

4. APLICAȚII TERMICE ALE ENERGIILOR REGENERABILE

4.1. PREPARAREA APEI CALDE MENAJERE

4.1.1. Considerații generale privind prepararea apei calde menajere

Prepararea apei calde menajere, reprezintă o componentă importantă a necesarului de căldură al unui imobil, prezentând ca și caracteristică importantă faptul că *este relativ constantă tot timpul anului*.

În cazul utilizării surselor regenerabile de energie, cum sunt energia solară sau energia geotermală utilizată în pompele de căldură, temperatura apei calde menajere preparate, va fi de cca. 45°C. În cazul în care căldura pentru prepararea apei calde se obține prin arderea unor combustibili clasici solizi, lichizi sau gazoși, biomasă solidă, biogaz, etc., temperatura apei va fi de 60...65°C. În ambele cazuri, temperatura apei la utilizare va fi de cca. 40°C, această temperatură fiind reglată prin adaus de apă rece.

Prepararea apei calde menajere cu ajutorul energiilor regenerabile, se realizează în regim de acumulare. Nu se utilizează niciodată regimul "instant" de preparare a apei calde, deoarece acesta din urmă, presupune sarcini termice mari, deci echipamente scumpe. Astfel, cu ajutorul surselor regenerabile de energie, apa caldă menajeră este preparată în boilere, al căror volum de acumulare trebuie determinat în funcție de consumul zilnic de apă pe care trebuie să îl asigure.

O problemă importantă a preparării apei calde menajere la temperaturi sub 60°C, este că în boilerele aflate sub această temperatură, se poate dezvolta o bacterie, denumită *Legionella Pneumophila*. Această bacterie nu afectează sistemul digestiv, dar este extrem de agresivă pentru sistemul respirator, afectând plămânii și poate provoca inclusiv moartea pacienților. În băi, bacteria menționată poate să ajungă din apă în aer, iar de aici poate să fie inhalată în plămâni. Denumirea bacteriei este legată de legiunile romane, deoarece membrii acestora au fost primii oameni care au contractat boala, intrând în contact cu apă contaminată. Datorită acestei bacterii, cel puțin boilerele pentru prepararea apei calde menajere la temperaturi sub 60°C, trebuie prevăzute și cu o rezistență electrică, sau cu o altă sursă de căldură, deoarece *apa caldă menajeră din boiler trebuie încălzită pentru cel puțin pentru o oră pe zi, până la temperatura de 60°C, la care această bacterie este distrusă.*

În instalațiile pentru prepararea apei calde menajere se pot utiliza diferite tipuri de boilere, așa cum se observă în figurile 4.1...4.4, care pot fi racordate la diverse echipamente de încălzire, funcționând cu diverse surse de energie.



Fig. 4.1. Boiler vertical electric
www.viessmann.com

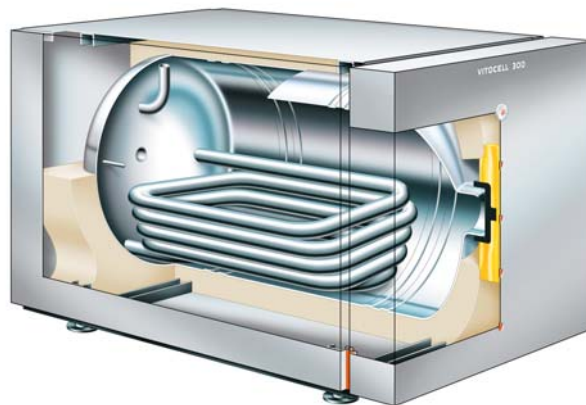


Fig. 4.2. Boiler orizontal cu o serpentină
www.viessmann.com



Fig. 4.3. Boiler vertical cu o serpentină
www.viessmann.com

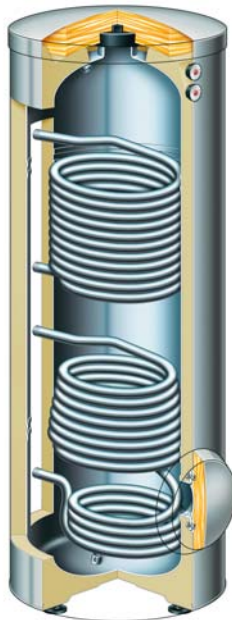


Fig. 4.4. Boiler vertical cu două serpentine și rezistență electrică
www.viessmann.com

4.1.2. Calculul de dimensionare a boilerelor pentru prepararea apei calde

Calculul de dimensionare a boilerelor pentru prepararea apei calde menajere, are ca scop determinarea volumului acestora, cel puțin egal cu volumul zilnic necesar de apă caldă.

În tabelele alăturate, conforme cu normele internaționale, se observă că în cazul preparării apei calde menajere la temperatura de 45°C cantitatea de apă trebuie să fie mai mare decât în cazul preparării apei la 60°C, pentru a acoperi integral, consumul zilnic.

Consumuri de apă caldă menajeră în locuințe

Temperatura	Tipul de consum		
	Confort redus [l/pers/zi]	Confort normal [l/pers/zi]	Confort sporit [l/pers/zi]
60°C	10...20	20...40	40...70
45°C	15...30	30...60	60...100

Consumuri de apă caldă menajeră în unități hoteliere, pensiuni și cămine

Temperatura	Tipul de cameră			
	cu baie și duș [l/pers/zi]	cu baie [l/pers/zi]	cu duș [l/pers/zi]	pensiuni, cămine [l/pers/zi]
60°C	115...175	90...135	50...90	25...50
45°C	170...260	135...200	75...135	40...75

Pentru dimensionarea orientativă, din punct de vedere termic, a sistemului de preparare a apei calde menajere pentru locuințe, în cazul utilizării surselor regenerabile de energie, se poate considera un consum normal de apă caldă de 50 l/pers/zi, la temperatura de 45°C. În cazul în care beneficiarul estimează că va depăși consumul normal de apă caldă indicat în tabel, se va ține seama de acest lucru și se va dimensiona boilerul pentru consumul de apă indicat de beneficiar.

Volumul minim al boilerului V_{bmin} , se poate calcula cu relația:

$$V_{bmin} = \frac{n \cdot C_{zn} \cdot (t_{acm} - t_{ar})}{(t_b - t_{ar})}$$

unde:

- n – numărul de persoane;
- C_{zn} – consumul zilnic normal pe persoană, luat în considerare;
- t_{acm} – temperatura apei calde menajere la punctul de consum;
- t_{ar} – temperatura apei reci la intrarea în boiler;
- t_b – temperatura apei calde din boiler

În cazul utilizării energiei solare, sau energiei geotermale (pompe de căldură) boilerelor se vor supradimensiona față de volumul minim de apă, cu un factor de supradimensionare $f=1,5...2$. În cazul preparării apei calde menajere la 45°C, această supradimensionare are scopul ca în timpul utilizării apei calde, să nu fie sesizată o scădere progresivă evidentă a temperaturii apei, datorate pătrunderii treptate în boiler a apei reci care completează apa caldă consumată. În cazul boilerelor cu volumul minim calculat după relația matematică prezentată anterior, pe măsură ce s-ar consuma apa caldă din boiler și aceasta ar fi înlocuită de apă rece, s-ar sesiza scăderea treptată a temperaturii apei calde, ceea ce ar crea un fenomen de disconfort evident în cazul utilizării unor cantități mai mari de apă caldă, la un moment dat (ex. în timpul dușului). În cazul preparării apei calde menajere la 60°C, dar cu ajutorul energiei solare, caracterizată printr-o intensitate a radiației foarte variabilă, supradimensionarea boilerului este necesară pentru a se putea acumula o cantitate mai mare de apă decât cea minimă necesară, în vederea reducerii consumului de energie pentru prepararea apei calde menajere, în zilele cu radiație solară este mai puțin intensă. Astfel dacă factorul de supradimensionare este $f=2$, într-o zi cu radiație solară intensă se va putea prepara și acumula gratuit (folosind energia solară), o cantitate dublă de apă caldă menajeră, care va acoperi integral consumul și pentru ziua următoare, în cazul în care acea zi nu va beneficia de un nivel ridicat al radiației solare (ex. o zi ploioasă sau rece și înnoată). În acest fel, sursa alternativă de energie pentru prepararea apei calde, nu va funcționa a doua zi după una

însorită, ceea ce reprezintă o economie importantă de energie și o reducere semnificativă a costurilor de exploatare a unei asemenea instalații de preparare a apei calde menajere. În cazul instalațiilor de preparare a apei calde menajere cu ajutorul combustibililor clasici, a biomasei solide, a biogazului sau a energiei electrice, nu este necesară supradimensionarea boilerului.

Tinând seama de cele menționate anterior, volumul boilerului V_b , se va calcula cu relația:

$$V_b = f \cdot V_{b \min} = f \cdot \frac{n \cdot C_{zn} \cdot (t_{acm} - t_{ar})}{(t_b - t_{ar})}$$

unde:

- $f = 1,5 \dots 2$ în cazul utilizării energiei solare sau a pompelor de căldură;
- $f = 1$ în cazul utilizării combustibililor clasici, a biomasei solide, a biogazului sau a energiei electrice.

În continuare vor fi analizate câteva cazuri particulare de dimensionare a boilerului pentru apă caldă menajeră, considerând o locuință cu 4 persoane, un consum normal de apă caldă $C_{zn}=50l/pers/zi$ și diverse surse de energie.

Energie electrică

Volumul boilerului, considerând temperatura apei din boiler $t_b=60^\circ C$ și factorul de supraîncălzire $f=1$, va fi:

$$V_b = \frac{4 \cdot 50 \cdot (45 - 10)}{(60 - 10)} = 140 \text{ l}$$

În acest caz se va alege un boiler de 140...150 l, prevăzut cu o *rezistență electrică*.

Biomasă solidă

Volumul boilerului, considerând temperatura apei din boiler $t_b=60^\circ C$ și factorul de supraîncălzire $f=1$, va fi:

$$V_b = \frac{4 \cdot 50 \cdot (45 - 10)}{(60 - 10)} = 140 \text{ l}$$

În acest caz se va alege un boiler de 140...150 l, prevăzut cu o *serpentină* racordată la cazan.

Energie solară și biomasă solidă

Volumul boilerului, considerând temperatura apei din boiler $t_b=60^\circ C$ și factorul de supraîncălzire $f=2$, va fi:

$$V_b = 2 \cdot \frac{4 \cdot 50 \cdot (45 - 10)}{(60 - 10)} = 280 \text{ l}$$

În acest caz se va alege un boiler de 280...300 l, prevăzut cu *două serpentine*, una racordată la instalația solară și una la cazan.

Pompă de căldură

Volumul boilerului, considerând temperatura apei din boiler $t_b=45^\circ C$ și factorul de supraîncălzire $f=1,5 \dots 2$, va fi:

$$V_b = 1,5 \dots 2 \cdot \frac{4 \cdot 50 \cdot (45 - 10)}{(45 - 10)} = 300 \dots 400 \text{ l}$$

În acest caz se va alege un boiler de 300...400 l, prevăzut cu o *serpentină* racordată la pompa de căldură și o *rezistență electrică* pentru ridicarea zilnică a temperaturii până la $60^\circ C$.

Energie solară și pompă de căldură

Volumul boilerului, considerând temperatura apei din boiler $t_b=45^\circ C$ și factorul de supraîncălzire $f=1,5 \dots 2$, va fi:

$$V_b = 1,5 \dots 2 \cdot \frac{4 \cdot 50 \cdot (45 - 10)}{(45 - 10)} = 300 \dots 400 \text{ l}$$

În acest caz se va alege un boiler de 300...400 l, prevăzut cu *două serpentine*, una racordată la instalația solară și una la pompa de căldură, respectiv o *rezistență electrică* pentru ridicarea zilnică a

temperaturii până la 60°C. În zilele în care radiația solară este intensă, încălzirea până la 60°C, poate fi realizată cu energie solară, fără utilizarea pompei de căldură.

Observație: În funcție de natura sursei de energie utilizată pentru prepararea apei calde menajere, diferă atât dimensiunea boilerelor, cât și construcția acestora.

4.1.3. Calculul necesarului de căldură pentru prepararea apei calde menajere

Sarcina termică \dot{Q}_{acm} necesară pentru prepararea apei calde menajere se determină cu relația:

$$\dot{Q}_{acm} = \frac{m \cdot c_w \cdot (t_b - t_r)}{\tau \cdot 3600} \quad [\text{kW}]$$

unde:

- m este cantitatea de apă caldă preparată:

$$m = n \cdot C_{zn} \cdot \rho \quad [\text{kg}]$$

- ρ este densitatea apei, care variază în funcție de temperatură, dar pentru calcule orientative se poate considera $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$;
- n și C_{zn} au semnificația prezentată anterior;
- c_w este căldura specifică a apei - se poate considera $c_w = 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$;
- t_b este temperatura apei din boiler, deci temperatura până la care este încălzită apa;
- t_r este temperatura apei reci, având o variație sezonieră și în funcție de poziția geografică - în general vara $t_r = 12 \dots 17^\circ\text{C}$, iar iarna $t_r = 5 \dots 10^\circ\text{C}$. Pentru calcule orientative se poate considera $t_r = 10^\circ\text{C}$;
- τ [h] este timpul în care este încălzită apa.

Considerând că pentru determinarea cantității de apă se utilizează relația prezentată anterior, sarcina termică \dot{Q}_{acm} necesară pentru prepararea apei calde menajere se poate calcula cu relația:

$$\dot{Q}_{acm} = \frac{n \cdot C_{zn} \cdot \rho \cdot c_w \cdot (t_b - t_r)}{\tau \cdot 3600} \quad [\text{kW}]$$

Sarcina termică \dot{Q}_{acmp} necesară pentru prepararea apei calde menajere necesare zilnic pentru o persoană se poate calcula cu relația anterioară, considerând $n=1$:

$$\dot{Q}_{acmp} = \frac{C_{zn} \cdot \rho \cdot c_w \cdot (t_b - t_r)}{\tau \cdot 3600} \quad [\text{kW}]$$

Considerând valoarea consumului zilnic $C_{zn} = 50 \text{ l} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, temperatura apei din boiler $t_b = 45^\circ\text{C}$, temperatura apei reci $t_r = 10^\circ\text{C}$ și durata perioadei de preparare a apei calde $\tau = 8 \text{ h}$, se obține:

$$\dot{Q}_{acmp} = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 \cdot 4,186 \cdot (45 - 10)}{8 \cdot 3600} = 0,254 \text{ kW} \approx 0,25 \text{ kW} = 250 \text{ W}$$

Astfel s-a arătat că pentru calcule rapide și orientative se poate considera că *sarcina termică necesară pentru prepararea apei calde menajere necesare zilnic pentru o persoană, într-un interval de 8h, este de cca. 250W=0,25kW*. Corespunzător, sarcina termică necesară pentru prepararea apei calde necesare unei familii constituite din 4 persoane, este de 1kW.

Această ultimă valoare se poate obține calculând sarcina termică \dot{Q}_{acm} pentru $n=4$ persoane:

$$\dot{Q}_{acm} = \frac{4 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 \cdot 4,186 \cdot (45 - 10)}{8 \cdot 3600} = 1,016 \text{ kW} \approx 1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

În toate aceste calcule s-a considerat că durata perioadei de preparare a apei calde este de 8h. Căldura Q_{acm} necesară pentru prepararea apei calde menajere se poate calcula cu relația:

$$Q_{acm} = \dot{Q}_{acm} \cdot \tau \cdot 3600 \quad [\text{kJ}]$$

În contextul unor eventuale calcule economice, poate fi utilizată aceeași relație scrisă sub forma care să furnize rezultatul exprimat în kWh:

$$Q_{acm} = \dot{Q}_{acm} \cdot \tau \quad [\text{kWh}]$$

Analizând aceste relații, se observă că pentru calculul sarcinii termice necesare în vederea încălzirea apei, este foarte important timpul în care este preparată apa caldă.

În figura 4.5 este prezentată influența timpului pentru prepararea apei calde menajere asupra sarcinii termice necesare pentru încălzire, în aceleași condiții considerate și pentru calculele efectuate anterior.

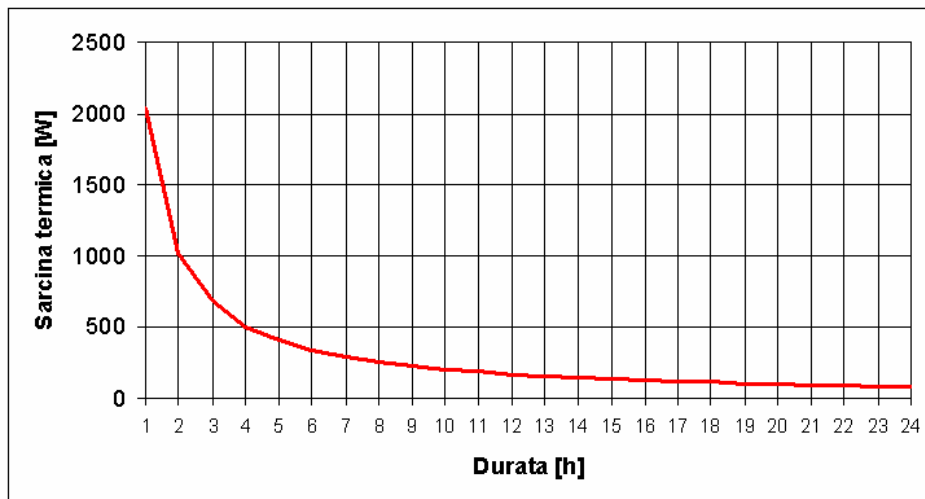


Fig. 4.5. Influența timpului de încălzire asupra sarcinii termice necesare încălzirii a.c.m.
 $n=1$; $C_{zn}=50l/zi$; $t_b=45^\circ\text{C}$; $t_r=10^\circ\text{C}$

Pentru a calcula sarcina termică necesară încălzirii apei în regim “instant” și a compara această valoare cu cele determinate anterior, respectiv cu cele reprezentate în figura 5, se va considera un exemplu numeric. Se va considera că regimul “instant” echivalează cu încălzirea unei cantități de apă de 10l, de la temperatura de 10°C, la temperatura de 45°C, într-un interval de 1minut. De fapt, aspect exemplul corespunde încălzirii în regim continuu a apei, de la 10°C la 45°C, cu un debit de 10l/min. Acest debit se poate transforma în sistemul internațional:

$$\dot{m} = 10 \frac{\text{l}}{\text{min}} = \frac{10 \text{ l}}{60 \text{ s}} = \frac{10 \text{ kg}}{60 \text{ s}} = 0,166 \text{ kg/s}$$

Sarcina termică \dot{Q}_{acm} necesară pentru încălzirea acestui debit este:

$$\dot{Q}_{acm} = \dot{m} \cdot c_w \cdot (t_b - t_r) = 0,166 \cdot 4,186 \cdot (40 - 10) = 24,32 \text{ kW} \approx 24 \text{ kW}$$

Observație: Această valoare a sarcinii termice necesare pentru încălzirea în regim “instant” a apei calde menajere, corespunde sarcinii termice a microcentralelor murale de apartament, aceasta având valoarea de 24kW.

Comparând valoarea de 24kW a sarcinii termice necesare pentru încălzirea apei în regim instant, cu valoarea de 0,25kW necesară pentru a încălzi în 8h întreaga cantitate de apă necesară unei persoane într-o zi, se observă că în cazul preparării apei calde în 8h, se reduce sarcina termică necesară a echipamentului de încălzire, de aproape 100 ori față de sarcina termică necesară în regim “instant”. Acesta este principalul motiv pentru care echipamentele pentru prepararea apei calde menajere cu ajutorul surselor regenerabile de energie, sunt dimensionate pentru regimul de “acumulare” și nu pentru regimul “instant”, cu atât mai mult cu cât costurile echipamentelor de conversie a energiei regenerabile în căldură este mult mai mare decât costul echipamentelor clasice de același tip.