

GRADNJA PASIVNE HIŠE – KAKOVOST ZUNANJEGA OVOJA (5. DEL)

PASIVNA HIŠA V ROŽNI DOLINI V LJUBLJANI – ZRAKOTESEN OVOJ BREZ TOPLLOTNIH MOSTOV

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

V dosedanjih prispevkih o gradnji montažne pasivne hiše, ki jo v Rožni dolini v Ljubljani gradi prof. dr. Martina Zbašnik-Senegačnik, smo predstavili projekt hiše, temeljenje oziroma izdelavo Seismic temeljne blazine, načrtovanje in izdelavo toplotnega ovoja stavbe ter montažo pasivne hiše na temeljno ploščo.

Odločitev za gradnjo lastne hiše je življenjski projekt, ki terja veliko ključnih premislekov precej pred tem, ko se parcelo ogradi z napisom »Pozor, gradbišče!«. Eden ključnih je tudi energijski razred bodoče hiše.

Trenutno optimalna je odločitev za pasivno hišo. Ne samo, da bo ob nekaj odstotkov višjih stroških gradnje hiša v prihodnosti manj odvisna od nepredvidljivega trga energentov – še pomembnejše je bivalno ugodje, ki ga bo nudila. Za to pa sta izrednega pomena ustrezna zasnova in kakovostna izvedba stavbe.

Za doseganje standarda pasivne hiše mora imeti stavba kvaliteten zunanji ovoj, ki je **dobro toplotno izoliran, zrakotesen in brez toplotnih mostov**. Za to pa je potrebno nekaj znanja in izkušenj. Veliko slovenskih izvajalcev ima dovolj znanja za načrtovanje in izvedbo stavbe v standardu pasivna hiša. Pri odločitvi, katerega izbrati, je dobro najprej pregledati njihove reference. Mednje gotovo sodi certifikat, ki ga izdaja Passivhaus Institut dr. Wolfgang Feist iz Darmstadta (v nadaljevanju PHI).

PHI preverja kvaliteto posameznih komponent za vgradnjo v pasivno hišo (stenski in gradbeni elementi, okenski okvirji, vhodna vrata in zasteklitve, prezračevalne naprave, fasadni sistemi, steber – prečka, kompaktne naprave), izdaja tudi certifikat za ustrezno grajeno pasivne hiše.



Gradnja pasivne hiše v Rožni dolini

Na slovenskem trgu je že precej komponent s Certifikatom PHI, večina ponudnikov je vključena tudi v Konzorcij pasivna hiša (za konstrukcijski sistemi ovoja stavbe so certifikat PHI pridobila podjetja **Lumar IG** d.o.o., **Rihter** montažne gradnje d.o.o., **JUB** kemična industrija d.o.o., **Saint Gobain** gradbeni izdelki d.o.o., za elemente za prekinitve toplotnih mostov ga ima **Schöck** Bauteile G.m.b.H., za prezračevalne naprave **Agregat** d.o.o. in **Pichler & Co** d.o.o., za okna **Marles** hiše Maribor d.o.o., strešna okna **Velux** Slovenija d.o.o. in za tesnila tesnila **Iso-Chemie** G.m.b.H.). Trenutno sta v Sloveniji tudi dve zgrajeni hiši s certifikatom PHI (**Lumar IG** d.o.o. in **Marles** hiše Maribor d.o.o.). Seznam kom-

ponent s certifikatom PHI je predstavljen na spletni strani Passivhaus Instituta www.passiv.de. Seveda se stalno dopolnjuje in povečuje.

Nekatera podjetja imajo za svoje komponente oz. tehnične rešitve pridobljen Certifikat Konzorcija pasivna hiša. Te ga je dodelil Konzorcij pasivna hiša po kriterijih, ki jih ima Passivhaus Institut za Certifikat PHI. Certifikat Konzorcija pasivna hiša so pridobila podjetja **Fibran** d.o.o., **Wienerberger** d.o.o., **Knauf Insulation** d.o.o. in **Xella** Porobeton SI d.o.o., in sicer za tehnične detajle, ki izkazujejo ustreznost standardu pasivna hiša (zrakotesnost in odsotnost toplotnih mostov), ter podjetje **Madizajn** Zg. Pirniče d.o.o. za sistem tesnjenja.

Poleg omenjenih je treba izpostaviti še podjetja **Bauta** d.o.o. in **CBD** d.o.o., ki se ponajša s številnimi realizacijami pasivnih hiš. Člani Konzorcija pasivna hiša so tudi projektanti – za arhitekturo **Darja Valič** in **Jasna Starc**, za strojne instalacije **Simon Brlek**, **Tina Špegelj** in **Miha Praznik** (več na www.fa.uni-lj.si/konzorcijph).

Ena od referenc, ki lahko pomaga investitorjem pri izbiri sodelavcev in izvajalcev za kakovosten ovoj stavbe, je gotovo članstvo podjetij in posameznikov v Konzorciju pasivna hiša. Vsi člani imajo veliko znanja, izkušenj in referenc, zanje je izvedba pasivne hiše rutina, kljub temu pa je vsaka posebej še vedno izziv. Vsekakor pa brez težav zagotovijo **stavbo brez toplotnih mostov in z ustrezno zrakotesnostjo**, kar je prva zahteva standarda pasivna hiša.

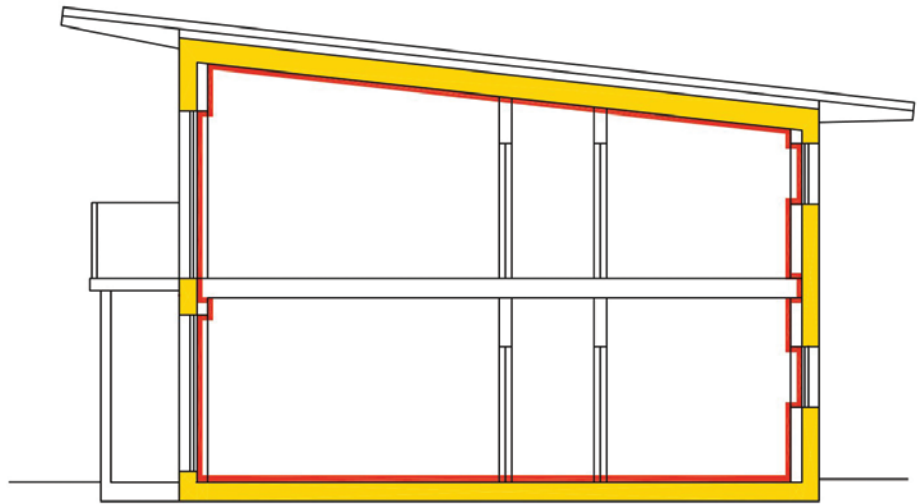
Toplotni ovoj brez toplotnih mostov

Pasivna hiša mora biti v prvi vrsti dobro toplotno izolirana. Toplotne prehodnosti U posameznih konstrukcij neprosojnega dela so lahko največ $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, kar zagotovimo z ustrezno debelino in toplotno prevodnostjo λ toplotne izolacije. Toplotna prehodnost oken in zunanjih vrat je lahko največ $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. S tem se toplotne izgube precej omeji. Velik del toplote pa stavba izgublja zaradi toplotnih mostov, do katerih pride zaradi napak in pomanjkljivosti pri načrtovanju in izvedbi.

Toplotni most je lokalno omejena površina v konstrukciji toplotnega ovoja stavbe, kjer je povečan prehod toplote. Glede na vzrok nastanka delimo toplotne mostove na geometrijske, konvekcijske in konstrukcijske. **Geometrijski toplotni mostovi** nastanejo na mestih, kjer je notranja površina, skozi katero uhaja toplota, manjša od zunanje. Nastanejo na vsakem stiku stene pod določenim kotom. Takrat je notranja površina (tople) stene manjša od (hladne) zunanje. Geometrijski toplotni mostovi so vogali stavbe, priključek stene na kap, čelni napušč in sleme ipd. Pri pasivnih hišah geometrijski toplotni most načeloma ni problematičen, saj zaradi debele plasti toplotne izolacije izžveni.

Konvekcijski toplotni mostovi nastanejo na mestih, kjer skozi špranje ali odprtine nekontrolirano odteka topli zrak. Odpravimo jih z zrakotesnim ovojem.

Najbolj problematični so pri pasivnih hišah **konstrukcijski toplotni mostovi**. Nastanejo tam, kjer je prekinjena plast toplotne izolacije. Največkrat so posledica



Toplotni ovoj stavbe mora imeti neprekinjeni zrakotesno (rdeča črta) in toplotnoizolativno ravnino (rumena črta).

slabo načrtovanih detajlov pri prebojih, previsih (konzolah), priključkih, rebrih, prekinitev toplotne izolacije. Do takih konstrukcijskih napak pri pasivni hiši ne sme priti.

Osnovni princip gradnje pasivne hiše je »**konstruiranje brez toplotnih mostov**«. **Stavbe so brez toplotnih mostov, kadar je linijska toplotna prehodnost $\psi \leq 0,01 \text{ W}/(\text{mK})$ in kadar so notranje površinske temperature ovoja** (pri najnižji temperaturi zunanjega zraka $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ in zemlje $+10 \text{ }^\circ\text{C}$) **vedno nad $13 \text{ }^\circ\text{C}$.**

Pri načrtovanju pasivnih stavb brez toplotnih mostov je treba upoštevati osnovno načelo: toplotnoizolativna plast mora biti načrtovana tako, da brez prekinitve ovije stavbo. Začenši na stiku stavbe s terenom – pod temeljno ploščo je debela plast toplotne izolacije. Stene so dobro toplotno izolirane (pri masivnih stenah najmanj 25 cm in pri lahkih konstrukcijah od 35 do 40 cm), stavbno pohištvo (toplotna prehodnost U najmanj $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) mora biti vgrajeno tako, da toplotna izolacija čim bolj prekriva njihov okvir. Debeli plast toplotne izolacije je tudi v strešni konstrukciji, položena je v več plasteh, da čim bolj prekriva nosilne lesene elemente.

Zrakotesnost

Z zrakotesnostjo se označuje intenzivnost nekontroliranega pretoka zraka skozi konstrukcijo v stavbo ali iz nje zaradi tlačne razlike. Nekontroliran pretok zraka se pojavlja v fugah, špranjah in drugih netesnih mestih na ovoj stavbe. Trditev, da se skozi netesna mesta zagotavlja dotok svežega zraka v stavbo, ni pravilna. Taka izmenjava je nezadostna. Le pri stavbah, kjer ob močnem vetru znotraj hiše že precej vleče, je prezračevanje zadostno.

Za zagotavljanje zrakotesnosti je potrebno paziti na natančno načrtovanje, ki vključuje izdelavo vseh detajlov in njihovo izvedbo. Načeloma je zrakotesna ena od notranjih ravnin stavbe. Sestavljajo jo gradiva z ustrezno zrakotesnostjo (imeti morajo dokazilo o ustrezni zrakotesnosti), stiki med njimi morajo biti prav tako zrakotesni.

Pri stavbah iz opeke ali betona predstavlja zrakotesno ravnino kakovostno(!) izveden notranji omet. Pri lahkih konstrukcijah iz lesa predstavlja zrakotesno ravnino parna ovira na notranji strani stene. Ta je lahko v obliki folije ali OSB plošče. Poleg izbire primerne sistema tesnjenja so pomembni tudi stiki med posameznimi elementi. Za stikovanje se uporabljajo tesnilni trakovi in profili, lepilni trakovi, mehanske pritrditve ipd. Posebno pozornost je potrebno nameniti tudi zrakotesni vgradnji oken in vrat. Zrakotesna ravnina mora biti popolnoma sklenjena po celotnem obodu stavbe (skica zgoraj).

Zrakotesnost se preverja s testom Blower Door, po možnosti takoj, ko je zrakotesni ovoj zgradbe dokončan in je še mogoče izvesti popravke s sprejemljivimi stroški. Postopek je standardiziran (ISO 9972). Za test Blower Door se v odprto vrata ali okna namesti napravo z ventilatorjem, s katerim v hiši ustvarimo nadtlak ali podtlak. Med delovanjem ventilatorja se pri nadtlaku in podtlaku izmeri nastali volumnski tok pri 10 do 70 Pa tlačne razlike. Iz rezultatov se določi karakteristična vrednost pri tlačni razliki 50 Pa. **Za pasivne hiše je določena mejna vrednost $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$** , kar pomeni, da se pri tlačni razliki 50 Pa skozi vsa netesna mesta v hiši odvede ali dovede 0,6 celotnega notranjega volumna zraka v hiši v eni uri.

PREPREČEVANJE TOPLOTNIH MOSTOV IN ZAGOTAVLJANJE ZRAKOTESNOSTI V PRAKSI

Za izvajalca družinske pasivne hiše, ki jo gradimo v Rožni dolini v Ljubljani, smo izbrali podjetje Lumar IG d.o.o. iz Maribora. Ustreznost in kakovost toplotnega ovoja je bila s tem zagotovljena, saj ima proizvajalec za konstrukcije ovoja certifikat Passivhaus Inštituta dr. Wolfgang Feist iz Darmstadta, z njim zagotavlja, da je konstrukcija zrakotesna in brez toplotnih mostov. Zasnova stavbe je bila sicer enostavna in ni izzivala težav na toplotnem ovoju. Vsi detajli, ki jih je narekoval projekt in bi bili lahko problematični, so bili rešeni že v fazi načrtovanja.

Edina težava, ki je posledica standarda pasivna hiša je, da je kota terase v nadstropju, ki je nad jedilnico v pritličju, za cca 25 cm višja od gotovih tal v notranosti etaže, kar narekuje debela plast toplotne izolacije na terasi. Na teraso bomo dostopali preko dveh stopnic ... Arhitekti imamo sicer najraje, da sta koti tal v notranosti in zunanosti enaki. V tem primeru bi morali spustiti strop v jedilnici, kar nam je bilo pa še manj všeč ...

Skrb za kakovosten in ustrezen toplotni ovoj se je začela z izvedbo Seismic temeljne blazine, ki preprečuje izgube toplote na stiku stavbe s terenom (Gradbenik 9/2019 in 10/2019). V delavnici podje-

tja Lumar IG so bili izdelani konstrukcijski montažni elementi za stene in streho naše pasivne hiše (Gradbenik 11/2019).

Kakovostni izdelavi konstrukcijskih elementov mora slediti ustrezna kakovost montaže in zaključnih del na gradbišču. Že majhna nedoslednost bi lahko bistve-



Montaža pasivne hiše na Seismic temeljno blazino



Seismic temeljna blazina preprečuje toplotni most na stiku stavbe s terenom.

no poslabšala karakteristike stavbe. Pri hiši v Rožni dolini je dvodnevni montaži elementov na temeljno ploščo (Gradbenik 12/2019) sledila finomontaža, ki je trajala nekaj mesecev, največja skrb pa je bila namenjena prav preprečevanju toplotnih mostov oz. špranj v konstrukciji.

Preprečevanje toplotnih mostov

Na zunanji strani fasadnih elementov je bilo potrebno dodati toplotno izolacijo na stikih med posameznimi stenski elementi. V stenski konstrukciji je toplotna izolacija iz kamene volne, zadnji sloj je tudi nosilec ometa. Lamele kamene volne



Izvedba podzidca – površino med vertikalno toplotno izolacijo na robu temeljne plošče in montažno steno se zapolni s toplotno izolacijo XPS in prekrije z zaključnim slojem.



Sidra, s katerimi se pritrdi toplotno izolacijo, so vtpoljena v kameno volno ... in prekrita s toplotno izolacijo, kar preprečuje toplotni most.



Nosilna konstrukcija previsa fasade se prekrije s toplotno izolacijo, kar zmanjša toplotni most.



Toplotna izolacija na zunanji strani stene je neprekinjena in prekriva lesene konstrukcijske elemente.

se na steno pritruje s plastičnimi sidri, ki bi lahko predstavljala toplotni most, zato jih utopijo globoko v toplotno izolacijo in prekrijejo. Nosilni elementi, ki nosijo previs stavbe, se prekrijejo s plastjo toplotne izolacije. Med fasadno toplotno izolacijo in vertikalno toplotno izolacijo temeljne plošče se vgradi podzidec z XPS. Na notranji strani se zaključi instalacijsko ravnino.

Zrakotesnost v praksi

Posebno pozornost zahteva zrakotesna ravnina. To je ena od notranji plasti v ovoj stavbe, ki mora biti popolnoma sklenjena po celotnem obodu stavbe. V sistemu Lumar funkcijo zrakotesne ravnine opravlja parna ovira. V montažne elemente je vgrajena že v delavnici, na gradbišču se morajo folije posameznih elementov skrbno zalepiti z lepilnim trakom.

Zrakotesna folija sten v pritličju je z lepilnim trakom nalepljena na temeljno ploščo, na zgornjem delu pa zaobide medetažno konstrukcijo in se spoji s folijo stene v zgornji etaži. Strešna konstrukcija ima zrakotesno folijo pod toplotno izolacijo. Zrakotesno so vgrajena tudi okna, lepilni trak prekriva stik okna s konstrukcijo stene.

Tako, naša pasivna hiša v Rožni dolini je dobro oblečena in obuta – ima izredno kakovosten toplotni ovoj, ki je zrakotesen in brez toplotnih mostov. Na ta način smo toplotne izgube stavbe v primerjavi z običajnimi hišami precej zmanjšali. Močno pa smo omejili tudi dotok svežega zraka, ki ga v stavbi nujno potrebujemo. Sveži zrak bo v stavbo dovajal prezračevalni sistem z vračanjem toplote odpadnega zraka. O tem pa v prihodnji številki revije Gradbenik.



Na stropu proti neogrevanem podstrešju ima funkcijo zrakotesne ravnine parna ovira, ki mora biti zlepljena med seboj z zrakotesnim trakom.



Zrakotesna parna ovira je vgrajena v stenske elemente že v delavnici, na gradbišču se folijo sosednjih elementov zlepi med seboj.



Stik parne ovire v steni nadstropja z zrakotesno folijo, ki prihaja iz spodnje etaže in je zaobjela zunanji rob medetažne konstrukcije.



Zrakotesna folija na zanjem robu medetažne konstrukcije – z notranje strani bo nalepljena na parni oviri v stenskih konstrukcijah pritličja in nadstropja.



Zrakotesna vgradnja okna



Zrakotesna folija stropne konstrukcije proti podstrešju je prilepljena na dimnik.

Predstavnik podjetja Lumar IG d.o.o. opravlja test Blower Door – ventilator v vratih ustvarja v stavbi podtlak in nadtlak.



Rezultat testa zrakotesnosti na pasivni hiši v Rožni dolini – $n_{50} = 0,34 \text{ h}^{-1}$ – v eni uri se bo pri 50 Pa podtlaka ali nadtlaka zamenjalo 34 odstotkov zraka (minimalna zahteva je sicer $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$)