

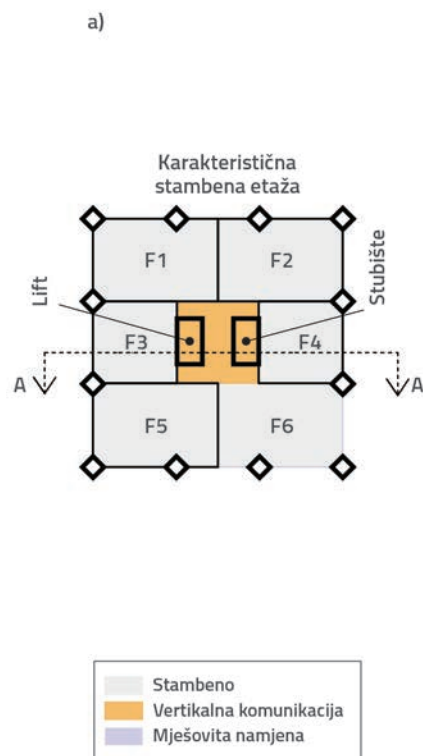
Inženjerske pouke iz tragedije tornja Grenfell

PRIPREMILI:

A. Munjiza, M. Batinić, A. Mihanović

Toranj Grenfell, građevina u kojoj su javni stanovi u zapadnom Londonu, zahvatio je požar 14. lipnja 2017. u kojemu je smrtno stradala 71 osoba, a njih više od 70 je ozlijeđeno, požar je ugašen tek nakon 60 sati intenzivnog gašenja

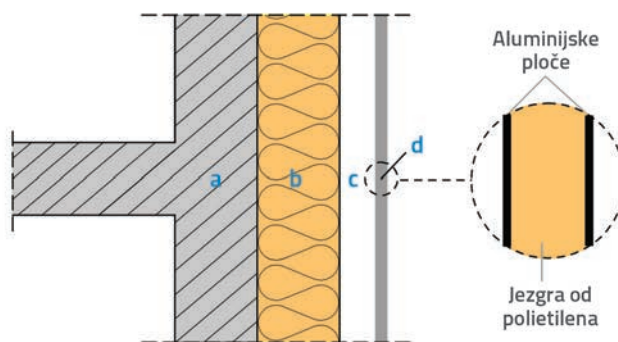
Toranj Greenfell jest 24-katna (67,3 m), visoka stambena građevina smještena u sjevernome Kensingtonu, u Londonu, u Velikoj Britaniji. Projektirala ga je tvrtka *Clifford Wearden and Associates* 1967., a izgrađena je 1974. Građevina ima 120 stanova, odnosno na svakome od 20 stambenih katova nalazi se po šest stanova. Glavni nosivi horizontalni sustav čine AB ploče, koje se oslanjaju na vertikalni nosivi sustav kreiran od središnje AB jezgre i po vanjskoj ovojnici AB stupova (slika 1.).



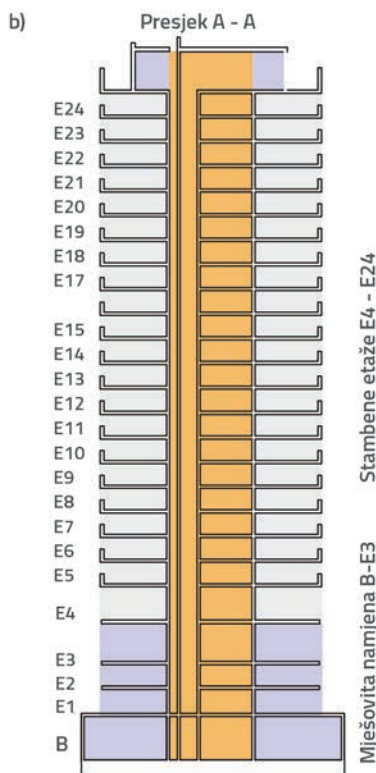
Slika 1. a) karakteristična etaža, b) vertikalni presjek kroz stubište i dizalo

Obnova građevine

Građevina je 2016. obnovljena, pri čemu je postavljen novi fasadni sustav s toplinskom izolacijom. Karakteristični presjek fasade prikazan je na slici 2.



Slika 2. Fasada ugrađena 2016.: a) postojeća AB konstrukcija, b) toplinska izolacija 150 mm, c) zračni prostor 50 mm, d) fasadna maska od aluminijskih ploča s ispunom od polietilena



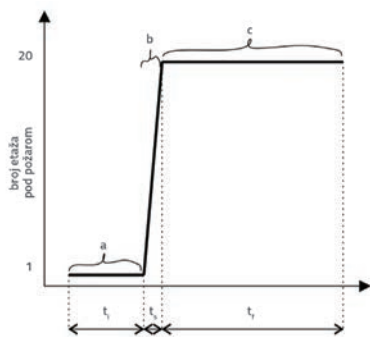
Požar

Požar je izbio na četvrtome katu, uslijed kvara na hladnjaku. Pozvana je vatrogasna postrojba te je požar ugašen unutar stana, zbog čega nije naređena evakuacija stanovnika cijele zgrade. Odjednom se požar proširio tako da je za nekoliko minuta zahvatio sve etaže građevine iznad mjesta na kojemu je izbio požar. Posljedice su bile kobne za stanovnike građevine koji su ostali zarobljeni u svojim stanovima.

Požarni proces

Vodi se rasprava o krivici za tragediju. Je li kriva tvrtka koja je ugradila fasadu, proizvođač fasade, projektanti ili građevinski propisi. Po viđenju autora, mnogo važnije stajalište jest povlačenje konstruktivnih zaključaka iz tragedije te njihova primjena prilikom budućih projekata obnove i novogradnji. Materijal upotrijebljen za fasadu je u smislu svojega volumena kao i energetskog sadržaja zanemariv (slika 2.). Sa stajališta

standardne analize, koristeći proračunske norme i napredne softverske modele, materijal fasade kao takav ne utječe znatno na požarnu otpornost građevine, što je implicitno vidljivo kroz njegovu široku uporabu na mnogim građevinama u svijetu. No ako se pomno prouči slika 3., nameće se zaključak da se požar proširio s četvrtoga kata na ostatak građevine u iznenadnome naletu.



Slika 3. Širenje požara kao funkcija vremena

Na slici 4. obuhvat požara jest funkcija vremena. Početna faza t_1 širenja požara relativno je duga i ograničena na četvrti kat. Konačna faza požara t_3 još je duža te uključuje istodobni požar na svih 20 etaža iznad mjesta uzroka. Prelazak između početne i konačne faze t_2 je vrlo brz, kraći od nekoliko minuta, dok je najsilovitiji dio tranzicije trajao doslovno par sekundi.

Rasprava

Može se tvrditi to da je materijal fasade, iako u smislu volumena i energetskog ka-

paciteta zanemariv, uslijed grijanja bio u stanju proizvesti zapaljivi plin. Taj je plin popunio pet centimetara široku šupljinu ventilirane fasade, obuhvaćajući čitav objekt. Unutar šupljine relativno mala količina plina pomiješana sa zrakom stvorila je zapaljivu smjesu. Nakon inicijalnog zapaljenja u nekoliko sekunda gorila je čitava šupljina ventilirane fasade. Na taj način materijal fasade nije predstavljao požarni rizik u smislu normi, već je služio kao požarni propagacijski mehanizam, potpomazući razvoj požara. Taj je koncept novina, koja nije obrađena u normama SAD-a, Japana, EU-a ili UK-a. Jedini način na koji se katastrofa mogla spriječiti jest provedba stvarnih ili virtualnih eksperimenata koji bi pokazali postojanje "okidača" za katastrofalno rapidno širenje požara.

Može se tvrditi to da se, iako drugačija u svojoj prirodi, slična situacija dogodila u slučaju Twin Towers, koji su bili projektirani za udar zrakoplova, ali nitko nije predvidio to da će udar zrakoplova biti okidač za opsežni, trenutačni požar koji će uzrokovati mehanička oštećenja koja će dovesti do progresivnog kolapsa građevine: tornjeve nije srušila potencijalna energija zrakoplova, već gubitak potencijalne energije samih tornjeva i gubitak stabilnosti zbog iznenadnog požarnog djelovanja. Udar zrakoplova i velika količina goriva u njemu bili su samo okidački mehanizam progresivnog kolapsa građevine. Mjerodavne norme toga vremena to nisu predvidjele. Na sličan način fasada tornja Greenfell poslužila je kao slu-

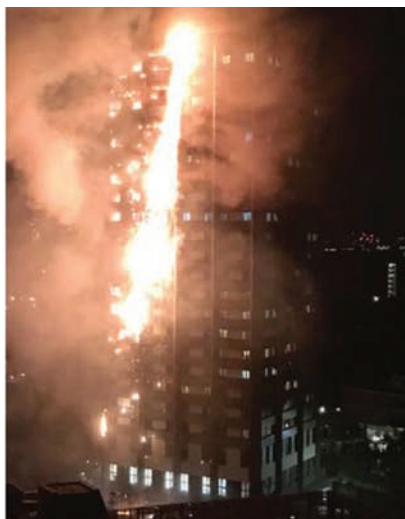
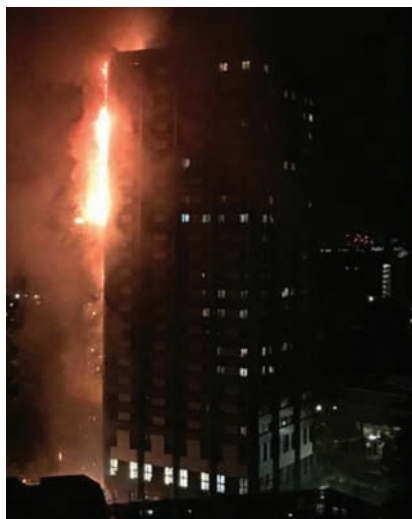
čajni, ali složeni okidač mehanizma za naknadno rapidno širenje požara, nešto što nije predviđeno normama.

Mnogo je primjera u građevinarstvu gdje su novi fenomeni otkazivanja sustava poput gubitka mehaničke otpornosti, gubitka stabilnost elemenata ili cjeline, progresivni kolaps ili rezonanca otkriveni u velikim nesrećama. Tragedija na tornju Grenfell rezultirala je otkrivanjem još jednoga zlokobnog fenomena – brzog, spontanog širenja požara te ga se treba razmatrati u budućim rekonstrukcijama i novim projektima.

Taj događaj ima određene misaone posljedice, ponajprije na način kako obrazovati buduće generacije inženjera. Treba li studente usmjeravati prema slijepome učenju i praćenju važećih normi ili ih treba obrazovati da budu kreativni i inovativni u metodama projektiranja kako bi mogli osjetiti moguće katastrofične mehanizme rabeći sofisticirane virtualne, eksperimentalne alate [1-4].

Literatura

- [1] Munjiza, A.: *The combined Finite-Discrete Element Method*, John Wiley & Sons, UK, 2004.
- [2] Munjiza, A., Knight, E.E., Rougier, E.: *Computational mechanics of discontinua*. John Wiley & Sons, UK, 2011
- [3] Munjiza, A., Rougier, E., Knight, E.E.: *Large strain Finite element method a practical course*. John Wiley & Sons, UK, 2015.
- [4] Peroš, B., Boko, I.: *Sigurnost konstrukcija u požaru*, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, 2015.



Slika 4. Vizualni i grafički prikaz širenja požara kao funkcije vremena