $c_p=1,024\text{kJ/kgK}$ (pt. $t=20^\circ\text{C}$, $\varphi=65\%$);
- $\dot{m}$ este debitul masic de aer:

$$\dot{m} = \rho \cdot \dot{V}$$

iar

- ρ este densitatea aerului: $\rho=1,18\text{kg.m}^3$ (pt. $t=20^\circ\text{C}$, $\varphi=65\%$)

Înlocuind, se obține:

$$\dot{m} = 1,18 \cdot 0,00833 = 0,00983 \text{ kg / s / pers}$$

Considerând un grad de încălzire a aerului $\Delta t=30^\circ\text{C}$, pentru sarcina termică a recuperatorului se obține:

$$\dot{Q} = 0,00983 \cdot 1,024 \cdot 30 = 0,302 \text{ kW / pers} = 302 \text{ W / pers} \approx 300 \text{ W / pers}$$

Se observă că sarcina termică a recuperatorului este foarte redusă, situându-se în jur de 1,2kW, în cazul unei locuințe pentru patru persoane, în condițiile în care un convector electric uzual, are 2 kW, deci cu peste 60% mai mult decât recuperatorul.

Dacă suprafața casei asigură cca. 30m^2 pe persoană (120m^2 pt. patru persoane), atunci sarcina termică a recuperatorului va fi de 10W/m^2 ($1200\text{W} / 120\text{m}^2 = 10\text{W/m}^2$), așa cum s-a considerat și în figura 1.25.

1.2.3. Sisteme de încălzire cu energie regenerabilă

Având în vedere necesarul de energie termică extrem de redus, datorat pierderilor perimetrale minime și faptului că se recuperează căldura aerului evacuat, în sistemul de ventilare, pentru casele pasive energetic, la fel ca și în cazul celor cu consum energetic redus de altfel, este posibilă utilizarea eficientă a surselor regenerabile de energie, cum sunt biomasa solidă (de ex. pește) sau pompele de căldură. Ambele soluții pot fi utilizate în combinație cu energia solară.

În figura 1.28 este prezentat un sistem de utilizare combinată a energiei biomasei solide și a energiei solare, iar în figura 1.29 este prezentat un sistem de încălzire tipic pentru casele pasive, care include ventilare cu recuperarea căldurii, o pompă de căldură și panouri solare.

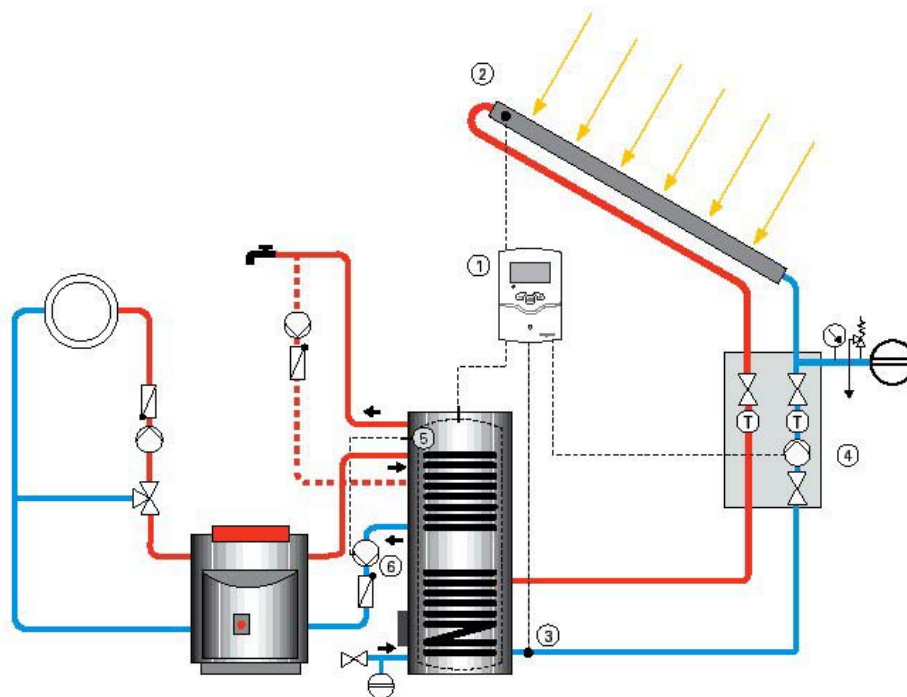


Fig. 1.28. Utilizarea combinată a biomasei solide și a energiei solare

1 - unitate electronică de control; 2 - panou solar;

3 - senzor temperatură retur circuit solar; 4 - sistem de pompare pt. circuitul solar;

5 - senzor temperatură pt. apa din boiler; 6 - pompă circuit cazan cu biomasă

www.viessmann.com

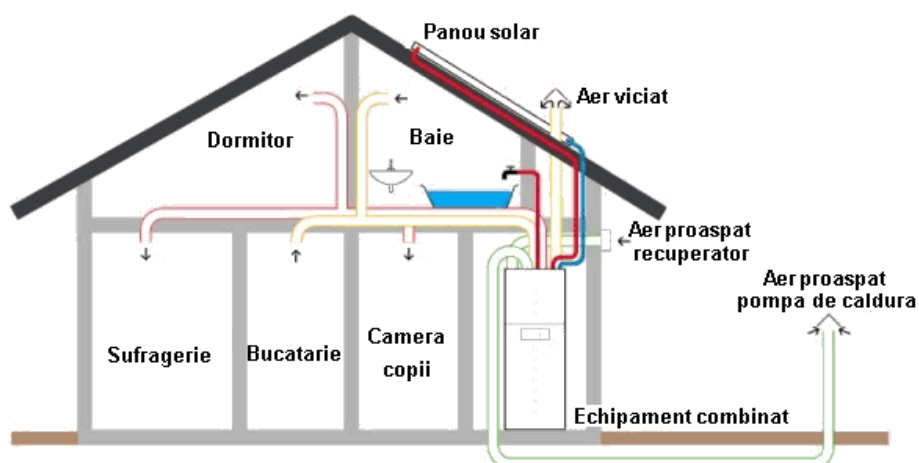


Fig. 1.29. Sistem tipic de încălzire a caselor pasive energetice
www.viessmann.com

Toate sistemele de încălzire și preparare a apei calde menajere cu ajutorul surselor regenerabile de energie, sunt caracterizate prin valori mult mai reduse ale temperaturii agentului termic și prin diferențe de temperatură mult mai mici decât în cazul sistemelor clasice. În continuare sunt prezentate două exemple tipice, care permit înțelegerea ușoară a diferențelor de regim termic dintre sistemele clasice și cele funcționând cu energii regenerabile:

În locul sistemelor clasice de încălzire cu calorifere, în care regimul termic al agentului de încălzire este de cca. 70...80°C pe tur și cca 50...60°C pe retur, la utilizarea energiilor regenerabile, se preferă adesea încălzirea prin pardosea, caracterizată de regimuri termice cu cca. 35...45°C pe tur și 30...40°C pe retur;

În locul sistemelor clasice de preparare a apei calde menajere, la temperatura de 60...65°C, cu energii regenerabile se prepară a.c.m. la temperaturi de cca. 45°C, evident în cantități mai mari.

Cele mai drastice restricții în ceea ce privește reducerea temperaturii agentului termic, sunt impuse în cazul utilizării pompelor de căldură, deoarece la creșterea temperaturii agentului furnizat, scade sensibil eficiența termică a acestor echipamente. Cu ajutorul biomasei solide, sau a energiei solare, pot fi atinse regimurile termice ale sistemelor clasice, dar sunt preferate totuși regimurile cu temperaturi și diferențe de temperaturi mai reduse, caracterizate prin pierderi mult mai mici, datorate ireversibilităților mai reduse din procesele de transfer termic.

1.2.4. Importanța acumulării energiei termice

În cazul utilizării surselor regenerabile de energie pentru încălzire sau prepararea apei calde menajere, o atenție deosebită este acordată acumulării energiei termice.

Având în vedere prețurile ridicate ale echipamentelor de conversie a energiilor regenerabile în energie termică, se evită producerea căldurii și mai ales a apei calde în regim “instant”, deoarece acest regim solicită sarcini termice ridicate, iar costurile echipamentelor necesare ar fi de asemenea ridicate. O alternativă eficientă este reprezentată de utilizarea unor boilere în care apa caldă să fie preparată în regim cvasi-permanent. La sfârșitul perioadelor de vârf de consum, adică dimineața și seara, se va reduce temperatura apei din boilere, iar în restul timpului, când consumul este foarte redus, echipamentele de încălzire utilizând energii regenerabile, vor ridica din nou temperatura apei. Pentru ca sistemul de acumulare a apei calde să facă față în perioadele de vârf de consum, volumul boilerelor trebuie dimensionat corect, în funcție de consumurile estimate. Un sistem de preparare a apei calde menajere într-un boiler, este prezentat în figura 1.30.



Fig. 1.30. Sistem de preparare a apei calde menajere în boiler,
cu energie solară sau altă sursă de energie
www.viessmann.com

Este posibilă utilizarea sistemelor de acumulare a energiei termice și pentru utilizarea acestora în sistemul de încălzire. Astfel de soluții permit de exemplu acumularea energiei termice solare ziua, pentru ca aceasta să fie utilizată la încălzire, noaptea.

Există astfel de sisteme extrem de performante, cu acumulare sezonieră a căldurii, ca cel din figura 1.31.

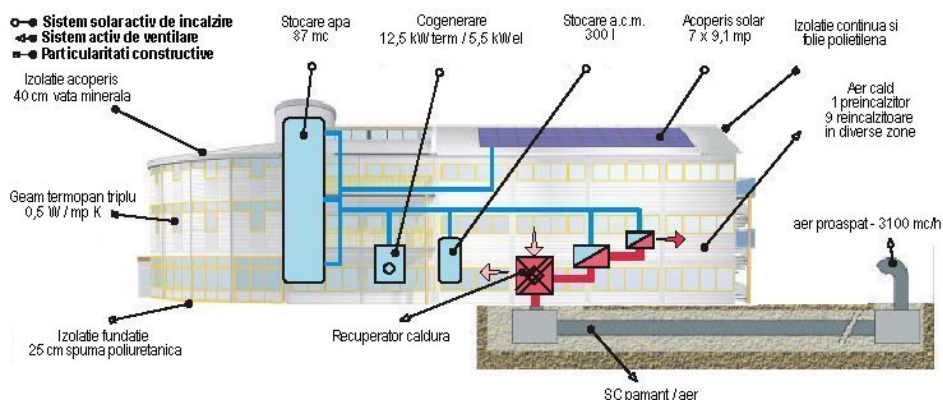


Fig. 1.31. Clădire pasivă energetic cu acumulare sezonieră a căldurii, în vederea încălzirii

Căldura provenită din energia solară, este acumulată vara în rezervorul de stocare având capacitatea de 87m³, pentru a fi utilizată iarna.

Clădirea este o construcție pasivă energetic, reprezintă sediul unei companii din Germania și a fost realizată în anul 1998, pe o suprafață de 2180m². Sarcina termică necesară pentru încălzirea clădirii pe timp de iarnă, în plus față de sistemul de încălzire cu energie solară stocată sezonier, este de numai 12kW. (Pentru comparație, sarcina termică a unei centrale termice murale de apartament este de 24kW).