METAL-PROJEKT
Građevinsko projektni biro za metalne konstrukcije
1957
METAL-PROJEKT d.o.o., Hrvatska, 10000 Zagreb, Ilica 191c
tel: +385 (0)1 3774 242, +385 (0)1 3774 243, +385 (0)1 3774 241
fax:+385 (0)1 3751 350, e-mail: metal-projekt@metal-projekt.hr
MB:03214699, ziro racun:2360000-1101459914, OIB:56956156104

Zagreb, 14.09.2026.
Broj: 26177/2026

Grad Zagreb
Gradski ured za izgradnju, prostorno uređenje, graditeljstvo i obnovu
Sektor za obnovu i građenje zgrada javne i društvene namjene
Avenija Dubrovnik 15, Zagreb

PREDMET: Javni natječaj za izradu idejnog urbanističko-arhitektonskog rješenja za stadion "Maksimir" - SRC Ravnice
- informativni izvještaj stručnog savjetnika

Kao neovisni stručni savjetnik i stručnjak za čelične i spregnute konstrukcije od čelika i betona, pregledao sam pet radova pristiglih na natječaj za idejno rješenje stadiona, i to:

Broj 03 („kupola – peka“);
Broj 16 („četiri slobodna kosa jedra“);
Broj 33 („crveno betonsko trokutasto stupište“);
Broj 37 („rešetkaste konzole“);
Broj 62 („zavješena krovna konstrukcija“).

S obzirom na to da su predmet ocjene **idejna rješenja**, pri čemu je većina radova konstruktorski razrađena tek na konceptualnoj razini, ovaj osvrt ne predstavlja konačnu ocjenu njihove tehničke ispravnosti niti konačnu potvrdu izvedivosti predloženih konstrukcijskih sustava. Daje se opći i preliminarni inženjersko-konstruktorski stav o kvaliteti, logici i razini razrađenosti nosive konstrukcije te o uočenim konstruktorskim problemima i izazovima.
Općenito se može zaključiti da su gotovo sva razmatrana idejna rješenja **u načelu konstruktorski izvediva**, ali da njihova izvedivost ne znači nužno i njihovu **preporučljivost**. Za svako bi rješenje u sljedećim fazama projektiranja bilo potrebno dokazati nosivost, uporabljivost, prostornu stabilnost, trajnost i izvedivost konstrukcije te provesti cjelovite analize svih mjerodavnih djelovanja.

Opći konstruktorski osvrt
Prema razini inženjerske, odnosno konstruktorske razrade nosive konstrukcije stadiona, pregledani su radovi vrlo neujednačeni – od vrlo kvalitetno i detaljno razrađenih idejnih rješenja, poput rješenja broj 03 („kupola – peka“), do rješenja kod kojih je nosiva konstrukcija prikazana tek na osnovnoj konceptualnoj razini (Broj 33).
Kod svih razmatranih rješenja potrebno je posebno obratiti pozornost na **prostornu stabilizaciju tribina**. U prikazanim sustavima uzdužna stabilizacija tribina u pravilu se „oslanja“ na vezu nosača sjedala s glavnim kosim zubastim nosačem. Takav način osiguranja uzdužne stabilnosti je upitan te je potrebno jasno definirati zaseban i kontinuiran sustav uzdužne stabilizacije, uključujući način prijenosa horizontalnih sila kroz konstrukciju sve do temelja.
Kod većine prijedloga potrebno je dodatno razraditi i provjeriti **prijenos velikih sila kroz sustave upetosti, oslonaca i sidrenja**, dimenzioniranje glavnih nosivih elemenata, izbor konstrukcijskih materijala te sustav horizontalnih i vertikalnih spregova.
Kod konstrukcija velikih raspona, a posebno kod kupolnih i prstenastih sustava, potrebno je posebno analizirati djelovanje temperaturnih promjena, uključujući pojavu **razupornih sila, način njihovog zatvaranja i prijenosa na temelje**.

METAL-PROJEKT d.o.o., Hrvatska, 10000 Zagreb, Ilica 191c
tel: +385 (0)1 3774 242, +385 (0)1 3774 243, +385 (0)1 3774 241
fax:+385 (0)1 3751 350, e-mail: metal-projekt@metal-projekt.hr
MB:03214699, ziro racun:2360000-1101459914, OIB:56955615104

Mjerodavna djelovanja i potrebne analize

Za sva rješenja potrebno je u sljedećim fazama projektiranja prikupiti i definirati relevantne ulazne podatke, među ostalim:

- **hidrometeorološke podatke** – oborine, karakteristike i brzine vjetra, temperature i temperaturne raspone te ostale relevantne klimatske parametre;
- **seizmološke i geofizičke podatke** potrebne za definiranje seizmičkog djelovanja;
- **geotehničke podatke** potrebne za definiranje temeljenja i interakcije konstrukcije s tlom.

Posebnu pozornost potrebno je posvetiti **seizmičkom djelovanju**, osobito zbog geotehničkih uvjeta lokacije, kao i djelovanju vjetra na velike rasponske i jedraste krovne konstrukcije. Potrebno je razmotriti i djelovanje snijega, temperaturne promjene te dinamičke učinke izazvane publikom, uključujući mogućnost pojave rezonantnih pojava.
Za određivanje djelovanja vjetra na velike i konstruktivno složene krovne konstrukcije potrebno je, ovisno o konačnom konstruktivnom sustavu, provesti **CFD analizu i/ili ispitivanje modela u vjetrotunelu**.
Osim klasičnih statičkih i dinamičkih provjera nosivosti i uporabljivosti, za relevantne elemente i spojeve potrebno je provesti i **provjere zamora materijala** uslijed velikog broja ciklusa promjene naprezanja, osobito zbog djelovanja vjetra, temperaturnih promjena i dinamičkog djelovanja publike.

Izvedba, trajnost i održavanje

Osim statičke i dinamičke pouzdanosti, pojedina rješenja zahtijevaju ozbiljnu analizu **tehnologije građenja, faznosti montaže i privremenih stanja tijekom izvedbe**, kao i provjeru izvedivosti spojeva i detalja. Kod konstrukcija ovakvih raspona i složenosti upravo tehnologija izvedbe može predstavljati jedan od ključnih projektantskih izazova.
Jednaku pozornost potrebno je posvetiti **trajnosti i održavanju konstrukcije**. Izbor materijala, zaštita od korozije, dostupnost konstrukcijskih elemenata radi pregleda i održavanja te mogućnost zamjene pojedinih elemenata i spojeva moraju biti sastavni dio konačnog konstruktorskog rješenja.

Zaključna napomena

Preliminarno se može ocijeniti da se sva razmatrana idejna rješenja, uz odgovarajuću daljnju inženjersku razradu, mogu dovesti do tehnički izvedivog stanja. Međutim, **pojam „izvedivo“ ne znači nužno i „preporučljivo“**.
Sva rješenja zahtijevaju daljnju konstruktorsku razradu, numeričke analize, optimizaciju nosivog sustava i provjeru tehnologije izvedbe kako bi se potvrdila njihova potpuna tehnička opravdanost, sigurnost i ekonomska prihvatljivost. Kod pojedinih rješenja potrebne konstruktorske intervencije mogu biti toliko značajne da mogu utjecati i na izvorni arhitektonski dojam.
Cilj konačnog odabira treba biti **funkcionalno, arhitektonski kvalitetno, ekonomski opravdano i inženjerski pouzdano rješenje, sigurno za izvedbu te prihvatljivo s aspekta dugotrajnog održavanja**.

METAL-PROJEKT d.o.o., Hrvatska, 10000 Zagreb, Ilica 191c
tel: +385 (0)1 3774 242, +385 (0)1 3774 243, +385 (0)1 3774 241
fax:+385 (0)1 3751 350, e-mail: metal-projekt@metal-projekt.hr
MB:03214699, ziro racun:2360000-1101459914, OIB:56956156104

Osvrt na pojedinačne radove:

Broj 03 („kupola – peka“) – odsječak kugle, visine 55 m i promjera 240 m

Nosivu konstrukciju krova stadiona čini čelična kupola formirana od dvoslojne heksagonalne mreže. Elaborat je primjereno izrađen i prezentiran. Na osnovnoj - primarnoj, „krupnoj“ nosivoj heksagonalnoj mreži postavljena je sekundarna mreža istog, ali „sitnijeg“ heksagonalnog uzorka. Kao osnovni nedostatak heksagonalne mreže nameće se potreba za krutim čvorovima, odnosno složenim okvirnim sastavljanjem štapova. U elaboratu su prikazani detalji sastavljanja konstrukcije i sidrenja u temelje. Provedena je i CFD analiza djelovanja vjetra na građevinu, pri čemu je model ispravno postavljen u prostoru. Provedeno je i informativno dimenzioniranje nosive konstrukcije. Prikazana je i financijska usporedba s konvencionalnim konstruktivnim rješenjem ("vrlo nategnuto"!).

Zaključno, rješenje je **vrlo dobro obrađeno i prezentirano**, a nosiva konstrukcija u osnovi je funkcionalna.

Inženjerski dojam: Konstrukcija je statički prihvatljiva, međutim, zbog vrlo velikog raspona od približno 240 m, zahtjeva za krutošću te same geometrije sustava, za elemente osnovne donje mreže predviđeni su izrazito veliki cijevni profili. Njihova proizvodnja, transport, montaža i međusobno sastavljanje predstavljaju vrlo zahtjevan izvedbeni zadatak.

Ponavljanje istog sitnog heksagonalnog uzorka na osnovnom, krupnom heksagonalnom uzorku, uz relativno složene i međusobno nekompatibilne veze, odstupa od poželjne konstruktivne jasnoće i čistoće nosivog sustava.

Zaključak: Iako je rješenje kvalitetno prikazano, tehnički razrađeno, konstruktivno logično i funkcionalno, zbog složenosti sustava, izrazito velikih elemenata postavljaju se visoki zahtjevi izvedbe.

Neovisno o svemu pozitivno navedenom, mislim da ovakva kupola **nije primjerena stadionu u Maksimiru.**

Broj 16 („četiri slobodna kosa jedra“)

Elaborat sadrži mnogo kvalitetno prezentiranih sadržaja vezanih uz povijest, urbanizam i oblikovanje prostora. Posebno je dojmljiva prezentacija povijesnog konteksta, uključujući prikaz od 13. svibnja 1990. godine. Međutim, **u pogledu nosive konstrukcije prezentacija je nedostatna**.

Stadion je oblikovan s praznim nezatvorenim i međusobno nepovezanim uglovima.

Armiranobetonske tribine predviđene su u dva nivoa na istočnoj i zapadnoj strani, pri čemu se pojavljuje problem izrazito duge stražnje konzole kosoga nosača.

Upinjanje krovnih konzola („jedara“) u armiranobetonsku konzolu tribina konstruktivno je nedovoljno uvjerljivo te zahtijeva značajnu dodatnu razradu.

Prikazan je dio statičkog proračuna, a sama osnovna konstruktivna ideja je jednostavna.

Međutim, način njezine realizacije i prijenosa opterećenja ostaje nedovoljno razrađen i tehnički upitan.

Zaključak: Ideja je arhitektonski zanimljiva i jednostavna, ali je nosiva konstrukcija nedovoljno razrađena, osobito u području oslanjanja i upinjanja krovnih konzola. Za ozbiljniju procjenu izvedivosti potrebno je znatno detaljnije konstruktivno i statičko razrađivanje.

Broj 33 („crveno betonsko trokutasto stupište“)

Ovo je najslabije obrađen elaborat u pogledu prikaza nosive krovne konstrukcije.

Elaborat sadrži mnogo tekstualnih obrazloženja i "fotomontaža uređenja okoliša", pri čemu se pojedini prikazi i ponavljaju, dok je sama nosiva konstrukcija nedovoljno prikazana.

Autor rješenje povezuje s asocijacijom na stare zapadne tribine stadiona, međutim, konstruktivni koncept veze stupišta i krova nije jasno prezentiran.

METAL-PROJEKT d.o.o., Hrvatska, 10000 Zagreb, Ilica 191c
tel: +385 (0)1 3774 242, +385 (0)1 3774 243, +385 (0)1 3774 241
fax:+385 (0)1 3751 350, e-mail: metal-projekt@metal-projekt.hr
MB:03214699, ziro racun:2360000-1101459914, OIB:56955615104

Umjesto odgovarajućih nacrta i konstruktivnih prikaza pojavljuje se tek skica odnosno krokí stupa i konzole, što nije dovoljno za ozbiljnu procjenu nosivog sustava.
Zaključak: Nosiva konstrukcija krova nedovoljno je definirana i prikazana. Zbog nedostatka relevantnih konstruktivnih nacrta, detalja i statičkih podataka rad se ne može pozitivno ocijeniti.

Broj 37 („rešetkaste konzole“)

Predložen je stadion približnih dimenzija 180 × 80 m, s „izgubljenim“ uglovima.
Tribine su klasično armiranobetonske, nose ih kosi nosači, oslonjeni na stupove. Na vrhu kosih nosača upinju se rešetkaste konzole.
Krovnu konstrukciju čine četiri konzolna „jedra“ međusobno povezana u uglovima.
Konstruktivni sustav je prihvatljiv i relativno jednostavan te predstavlja racionalno rješenje za ovakav tip građevine.
Potrebno je dodatno uskladiti i konstruktivno definirati detalje oslanjanja krovnih konzola na nosače tribina. Također je potrebno osigurati odgovarajuću uzdužnu stabilizaciju tribina.
Posebnu pažnju potrebno je posvetiti usklađivanju glavnog tlačnog stupa s osloncem rešetkaste konzole, kako bi se osigurao jasan i kontinuiran prijenos sila kroz nosivi sustav. Osigurati sidrenje "vlačnog stupa".
Zaključak: Rješenje je prihvatljivo, funkcionalno i konstruktivno jednostavno. Uz potrebnu razradu detalja oslonaca i sustava prostorne stabilizacije, predstavlja jedno od racionalnijih konstruktivnih rješenja.

Broj 62 („zavješena krovna konstrukcija“)

Predviđene su armiranobetonske tribine u dva nivoa, dok je krovna konstrukcija zavješena na obodni tlačni prsten.
Osnovni konstruktivni koncept je poznat i jednostavan, međutim, obodni tlačni prsten, kao ključni element nosivog sustava, u prikazanom rješenju nije jasno definiran.
Potrebno je detaljnije razraditi geometriju, presjek i način oslanjanja obodnog tlačnog prstena, kao i sustav prijenosa sila između krova, prstena i tribina.
Zaključak: Konstruktivni koncept je jednostavan i načelno prihvatljiv, ali je za konačnu ocjenu potrebno dodatno razraditi ključne elemente nosivog sustava, prvenstveno obodni tlačni prsten i njegove veze s ostalim dijelovima konstrukcije.

S poštovanjem,

Stručni savjetnik

Boris Vranješ, dipl.ing.građ.
Vodeći projektant i direktor
ovlašteni revident za metalne i spregnute konstrukcije od čelika i betona

METAL-PROJEKT
d.o.o. za projektiranje i inženjering
ZAGREB ILICA 191c