



Mogući izgled hodnika budućeg E-doma napravljenog od drveta

Potom, takav tip gradnje i primijenjenih tehnologija energetske učinkovitosti i obnovljivih izvora energije nije pogodan samo za individualne stambene građevine, već se od prirodnih materijala i s novim tehnologijama mogu graditi i manje poslovne građevine.

S obzirom na zaista veliku širinu takvog tipa projekta, *Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije* u prvoj je fazi okupio skupinu iskusnih stručnjaka različitih struka: kemijskih inženjera (dr.sc. Ljubica Matijašević, dr.sc. Ante Jukić, Igor Dejanović, 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), strojarских inženjera (dr.sc. Veljko Filipan, Tomas Doerig iz Švicarske i Dino Omahić idejni začetnik *E-doma*) i elektroinženjera (dr.sc. Zvonimir Glasnović) te je za cjelovito arhitektonsko-urbanističko rješenje angažirao i jednog od najboljih svjetskih arhitekata na području zgrada od prirodnih materijala mr.sc. Wernera 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 gradnje koji bi mogao regulirati takvu gradnju u budućnosti.

Građevinski materijali

Osnovni će građevinski materijali od kojih će se zgrada izgraditi biti prirodnog podrijetla. Tu se u prvom redu misli na drvo, slamu, glinu, ovčju

vunu. Zidovi će biti napravljeni od prešane slame debljine od 90 do 120 cm. Na taj se način osigurava vrlo mali koeficijent prolaza topline (ispod $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$), što takav zid svrstava među najbolje izolirane konstrukcije.



Mogući izgled apartmana nakon završetka izgradnje

Na zgradi se predviđaju energetske 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 solarna energija te time smanjiti potrebe za grijanjem unutarnjih prostora na toj strani zgrade i do 35 posto. Stropovi zgrade i dijelovi pročelja bili bi načinjeni od termički obrađenog drva (*thermo-wood*) koje u svojoj eksploataciji pokazuje vrlo dobra svojstva i otpornost na atmosferske uvjete.



Gotova kuća sa zidovima od slame u Wahlen bei Laufen, Švicarska

Toplinska energija (grijanje prostora i topla voda)

Grubi energetske proračuni zgrade pokazuju da bi potrošnja energije za grijanje prostora mogla biti ispod vrijednosti od $6 \text{ kWh/m}^2\text{g.}$, što je znatno manje čak i od pasivnog, odnosno *Minergie-P* standarda građevine ($15 \text{ kWh/m}^2\text{g.}$). S 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 osiguravat će se istodobno iz dva izvora, uz pomoć geotermalne dizalice topline i solarnih termalnih kolektora, pri čemu će se rabiti ravni, vakuumski cijevni i hibridni termalno-fotonaponski kolektori.

Ljeti se mogu proizvesti relativno velike količine toplinske energije iz solarnih kolektora, a zimi su evidentni manjkovi energije, stoga se projektom predviđa i sezonski spremnik energije kojim bi se viškovi i manjkovi toplinske energije međusobno uravnotežili. S druge strane, planirani sezonski spremnik energije znat-

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

Hotelska će se zgrada 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.

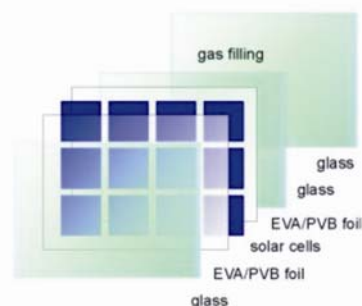
Električna energija

Iako će se u *E-domu* upotrebljavati energetske učinkovite električne potrošači (svi A klase), ipak se zbog ekskluzivnosti prostora očekuje relativno velika potrošnja električne energije. Najveći dio te energije trošit će se za električnu rasvjetu koja će se zbog toga pažljivo projektirati jer se istodobno mora postići i najveća ugodnost (relativno visoka razina rasvjete kao i potrebne boje svjetlosti) i što manja potrošnja električne energije.

Uz rasvjetu, drugi relativno veliki potrošači električne energije mogli bi biti hotelski restoran i dizalica topline koja postiže svoju vršnu snagu upravo u zimskim mjesecima kada je i najmanje dozračene Sunčeve energije.

S obzirom na postavljeni cilj projekta o postizanju potpune energetske neovisnosti, potrebe za električnom energijom ostvarile bi se s pomoću solarnih fotonaponskih kolektora. Oni će se postaviti i na krovu glavne zgrade hotela i na pojedinim apartmanima (rabit će se i hibridni solar-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 njezine proizvod-

nje iz tih kolektora. Pri tome se za takav sustav predviđa i nužno skladištenje električne energije vodikovim sustavom kojim će se uravnotežiti dnevni i sezonski viškovi i manjkovi električne energije.



Fotonaponski kolektori i ugradbeni aktivni fotonaponski slojevi u staklima

Usklađivanje tehnologija

Svi aktivni sustavi za zahvat i spremanje energije bit će optimirani, odnosno dimenzionirani tako da na najbolji način zadovolje potrebe za energijom u klimatskom području zgrade *E-doma*. Pritom 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 relativno manjim ulaganjima – ili ako se npr. projektira relativno veće spremište topline, to bi opet moglo imati slične reperkusije). S obzirom na zahtjevnost ovako složenog sustava i predmetnog problema optimalnog dimenzioniranja opreme svih navedenih tehnologija, što je u djelokrugu sistemskog inženjerstva, ono je od posebnog interesa za *Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije*.

Da bi hotelski prostori *E-doma* imali najveću udobnost i da bi se postigla najveća energetska učinkovitost te ostvarila nužna zaštita građevine (požar, provala, poplava), zgrada će se projektirati kao inteligentna. Pojednostavljeno to znači i da će u zgradi biti postavljeni razni senzori i aktuatori koji će upravljati svim sustavi-

ma zgrade prema situacijama koje će ti inteligentni sustavi prethodno naučiti, odnosno za koje će se prethodno programirati.

Reguliranje zraka

Osnova je zdravog stanovanja zdrav zrak koji će se u *E-domu* osiguravati kontroliranom ventilacijom, pri čemu će se i koncentracija radona svoditi na one količine koje nisu štetne za ljudsko zdravlje. Također, smještanjem biljaka u takve prostore oni neće dobiti samo na estetskoj vrijednosti, već i na poboljšanju kvalitete zraka jer će te biljke stvarati kisik i



Zeleni zid kao dio budućeg interijera

vezivati na sebe otrovne komponente. To se najbolje postiže tzv. zelenim zidovima, zidovima koji su obrasli biljkama i na taj način u sebi sjedinjuju funkcionalnost i moderni dizajn (interesantni su podaci da se njima postiže i do 10 posto ušteda u energiji koja je potrebna za ventilaciju te da se najpovoljnija kvaliteta zraka postiže kada se zelenim zidovima pokrije oko 1 posto tlocrtno površine određenog prostora).

Zahvaljujući mikroorganizmima koji žive u sustavu korijena 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 pružaju ekološko okruženje za učinkovito funkcioniranje tih mikroorganizama.

Glavni zagađivač zraka u stambenim prostorima su *hlapljivi organski spojevi* ili poznati VOC (od eng. *Volatile Organic Compounds*) kojima pripada široki broj organskih supstancija koje se nalaze u bojama, lakovima i elektronskoj opremi. To su tvari koje sadrže ugljik i različite omjere ostalih elemenata poput vodika, kisika, fluora, klora, 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: glavobolju, umor, suhe oči te bolesti dišnih putova kao npr. astmu. Neke vrste biljaka (npr. *Howea forsteriana*, *Spathyphyllum wallisii* var *Petite* i *Dracaena sp.*) mogu u roku od 24 sata ukloniti gotovo sto posto svih količina VOC-a u zraku.

Za uklanjanje formaldehida najviše se rabe *Philodendron*, *Chlorophytum*

comosum, *Sanseveria trifasciata* i *Aloe barbadensis*. Cvjetne biljke kao *Gerbera Jamesonii* i *Chrysanthemum* čiste zrak od benzena. *Dracaena massangeana* i *Spathyphyllum wallisii* također efikasno uklanjaju benzen. Pri tome *Spathyphyllum* 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 filtri postaju nepotrebni. Naravno, evidentno je i da biljke imaju pozitivni psihološki efekt na ljude, a poznato je i da one povećavaju njihovu produktivnost.

Krov zgrade

Krov zgrade *E-doma* bit će napravljen kao zeleni krov čime neće 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 štititi pojedine zgrade *E-doma* od ultraljubičastog zračenja, ekstremnih klimatskih promjena i razlika u temperaturi.

Krovne će biljke također služiti i kao filtri jer će na sebe vezati česti

ce prašine te ostale štetne supstancije, 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. Time je smanjena potreba za održavanjem te postignut 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.*

Okoliš

Pri planiranju okoliša *E-doma* nastojat će se zatvoriti lokalni biološki krugovi i održavati taj prostor na ekološki prihvatljiv način. Također, okoliš će se povezati s nasadima voća i povrća, pri čemu će se paziti na zasad domaćih vrsta voća i povrća te starih ili zaboravljenih vrsta radi povećanja biodiverziteta.

Dr. sc. Zvonimir Glasnović,
Fakultet kemijskog inženjerstva i
tehnologije

Mr. sc. Mladen Sesartić, Švicarska