

E-dom

energetski i ekološki održiva zgrada budućnosti

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije radi na novom energetsko-ekološkom projektu, nazvanom E-dom, čiji je *spiritus movens*: uklapanje u prirodu, korištenje tradicionalnih i novih vrijednosti, očuvanje okoliša i hrabrost, ne samo za osmišljavanje, nego i za primjenu novog i još nepoznatog

Dr. sc. Zvonimir Glasnović
Mr. sc. Mladen Sesartić

Zašto zgrade od prirodnih materijala?

Obzirom da zgradarstvo praktički predstavlja pojedinačno najveći segment potrošnje energije u EU (preko 40%), logično je da se posljednjih godina sve više pobuđuje in-

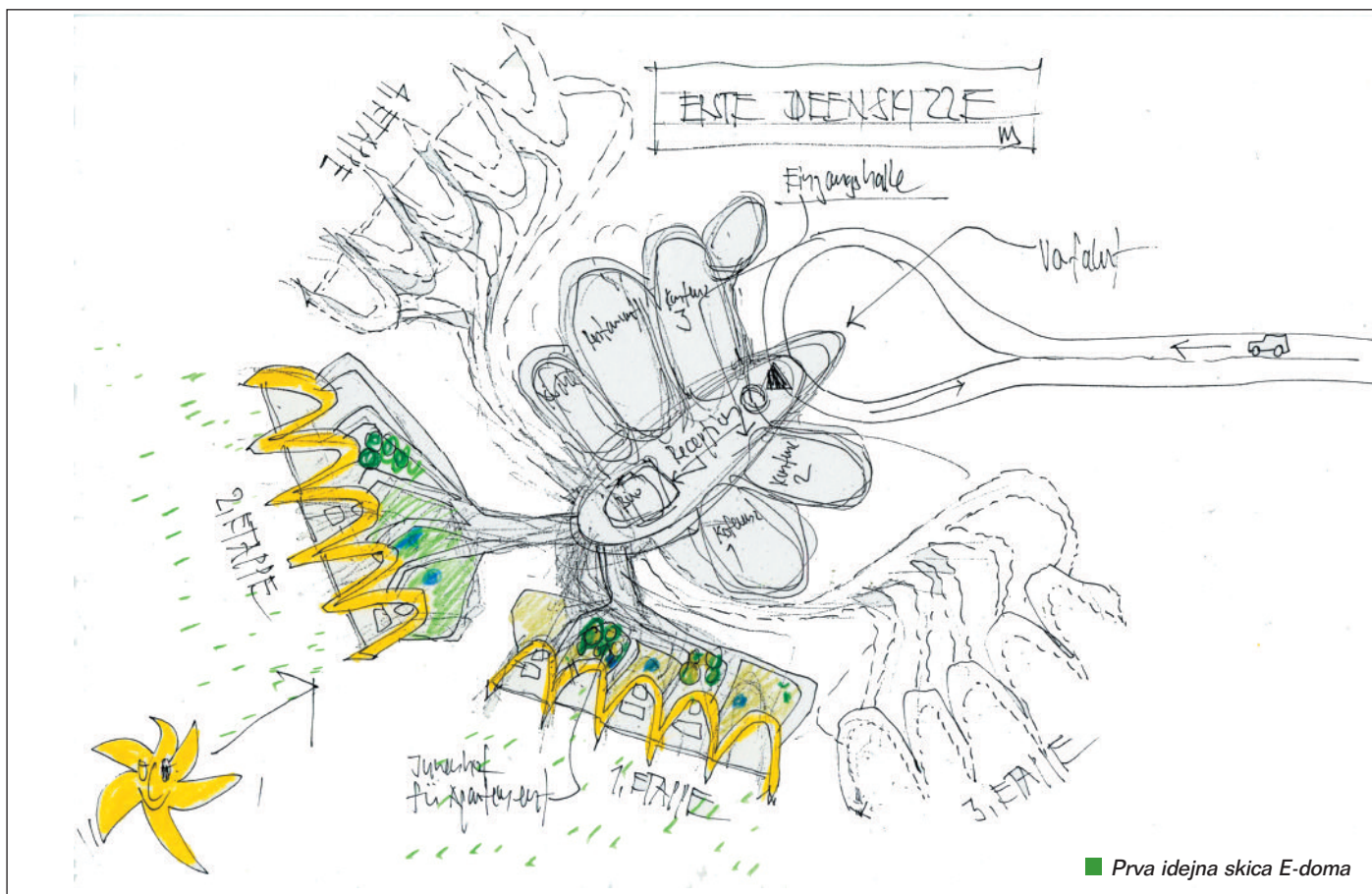
teres znanstvene i stručne javnosti u nalaženju novih tehnologija za povećanje energetske učinkovitosti zgrada i primjenu obnovljivih izvora energije.

Potrošnja energije u zgradama se obično odnosi na toplinsku energiju

potrebnu za grijanje prostora i osiguranje potrošne tople vode, zatim na električnu energiju i tzv. primarnu energiju. Dok su prva tri navedena dijela energetske potrošnje dobro poznata, široj, pa čak i stručnoj, javnosti je malo poznata upravo ta primarna energija. Ona predstavlja energiju koja je potrebna da bi se određeni građevinski materijal ili

tehnologija proizvela i jako varira od proizvoda do proizvoda. I dok je za standardne građevinske elemente potrebno relativno mnogo primarne energije, jasno je da se najmanje primarne energije troši upotrebom prirodnih materijala (čak i do 10 puta manje).

Osim energetsko-ekološkog aspekta, sve više se razmatra i zdrav-



■ Prva idejna skica E-doma

stveni aspekt zgrada u kojima živimo ili boravimo, odnosno boravka u takvim prostorima koji neće imati nepovoljan utjecaj na zdravlje ljudi. To se prije svega odnosi na termalni komfor i osiguranje svježeg zraka tako da sustavi kontrolirane ventilacije danas imaju potpuni prioritet u navedenom smislu. Pri tome se posebna pozornost posvećuje zaštiti od radona, plina koji se sve češće spominje kao jedan od vrlo nepovoljnih utjecajnih faktora na zdravlje ljudi.

Oba navedena aspekta, tj. i energetske-ekološki i ovaj drugi kojim se osigurava zdravo stanovanje, ujedno su veliki interes EU javnosti za zgradama koje su napravljene od prirodnih materijala.

Što se želi postići projektom E-dom?

Spomenuti energetske-ekološki uvjeti novog tipa gradnje su i podloga za pokretanje tehnološko-razvojnog projekta pod nazivom "E-dom", koji u osnovi predstavlja manji hotel u blizini Zagreba. Cilj projekta je pokazati kako se na sustavan na-



■ *Mogući izgled hodnika budućeg E-doma napravljenog od drveta*

čin mogu primijeniti nove tehnologije u svrhu postizanja potpune energetske neovisnosti i ekološke održivosti predmetne zgrade hotela te osiguranje što zdravijih uvjeta boravka u takvim prostorima, a uz naravno što manje troškove ulaganja.

Osnovna namjena E-doma kao hotelskog smještaja je obogaćivanje ponude Zagreba u smislu kongresnog turizma, pri čemu bi relativno mala kongresna dvorana u njemu osiguravala prostor za održavanje work-

shopova, sastanaka, konvencija, izložbi, seminara i sl., kada neki svjetski kongres po određenoj temi prijeđe na rad po sekcijama (tzv. "break outs"). To je i prilika da se, bez obzira na temu nekog takvog kongresa, skrene pažnja na važnost tema energije i ekologije koje se danas reflektiraju na sve segmente ljudskog života. Zbog toga se E-dom planira kao ekskluzivni prostor (wellness centar, bazen, kao i ostali sadržaji neophodni za hotel s pet zvijezdica) s

puno maštovitosti u oplemenjivanju boravka u njemu (bilo za delegate, bilo za osobe u pratnji) te s vrhunskim tehničko-tehnološkim uvjetima i opremom koja će se moći pokazati u svom radu. Hotel će imati oko 20 apartmana, raspoređenih na dva kata, kojima se želi pokazati i mogućnost katnosti takvih građevina.

Međutim, iako je E-dom prvenstveno namijenjen kongresnom turizmu, ta zgrada bi mogla poslužiti i kao paradigma sličnih zgrada koje bi



■ *Mogući izgled apartmana u izgradnji*



■ *Mogući izgled apartmana nakon završetka izgradnje*

se mogle izgraditi u Hrvatskoj, ali i dalje u svijetu, a koje ne bi bile same sebi svrha, ili samo eksperimentalnog karaktera, već prostori u kojima bi ljudi rado boravili i živjeli.

Zbog toga projekt E-doma ima više namjena i u tom smislu bi takve građevine mogle biti: osnova agroturizma; promoviranja novog tipa gradnje i novih tehnologija energetske učinkovitosti; njima bi se moglo ukazati i na maksimalnu zaštitu kulturnih vrijednosti te prirode i okoliša; razvijati koncepcija poboljšanja kvalitete života i radnih uvjeta, gospodarska učinkovitost radi osiguranja stabilnog dohotka i primjerenog životnog standarda poljoprivrednika na seoskom području te skladan razvitak poljoprivrednih regija; povećati mogućnosti održivog razvoja seoskih područja sa suvremenim razvojnim programima; povećati zapošljavanje i usmjereni razvitak područja prema tercijarnim djelatnostima te razvoj sustava tržišta turističkih mogućnosti (seoski turizam, ekoturizam, kongresni turizam i rekreativni turizam), pri čemu će se sam E-dom, kao hotelski smještaj, okrenuti tzv. "fer-turizmu" čiji je cilj jednako zadovoljstvo i davatelja i primatelja usluga kao i lokalne zajednice.

Nadalje, takav tip gradnje i primijenjenih tehnologija energetske

učinkovitosti i obnovljivih izvora energije nije pogodan samo za individualne stambene objekte, već se od prirodnih materijala i s novim tehnologijama mogu graditi i manje poslovne građevine.

No, obzirom na zaista veliku širinu ovakvog tipa projekta, Fakultet kemijskog inženjersva i tehnologije je u prvoj fazi okupio tim iskusnih stručnjaka različitih struka od: kemijskih inženjera (dr.sc. Ljubica Matijašević, dr.sc. Ante Jukić, Igor Dejanović, te dr.sc. Robert Wimmer iz instituta GrAT - Center for Appropriate Technology at the Vienna University of Technology), energetičara zgrade (mr.sc. Mladen Sesartić iz Švicarske) te strojarskih inženjera (dr.sc. Veljko Filipan, Tomas Doerig iz Švicarske i Dino Omahić koji je ujedno i idejni začetnik E-doma) i elektro inženjera (dr.sc. Zvonimir Glasnović) te za cjelovito arhitektonsko-urbaniističko rješenje također angažirao i jednog od najboljih svjetskih arhitekata na području zgrada od prirodnih materijala, mr.sc. Wenera Schmidta (Atelier Werner Schmidt iz Švicarske). Zbog toga je realno očekivati da će izgradnja E-doma ujedno postati i osnova za uspostavu jednog potpuno novog standarda građenja, a koji bi mogao regulirati ovakvu gradnju u budućnosti.

Tehnologije građevine od prirodnih materijala do potpune energetske neovisnosti

Građevinski materijali

Osnovni građevinski materijali od kojih će se zgrada izgraditi će biti prirodnog porijekla. Tu se u prvom redu misli na drvo, slamu, glinu, ovčju vunu i sl. Zidovi će biti napravljeni od prešane slame koja će biti debljine od 90 do 120 cm. Na taj način se osigurava vrlo mali koeficijent prolaza topline (ispod $0.1 \text{ W/m}^2\text{K}$), a što takav zid svrstava među najbolje izoliranim konstrukcijama.

Na zgradi se predviđaju energetski učinkoviti prozori koeficijenta prolaza topline ispod $0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$, a na južnoj strani i solarni zidovi kojima će se zahvaćati solarne energije te time smanjiti potrebe za grijanjem unutarnjih prostora na toj strani zgrade i do 35%. Stropovi zgrade, te dijelovi fasade bi bili načinjeni od termički obrađenog drveta (thermowood) koje u svojoj eksploataciji pokazuje vrlo dobra svojstva i otpornost na atmosferske uvjete. Upravo zbog sve većeg interesa za prirodne građevinske materijale, Fakultet kemijskog inženjersva i tehnologije će intenzivirati svoje aktiv-

nosti na razvoju i primjeni novih tehnologija na tom području.

Toplinska energija (grijanje prostora i topla voda)

Grubi energetske proračuni zgrade pokazuju da bi potrošnja energije za grijanje prostora mogla biti ispod vrijednosti od $6 \text{ kWh/m}^2\text{g}$., a što je znatno manje čak i od pasivnog, odnosno Minergie-P standarda građevine ($15 \text{ kWh/m}^2\text{g}$.). Obzirom da se radi o hotelskom prostoru, logično je planirati relativno velike potrebe za toplom vodom. Također grubi proračuni pokazuju da bi se ta potrošnja mogla kretati između 15 i $20 \text{ kWh/m}^2\text{g}$. Potrebna toplinska energija i za grijanje prostora i za potrošnu toplu vodu će se osiguravati



■ Primjer gradnje i gotove kuće sa zidovima od slame u Wahlen bei Laufen, Švicarska



paralelno iz dva izvora, tj. uz pomoć geotermalne dizalice topline i solarnih termalnih kolektora, pri čemu će se koristiti: ravni, vakuumski cijevni i hibridni termalno-fotona-ponski kolektori.

Međutim, kako je Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije pred sebe postavio još jedan izuzetno zahtjevan cilj, odnosno postizanje potpune energetske neovisnosti ovakvog objekta, te činjenice da se ljeti mogu proizvesti relativno velike količine toplinske energije iz solarnih kolektora, a da su po zimi evidentni manjkovi te energije, projektom se predviđa i sezonski spremnik energije kojim bi se ovi viškovi i manjkovi toplinske energije međusobno uravnotežili. S druge strane, planirani sezonski spremnik energije bi znat-

no smanjio i potrebni kapacitet geotermalnih dizalica topline jer bi se toplina iz njega mogla zimi koristiti i za grijanje hotelskih prostora.

Hotelska zgrada će se projektirati s posebnom prostorijom (strojarnicom) iz koje će se distribuirati toplinska energija u sve prostore zgrade. U zgradi će se predvidjeti podna grijanja te stropna hlađenja jer će se tako osigurati maksimalno učinkovita distribucija energije, dok će i sustav ventilacije također imati svoj doprinos u grijanju i hlađenju hotelskih prostora.

Električna energija

Iako će se u E-domu koristiti energetske učinkovite električne potrošači (svi A klase), ipak se zbog ekskluzivnosti prostora očekuje re-

lativno velika potrošnja električne energije. Najveći dio te energije će se trošiti za električnu rasvjetu koja će se zbog toga vrlo pažljivo projektirati, jer se istovremeno mora postići i maksimalni komfor (relativno visoka razina rasvjete kao i potrebne boje svjetlosti) i što manja potrošnja električne energije.

Uz rasvjetu, drugi relativno veliki potrošači električne energije bi mogao biti hotelski restoran, ali i dizalica topline, a koja postiže svoju vršnu snagu upravo u zimskim mjesecima kada je i najmanje dozra-čene Sunčeve energije.

Obzirom na postavljeni cilj projekta o postizanju potpune energetske neovisnosti, pokrivanje potreba za električnom energijom bi se ostvarilo pomoću solarnih fotonapon-

skih kolektora. Oni će se postaviti i na krovu glavne zgrade hotela i na pojedinim apartmanima (koristit će se i hibridni solarno-termalni kolektori te najnovija tehnologija ugradbenih aktivnih fotonaponskih slojeva na staklima). Nazivna električna snaga fotonaponskih kolektora bit će određena na osnovi potreba za električnom energijom i mogućnosti njene proizvodnje iz tih kolektora. Pri tome se za takav sustav predviđa i neophodno skladištenje električne energije vodikovim sustavom kojim će se uravnotežiti dnevni i sezonski viškovi i manjkovi električne energije.

Usklađivanje tehnologija

Svi aktivni sustavi za zahvat i spremanje energije će biti optimirani, odnosno dimenzionirani tako da na najbolji način zadovolje potrebe za energijom u klimatskom području zgrade E-doma. Pri tome je bitno uvažiti ekonomsko-tehničke uvjete te međusobni odnos tih tehnologija (npr. veći broj termalnih kolektora, značit će i manju dizalicu topline i manju električnu snagu fotonaponskih kolektora, a to bi moglo rezultirati u relativno manjim ulaganjima - ili ako se npr. projektira relativno veće spremište topline, to bi opet moglo imati slične reperkusije, itd.). Obzirom na zahtjevnost ovako složenog sustava i predmetnog problema optimalnog dimenzioniranja opreme u navedenim tehnologijama, a što je u djelokrugu sistemskog inženjerstva, ono je od posebnog interesa za Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije.

Da bi hotelski prostori E-doma imali maksimalni komfor, zatim da bi se postigla maksimalna energetska učinkovitost te da bi se ostvarila i neophodna zaštita objekta (požar, provala, poplava, itd.), zgrada će se projektirati kao inteligentna. Pojednostavljeno to znači da će u zgradi biti postavljeni razni senzori i aktuatori, a koji će upravljati svim sustavima zgrade prema situacijama koje će ti inteligentni sustavi prethodno naučiti, odnosno za koje će se prethodno programirati.



Zdravo stanovanje

Reguliranje zraka

Osnova zdravog stanovanja je zdrav zrak koji će se u E-domu osiguravati kontroliranom ventilacijom, pri čemu će se, između ostalog, i koncentracija radona svoditi na one količine koje nisu štetne za ljudsko zdravlje. Također, smještanjem biljaka u takve prostore, oni će dobiti ne samo na estetskoj vrijednosti, već i na poboljšanju kvalitete zraka jer će te biljke stvarati kisik i vezivati na sebe otrovne komponente. To se najbolje postiže tzv. zelenim zidovima, tj. zidovima koji su obrasli biljkama i na taj način u sebi objedinjuju funkcionalnost i moderni dizajn (interesantni su podaci da se njima postiže i do 10% ušteda u energiji koja je potrebna za ventilaciju te da se optimalna kvaliteta zraka postiže kada se zelenim zidovima pokrije oko 1% tlocrtno površine određenog prostora). Zahvaljujući mikroorganizmima koji žive u korjenovom sustavu biljaka, zagađivači zraka poput formaldehida, toluena i benzena mogu se na taj način pretvoriti u bezopasnu vodu i ugljični dioksid. Naime, same biljke ipak nemaju toliki utjecaj na razgradnju otrova prisutnih u zraku, nego one zapravo pružaju ekološko okruženje za učinkovito funkcioniranje tih mikroorganizama.

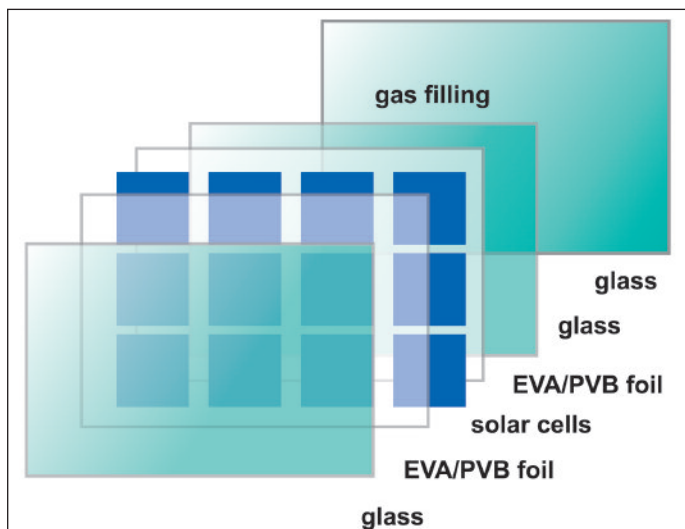
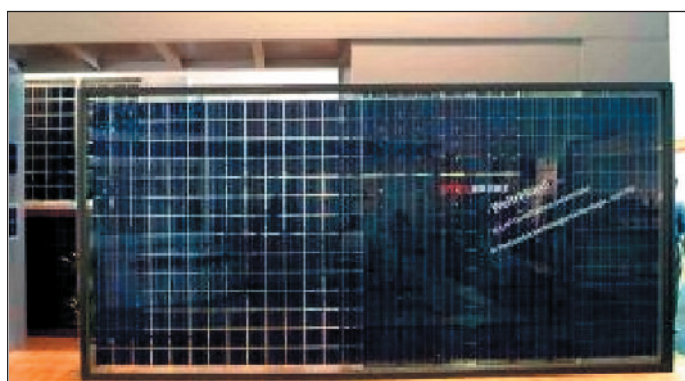
Glavni zagađivač zraka u stam-

benim prostorima su tzv. *hlapljivi organski spojevi* ili poznati VOC (od eng. *Volatile Organic Compounds*), u koje spada široki broj organskih supstanci koje se nalaze u bojama, lakovima i elektronskoj opremi. To su tvari koje sadrže ugljik i različite omjere ostalih elemenata poput vodika, kisika, fluora, klor, broma, sumpora i dušika. One lako postanu pare ili plinovi na sobnoj temperaturi i često imaju oštar miris. Hlapljive organske tvari sudjeluju u stvaranju površinskog ozona, a površinski ozon čini veliku komponentu smoga. Izlaganje VOC-ima može uzrokovati zdravstvene probleme, kao glavobolju, umor, suhe oči te bolesti dišnih puteva kao npr. astmu. Neke vrste biljaka (npr. *Howea forsteriana*, *Spathiphyllum wallisii* var *Petite* i *Dracaena* sp.) mogu u roku od 24 sata ukloniti gotovo 100% svih količina VOC-a u zraku.

Za uklanjanje formaldehida najviše se koriste *Philodendron*, *Chlorophytum comosum*, *Sanseveria trifasciata* i *Aloe barbadensis*. Cvjetne biljke kao *Gerbera Jamesonii* i *Chrysanthemum* čiste zrak od benzena. *Dracaena massangeana* i *Spathiphyllum wallisii* također efikasno uklanjaju benzen. Pri tome *Spathiphyllum* dodatno neutralizira statički elektricitet koji nastaje uporabom elektronskih uređaja u prostorijama. Osim činjenice što čiste zrak i stvaraju kisik, zeleni zidovi mogu smanjiti troškove jer time mehanički filteri postaju nepotrebni. Naravno, evidentno je i da biljke imaju pozitivan psihološki efekt na ljude, a poznato je i da one povećavaju njihovu produktivnost.

Krov zgrade

Krov zgrade E-doma će biti napravljen kao tzv. zeleni krov, čime će se ne samo uljepšati ukupni izgled zgrade, već ostvariti i ozbiljne ekonomske i ekološke prednosti. Naime, zelenim krovovima će se troškovi održavanja znatno smanjiti jer će oni štiti pojedine zgrade E-doma od UV zračenja, ekstremnih klimatskih promjena i razlika u temperaturi. Krovne biljke će također služiti i kao filteri jer će na sebe vezati čestice prašine te ostale štetne supstance,



■ Fotonaponski kolektori i ugradbeni aktivni fotonaponski slojevi u staklima

a moći će apsorbirati čak i zvuk te time poboljšati zvučnu izolaciju zgrade. Ciljanim odabirom biljaka mogu se stvoriti ekološke oaze za lokalnu floru i faunu. Za to su posebno prikladne biljke niskog rasta koje ne zahtijevaju dodatnu njegu i samostalno se razmnožavaju. Kroz to je minimizirana potreba za održavanjem te maksimiziran pozitivan ekološki efekt. Biljke koje su povoljne za zelene krovove su između ostalih: *Allium* sp. *Bromus tectorum*, *Centaurea scabiosa*, *Hieracium* sp.,

Potentilla sp., *Sedum* sp. i *Sempervivum* sp.

Okruženje E-doma

Kod planiranja okoliša E-doma nastojat će se zatvoriti lokalni biološki krugovi i održavati taj prostor na ekološki prihvatljiv način. Također, okoliš će se povezati s nasadama voća i povrća, pri čemu će se paziti na zasadu domaćih vrsta voća i povrća te starih ili zaboravljenih vrsta, s ciljem povećanja biodiverziteta.



■ Zeleni zid kao dio budućeg interijera