

NOVE TEHNOLOGIJE U PROIZVODNJI OPEKA

# Ekološka opeka od otpada

PRIPREMILA:  
Lidija Orešković

**Odlagališta su zakrčena tonama korisnog otpada koji bi se mogao iskoristiti kao dodatna sirovina pri proizvodnji ekološkoga građevnog materijala visoke vrijednosti**

Posljednjih deset godina svjetski stručnjaci intenzivno razmišljaju o tome kako smanjiti bespregledne količine naoko bezvrijednog otpada koji se svakog dana gomila u globalnim razmjerima, a da se usput izvuče i neka korist. Odvoz i odlaganje starog papira, građevnog i industrijskog otpada velik je trošak i nije pravo rješenje. Sav bi se taj otpadni materijal mogao iskoristiti kao dodatak pri proizvodnji građevnog materijala, primjerice ekološki podobnih opeka boljih karakteristika.

Znanstvenici širom svijeta uspjeli su eksperimentiranjem iskoristiti razne vrste otpadaka dodajući ih osnovnoj smjesi kako bi opeka bila kvalitetnija, otpornija i lakša

Znanstvenici širom svijeta uspjeli su eksperimentiranjem iskoristiti razne vrste otpadaka dodajući ih osnovnoj smjesi kako bi opeka bila kvalitetnija, otpornija i lakša. Istraživači sa Sveučilišta Jaen u Španjolskoj pomiješali su papirni otpad i glinene materijale koji se primjenjuju u građevinskoj industriji te dobili kvalitetnu smjesu za izradu opeka izvrsnih svojstva i niske toplinske vodljivosti. Tako je nova opeka od papira ujedno izvrstan toplinski izolator. Celulozni se otpad prikuplja iz tvornica, reciklažnih skladišta i drugih izvora te se dodaje građevnoj glini. Smjesa se zatim miješa i preša pod tlakom. Izgrađen je i stroj iz kojega izlazi stlačena masa iz koje se režu i oblikuju opeke, koje se zatim peku u pećima.

Još jedna od prednosti dodavanja papirnog otpada smjesi za opeke jest to što je takav organski materijal energetske obogaćen pa se pri proizvodnji smanjuje potrošnja energije i skraćuje vrijeme pečenja.

## Novi prototipovi opeka

Zasad su izrađeni mali prototipovi dimenzija 3 x 1 x 6 cm, no već su testirane i veće opeke, a rezultati su slični. Uglavnom, ta nova tehnologija mogla bi donijeti velike energetske uštede pri proizvodnji opeke čiju kvalitetu povećava otpadni materijal. Ipak, španjolski stručnjaci priznaju da eksperimentalna opeka još nije za masovnu proizvodnju. Zasad

je Ahilova peta papirnih opeka njihova manja mehanička otpornost u odnosu na tradicionalne opeke, iako je dobiveni parametar iznad zakonskog minimuma. No, prije toga treba riješiti još neke probleme, jer se dijelovi smjese koji sadrže veći postotak papira teže oblikuju i slabije prianjaju.

Trenutačno se pokušava pronaći zlatna sredina između održivosti i otpornosti materijala te se istražuje kakve bi prednosti dobila opeka dodavanjem drugih otpadnih tvari kao što su mulj iz postrojenja za obradu voda, kanalizacijski mulj ili talog koji nastaje pri proizvodnji piva, maslinova ulja i biodizela. U stručnome časopisu *Fuel Processing Technology* objavljena je znanstvena studija kojom se potvrđuje to da se biodizelski otpad može iskoristiti za proizvodnju opeke, čime joj se izolacijska sposobnost povećava za 40 posto. Ideja o upotrebi industrijskog mulja rezultat je sve veće razine ekološke svijesti, ali i strožih propisa o



Pri tvornici Bindlas Duplex Paper Mill u Muzaffarnagaru otvoren je MIT-ov laboratorij za opeku

odlaganju kemijskog otpada. Primjena muljevitoga kemijskog otpada kao aditiva u građevinskoj industriji uvelike bi ublažila problem odlaganja.

**Nedavna istraživanja potvrđuju da se biodizelski otpad može iskoristiti za proizvodnju opeke, čime joj se izolacijska sposobnost povećava za 40 posto**

Za energetski jačom i ekološki podobnom opekom tragaju i drugi europski istraživači. Jedan španjolsko-engleski tim sastavljen od znanstvenika sa sveučilišta u Sevilli i Glasgowlu također je stvorio nov, ekološki prihvatljiv građevni materijal – opeku koja je jača od klasične, a pri proizvodnji zahtijeva manje energije. Njihova je opeka održiviji, neotrovan kompozit, a priprema se od lokalnih sirovina ojačanih vunom i morskim algama. Kada se glina pomiješa s vunom i alginatom, smjesa dobiva bolja mehanička svojstva i opeka je manje sklona pucanju, a kada se osuši, ne treba je peći, čime se uvelike smanjuje potrošnja energije pri proizvodnji.

Ideja o toj novoj opeci rođena je u Škotskoj gdje ima dovoljno gline i domaćih proizvođača vune koji na tržište ne mogu plasirati sve što proizvedu. Zato su istraživači željeli stvoriti građevni materijal od lokalnih sirovina pogodan za nepovoljne klimatske uvjete kakvi prevladavaju u Velikoj Britaniji i proizveli su vunastu opeku koja je na dodir ugodnija od klasične.

Zanimljiv pristup razvoju nove opeke imaju i Nizozemci koji joj konstruktivnom primjenom industrijskog otpada mijenjaju strukturu, izgled i oblik. Nakon dugotrajnih istraživanja otkrili su to da se u smjesu za opeke mogu umiješati razne vrste otpada te drugi ostaci poput trulog voća, razbijenog stakla, suhog lišća, slame, istrošene kože i zdrobljenoga kamenja, čime se dobivaju bolja povezanost i bolje izolacijske karakteristike, opeka može podnijeti veća opterećenja i ljepše izgleda. Izvrstan, tvrdi keramički materijal atraktivnog izgleda može se dobiti i dodavanjem otpada iz termoelektrana na ugljen: pepela, usitnjena ugljena i ugljene prašine. Poboljšana



Zahvaljujući raznim dodacima, smjesa za opeke mijenja strukturu i dobiva raznolik kolorit (dolje), sasvim različit od onog tradicionalnog (gore)

opeka s dodacima zdrobljenoga kamenja već se proizvodi, a postoji i estetski dotjerana staklena, glatko polirana opeka zaobljenih uglova za izloge i oblaganje fasada koja se već primjenjuje.

### Opeka od pepela i prašine

Za ekološku opeku zainteresirani su i Amerikanci. Znanstvenici s MIT-a smislili su formulu za novu opeku pri čijoj se proizvodnji troši vrlo malo energije, a usput se s odlagališta skupljaju velike količine otpada.

Poticaj im je dala Indija, čija populacija najbrže raste, a da bi se svima osigurao krov nad glavom, potrebne su goleme količine građevnog materijala. Svake godine treba proizvesti više od 200 milijardi tradicionalnih glinenih opeka, pri čemu se stvaraju velika onečišćenja. Kako bi se ublažili ti ekološki problemi, na MIT-u je formiran tim koji je razvio jeftinu *eco-BLAC* opeku od pepela. Prve *eco-BLAC* opeke razvijene su kako bi se olakšala odlagališta i poboljšala kvaliteta života ljudi u industrijskome gradu Muzaffarnagaru, sjeverno od New Delhija. Pepero je nusproizvod proizvod-



nje energije u malim i srednjim tvornicama papira kakvih u Indiji ima osamsto pa svakodnevno proizvedu čak 80.000 tona otpadnog pepela koji uglavnom završi na odlagalištima gdje postaje ozbiljna opasnost za okoliš i ljudsko zdravlje.

Osim iskorištavanja pepela istraživači su obratili pozornost i na drugi ekološki problem – glinena se opeka peče na temperaturama oko 1000 °C što uzrokuje onečišćenje zraka i teške radne uvjete, a uz to se troši i mnogo energije.

**Nove su opeke često bolje za ljudsko zdravlje jer u njima nema štetnih čestica koje opterećuju dišne putove**

*Eco-BLAC* opeka proizvedena je uz pomoć alkalno-aktivacijske tehnologije, pri čemu se pepeo kao aluminij-silikat kombinira s alkalnom aktivacijskom otopinom. Pepeo se otapa u geopolimerni gel i stvara čvrstu 3D mrežu koja pridonosi snazi i izdržljivosti opeke. Pri tom postupku upotrebljava se 70 posto industrijskog otpadnog pepela, a proizvodnja je jeftina uz nisku potrošnju energije. Opeke stvorene kemijskom reakcijom ne pucaju, a pri proizvodnji se ne emitiraju



Ispitivanje primjerka *eco-BLAC* opeke u laboratoriju u Muzaffarnagaru

uglični dioksid i monoksid, sumporni dioksid, dušikovi oksidi, crni ugljik i druge čestice kao pri proizvodnji glinenih opeka. *Eco-BLAC* opeke testiraju se već tri godine, ispituju se i njihova mehanička otpornost pod kompresijom, trajnost i moć upijanja vode. Nakon dugotrajnih ispitivanja dokazano da je *eco-BLAC* opeka i jača od glinene pa se sada nastoji prijeći i na njezinu industrijsku proizvodnju. Osim toga spomenute opeke daju bolje rezultate u ostalim kategorijama: 24 po-

sto su bolje za ljudsko zdravlje, jer nema štetnih čestica koje opterećuju dišne putove, 15 posto su bolje u odnosu na klimatske promjene jer se pri proizvodnji ne ispuštaju velike količine CO<sub>2</sub> i 33 posto su bolje prema resursima jer se za njihovu proizvodnju ne crpe sirovine iz neobnovljivih izvora. Glinena je opeka u Indiji stoljećima bila najpopularniji građevni materijal zbog niske cijene, no pojavili su se negativni okolišni i socijalni učinci.

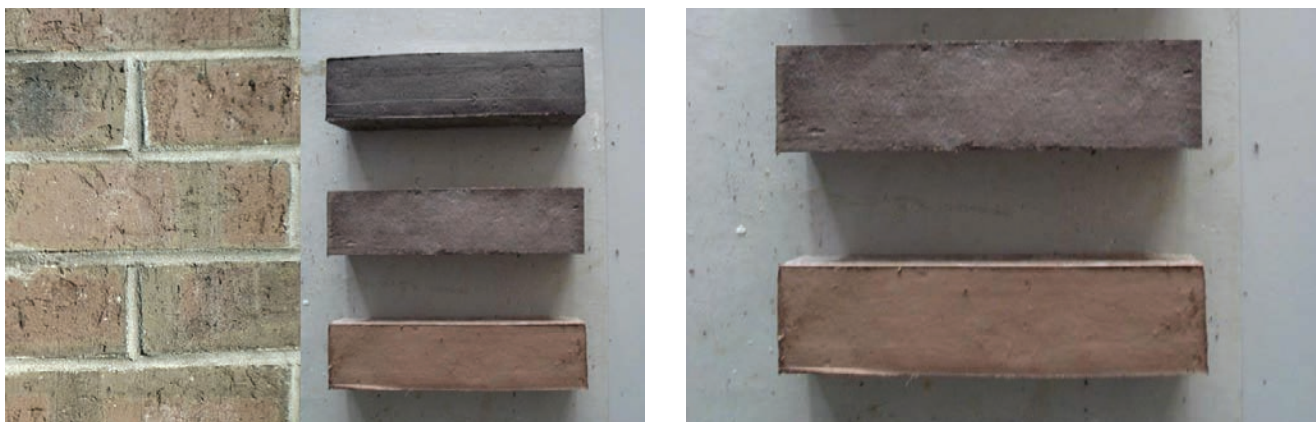
*Eco-BLAC* opeka ekonomski je i ekološki održiv, jeftin proizvod robusnog dizajna koji u toj mnogoljudnoj zemlji rješava dva vitalna problema – mogućnost stambene gradnje prihvatljivim materijalom i očuvanje okoliša.

### Zelena FPC opeka

Iz Sjedinjenih Američkih Država stiže još jedna inovacija – zelena FPC opeka koju je kreirao doktor Henry Liu, umirovljeni profesor Sveučilišta *Columbia*. Desetak je godina eksperimentirao kako bi od ugljene prašine, nusproizvoda proizvodnje električne energije u termoelektrocentrama, stvorio bolju opeku od klasične glinene. Liu je dugo proučavao hidrauličko prešanje kako bi inovirao industrijsku proizvodnju i smanjio njezine negativne posljedice po okoliš. Razvio je novu FPC opeku koja u zrak ispušta neznatne količine otrovnih metala.



*Eco-BLAC* opeke suše se na sobnoj temperaturi



Uzorci opeke oplemenjene vunom i morskim algama

Najprije je pomiješao ugljenu prašinu s vodom i dobio smjesu od koje se oblikuje opeka, koja se zatim preša pod tlakom od 4000 psi (28 MPa). U usporedbi s proizvodnjom glinene opeke, pri kojoj se potroši 24 puta više energije, ekološka je prednost nove tehnologije pri proizvodnji FPC opeke enormna jer se opeka od letećeg pepela (*fly ash* opeka) ne peče, već suši u posebnim komorama dva tjedna pri 70 °C kako bi iz nje isparila voda, nakon čega postaje čvrsta kao beton. To nije slučajnost jer je FPC opeka proizvedena na jednak način kao što se u prirodi ponašaju kalcitne stijene u reakciji s vodom, a Liujeve opeke proizvedene su od ugljene prašine kojoj je dodano 20 – 30 posto kalcijeva oksida. Ako se u budućnosti samo u SAD-u zamijeni 50 posto opsega proizvodnje glinene opeke proizvodnjom FPC opeke, na prirodome plinu, koji je glavni energent u proizvodnji, moglo bi se uštedjeti toliko da se zadovolje potrebe kućanstava s oko milijun ljudi.

Ispitujući prve primjerke FPC opeke, Liu je pri provedbi ispitivanja smrzavanja i odmrzavanja otkrio njihove nedostatke i pokušao promijeniti sastav smjese dodajući joj najlonska vlakna, no to joj nije poboljšalo karakteristike. Zatim su opeci dodane zračne čestice koje su u smjesi stvorile milijune mikroskopski sitnih mjehurića pa se količina vode drastično smanjila te je opeka postala još lakša i uspješno položila ispitivanja od stotinu ciklusa smrzavanja i odmrzavanja, dvostruko od propisanih zahtjeva.

FPC opeka ima nekoliko bitnih prednosti u odnosu na okoliš: štedi energiju, drastično reducira emisiju otrovnih metala, posebno žive, te smanjuje potrebu zbrinjavanja otpada ugljene prašine

FPC opeka prošla je i sigurnosni test jer ima nekoliko bitnih prednosti u odnosu na okoliš: štedi energiju, drastično reducira emisiju otrovnih metala, posebno žive, te smanjuje potrebu zbrinjavanja otpada ugljene prašine.

Tvornice u kojima će se FPC opeka proizvoditi imat će potpuno ekološki proizvodni proces tijekom kojeg se u zrak neće ispuštati ugljični dioksid i ostali štetni plinovi, a i cijena proizvodnje uvelike će se smanjiti. Pretpostavlja se to da će komad FPC opeke koštati samo dva centa. Za svoju zelenu opeku Liu je dobio brojne inovacijske nagrade, a nakon njegove smrti proizvodnju FPC opeke vodi njegov sin.

#### Nova otkrića u Australiji

Iskorištavanjem ugljene prašine iz termoelektrana pozabavili su se i Australci. Znanstvenici s instituta *New South Innovations* u New South Walesu razvili su čvrst i lagan građevni materijal koji bi mogao biti glavni potencijal za razvoj zelene građevinske industrije u mnogoljudnim zemljama

kao što su Kina i Indija. Naime, u kineskim termoelektranama ostaje 200 milijuna tona ugljene prašine godišnje, a u indijskima oko stotinu milijuna tona na čije se zbrinjavanje troše milijuni dolara. Najveći dio tog otpada odlaže se na odlagalištima koja su odgovorna za ozbiljno onečišćenje zraka i vode, a oko 25 posto primjenjuje se kao aditiv betonu i ostalim građevnim materijalima. Zato su znanstvenici razvili građevni agregat koji se može proizvoditi izravno od otpadne prašine u blizini termoelektrana. Smjesa sadrži 60 posto ugljene prašine kojoj se dodaju gips, vapno i pijesak pa se miješa s vodom. Tom jedinstvenom tehnološkom metodom uklanjaju se štetni kemijski sastojci pa je emisija otrovnih metala daleko ispod limitiranih standarda, a dobiveni je materijal ekološki čist i smanjuje cijenu gradnje.

*Flash* opeke su 28 posto lakše i 24 posto čvršće u usporedbi s glinenom opekama pa su idealna zamjena za onu klasičnu. Strojevi kojima se proizvode imaju ugrađenu najnoviju tehnologiju koja skraćuje proces proizvodnje i snižava cijenu samog proizvoda, tim više što strojevima mogu rukovati i priučeni radnici.

Znanstvenici su razvili građevni agregat koji se može proizvoditi izravno od otpadne prašine u blizini termoelektrana, smjesa sadrži 60 posto ugljene prašine kojoj se dodaju gips, vapno i pijesak pa se miješa s vodom



Najprije se priprema smjesa koja tekućom trakom stiže do automatiziranog i programiranog stroja koji za sat proizvede 1200 komada opeke. Stroj ima novorazvijeni hidraulički sustav s kompresivnom snagom od 30 tona pa se od prešanog materijala dobiva vrlo čvrsta i kvalitetna opeka. Nakon oblikovanja opeka se pomoću hidrauličkih kolica prevozi do komore za sušenje. Dakle, proizvodni proces *flash* opeke je u odnosu na proizvodni proces glinene opeke potpuno ekološki i puno ekonomičniji.

No to nije sve. Kreatori te vrste opeke, znanstvenici Kayali i Shaw, razvili su na temelju ugljene prašine *flashag*, odnosno smjesu koja se primjenjuje pri spravljanju betona kao zamjena za cement od kojega je 22 posto lakša i daje 20 posto čvršći materijal. *Flashag* omogućuje zidanje i podizanje lakših konstrukcija, gradnju plićih temelja, jeftiniji prijevoz te korištenje manje cementa i armiranja u betonu. Taj lakši a čvršći materijal pogodan je za proizvodnju tanjih i elegantnijih gotovih i polugotovih građevnih komponenti, što pridonosi većoj slobodi pri projektiranju. Australaska inovacijska primjena ugljene prašine u proizvodnji *flash* opeka i *flashagu* patentirana je već u SAD-u i u Europi, što otvara put razvitku zelene građevinske proizvodnje.

Druga australaska istraživačka ekipa otišla je korak dalje – dokazala je to



Prototipovi opeke ojačane usitnjenim kamenom i sličnim građevnim otpadom

da se i otpad poput cigaretnih opušaka može iskoristiti za proizvodnju kvalitetnijega građevnog materijala. Godišnje se na cijelome planetu proizvede oko šest bilijuna cigareta, a svjetska populacija popuši milijarde i milijarde, što uzrokuje milijune tona otrovnog otpada u obliku opušaka koji onečišćuju tlo metalima poput arsena, kroma, nikla i kadmija. K tomu predviđa se da će se taj otpad koji teško opterećuje cijeli planet

otrovnim supstancijama do 2025. povećati za više od 50 posto.

Doktor znanosti Abbas Mohajerani s Kraljevskog tehnološkog instituta u Melbourneu godinama je razmišljao o tome kako pronaći održivo i praktično rješenje da se smanji onečišćenje cigaretnim opušcima. Konačno, sinula mu je ideja kako sanirati problem opušaka uz dvostruku korist.

Naime, njegov istraživački tim otkrio je to da se pri pripremi glinene smjese za pečenje dodatkom samo jednog postotka odbačenih opušaka može dobiti lakša i učinkovitija opeka. Dodavanjem opušaka glini prije pečenja Australci su razvili novu tehniku kojom se štedi i u proizvodnji jer se trošak energije pri pečenju smanjuje i do 58 posto. Gotova opeka ima konstrukcijska svojstva usporediva s klasičnima, ali je lakša i bolji je izolator. Kada je opeka pečena, otrovni sastojci ostaju zarobljeni unutar nje pa ne mogu prodrijeti u okoliš i nije štetna po zdravlje.

Tom inovativnom metodom recikliranja opušaka za proizvodnju opeke može se učinkovito riješiti globalni problem te vrste onečišćenja, bez straha od ispiranja ili kontaminacije. Osim toga, što je veći postotak dodanih opušaka, troškovi se energije pri proizvodnji smanjuju.



Zahvaljujući raznim dodacima, smjesa za opeke mijenja strukturu i dobiva raznolik kolorit