

## Primjena izolacionog materijala i postizanje termičke izolacije kod elemenata montažnih drvenih kuća

### S a ž e t a k

Za gradnju montažnih stambenih objekata postoje raznovrsni materijali. Izbor materijala i njegove kvalitete zavisi o vrsti i namjeni objekta, klimatskim prilikama i načinu oblikovanja. On mora zadovoljiti minimalne zahtjeve toplinske izolacije, difuzije vodene pare i zvučne izolacije. U članku se razmatraju navedene karakteristike kod prefabriciranih drvenih kuća i daje termički proračun prolaza topline za višeslojni vanjski element, i to pojedinačno za tri građevinsko-klimatske zone.

### APPLICATION OF INSULATION MATERIALS AND INSULATING EFFICIENCY OF THE PREFABRICATED ELEMENTS FOR WOODEN HOUSES

#### Summary

Different materials can be used in the construction of prefabricated dwelling houses. Choice of the materials and its quality depend on which purpose the house is built for, on the climatic conditions and on the method of the construction. The applied materials must have a certain minimum of characteristics concerning thermal and sound isolation, and diffusion of water vapor. These characteristics in the prefabricated wooden houses are further discussed. Given is also the calculation of temperatures prevailing within the various layer in the walls for three climatic zones.

### U V O D

Uvjeti boravka čovjeka u prostorijama u kojima živi određeni su tehničkim normativima i propisima gradnje. Nastojeći da se uklope u zahtjev i potražnju koji danas vladaju na tržištu, građevinari su primorani mijenjati stare navike gradnje i nuditi tržištu novije, kvalitetnije i laganije materijale.

Upotreba takvih materijala znatno utječe na vrijeme gradnje i na skupu manualni rad. U cilju rješavanja stambenih potreba u nas, osnovana su brojna specijalizirana poduzeća za podizanje montažnih objekata, namijenjenih za privremeni ili stalni boravak ljudi, odnosno za potrebe šireg društvenog značenja.

Postoje raznovrsni materijali u upotrebi koji čine osnovu gradnje montažnih elemenata. Kakav materijal će se upotrebljavati, koje kvalitete i pod kojim uvjetima, zavisi o vrsti i namjeni objekata, klimatskim prilikama i načinu oblikovanja.

Osnovni kriterij zadovoljenja naznačenih potreba jest pravilna primjena kvalitetnog materijala koji će zadovoljiti minimalne zahtjeve toplinske izolacije, difuzije vodene pare i zvučne izolacije.

Podizanje montažnih objekata i prednosti prihvaćanja ove gradnje su višestruke, a najčešće se ističe:

- kratko vrijeme podizanja i opremanja objekta,
- mogućnost prilagođavanja elemenata potrebnama terena i želji naručioca,
- mala opterećenost konstrukcije,

— relativno povoljna cijena u odnosu na klasičnu gradnju.

Imajući u vidu problematiku i aktualnost potrebe izgradnje stambenih prostora, montažni objekti po naseljima i turističkim mjestima u prednosti su, jer se odlikuju lakoćom prilagođavanja svim sredinama, komforni su, funkcionalni, udobni i jeftini.

### SASTAV ELEMENATA

#### I PRIMJENA IZOLACIONIH MATERIJALA

Pod toplinskom izolacijom u prostorijama podrazumijeva se pravilna primjena materijala kao izolatora kod vanjskih zidova, kako bi se spriječio gubitak topline. Koliko će topline biti zadržano u prostoriji, zavisi o vodljivosti topline odnosnog materijala. Upotrebom odgovarajućeg materijala ostvaruje se toplinska izolacija, a samim tim i ušteda kod ulaganja sredstava u instalacije za grijanje i potrošnju goriva.

Poznato je da o težini i poroznosti materijala ovisi vodljivost topline. Dobar izolator treba posjedovati odgovarajuću čvrstoću, ne smije se mijenjati pri promjenama temperature, mora biti lako obradljiv i otporan na vlagu (kondenziranje pare), kao i posjedovati niz drugih osobina.

Montažni drveni elementi mogu biti izrađeni od slijedećih materijala: drvena profilirana obloga debljine 22 mm sastavljena na pero i utor, krovna ljepenka (barijera prodiranju vlage i para), mineralna vuna djelomično prešana u jastuke i iverica debljine 10 mm. U konstrukciji drvnog elementa iz ovih materijala malazi se i



sloj zraka koji je također dobar izolator. Smatra se da debljina sloja zraka treba iznositi 1/4 od ukupne debljine montažnog elementa.

Od nabrojanih materijala u naznačenoj konstrukciji montažnog elementa, najbolja svojstva izolacije pokazuje mineralna vuna. Debljina sloja zavisi od klimatske zone u kojoj se objekat podiže. Uz poznata termička svojstva, ona se odlikuje vrlo dobrom zvučnom izolacijom, dobrim mehaničkim svojstvima, malom specifičnom toplinom, nezapaljiva je, otporna na starenje, otporna je protiv vlage i kiselina i dr.

Ranije se često kao izolacioni materijal upotrebljavao stiropor. Međutim, u praksi se nije najbolje pokazao, zbog njegova kemijskog sastava i strukture, lake zapaljivosti i podložnosti na napad mikroorganizama i glodara.

Vanjski dio u sloju naznačene konstrukcije čini drvena profilirana obloga. S obzirom na građu drva, taj je dio loš vodič topline. Vodljivost topline zavisi od volumne težine drva, smjera strujanja topline u odnosu na smjer vlakanaca i vlažnosti drva. Što je drvo teže i vlažnije, to je vodljivost veća, i obratno. Za povećanje vlažnosti od 10%, vodljivost topline se povećava za 0,7 — 1,8%.

Iverica se smatra boljim izolatorom, jer je položaj vlakanaca u ploči različito orijentiran, a struktura ploče je porozna, što joj povećava izolacionu vrijednost.

U objektima je potrebno postići punu toplinsku izolaciju, što se obično vrlo teško ostvaruje. To iziskuje ugradbu kvalitetnog materijala u vanjske zidove, stropove i spojeve. Razlika u cijeni s aspekta grijanja se isplati. Analize troškova pokazuju da se ugradbom kvalitetnijeg i vrednijeg materijala cijene povećavaju za oko 3%. Koliki će se toplinski efekat ostvariti u prostorijama ne zavisi samo od vrste materijala i njegovih pozitivnih svojstava. On zavisi i od tolerancije greška kod izrade i ugradbe otvora prozora i vrata, te spojeva elemenata.

#### TEMPERATURA NA POJEDINIM MJESTIMA PREGRADE I NJEZIN DIJAGRAMSKI PRIKAZ PREMA GRAĐEVINSKIM KLIMATSKIM ZONAMA

Toplinski tok, koji prelazi s toplog zraka u prostoriji na unutrašnju površinu pregrade koja je hladna, izražava se koeficijentom konvektivnog prijelaza topline  $\alpha_n$ , izražen u kcal/m<sup>2</sup>h °C. Ovakav način prenosa topline nazivamo prijelazom ili konvekcijom. To je veoma komplicirani način prijenosa topline i ovisi o mnogim faktorima.

Prijenos toplinskog toka kroz pregradu — stijenu od unutrašnje prema vanjskoj površini poznat je pod nazivom provođenje topline. Izražava se koeficijentom toplinske vodljivosti  $\lambda$ , izražen u kcal/mh °C.

Isto tako se prijenos toplinskog toka s vanjske površine pregrade u atmosferu vrši konvekcijom i izražava koeficijentom konvektivnog prijelaza topline  $\alpha_s$ , u kcal/m<sup>2</sup> h °C.

Kolika će toplina proći kroz pregradu u jedinici vremena uz ostalo zavisi od vrste i kvalitete materijala od koga je pregrada izvedena. U koliko je materijal porozniji i volumno lakši, izolacijska svojstva bit će bolja, i obratno.

Pod toplinskim otporom prolaza topline podrazumijeva se otpor materijala prolazu topline i on je jednak recipročnoj vrijednosti koeficijenta prolaza topline 1/k [m<sup>2</sup> h °C/kcal].

Na priloženim poprečnim presjecima vanjskog punog montažnog elementa vidi se dijagramski prikaz temperature na pojedinim mjestima pregrade (stijene), u tri klimatske zone, s pojasom mraza. Ovaj element se sastoji iz više slojeva, pa će i njihov raspored uticati na smjer i intenzitet kretanja toplinskog toka. Tako je iza sloja iverice debljine 10 mm postavljena krovna ljepjenka sa svrhom da spriječi eventualnu kondenzaciju vodene pare u sloju mineralne vune. Mineralna vuna kao odličan izolator dolazi uz unutrašnji sloj elementa. Razlog takvom postavljanju je u tom, što prilikom hlađenja mineralna vuna sa svojom velikom izolacionom sposobnosti, odnosno velikim koeficijentom izolacije, u najnepovoljnijem slučaju održava temperaturu od 0° C nadalje u sredini pregrade.

Odmah na sloj mineralne vune nadovezuje se sloj zraka. Takva gradnja pregrade, prema Pravilniku o termičkim mjerama u uvjetima za toplinsku izolaciju objekta, posjeduje slijedeće prednosti:

- strujanjem zraka u elementu održava se izolacija u subom stanju;
- kondenzacija vodene pare iz zraka vrši se uz sloj krovne ljepjenke, tako da se osnovni izolator (mineralna vuna) neće ovlažiti;
- u žarkim ljetnim danima, kad postoje velike temperaturne amplitude, zračni sloj akumulira određenu toplinu, i tako stvara prijatne uvjete za rad i boravak u objektu.

Termički proračun prolaza topline za višeslojni vanjski element prema pojedinim klimatskim zonama prikazan je u nastavku.

#### I GRAĐEVINSKA KLIMATSKA ZONA

Tabela: 1

Sastav elemenata	Debljina sloja	Koeficijent toplinske vodljivosti
Iverica	$d_1 = 0,01$ [m]	$\lambda_1 = 0,08$ [kcal/m <sup>2</sup> h °C]
Krovna ljepjenka	$d_2 = 0,002$ [m]	$\lambda_2 = 0,016$ „
Miner. vuna	$d_3 = 0,018$ [m]	$\lambda_3 = 0,075$ „
Zrak	$d_4 = 0,042$ [m]	$\lambda_4 = 0,18$ „
Krovna ljepjenka	$d_5 = 0,002$ [m]	$\lambda_5 = 0,016$ „
Drvena obloga	$d_6 = 0,022$ [m]	$\lambda_6 = 0,12$ „

Koeficijent prolaza topline za pregradu bit će:

$$\Sigma \left( \frac{n \cdot d}{1 \cdot \lambda} \right) = \frac{0,01}{0,08} + \frac{0,002}{0,016} + \frac{0,018}{0,075} + \frac{0,042}{0,18} + \frac{0,002}{0,016}$$

$$+ \frac{0,022}{0,12} = 1,03$$

$$\frac{1}{k} = 0,14 + 1,03 + 0,16 + 0,16 + 0,05 = 1,54$$

[m<sup>2</sup> h<sup>0</sup> C/kcal]

$$k = 0,65 \text{ [kcal/m}^2\text{h}^0\text{C]}$$

**Napomena:**

Koeficijenti toplinske vodljivosti ( $\lambda$ ) uzeti su prema tabeli broj 3. »Priročnika za izračunavanje toplotnih gubitaka u zgradama« (3). Koeficijenti konvektivnog

prijelaza topline ( $\alpha$ ) na površinskim slojevima, kao i unutar sloja, uzeti su iz tabele broj 6. Pravilnika o tehničkim mjerama i uvjetima za toplinsku zaštitu zgrada, kao i iz tabele T-11 iz udžbenika »Grejanje i klimatizacija« (4) Prilikom izbora spomenutih koeficijenata pošlo se od činjenice da je pokretljivost zraka minimalna.

**Uvjeti**

Unutrašnja temperatura  $t_u = +20$  [°C]

Vanjska temperatura  $t_s = -12$  [°C]

$$\Delta t = t_u - t_s = 20 - (-12) = 32 \text{ [}^0\text{C]}$$

Kvantitativni iznos prenijete topline:

$$Q = \frac{t_u - t_s}{k} = \frac{32}{1,54} = 20,78 \text{ [kcal/m}^2\text{h]}$$

	Pad temperature	Temperatura sloja
$\frac{1}{\alpha_u}$	= 0,14; 0,14 · 20,78 = 2,90	20,00 - 2,90 = 17,10 [°C]
Iverice:	0,125; 0,125 · 20,78 = 2,60	17,10 - 2,60 = 14,50 [°C]
Krovnja ljepenka:	0,125; 0,125 · 20,78 = 2,60	14,50 - 2,60 = 11,90 [°C]
Mineralna vuna:	0,240; 0,240 · 20,78 = 4,99	11,90 - 4,99 = 6,91 [°C]
$\frac{1}{\alpha_2}$	= 0,16; 0,16 · 20,78 = 3,32	6,91 - 3,32 = 3,59 [°C]
Zrak:	0,233; 0,233 · 20,78 = 4,84	3,59 - 4,84 = -1,25 [°C]
$\frac{1}{\alpha_3}$	= 0,16; 0,16 · 20,78 = 3,32	-1,25 - 3,32 = 4,57 [°C]
Krovnja ljepenka:	0,125; 0,125 · 20,78 = 2,60	-4,57 - 2,60 = 7,17 [°C]
Drvena obloga:	0,183; 0,183 · 20,78 = 3,80	-7,17 - 3,80 = -10,97 [°C]
$\frac{1}{\alpha_s}$	= 0,05; 0,05 · 20,78 = 1,03	-10,97 - 1,03 = -12 [°C]
	<u>32,00 [°C]</u>	<u>-12 [°C]</u>

Po istom principu radi se poračun za ostale građevinske klimatske zone pa slijedi:

**II GRAĐEVINSKA KLIMATSKA ZONA:**

$$\Sigma \left( \frac{n \cdot d}{1 \cdot \lambda} \right) = 1,16$$

Koeficijent toplinskog otpora prolaza

$$\text{topline } \frac{1}{k} = 1,67 \text{ [m}^2\text{ h}^0\text{ C/kcal]}$$

Koeficijent prolaza topline  $k = 0,60$  [kcal/m<sup>2</sup> h<sup>0</sup> C]

**Uvjeti**

Unutrašnja temperatura  $t_u = +20$  [°C]

Vanjska temperatura  $t_s = -18$  [°C]

Kvantitativni iznos prenijete topline:

$$Q = \frac{t_u - t_s}{k} = \frac{38}{1,67} = 22,70 \text{ [kcal/m}^2\text{ h]}$$

**III GRAĐEVINSKO KLIMATSKA ZONA**

$$\Sigma \left( \frac{n \cdot d}{1 \cdot \lambda} \right) = 1,35 \text{ [mh}^0\text{C/kcal]}$$

Koeficijent toplinskog otpora prolaza topline

$$\frac{1}{k} = 1,54 \text{ [m}^2\text{ h}^0\text{ C/kcal]}$$

$k = 0,65$  [kcal/m<sup>2</sup> h<sup>0</sup> C]

**Uvjeti:**

Unutrašnja temperatura  $t_u = +20$  [°C]

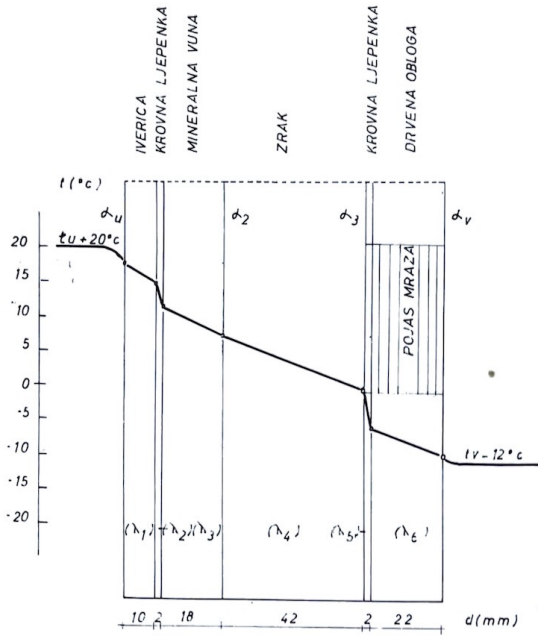
Vanjska temperatura  $t_s = -24$  [°C]

Kvantitativni iznos prenijete topline:

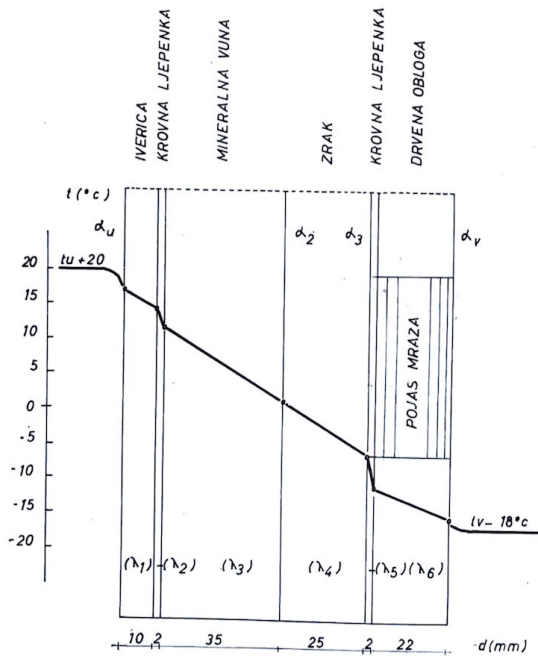
$$Q = \frac{44}{1,54} = 28,57 \text{ [kcal/m}^2\text{ h]}$$

Dijagrami na slici 1, 2, 3 rađeni su na osnovi prednjih parametara za svaku građevinsku klimatsku zonu. Na presjeku stijene vidi se da je sloj glavnog izolatora (mineralna vuna) različite debljine. Ovo je i razumljivo ako se zna da je i različita vrijednost koeficijenata otpora prolaza topline prema Pravilniku o minimalnim tehničkim propisima za termičku izolaciju. Debljina izolacionog sloja određena je na osnovu proračuna





Slika 1. — Dijagram temperature slojeva vanjskog montažnog elementa u I klimatskoj zoni

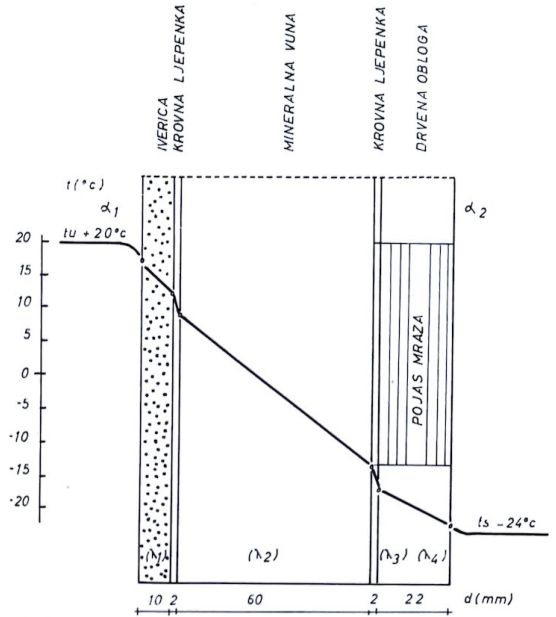


Slika 2. — Dijagram temperature slojeva vanjskog montažnog elementa u II klimatskoj zoni

koeficijenta toplinskog otpora prolaza topline, za datu klimatsku zonu i koeficijenta toplinskog otpora prolaza za 1 cm debljine određenog materijala, koji ulazi u sastav pregrade.

### ZAKLJUČAK

Polazeći od činjenice da montažni objekti zauzimaju značajno mjesto na tržištu, kako sa sta-



Slika 3. — Dijagram temperature slojeva vanjskog montažnog elementa u III klimatskoj zoni

novišta ponude tako i potražnje, neophodno je da se izgradnja i opremanje istih vrši prema tehničkim propisima i uvjetima.

U cilju postizavanja i ispunjavanja spomenutih uvjeta, svaki proizvođač montažnih drvenih objekata mora:

1. Voditi računa o upotrebi kvalitetnog materijala koja zadovoljava uvjete propisane tehničkim normativima.
2. U razvojnim službama imati kvalitetan stručni kadar, koji će vršiti proračune i analize pri primjeni određenog materijala, kako kvalitativno tako i kvantitativno.
3. Na osnovu tih proračuna i analiza, preko tehničke pripreme proizvodnje ispravno isplanirati normativ utroška materijala, i tako zadovoljiti uvjete rentabilnosti i ekonomičnosti poslovanja.

U koliko bi se pridržavali spomenutih načela, sigurno je da ne bi došlo do odstupanja od zahtjeva datih tehničkim uvjetima za izradu spomenutih objekata. Time bi se ostvarila velika ušteda skupocjenog materijala, koji svakim danom postaje sve deficitarniji na tržištu.

### LITERATURA

1. Dančević, D.: (1968) Zvučna i termička izolacija u građevinskim objektima. Zajednica zavoda za zaštitu na radu (NIŠ)
2. \*\*\* (1972) Zvučna i toplotna izolacija i ventilacija-dimnjaci u savremenom zgradarstvu u vezi sa novim propisima. Biro za građevinarstvo — BEOGRAD.
3. Gregorka, D.: (1972) Priručnik za izračunavanje toplotnih gubitaka u zgradama. Gradbeni centar Slovenija (LJUBLJANA).
4. ZRNIC, S. J.: (1967) Grejanje i klimatizacija (BEOGRAD).