

# GRADNJA PASIVNE HIŠE – TOPLOTNI OVOJ STAVBE (3. DEL)

## PASIVNA HIŠA V ROŽNI DOLINI V LJUBLJANI

Besedilo in fotografije:  
**Prof. dr. Martina Zbašnik-Senegačnik,**  
Fakulteta za arhitekturo  
Univerze v Ljubljani

Ciljna energijska učinkovitost hiše v Rožni dolini je bila raba energije za ogrevanje pod  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , osebni izziv pa je bil doseči vrednosti pod  $10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Ukrepi, s katerimi smo znižali rabo energije, so bili: povečanje debeline toplotne izolacije pod temeljno ploščo, vgradnja izolacije z manjšo toplotno prevodnostjo v stene ter večja debelina toplotne izolacije strehe.

V Ljubljani v Rožni dolini gradimo enodružinsko pasivno hišo. To, da smo se odločili za najvišji energijski razred, ni naključje. Že skoraj petnajst let se aktivno ukvarjam z izobraževanjem in promocijo energijsko učinkovitih stavb, pred tem sem se o tem tudi sama izobraževala, med drugim tudi na Passivhaus Inštitutu v Darmstadt pri dr. Wolfgangu Feistu, ki je pasivno hišo razvil.

O pasivni hiši sem napisala lepo število znanstvenih, strokovnih in poljudnih člankov doma in v tujini ter dve monografiji. Knjiga Pasivna hiša je bila prevedena v dva tuja jezika. V slovenščini je izšla v treh nakladah in med investitorji dožive-

la lep odmev. Prvič je bila izdana v ugodnem trenutku, ko je Eko sklad j.s. začel dodeljevati nepovratne finančne spodbude, in pasivne hiše so se začele graditi v večjem obsegu. Pobudniki so bili vedno osveščeni investitorji.

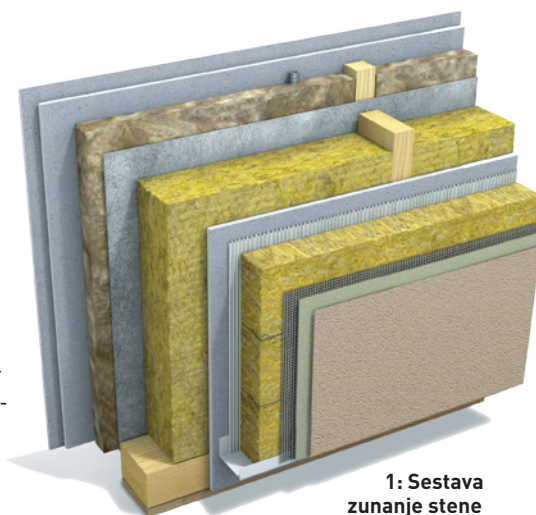
Od 2008 do danes je v Sloveniji nastalo okrog 1000 pasivnih hiš. Ne samo enodružinskih, tudi večstanovanjske, poslovne, proizvodne, veliko vrtcev, v zadnjem letu ali dveh pa precej večnamenskih športnih dvoran.

O gradnji pasivne hiše sem se namenila napisati nekaj prispevkov. Za spodbudo številnim, ki se lotevajo gradnje, pa bi se radi pred tem še malo izobrazili in tudi strokovnjakom različnih strok, ki se ukvarjajo z načrtovanjem in gradnjo, in bi radi nadgradili svoje znanje.

### Načrtovanje in toplotni ovoj

Pričujoči prispevek je nadaljevanje dveh člankov o pripravi temeljne plošče za pasivnih hiš v Rožni dolini, ki sta že bila objavljena na straneh revije Gradbenik. V tem se bom osredotočila na predstavitev toplotnega ovoja pasivne hiše in njegovo izdelavo ter delila strokovni pogled na odločitve pri načrtovanju.

Hiša ima zelo specifično lokacijo, vhod na parcelo je na jugovzhodni strani, na



**2: Za izdelavo montažne hiše je izbran masivni smrekov les ustreznе kakovosti, ki mora biti evidentirana.**

jugozahodni in zahodni strani sončno obsevanje omejujejo sosednje stavbe. Vhod v stavbo je tako na južni fasadi, kar ni običajna praksa. Glede na to, da stoji na elitni lokaciji v centru mesta, obkrožena z dokaj tradicionalno oblikovanimi stavbami, nismo želeli, da bi hiša s svojo pojavnostjo izstopala. Stavba je nastala na lokaciji stare, z volumnom, gabariti in dvokapno streho s kritino v opečni barvi smo želeli ohraniti njenega duha tudi v novi.

Načrti za pasivno hišo so nastajali dobro leto, skupaj s pripravami na rušenje stare hiše, organizacijo začasne selitve itd. V skladu s tem je bila tehnologija gradnje izbrana že pred časom. Hišo smo

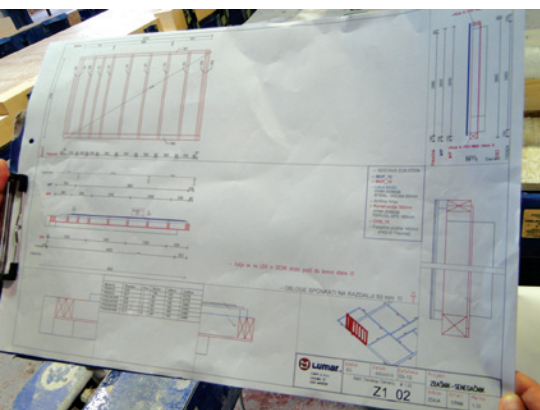


3: Priprava lesenih elementov v delavnici



4: Za kakovostno izvedbo je potrebno skrbno načrtovanje proizvodnje, tudi z evidentiranjem posameznih lesenih elementov.

namreč želeli zgraditi v čim krajšem času, zato smo se odločili za montažno leseno hišo. Poudarjam, da je pasivno hišo najvišje kakovosti možno zgraditi tudi z drugimi gradivi in tehnologijami. Bistveno je, da vsi, ki sodelujejo pri nastanku pasivne hiše, izbrano tehnologijo poznajo in obvladajo. Težja je bila odločitev za proizvajalce. V Konzorciju pasivna hiša imamo veliko vrhunskih podjetij, ki so vredni zaupanja pri gradnji hiše. Odločili smo se za podjetje Lumar IG d.o.o., pri gradnji pa smo sodelovali tudi z drugimi.



5: Vsak montažni element ima svojo delavniško risbo s popisi sestavnih delov.

Za kakovostno izvedbo pasivne hiše je zelo pomembno sodelovanje strokovnjakov z različnih področij v načrtovalski in izvajalski ekipi. Dobro je, da sodelujejo od vsega začetka in skupaj pridejo do ključnih odločitev. Del te ekipe je tudi investitor. Sama sem bila v našem primeru tudi v vlogi arhitektke, saj sem prispevala idejni načrt, na podlagi katerega je podjetje Lumar IG izdelalo dokumentacijo za pridobitev gradbenega dovoljenja.

### Znižanje rabe energije

Pri pasivni hiši je pomemben del projektiranja izračun toplotne bilance z orodjem PHPP (Passivhaus Projektierungspaket), s katerim se potrdi optimalnost zasnove in sestave toplotnega ovoja. Na energijsko učinkovitost sicer najbolj vplivajo karakteristike prosojnega in neprosojnega ovoja. V tej fazi je mogoče spreminjati pozicijo in velikost in tudi toplotno izolativnost oken-skih površin, saj to vpliva na toplotne dobitke in izgube. Pri prosojnem delu ovoja je toplotna prehodnost  $U$  omejena na največ  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , pri neprosojnem pa ne sme presegati  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Ciljna energijska učinkovitost hiše v Rožni dolini je bila doseganje rabe energije za ogrevanje pod  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Prvi izračun s proizvajalčevimi standardnimi sestavi toplotnega ovoja je pokazal letno rabo energije za ogrevanje 12 kilovatnih ur na kvadratni meter ( $12 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ). Osebni izziv je bil doseči vrednosti pod  $10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ .

Potrebni ukrepi, s katerimi smo znižali rabo energije za ogrevanje na  $9,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , so bili: povečanje debeline toplotne izolacije XPS pod temeljno ploščo s 16 na 24 cm, izboljšanje toplotne izolativnosti stene z vgradnjo izolacije z manjšo toplotno prevodnostjo ( $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{mK})$  namesto prvotno izbrane  $\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{mK})$ ).

Toplotno izolativnost strehe se je izboljšalo z večjo debelino toplotne izolacije (50 cm namesto predvidenih 40 cm) in vgradnjo steklene volne ISOVER s toplotno prevodnostjo  $\lambda = 0,032 \text{ W}/(\text{mK})$  namesto prvotno izbrane  $\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{mK})$ . Izračun je pokazal, da je to optimalno izboljšanje, večja vlaganja v toplotni ovoj ne bi imela več smisla. Z izboljšavo toplotnega ovoja stavbe se je cena povežala, razlika je znašala nekaj več, kot je zaradi tega višja subvencija Eko sklada j.s. Ta namreč z nepovratnimi finančnimi spodbudami stimulira gradnjo skoraj nič-energijskih oz. pasivnih stavb.



6: Sestavljanje nosilnega ogrodja montažnega elementa na delovni mizi



7: V montažnih elementih so že vgrajene električne, vodovodne in kanalizacijske cevi.



8: Pomemben sestavni del zunanega ovoja je parna ovira na notranji strani stene, ki je tudi v funkciji zrakotesne ravnine.

### Sestava toplotnega ovoja stavbe

Pasivna hiša v Rožni dolini ima  $193 \text{ m}^2$  ogrevane površine v dveh etažah. S širšo stranico je orientirana proti jugu, kjer so večje zastekljene površine. Na rabo energije za ogrevanje bistveno vpliva sestava toplotnega ovoja po celotnem obodu stavbe.

**Zunanja stena** pasivne hiše je sestavljena iz treh ravnin: osrednja nosilna iz





9: Stene, pripravljene za nadaljnjo obdelavo



10: Pogled na zunanji stenski element s fasadno toplotno izolacijo iz kamene volne



11: Zunanja stena s fasadno toplotno izolacijo z kamene volne, na podstavku iz XPS, že v delavnici dobi temeljni nanos ometa.

smrekovih stebričev in nosilcev debeline 16 cm in vmesno toplotno izolacijo iz kamene volne, na zunanji strani je 14 cm fasadne toplotne izolacije iz kamene volne, na notranji strani je instalacijska ravnina z dodatnimi 6 cm kamene volne. Toplotna



12: Okna so v skladu s smernicami RAL vgrajena že v delavnici, stiki morajo biti skrbno zalepljeni, da zagotavljajo zrakotesnost.

prehodnost zunanjih sten je  $U = 0,109 \text{ W(m}^2\text{K)}$ . Debelina stene znaša 40,6 cm.

Strešna konstrukcija je iz žebeljanih nosilcev. Toplotno izolacijski ovoj proti strehi predstavlja **strop nad nadstropjem**, v katerem je 50 cm steklene volne ISOVER. Toplotna prehodnost  $U = 0,068 \text{ W(m}^2\text{K)}$ .

**Tla proti terenu** so toplotno zaščitena s Seismic toplotno blazino. Pod temeljno ploščo je 24 cm toplotne izolacije XPS, toplotna prehodnost temeljne konstrukcije je  $U = 0,097 \text{ W(m}^2\text{K)}$ .

Hiša ima **previs**, ki je toplotno izoliran s kameno volno in XPS (50 cm,  $U = 0,101 \text{ W(m}^2\text{K)}$ ) in **teraso** nad ogrevanim delom s toplotno izolacijo iz kamene volne in EPS (51,3 cm,  $U = 0,092 \text{ W(m}^2\text{K)}$ ).

**Okna** imajo toplotno prehodnost  $U = 0,74 \text{ W(m}^2\text{K)}$ , **vhodna vrata** Inotherm pa  $U = 0,80 \text{ W(m}^2\text{K)}$ .

Pasivne hiše morajo imeti ustrezno **zrakotesnost**. Zrakotesna mora biti ena od notranjih ravnin toplotnega ovoja. Proizvajalci in izvajalci zrakotesnost dosežejo na različne načine. V sistemu Lumar funkcijo zrakotesne ravnine prevzema parna ovira, ki je v fasadni steni vgrajena za instalacijsko ravnino, v stropu nad nadstropjem pa pod toplotno izolacijo. Stiki med posameznimi trakovi zrakotesne folije (parne ovire) morajo biti dobro prilepljeni med seboj ter na stavbno pohišstvo in temeljno ploščo.

Toplotni ovoj za pasivno hišo je brez **toplotnih mostov**, kar potrjuje tudi certifikat, ki ga je podjetje Lumar IG pridobilo na Passivhaus Institutu v Darmstadt.

PHPP izračun, v katerega se med drugim vnese karakteristike stavbnega ovoja, površine posameznih konstrukcij zunanje ovoj, orientacijo in klimatske razmere ter način prezračevanja (o tem v enem od naslednjih prispevkov) je pokazal, da so transmisijske toplotne izgube pasivne

hiše v Rožni dolini zelo nizke, samo 10,7 W na kvadratni meter. Potrebe po toploti bo zagotavljala toplotna črpalka.

### Izdelava toplotnega ovoja

Montažna hiša začne nastajati v delavnici, v našem primeru v podjetju Lumar IG. Današnji način načrtovanja z digitalnimi orodji omogoča povezovanje načrtovalske in izvajalske faze. Na podlagi arhitekturnih načrtov izdelajo delavniške načrte, ti pa so osnova za razrez lesenih elementov. Naslednji korak je sestavljanje montažnih elementov na posebni delovni mizi. Dimenzije posameznih montažnih elementov so odvisne od konfiguracije hiše, omejene pa z dimenzijami tovornjaka in dostopa do gradbišča. Pri montaži sodelujejo avtodvigala, ki potrebujejo precej manevrirnega prostora – tega pa omejujejo ozke ulice, ki niso primerne za dovoz velikih tovornjakov, sosednje hiše in drevesa ter komunalni infrastrukturni vodi, kot npr. žice električne napeljave.

Statično stabilnost elementov montažne hiše zagotavljajo sestavni elementi iz smrekovega lesa ustrezne kvalitete, za zavetrovanje se uporabijo OSB in mavčno vlaknena plošče. Med lesenimi elementi je toplotna izolacija iz kamene volne. Na notranji strani stenskih elementov se vgradi parna ovira, ki bo služila v ovoju stavbe tudi kot zrakotesna ravnina. Parne ovire v posameznih elementih bo treba na gradbišču zalepiti med seboj, kar mora



13: Pogled na notranjo stran stenskega elementa z vidno parno oviro in utori za sidra, s katerimi se objekt sidra na temeljno ploščo



**14: Element medetažne konstrukcije z vgrajeno toplotno izolacijo iz kamene volne**

biti upoštevano že pri izdelavi. V delavnici se izdelata stenske elemente z vsemi plastmi, tudi s temeljnim nanosom ometa. V elementih medetažne konstrukcije in notranjih sten je kamena volna, ki služi kot zvočna izolacija.

V stenske elemente se že v delavnici skladno s smernicami RAL vgradijo okna. Stiki oken s stensko konstrukcijo morajo biti dosledno zalepljeni z zrakotesnim lepilnim trakom. Zunanje stene že v delav-

nici dobijo fasadno toplotno izolacijo iz kamene volne in v podstavku iz XPS ter temeljni nanos ometa.

Proizvajalci montažnih hiš, tudi Lumar IG d.o.o., so v zadnjih letih razvili dovršeno proizvodnjo, ki omogoča izdelavo montažnih elementov v kontroliranih pogojih, kar zmanjšuje tveganja pri montaži, hkrati pa se skrajša tudi čas sestavljanja stavbe na gradbišču. O tem pa več v sestavku v prihodnji številki revije Gradbenik.



**15: Nalaganje montažnih elementov na tovornjak**



**16: Montažni elementi in druga gradiva za pasivno hišo v Rožni dolini so bila naložena v štiri tovornjake.**