

## DO KATERE MEJE JE ENERGIJSKO VARČNA GRADNJA ŠE SMISELNA ?

### Povzetek

Specifična letna raba toplote za ogrevanje v klasično grajenih stavbah v RS znaša med 180 - 200 kWh/(m<sup>2</sup>a). Glede na trenutno veljavni pravilnik o toplotni zaščiti stavb in učinkoviti rabi energije [1] je največja specifična letna raba toplote za ogrevanje predpisana. Za stavbe to pomeni med 60 in 80 kWh/(m<sup>2</sup>a) oziroma približno trikratno zmanjšanje glede na letno rabo obstoječega stanovanjskega fonda. Novi pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah [2] (PURES), ki bo začel veljati 1.10. 2010 predpisuje zmanjšanje specifične letne rabe toplote za ogrevanje še za približno 30 - 40 odstotkov.

V sestavku sem skušal najti odgovor na vprašanje, do katere meje je energijsko varčna gradnja še smiselna? Ali je to gradnja nizko energijskih (NEH) in pasivnih hiš (PH) s specifično rabo toplote za ogrevanje med 15 in 30 kWh/(m<sup>2</sup>a) ali pa gradnja do meje, ki jo predpisuje PURES in ta znaša med 40 in 50 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Če se ozremo na evropske države (Avstrijo, Nemčijo) lahko zasledimo, da po sanaciji starejših objektov načrtovana specifična raba toplote za ogrevanje ne presega 30 kWh/(m<sup>2</sup>a). Novogradnje, tako stanovanjski in poslovni objekti pa se načrtujejo s specifično rabo toplote za ogrevanje, ki ne presega 15 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Analiza stroškov gradnje je pokazala presenetljivo male razlike med t.i. nizko energijsko in pasivno gradnjo na eni strani in gradnjo po PURESU na drugi strani.

Višji stroški v višini do 10 % pri gradnji stavb v t.i. pasivnem standardu, z rabo toplote za ogrevanje  $\leq 15$  kWh/(m<sup>2</sup>a), v primerjavi z gradnjo glede na PURES, nastanejo zaradi obvezne vgradnje kontroliranega prezračevanja z vračanjem toplote odtočnega zraka, optimalnega ogrevalnega sistema, povečane debeline toplotne izolacije in vgradnje oken v pasivnem standardu ter tudi načina gradnje, kjer so toplotni mostovi minimalni in dosežena ustrezna zrakotesnost ovoja. Stroški gradnje za stavbe z rabo toplote za ogrevanje 30 kWh/(m<sup>2</sup>a), v primerjavi z rabo toplote 15 kWh/(m<sup>2</sup>a), so nižji le za 5 odstotkov.

Raba toplote za ogrevanje pa ni edini kriterij, ki ga želimo doseči z nizko energijsko gradnjo. Pomemben kriterij je še visoka stopnja bivalnega ugodja ter enakomerna klima v prostoru pozimi in poleti. Pri gradnji se uporabljajo okolju prijazni in obnovljivi materiali, proizvedeni z minimalno količino vgrajene energije in CO<sub>2</sub> v življenjskem ciklusu hiše.

## 1. Raba toplote za ogrevanje

V stanovanjskih objektih predstavlja ogrevanje več kot 70 odstotkov rabe energije. Preostanek energije koristimo za pripravo tople sanitarne vode, kuhanje, razsvetljavo in druge električne aparate. Energijski prihranki so odvisni od starosti stavbe, tehnologije gradnje, kakovosti izvedbe in vzdrževanja.

Za primerjavo rabe energije za različne stavbe uporabljamo energijsko število ogrevanja, ki predstavlja rabo energije za ogrevanje v stavbi na površinsko enoto uporabne površine bivalnega prostora v obdobju enega leta.

Specifična letna povprečna raba toplote za ogrevanje obstoječega stanovanjskega fonda, glede na statistične podatke v RS, znaša med 180 - 200 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Glede na trenutno veljavni pravilnik o toplotni zaščiti stavb in učinkoviti rabi energije [1] je predpisana največja specifična letna raba toplote za ogrevanje, ki znaša med 60 in 80 kWh/(m<sup>2</sup>a) oziroma pomeni približno trikratno zmanjšanje glede na letno rabo obstoječega stanovanjskega fonda. Novi pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah [2] (PURES), ki bo začel veljati 1.10. 2010 predpisuje zmanjšanje specifične toplote za ogrevanje še za približno 30 - 40 odstotkov.

Stavbe glede na specifično rabo toplote za ogrevanje delimo v običajne, nizkoenergijske (NEH) in pasivne (PH). Med nje prištevamo tudi tako imenovane 3 - litrske hiše z letno rabo toplote za ogrevanje  $\leq 30$  kWh/(m<sup>2</sup>a). Pri tem pomeni 1 liter kurilnega olja ekvivalent energije 10 kWh. Še manjšo letno specifično rabo toplote za ogrevanje imajo pasivne hiše (PH) in sicer  $\leq 15$  kWh/(m<sup>2</sup>a) (slika 1). Glede na novi pravilnik naj bi znašala specifična letna raba toplote za ogrevanje med 40 - 50 kWh/(m<sup>2</sup>a).

*Slika 1: Energijsko število ogrevanja*

## 2. Toplotne izgube

Povečana toplotna zaščita ovoja stavbe je vsekakor najpomembnejši ukrep, ki ga moramo izvesti za doseganje kriterija energijsko varčne stavbe, vendar ne edini. S povečano in izboljšano toplotno zaščito ovoja dosegamo višje temperature notranjih površin, kar, v povezavi s prezračevalnim sistemom, omogoča visok nivo ugodja.

Značilnosti starejše gradnje so pomanjkljiva toplotna izolacija, slabo in preveč intenzivno prezračevanje ter velike toplotne izgube.

Vendar pa so transmisijske izgube le del izgub in s povečevanjem toplotne izolacije zmanjšujemo le del celotnih izgub. Da zmanjšamo izgube zaradi prezračevanja, je potrebno samo izrabititi toplotno energijo, ki jo vsebuje že segreti zrak v prostoru, katerega moramo zaradi izrabljenosti odvajati. Z realizacijo kontroliranega prezračevanja dovajamo v prostor sveži zrak, ki ga pred vstopom v bivalni prostor segrejemo s toploto izrabljenega zraka ter ga nato segretega dovajamo nazaj v prostor. Že ohlajeni izrabljeni zrak pa odvajamo iz objekta. Kontrolirano prezračevanje z vračanjem toplote odtočnega zraka je potrebno vgraditi, če želimo doseči kriterij rabe toplote za ogrevanje  $\leq 30$  kWh/(m<sup>2</sup>a).

Nizkoenergijske in pasivne hiše, zgrajene po nizkoenergijskih standardih imajo, ob uporabi kontroliranega prezračevanja in rekuperacije toplote, majhne toplotne izgube. Vrednost toplotne prehodnosti »U« zunanjega ovoja so prikazane v tabeli 1. V tabeli 2 je prikazana povprečna potrebna debelina toplotne izolacije.

*Tabela 1: Toplotne prehodnosti posameznih gradbenih konstrukcij*

U [W/(m <sup>2</sup> K)]	Novi pravilnik (1.10.2010)	NEH	PH
zunanja stena	0,28	≤ 0,25	≤ 0,15
streha	0,25	≤ 0,20	≤ 0,15
tla	0,35	≤ 0,25	≤ 0,15
okna (okvir + steklo)	≤ 1,3	≤ 1,10	≤ 0,80
kontrolirano prezračev.	-	da + rekuperac. toplote	da + rekuperac. toplote
solarne naprave	da (25%)	da	da

Tabela 2: Debelina toplotne izolacije [ $\lambda = 0,035 - 0,04 \text{ W/(mK)}$ ]

Gradbena konstrukcija	U [W/(m <sup>2</sup> K)]	$\delta$ (cm)
zunanja stena	0,30 - 0,10	15 - 30
streha	0,25 - 0,10	30 - 40

### 3. Ukrepi za zmanjšanje toplotnih izgub

Za zmanjšanje toplotnih izgub imamo na volje številne ukrepe. Ti so sledeči:

- povečana toplotna zaščita,
- sodobni ogrevalni in prezračevalni sistemi,
- pasivno - solarno koriščenje sončne energije,
- koriščenje odpadne toplote odtočnega zraka prezračevalnih naprav,
- pozitivno stališče do nizko energijskih hiš.

Uspeh posameznih ukrepov se lahko neposredno odčita iz toplotnih bilanc, kar je prikazano na sliki 2. Primerjava energijske bilance je narejena za povprečno starejšo gradnjo, gradnjo v skladu z obstoječimi predpisi [1] in pasivno hišo. Levi stolpec prikazuje toplotne izgube, medtem ko desni stolpec dobitke toplote. Razliko predstavlja specifična raba toplote za ogrevanje  $Q_h$ , ki se zmanjša od 120 kWh/(m<sup>2</sup>a) na 70 kWh/(m<sup>2</sup>a) in nadalje na 15 kWh/(m<sup>2</sup>a) pri pasivni hiši.

#### Slika 2: Primerjava energijskih bilanc

Iz slike je razvidno:

- Zaradi dobre toplotne zaščite zunanjega ovoja stavbe se transmisijski del  $H_t$  znatno zmanjša.
- Vračanje toplote odtočnega zraka (rekuperacija) je označena z R.
- Solarni dobitki (S) ostajajo približno enaki. Interni toplotni dobitki (I) ostajajo približno enaki. To izhaja iz tega, da narašča število električnih aparatov in prav tako njihov izkoristek, kar pomeni dejansko enako rabo energije.

Uporabniki stanovanj lahko z odpiranjem oken spremenijo prezračevanje  $H_v$ . Z zmanjšanjem transmisijskih izgub  $H_t$  namreč narašča delež izgub zaradi prezračevanja. Če je ta delež pri starejših stavbah znašal 25 odstotkov, je njihov delež pri nizkoenergijskih hišah 50 odstotkov ter pri pasivnih hišah še višji. Za izračun letne specifične rabe toplote za ogrevanje pasivne hiše se uporablja računalniški program - PHPP 07 - Passivhaus Projektierungs Paket.

Toplotne prehodnosti neprosojnega ovoja so izračunane po DIN 4108. Toplotne izgube skozi zunanje gradbene dele se izračunajo kot vsota vseh toplotnih prehodnosti gradbenih delov in njihovih površin. Pri izračunu skupnih specifičnih toplotnih izgub je potrebno upoštevati tudi vpliv linijskih toplotnih mostov.

Za pasivne hiše je značilno, da so zelo zrakotesne z namenom nadziranja izgub zaradi prezračevanja. Neprepustni ovoj, ki obdaja celotno lupino zgradbe, mora biti dobro zatesnjen, kar dokažemo s pomočjo tlačnega testa. Pri pasivni hiši so obvezne naprave za dovod in odvod zraka z rekuperacijo toplote. Pri izračunu potrebne toplote za ogrevanje se upošteva sončno obsevanje - solarni dobitki skozi steklene površine (glede na naklon orientacije) v ogrevalni sezoni in izkoriščenost sončnih dobitkov, kar dobimo iz razmerja toplotnih izgub in dobitkov. Pridobljena prosta toplota je seštevček solarnega obsevanja in notranjih virov. Kolikšen je uporaben delež pridobljene proste toplote, izrazimo s solarno stopnjo izkoriščanja. Stopnja solarnega izkoriščanja je odvisna od izvedbe zgradbe in lahko znaša med 40 do 100 odstotki.

Pri notranji virih upoštevamo osebe, električno energijo (ne za ogrevanje), oddano toploto energijsko učinkovitih hišnih naprav, toploto tople sanitarne vode, izhlapevanje oz. izparevanje (npr. vlažnost iz lončnic).

Izračun letne specifične toplote za ogrevanje pokaže, da je raba energije v stavbi odvisna predvsem od zadostne toplotne izolacije, ki je vgrajena v ovoj stavbe. Tudi vsi ostali dejavniki lahko močno vplivajo na rabo, predvsem stopnja prezračevanja in vpliv notranjih virov.

Posodobitev ogrevalnih naprav, vgradnja toplotnih črpalk za ogrevanje ne prinaša le gospodarske koristi, temveč se proporcionalno, z zmanjšanjem porabe goriva, zmanjšajo tudi emisije škodljivih snovi v okolje (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO). Samo izboljšana toplotna izolacija ne prinaša želenih prihrankov energije, če zadržimo, v primeru sanacije stavbe, zastarele ogrevalne naprave.

Pasivne hiše imajo ob uporabi kontroliranega prezračevanja z rekuperacijo toplote majhne toplote izgube. Te znašajo manj kot 10 W na kvadratni meter ogrevane površine. Z učinkovito toplotno izolacijo zunanjih obodnih neprosojnih površin, ki znašajo [ $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ] in vgradnjo energijsko učinkovitih oken [ $U_{\text{steklo} + \text{okvir}} \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,  $g \geq 50\%$ ] ter sodobnimi ogrevalnimi napravami za ogrevanje in prezračevanje zagotovimo enakomerno temperaturo notranjega ovoja stavbe pozimi in poleti.

### 3.1. Od energijsko potratne do energijsko varčnega objekta – primer dobre prakse

Za stanovanjski blok na območju s temperaturnim primanjkljajem 3300 (dan . K) in neto ogrevalno površino 2260 m<sup>2</sup>, je pred zamenjavo oken znašala raba toplote za ogrevanje 390 MWh (daljinsko ogrevanje), kar znaša letno 172,5 kWh na kvadratni meter ogrevane površine. Vsa obstoječa okna, s toplotno prehodnostjo 2,8 W/(m<sup>2</sup>K), so se postopoma zamenjala z energijsko varčnimi okni s toplotno prehodnostjo 1,3 W/(m<sup>2</sup>K), s tem se je zmanjšala raba energije za približno 25% oziroma na 288 MWh, kar znaša letno 127,4 kWh na kvadratni meter ogrevane površine. Z ukrepom nove toplotno - izolacijske fasade, z debelino toplotne izolacije 12 cm, **je predvideno zmanjšanje rabe energije na 127 MWh, kar znaša letno 56,2 kWh na kvadratni meter ogrevane površine.**

*Tabela 3: Potrebna toplota za ogrevanje*

Večstanovanjski blok Neto ogrevana površina: 2260 m <sup>2</sup>  Izmenjava zraka n = 1,00 h <sup>-1</sup>	Specifična letna raba toplote za ogrevanje  kWh/(m <sup>2</sup> a)	Letna potrebna toplota za ogrevanje  (MWh)
Pred zamenjavo oken	172,5	390 - pred 2008
Po zamenjavi oken	127,4	288 - leto 2008/2009
Po izvedbi fasade	56,2	127 - leto 2009/2010

*Slika3: Zmanjšanje rabe toplote za ogrevanje pri zamenjavi oken in izvedbi izolacijske fasade*

Glede na pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah Uradni list RS št. 42/2002, je za stanovanjski blok izračunana specifična raba toplote za ogrevanje  $56,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , kar je manj od predpisane največje letne dovoljene specifične toplote za ogrevanje (člen. 6), ki znaša  $63,24 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Vrednosti veljajo za predvideno izmenjavo zraka pri naravnem prezračevanju  $n = 1,00 \text{ h}^{-1}$ .

Izračun toplotnih izgub je pokazal, da je pri izolirani zgradbi letna potrebna toplota za ogrevanje približno ena tretjina vrednosti neizolirane zgradbe. Pri projektiranju toplotne zaščite zgradbe je potrebno upoštevati krajevno ugotovljene podatke o projektni zunanji temperaturi, temperaturnemu primanjkljaju, o trajanju ogrevalne sezone in globalnemu sončnemu obsevanju. Predvidena letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe se izračuna skladno s standardom SIST EN 832. Upoštevajo se transmisijske in prezračevalne toplotne izgube, dobitki notranjih virov in dobitki sončnega sevanja.

### 3.2. Prehod na NEH ali PH

Če bi v opisanem primeru s specifično rabo toplote za ogrevanje  $56 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  želeli doseči specifično rabo toplote za ogrevanje  $40 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , kar predpisuje PURES, bi morali investicijo povečati za približno 20 odstotkov, glede na že nastale stroške izvedbe fasade in zamenjave stavbnega pohištva ter dodatne izolacije podstrešja od sedanjih 20 cm na 30 cm. Če bi obstoječi objekt želeli sanirati za dosego t.i. pasivnega standarda, pa bi morali investicijo dodatno povečati za približno 10 odstotkov (slika 4). Stroški gradnje za stavbe z rabo toplote za ogrevanje  $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  v primerjavi z rabo toplote  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  pa so nižji le za 5 odstotkov.

#### *Slika 4: Povečanje investicije za doseganje t.i. pasivnega standarda*

Višji stroški nastanejo zaradi vgradnje kontroliranega prezračevanja z vračanjem toplote odtočnega zraka, vgradnje povečane debeline toplotne izolacije in razlike v ceni vgradnje oken za pasivno gradnjo.

### 4. Zaključek

Žal se trenutno v praksi dogaja, da še mnogi projektanti pri projektiranju uporabljajo obstoječi veljavni pravilnik o toplotni zaščiti. Prav tako ne upoštevajo pravila stroke, ki priporoča znatno strožje kriterije, kot jih navaja PURES. To s pridom izkoriščajo določena gradbena podjetja, da lahko gradijo ceneje, vendar energijsko potratne objekte. Prav tako še ni uvedena energetska izkaznica (rok 4.1.2009 glede na Direktivo EU o energetski učinkovitosti stavb - EPBD), kjer znaša najnižji energijski razred A za dovedeno energijo  $40 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ .

Dne 1.10.2008 je stopil v veljavo novi pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Pravilnik [2] pa bo pričel veljati šele 1.10.2010. Ta pravilnik predpisuje znatno nižje vrednosti za rabo toplote za ogrevanje glede na trenutno veljavni pravilnik [1] in s tem tudi potrebno toplotno moč objekta. Glede na to, da je novi pravilnik [2] dobra osnova za nizkoenergijsko gradnjo, z računsko ocenjeno specifično rabo toplote za ogrevanje med  $40$  in  $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  in ker bo začel veljati šele čez eno leto, je še dovolj časa, da ga dopolnimo tako, da se bo v čim večji meri približal t.i. pasivnim standardom, ki jih primer v Avstriji in Nemčiji obvezno uporabljajo pri novogradnjah in tudi sanacijah stanovanjskih ter ostalih objektov.

Novi PURES že zdaj zagotavlja približno polovico manjšo rabo energije v novih stavbah od sedanjih predpisov. Analiza stroškov gradnje je pokazala presenetljivo male razlike med t.i. nizkoenergijsko in pasivno gradnjo na eni strani in gradnjo po PURESU na drugi strani. Višji stroški v višini do 10 odstotkov pri gradnji stavb v t.i. pasivnem standardu, z rabo toplote za ogrevanje  $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , v primerjavi z gradnjo glede na PURES, nastanejo zaradi obvezne vgradnje kontroliranega prezračevanja z vračanjem toplote odtočnega zraka, optimalnega ogrevalnega sistema, povečane debeline toplotne izolacije, vgradnje oken v pasivnem standardu in tudi samega načina gradnje (minimalni toplotni mostovi, ustrezna zrakotesnost ovoja). Stroški gradnje za stavbe z rabo toplote za ogrevanje  $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  v primerjavi z rabo toplote  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  pa so nižji le za 5 odstotkov.

### 4. Viri, literatura

[1] Pravilnik o toplotni zaščiti stavb in učinkoviti rabi energije (Ur.list št. 42/2002)

[2] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES) - Ur.list. št. 93/2008

Ptuj, 20.10.09

Bojan Grobovšek  
Energetski svetovalec