

primljen: 28.01.2023.

korigovan: 20.02.2023.

prihvaćen: 01.03.2023.

pregledni rad

UDK : 728.3:620.92

624.073.8

STRUKTURNI IZOLACIONI PANELI (SIP) U GRADNJI PORODIČNIH KUĆA

Nemanja Marković¹, Dragan Stamenković², Nenad Stojković³, Radovan Cvetković⁴

Rezime : Strukturni Izolacioni Paneli (SIP) predstavljaju sistem za građenje stambenih ili manjih javnih objekata sa veoma efikasnim termičkim karakteristikama. Ovaj sistem je na našim prostorima gotovo nepoznat iako su prvi objekti u svetu napravljeni još pre više od pola veka u Americi. U današnjem vremenu, u uslovima energetske krize i nedostatka radne snage, gradnja montažnih kuća od SIP panela postaje veoma interesantna. SIP panel napravljen je od jezgra koji čini ekspanzirani polistiren (stiropor) ugrađen između dve OSB table. Objekti napravljeni od SIP panela su montažnog tipa i mogu se izvesti u veoma kratkom roku. Izvode se sa ili bez dodatnog drvenog rama unutar nosećih zidova.

Ključne reči: strukturni izolacioni panel, montažna gradnja, drvene konstrukcije, energetske efikasne kuće,

STRUCTURAL INSULATED PANELS (SIP) IN BUILDING FAMILY HOUSES

Abstract: Structural Insulated Panels (SIP) are a system for building residential or small public buildings with very efficient thermal characteristics. This system is almost unknown in our region, even though the first buildings in the world were built more than half a century ago in USA. At the present time, in the conditions of the energy crisis and the lack of workers, the construction of prefabricated houses from SIP panels becomes very interesting. The SIP panel is made of a core consisting of expanded polystyrene (styrofoam) embedded between two OSB boards. Buildings made of SIP panels are prefabricated and can be built in a very short time. They are made with or without an additional timber frame inside the load-bearing walls.

Key words: Structural Insulated Panels, Prefabricated Construction, Timber Structures, Energy Efficient Houses

¹ saradnik u nastavi, dipl.građ.inž., Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, nemanja.markovic@gaf.ni.ac.rs

² glavni izvršni direktor, dipl.maš.inž., Agilus d.o.o. Niš, dsta.agilus@gmail.com

³ Prof. strukovnih studija, dipl.građ.inž., Akademija tehničko-vaspitnih struk. stud. Niš, nenad.stojkovic@akademijanis.edu.rs

⁴ docent, dipl.građ.inž., Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu, radovan.cvetkovic@gaf.ni.ac.rs

1 UVOD

Strukturni izolacioni paneli (SIP) predstavljaju sistem gradnje koji zadovoljava montažnu gradnju energetske efikasne i pasivne kuće. Poslednjih godina sve je veći broj istraživača koji se bave ovom temom. Još davne 1935 godine u laboratoriji Madison, Winsconsin u SAD urađena su početna istraživanja primene ovog sistema. Poslednjih godina urađena su brojna istraživanja primene SIP panela u različitim okolnostima [1-7]. SIP sistem je univerzalni, veoma stabilan i visoko ekološki građevinski sistem za gradnju energetske efikasne, Net-zero i pasivne kuće. Sistem je svestran i varijabilan, može se koristiti kao jedini omotač objekta ili u kombinaciji sa drugima, omogućava efikasno izvođenje zidova, međuspratnih i krovne konstrukcije uz eliminaciju toplotnih mostova [8]. Gradnja ovakvih objekata može se raditi na licu mesta postavljanjem panela i okolnog drvenog rama, ili se mogu prefabrikovati delovi objekta i oni transportovati na gradilište čime se štedi vreme izgradnje. Paneli imaju solidnu nosivost na savijanje i znatno bolju na vertikalni pritisak. Pored toga, zvučna izolacija koja se postiže ovim panelima je na visokom nivou. Naravno, glavna prednost SIP panela jeste izuzetno visoka termička svojstva.

Rad je podeljen u četiri poglavlja. U prvom poglavlju (Uvod) daje se kratak pregled postojećih istraživanja sa osvrtom na osnovne karakteristike gradnje SIP sistema. U drugom poglavlju (SIP paneli – osnovne karakteristike) prikazane su prednosti i mane SIP panela, sklopovi zidova i krovne konstrukcije kao i zakonska regulativa za projektovanje objekata ovog tipa. U poglavlju „Objekti sagrađeni u SIP tehnologiji“ prikazani su izvedeni objekti u svetu i u našoj zemlji. U poslednjem, četvrtom poglavlju, dat je zaključak rada.

2 SIP PANELI – OSNOVNE KARAKTERISTIKE

Objekti izvedeni u SIP (Structural Insulated Panels) tehnologiji predstavljaju prefabrikovani tip gradnje. SIP način gradnje je veoma sličan klasičnom drvenom panelnom (Frame) sistemu gradnje, ali ga karakteriše bolja termička svojstva. SIP panel je noseći konstruktivni element napravljen lepljenjem EPS AF Plus Austroterm debljine 200mm ili 140mm obostrano sa OSB pločama debljine 12mm. Obzirom da su SIP objekti panelnog karaktera pri projektovanju ovog tipa objekata treba poštovati principe slične klasičnim

zidanim objektima ili panelnim AB konstrukcijama, odnosno, noseći elementi konstrukcije su zidovi.

Izvođenje objekata u SIP tehnologiji karakteriše sledeće dobre osobine: 1. Brzo i lako izvođenje; 2. mogućnost fleksibilne prefabrikacije (izvođenje objekta sa pojedinačnim SIP panelima ili sa celim sklopovima – zidovi i ploče); 3. prefabrikacija instalacionih blokova, unutrašnje obrade i drugog; 4. veoma dobre termičke karakteristike; 5. postupak suve gradnje; 6. sopstvena težina objekta je značajno manja od klasičnih zidanih objekata što dovodi do manjeg opterećenja na tlo, racionalnije temeljenje objekta, veća otpornost na seizmičke uticaje; 7. konkurentnost cene u poređenju sa klasičnim načinom gradnje; 8. mogućnost izvođenja pasivne kuće.

Mogu se izdvojiti sledeći nedostaci: 1. nemogućnost fazne gradnje, objekat je neophodno završiti u celosti; 2. uticaj lošeg vremena na izvođenje je značajnije u odnosu na klasičnu gradnju; 3. mogućnost izvođenja samo objekata manje spratnosti; 4. nemogućnost izvođenja objekata većih raspona.

Objekti od SIP panela prevashodno su namenjeni za individualne stambene objekte, jer kod njih prednosti koje SIP tehnologija pruža dolaze najviše do izražaja a mane su minimalne. Međutim, postoji mogućnost i izvođenja višeporodičnih stambenih objekata, škola, vrtića i drugih javnih objekata koji zadovoljavaju svojom spratnošću i rasponima mogućnost izvođenja u SIP tehnologiji. Trenutno ne postoji domaća tehnička regulativa koja ograničava spratnost objekata ovog tipa ali obzirom da je naša zemlja u seizmički aktivnom području, ne preporučuje se veća spratnost od Po+Pr+2. Pri projektovanju svakog pojedinačnog objekta neophodno je uraditi kontrolu nosivosti svih relevantnih konstruktivnih elemenata i dokazati da zadovoljavaju svojom nosivošću. Za objekte u zonama velikih snega (planinski vrhovi) ili jakih vetrova, neophodno je uzeti u obzir specifičnosti koje te regije podrazumevaju. U slučaju da se pojavi potreba za ojačanjem SIP panela u odnosu na standardne panele prikazaneu ovom radu, neophodno je projektom dokumentacijom specificirati pomenute pozicije.

Paneli se mogu izvoditi prema specifikaciji urađenoj od strane projektanta. Za sve panele neophodno je dokazati nosivost i upotrebljivost u skladu sa važećim standardima. Projektom je neophodno obuhvatiti nosivost, stabilnost i kriterijum deformacija panela prema važećim standardima za granična i eksploataciona opterećenja. Svi noseći elementi SIP objekata moraju da zadovolje standarde EN 1995-1-1, EN 1990 i odgovarajuće

delove standarda EN 1991 za opterećenja na objekat koji se izvodi.

Zidovi, međuspratne ploče i krovne ploče moraju da zadovolje kriterijume nosivosti, stabilnosti i upotrebljivosti. Fundiranje SIP objekata izvodi se na betonskim temeljima (kontra ploče, trakasti temelji, temelji samci sa veznim gredama) koje je neophodno dimenzionisati prema opterećenju objekta i tlu na samoj lokaciji. Ankerovanje SIP panela za temelje ostvaruje se ankerima i čeličnim okovom. Seizmičke uticaje objekta neophodno je uraditi u svemu prema važećem standardu EN 1998 i nacionalnim aneksima. Vezu SIP panela za temelje treba posebno proveriti za horizontalna dejstva (seizmički uticaji i uticaj vetra).

Pri projektovanju SIP objekata sve drvene elemente proveriti u smislu naponsko-deformacijskih stanja u skladu sa EN 14081-1. Klase čvrstoća uzeti na osnovu EN 338 i EN 14080. Maksimalni procenat vlažnosti drvenih elemenata ne sme preći granicu od 18% za monolitno drvo. U slučaju upotrebe lepljenog lameliranog drveta procenat vlažnost ne sme biti veći od 16%.

Tolerancija dimenzija poprečnog preseka stubova, greda i drugih drvenih elemenata napravljenih od monolitnog ili LLD mora ispuniti uslov tolerancije klase 1 prema EN 336. Tolerancija mora biti u sledećim granicama: 1. spoljašnji, unutrašnji i međuspratni SIP paneli: dužina ± 5 mm, visina ± 5 mm, debljina ± 3 mm; 2. otvori u SIP panelima: širina otvora ± 2 mm, dužina otvora ± 2 mm; 3. ostali konstruktivni elementi od drveta: širina poprečnog preseka ± 2 mm, visina poprečnog preseka ± 2 mm, dužina ± 5 mm.

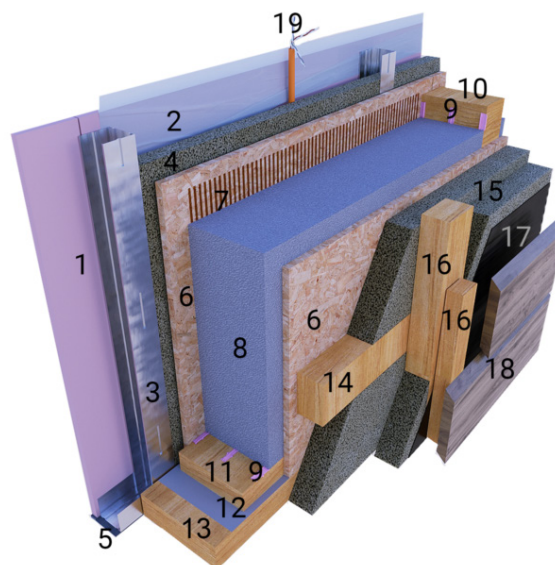
Dimenzije SIP panela mogu varirati u smislu debljine i vrste primenjenog EPS-a kao i OSB table (Slika 1 primer SIP panela).



Slika 1 – SIP panel

Paneli koje primenjuje firma Agilus iz Niša su sledećih dimenzija: zidni noseći SIP panel

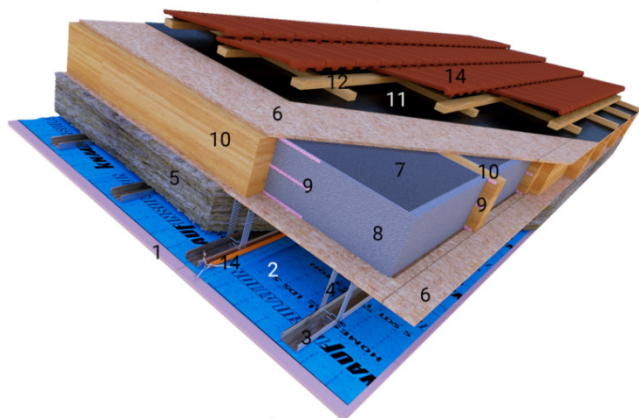
1250x2600x164mm izrađen od OSB 3 (d=12mm) i EPS AF PLUS Austrotherm – stiropor sa prisustvom grafita koji omogućava bolja termoizolaciona svojstva i do 40% (debljine 140mm); dok su međuspratni i krovni paneli dimenzija 625x2500x224mm izrađeni od OSB 3 (d=12mm) i EPS AF PLUS Austrotherm - stiropor (debljine 200mm). Noseća konstrukcija zidova pored SIP panela spreže se sa drvenim ramom koji čine drveni stubovi dimenzija 80/140mm raspoređenih na osovinskom rastojanju 1250mm. Oko otvora postavljaju se drvene grede 40/140mm. Međuspratna i krovna konstrukcija izvedena od SIP panela je debljine 224mm i spregnuta je sa gredama poprečnog preseka 80/200mm raspoređenih na osovinskom rastojanju 625mm. Svi elementi od monolitnog drveta napravljeni su od klase drveta C24.



Slika 2 – Sklop nosećeg zida od SIP konstrukcije sa drvenom fasadom

Takođe, sklopovi zidova mogu varirati kako u dimenzijama noseće konstrukcije tako i u unutrašnjoj i spoljašnjoj obradi. Na slici 2 prikazan je trodimenzionalni prikaz svih slojeva zida sa drvenom fasadom. Slejevi ovog sklopa su sledeći: 1. Gips karton ploča Standard F 12.5mm, 2. Paronepropusna folija 2mm, 3. Aluminijska podkonstrukcija 50mm, 4. Kamena vuna 40mm, 5. Razdelna traka 3mm, 6. OSB 3 12mm, 7. Poliuretanski lepak 2mm, 8. EPS sivi 140mm, 9. PUR lepak 2-4mm, 10. Noseća drvena konstrukcija 80/140mm, 11. Drvena greda 40/140mm, 12. Geotekstil 2mm, 13. Drvena greda 50/170mm, 14. Drvena greda 80/50mm, 15. Kamena vuna

50+30mm, 16. Drvena greda 50/30mm, 17. Paropropusna-vodonepropusna folija 2mm, 18. Fasadsna daska – romb 140/20mm, 19. Električne instalacije.



Slika 3 – Slojevi krovne konstrukcije od SIP panela

Krovna konstrukcija izvodi se u sledećim slojevima:

1. Gips karton ploča Standard F 15mm, 2. Akrilna parna brana 2mm, 3. Montažni CD profil 60x27mm, 4. Direktni držač za CD profil 200mm, 5. Kamena vuna 150mm, 6. OSB3 12mm, 7. Poliuretanski lepak 2mm, 8. EPS sivi 200mm, 9. PUR lepak 2-4mm, 10. Drvena noseća konstrukcija 80/200mm, 11. Krovna paropropusna-vodonepropusna folija 2mm, 12. Krovni roštilj od podužnih i poprečnih letvi 2x30/50mm, 13. Crep, 14. Električne instalacije.

3 OBJEKTI SAGRAĐENI U SIP TEHNOLOGIJI

Gradnja SIP tehnologijom kao što je već napomenuto ima svoje prednosti i mane. Do sada primenjena je za objekte manje zahtevnosti u pogledu nosivosti i raspona. Dominantna prednost objekata napravljenih u ovom sistemu gradnje je da su energetske veoma efikasni i da je brzina gradnje izuzetno povoljna. Zbog svega toga, najveći broj objekata građenih u ovom sistemu su porodične kuće. U ovom delu rada izdvajamo tri porodične kuće koje su sagrađene u Holandiji, Norveškoj, Čileu i projekte kuća koje se grade u naselju Vinik u Nišu. U daljem tekstu rada biće prikazani objekti u kontekstu mogućnosti koje SIP tehnologija pruža bez većeg opisa karakteristika samih objekata.

3.1 PORODIČNA KUĆA U HOLANDIJI

Porodična kuća spratnosti Pr+Pk projektovana i izvedena u SIP tehnologiji nalazi se u gradu

Vinkeveen u Holandiji. Projekat je urađen od strane SIPEUROPE s.r.o. iz Nitre u Slovačkoj. Objekat je približno kvadratnog oblika u osnovi sa dvovodnim krovom. Noseći zidovi i krovna konstrukcija urađeni su od SIP panela. Zanimljivost za ovaj objekat je ta da je sav materijal za gradnju kuće dovezen brodom. Dosta kuća u ovom gradu ima pristup samo brodom.



Slika 4 – Kuća tokom izgradnje [9]



Slika 5 – Dovoz materijala za gradnju [9]



Slika 6 – Završen objekat – pogled sa strane [9]



Slika 7 – Završen objekat – frontalni pogled [9]



Slika 10 – SIP paneli za gradnju kuće [10]

3.2 PORODIČNA KUĆA U NORVEŠKOJ

U ovom delu radu prikazuje se još jedan primer porodične kuće izvedene u SIP sistemu gradnje. Lokacija objekta je Gaustablikk u Norveškoj i izvedena je 2019 godine. Projekat „Storen Pluss Hytte“ je potpisan od strane arhitektonskog tima Vardal Arkitekter a izvođenje je urađeo Riggenholt Eiendom AS.



Slika 11 – Završen objekat – izgled enterijera [10]



Slika 8 – Završen objekat – izgled fasade [10]



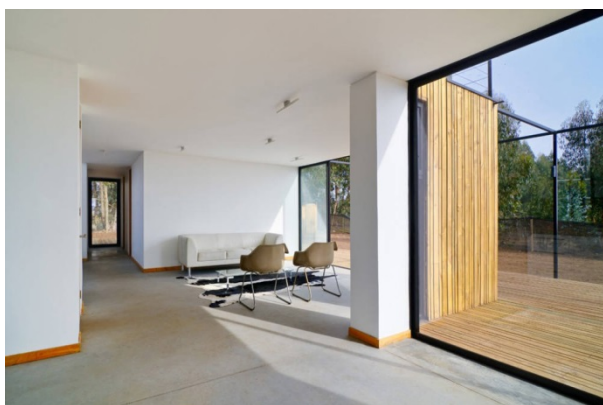
Slika 9 – Objekat tokom gradnje [10]

3.3 PORODIČNA KUĆA U ČILEU

Treći objekat koji će biti prikazan u ovom radu jeste kuća urađena od SIP panela koju su projektovali arhitekte Gabriel Rudolphy i Alejandro Soffia. Godina izgradnje je 2011 na lokaciji Santo Domingo u Čileu. Površina kuće je 139m². Objekat je izveden iz samo dva tipa SIP panela: prvi zidni panel dimenzija 122x244x11.4cm i drugi međuspratni panel dimenzija 122x488x21cm. Za samo 10 dana ugrađeno je 71 zidni panel i 40 međuspratnih panela, dok je rastur materijala bio zanemarljiv [11]. Primenjen je koncept modularne gradnje.



Slika 12 – Završen objekat – izgled fasade [11]



Slika 13 – Završen objekat – izgled enterijera [11]

3.4 STAMBENO NASELJE – VINIK NIŠ

Mlada inovativna kompanija Agilus d.o.o. iz Niša (www.agilusbuild.com) proizvodi i gradi u SIP sistemu gradnje. Njihov projekat je i stambeno naselje koje čine slobodno stojeće kuće u kuće u nizu projektovane na parcelama jedna do druge tako da se u potpunosti uklape u prirodni ambijent koji nudi Vinik (prigradsko naselje u okolini Niša pozicionirano na osunčanoj uzvišici koja zbog svoje orijentacije i

položaja predstavlja atraktivno mesto za gradnju individualnih stambenih kuća). Na sledećim slikama biće prikazane kuće koje su u postupku gradnje na pomenutoj lokaciji.



Slika 14 – Kuća od SIP-a – TIP 1



Slika 15 – Kuća od SIP-a – TIP 2



Slika 16 – Kuća od SIP-a – TIP 3

4 ZAKLJUČAK

Cilj rada je da se prikažu osnovne karakteristike gradnje objekata u SIP sistemu. Fokus rada je da upozna stručnu javnost sa SIP sistemom gradnje, njegovim prednostima i manama. Gradnja drvenih kuća, pri čemu SIP sistem je jedan od sistema gradnje drvenih objekata, sve je popularnija u svetu i kod nas. SIP objekti kombinuju prednosti skeletnih drvenih kuća sa akcentom energetske efikasnosti. Obzirom na manjak radne snage u građevinskoj operativi, sve veću ekološku svest građana, manja upotreba energenata za hlađenje i zagrevanje objekata i savremene potrebe života, gradnja montažnih ekološki i energetski održivih objekata sve je popularnija. Brza montaža objekta na lokaciji, proizvodnja panela ili sklopova objekata u fabrici i montažni „suvi“ postupak gradnje čini ovaj sistem atraktivnim u smislu znatno manje potrebe radnje snage a većeg angažovanja visokoobrazovanih lica. Prikazani objekti u radu samo su primeri objekata koje su izvedeni u ovom sistemu sa ciljem upoznavanja mogućnosti gradnje pomoću SIP panela.

LITERATURA

- [1] Dharmasena, K.P., Wadley, H.N.G., Williams, K., Xue, Z., Hutchinson, J.W.: **Response of metallic pyramidal lattice core sandwich panels to high intensity impulsive loading in air.** *International Journal of Impact Engineering*, 38, 275-289, 2011.
- [2] Frostig, Y., Thomsen, O.T.: **Non-linear thermo-mechanical behaviour of delaminated curved sandwich panels with a compliant core.** *International Journal of Solids and Structures*, 48, 2218-2237, 2011.
- [3] Hoo, F., Michelle, S., Sirivolu, D.: **A wave propagation model for the high velocity impact response of a composite sandwich panel.** *International Journal of Impact Engineering*, 37, 117-130, 2010.
- [4] Kim, B., Lee, D.G.: **Mechanical properties and design of sandwich materials.** *Composite structures*, 17, 321-328, 1986.
- [5] Malekzadeh, K., Khalili, M.R., Olsson, R. Jafari A.: **Higher-order dynamic response of composite sandwich panels with flexible core under simultaneous low-velocity impacts of multiple small masses.** *International Journal of solids and structures*, 43, 6667-6687, 2006.
- [6] Mohammad, P., Abang, A.A.A., Yen, L.V.: **Structural Insulated Panels: Past, Present and**

Future. *Journal of Engineering, Project and Production Managemet*, 3(1), 2-8, 2013.

- [7] Panjehpour, E.W.K.L., Deepak T.J.: **Structural Insulated Panels: State-of-the-art.** *Trends in Civil Engineering and its Architecture* 3(1), 2018.
- [8] www.agilusbuild.com
- [9] <https://www.sipeurope.eu/en/referencie/detached-houses,panel-buildings,prefabricated-buildings/vinkeveen-netherlands/>
- [10] <https://www.sipeurope.eu/en/referencie/cottages-recreational-facilities,prefabricated-buildings/gaustablikk-norway/>
- [11] "SIP Panel House / Gabriel Rudolphy + Alejandro Soffia" 26 Apr 2012. ArchDaily. Accessed 26 Jan 2023. <<https://www.archdaily.com/229559/sip-panel-house-alejandro-soffia-gabriel-rudolphy>> ISSN 0719-8884