

## Konstrukcija objekta naplatne postaje na autocesti

**Matej Lozančić**, mag. ing. aedif.

**Vlaho Akmadžić**

Sveučilište u Mostaru, Građevinski fakultet, prof.dr.sc.  
vlaho.akmadzic@gf.sum.ba

**Sažetak:** U radu je prikazan projekt konstrukcije objekta naplatne postaje na autocesti. Predmetni objekt sastoji od dvije različite vrste konstrukcija, armiranobetonske skeletne konstrukcije prizemlja s ravnim krovom i čelične konstrukcije nadstrešnice. Iznad ravnog prizemnog objekta izdižu se dva armiranobetonska stupa na koja se oslanja nadstrešnica. To ujedno predstavlja i vezu betonskog i čeličnog objekta. Svi konstruktivni elementi proračunati su prema važećim Eurocode propisima i nacionalnim dodacima.

**Ključne riječi:** konstrukcija, armatura, čelični profili, opterećenje, nosivost, uporabljivost

## Construction of toll station building on the highway

**Abstract:** The paper presents the structural design of a toll station building on the highway. The subject building consists of two different types of structures, a reinforced concrete skeleton structure of ground floor with a flat roof and a steel structure of the canopy. Two reinforced concrete columns that support the canopy rise above the flat ground floor building. This is also the connection between the concrete and steel structure. All structural elements are calculated according to the current Eurocode regulations and National Annexes.

**Key words:** construction, reinforcement, steel sections, load, bearing capacity, serviceability

## 1. UVOD

Lokacija objekta naplatne postaje na autocesti je zamišljen na trasi buduće autoceste kroz Središnju Bosnu u blizini Viteza. Konstrukcija se nalazi na 521 m n. m. na parceli približno 2000 m<sup>2</sup> površine. Smještaj građevine na parcelu proizlazi iz prostorno-prometnih uvjeta, a potreba je nastala iz razvoja prometne infrastrukture i povećanja prometnih čepova. Smjernice i put razvoja projekta prate preporuke JP „Autoceste FBiH“ u vezi uniformnosti konstrukcijskih rješenja na autocestama. Tlo na lokaciji objekta je šljunkovito te se prema Eurocodu 7 klasificira kao tlo kategorije B.



Slika 1. Vizualizacija konstrukcije prema idejnom rješenju [21]

## 2. KONSTRUKTIVNE POJEDINOSTI AB OBJEKTA

U konstrukcijskom smislu prizemna građevina je armirano-betonska okvirna konstrukcija [8], [9], [10], [16]. Krov objekta naplate je prohodni ravni krov iznad kojeg se nalazi krov čelične nadstrešnice. Iznad prizemnog objekta naplate nadstrešnica se oslanja na dva AB stupa na kojima se zbog rastera glavnog nosača uradila kratka konzola, te se ostvarila veza objekta naplate i nadstrešnice na koti +6.00 m.

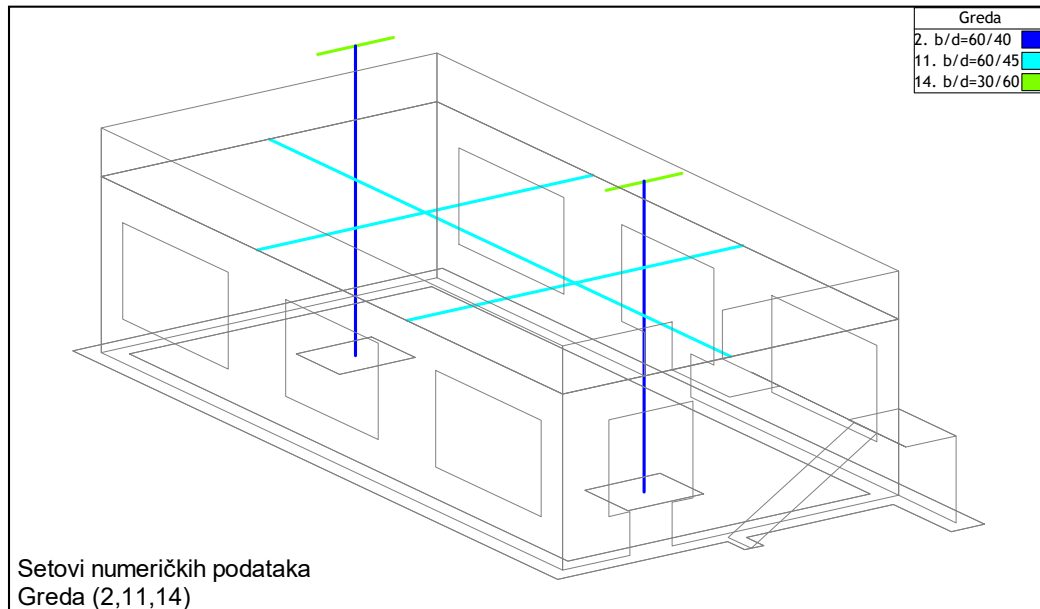
Debljina ploče ravnog krova je 20 cm i zbog visinskog ograničenja podijeljena je gredama ukupne visine (s pločom) 45 cm. Uzdužna greda dijeli ploču podužno na dva dijela, nalazi se na sredini i povezuje stupove na koje se oslanja nadstrešnica. U nivou ploče ravnog krova se nalaze i dvije poprečne grede ukupne visine s pločom 45 cm te širine 60 cm.

Veza prizemlja i prohodnog krova ostvarena je preko vanjskog dvokrakog stubišta debljine ploče 15 cm i širine kraka 100 cm. Stubište je izvedeno od osamnaest gazišta širine 30 cm i visinom od 16 cm. Međupodest je širine 120 cm. Na stubištu je predviđena kamena obloga i aluminijska ograda.

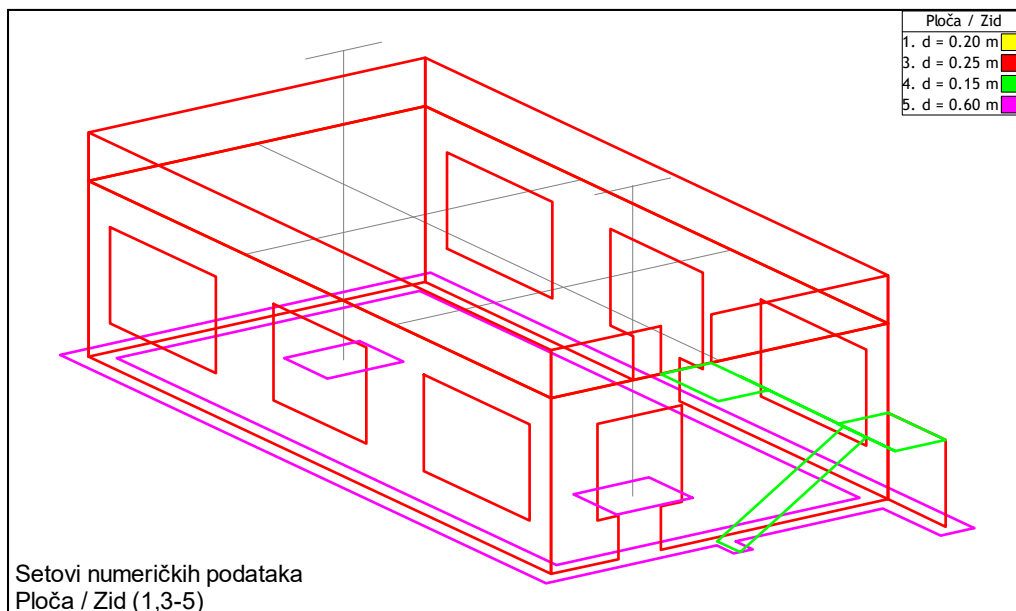
Obodni zidovi ravnog krova su ujedno i parapetni zidovi ukupne visine 100 cm. Stupovi prizemlja su dimenzija 40 x 60 cm i oslanjaju se na temelje samce dimenzija 150x150x80 cm [6], [7]. Ispod AB zidova [12] se nalaze temeljne trake. Temelji samci su s temeljnim trakama povezani temeljnim gredama visine 60 cm koje su integrirane u podnu ploču debljine 15 cm.

Lozančić, M., Akmažić, V.  
**Konstrukcija objekta naplatne postaje na autocesti**

Temeljenje je potrebno izvesti u dobro zbijenom tlu. Prema geotehničkom elaboratu očekuje se nosivost tla  $\geq 250$  kPa, koja nije premašena.



Slika 2. Prikaz AB objekta [Tower 8]



Slika 3. Prikaz setova greda i stupova [Tower 8]

### 3. KONSTRUKTIVNE POJEDINOSTI ČELIČNE NADSTREŠNICE

Nadstrešnica je projektirana kao konstrukcija od čeličnih valjanih profila kvaliteta S235 [3], [4], [5]. Dominantno opterećenje nadstrešnice odvija se preko termopanela krovne plohe, i

Lozančić, M., Akmadžić, V.

## Konstrukcija objekta naplatne postaje na autocesti

predaje se na sekundarne nosače. Sekundarni nosači se postavljaju u pravcu duže dimenzije nadstrešnice (okomito na prometnu traku). Sekundarni nosači su projektirani kao kontinuirane grede profila IPE 270 i oslanjaju se na glavne nosače.

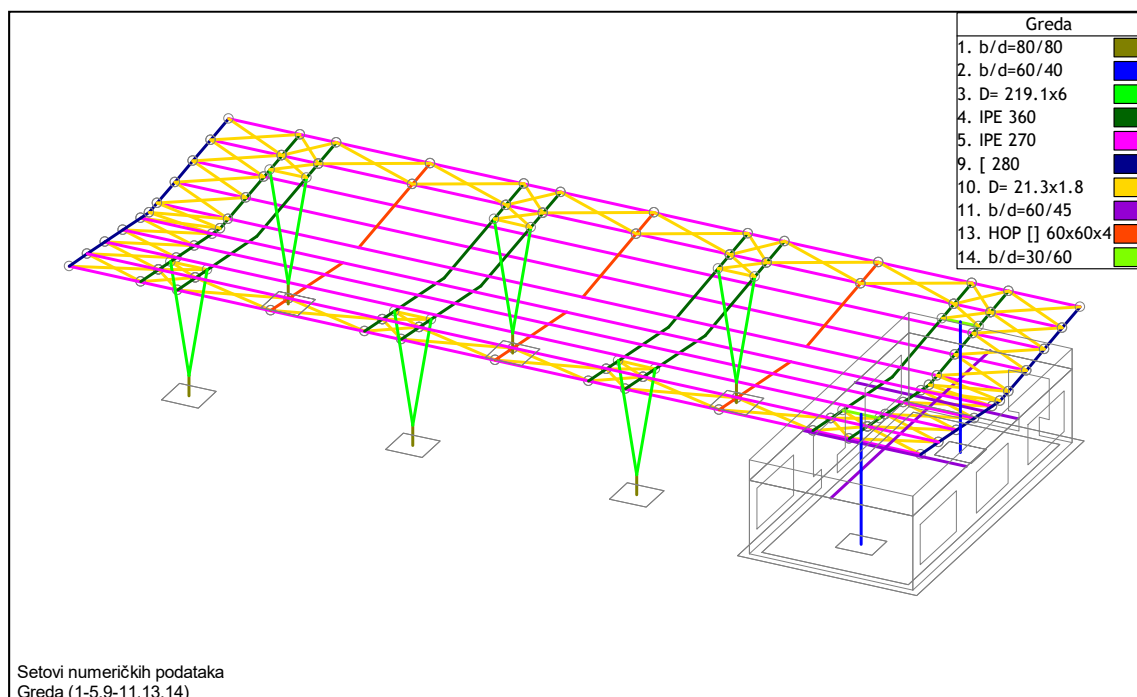
Karakterističan raspon sekundarnih nosača između greda je 9.20 m, a na prepustu (konzolnom dijelu) je 3.50 m. Njihov međusobni razmak je 1.80 m. Nastavci sekundarnih nosača predviđeni su pomoću čelne ploče i visokovrijednih vijaka. Kako bi se optimalno iskoristio materijal sekundarni nosač je sastavljen od četiri segmenta: dva segmenta od 12.00 m, jedan od 6.00 m, i jedan od 11.80 m. Bitno je istaknuti kako su u krovnoj ravnini predviđene i zatege koje se postavljaju kao ukrštene dijagonale poprečnog presjeka  $\varnothing$  20 mm.

Glavni gredni nosači se postavljaju paralelno s prometnim trakama, prate nagib krovne ravnine ( $6,7^\circ$ ) i preuzimaju opterećenje od sekundarnih nosača. Osovinski raspon glavnih nosača je 10.00 m, a konzolni prepust je 3.10 m. Gredni nosači se nad stupom i kratkom konzolom iznad prizemnog objekta postavljaju u paru. Naime, stup je V oblika te je stoga razmak jednog para glavnih nosača na vrhu stupa 1.80 m.

Poprečni presjek glavnog grednog nosača je IPE 360. Nastavak tog grednog nosača se vrši na spoju u uvali krovne ravnine pomoću čelne ploče i visokovrijednih vijaka.

Stupovi nadstrešnice su čelični stupovi karakterističnog V oblika ( $\varnothing$  219.1 x 6 mm). Urađeni su na način da im se dno spaja u jedan profil, a vrh im je radi transporta i montaže međusobno konstruktivno povezan. Ovi stupovi se preko AB čašice povezuju s temeljima samcima dimenzija 180 cm x 180 cm x 50 cm.

Kako bi se pratila zakonitost postavljanja greda na V stupove, iznad prizemnog objekta potrebno je bilo postaviti AB stupove s proširenjem na vrhu u vidu kratkih konzola (Slika 4). Veza grede IPE 360 i kratke konzole prikazana je na Slici 6.



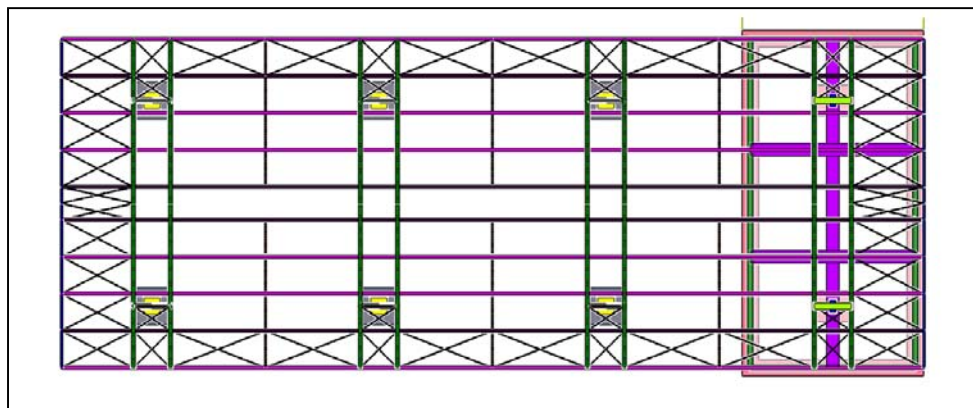
Slika 4. Prikaz nadstrešnice [Tower 8]

#### 4. OPĆENITO O PRORAČUNSKOM MODELU

Konstrukcija je proračunata u računalnom paketu TOWER 8 firme Radimpex. Pri tome su grede i stupovi modelirani kao linijski elementi odgovarajućih karakteristika, a zidovi i ploče kao odgovarajući plošni elementi [15], [18]. Tlo je simulirano preko Winklerovih opruga zadanih putem karakteristika površinskog oslonca [1], [2], [19].

Kod analize konstrukcije razmatrana su sljedeća opterećenja:

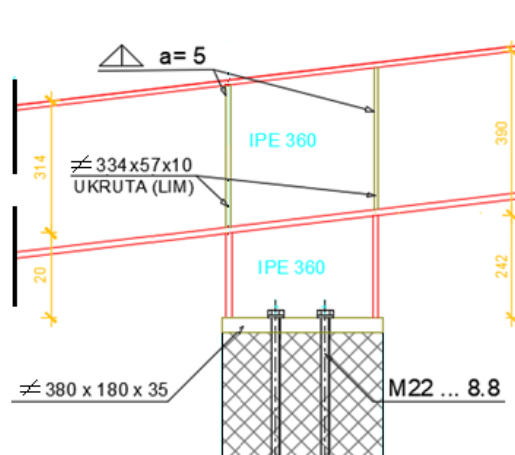
- Stalno opterećenje konstrukcije (vlastita težina površinskih i linijskih elemenata),
- Dodatno stalno opterećenje,
- Snijeg,
- Vjetar,
- Potresno izvanredno opterećenje.



Slika 5. Osnova krova nadstrešnice [Tower 8]

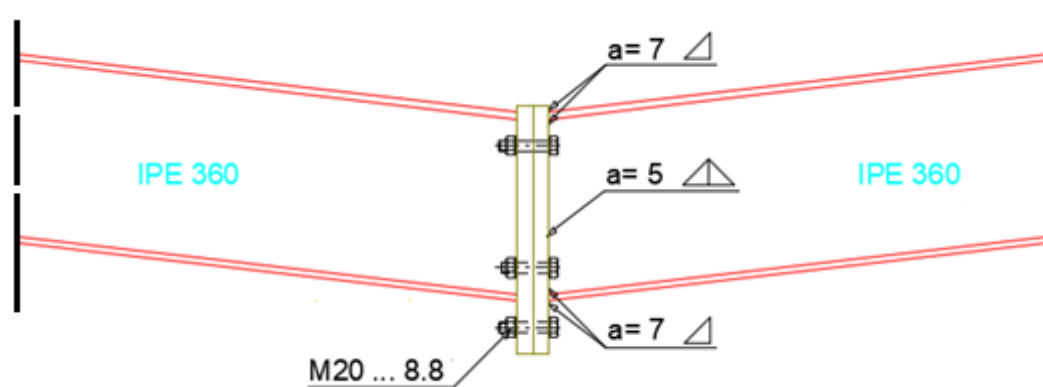
#### 5. KARAKTERISTIČNI DETALJI

U nastavku su prikazani karakteristični spojevi [11], [13], [14] za ovu konstrukciju. Prvi se odnosi na spoj AB i čelične konstrukcije, i na tragu je sličnih rješenja [17]. Drugi se odnosi na spoj grednog nosača u uvali.



Slika 6. Veza kratke konzole i glavnog nosača

Lozančić, M., Akmadžić, V.  
**Konstrukcija objekta naplatne postaje na autocesti**



Slika 7. Veza glavnog nosača u uvali (radi preglednosti prikaz vara dan s desne strane)

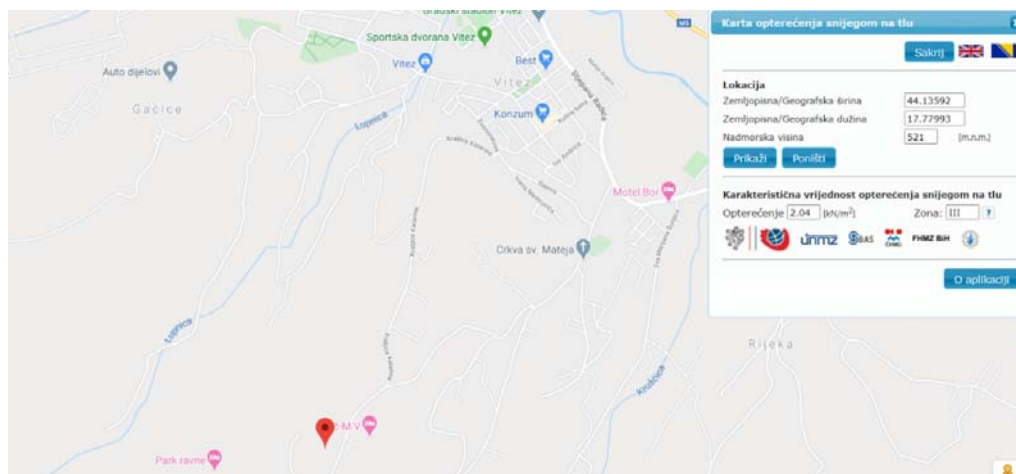
## 6. PRAVILNICI I NORME

Projektiranje i izvođenje građevina odvija se uz primjenu zakonske regulative na određenom teritoriju. U ovom slučaju riječ je o euronormama. Europske norme za projektiranje konstrukcija zasnivaju se na suvremenom pristupu proračuna konstrukcija, a ideja njihovog kreiranja je stvaranje ujednačenih uvjeta projektiranja konstrukcija zgrada i drugih građevina u europskim zemljama.

Kako bi se te norme prilagodile posebnostima zemalja u vidu klimatskih uvjeta, seizmike područja, itd., za svaku normu je izdan i nacionalni dodatak koji nosi oznaku /NA. Iz tih dodataka izvučeni su osnovni parametri za opterećenja snijegom (Slika 8), vjetrom (Slika 10) i potresom (Slika 11).

### 6.1 Raspodjela opterećenja po EC normama

Osim brzine vjetera za djelovanje vjetera na konstrukciju je potrebno uzeti u obzir koeficijente za djelovanja na nadstrešnice (Slika 9). Budući da se termopanel oslanja na sekundarne nosače, onda je u numeričkom modelu opterećenje nanošeno na sekundarne nosače, koji su djelovanja predaivali glavnim nosačima, te preko stupova temeljima i tlu.

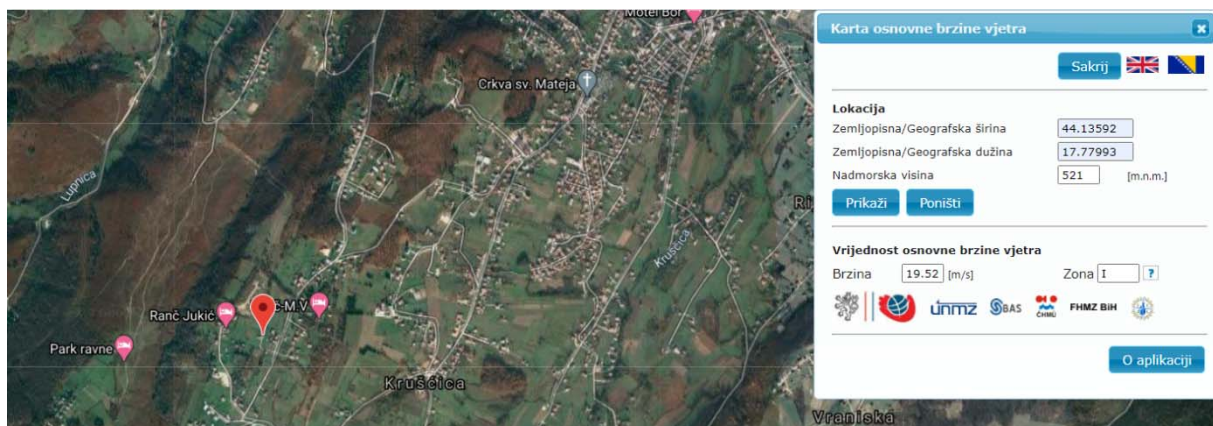


Slika 8. Karta opterećenja snijegom na tlu [20]

Lozančić, M., Akmadžić, V.  
Konstrukcija objekta naplatne postaje na autocesti

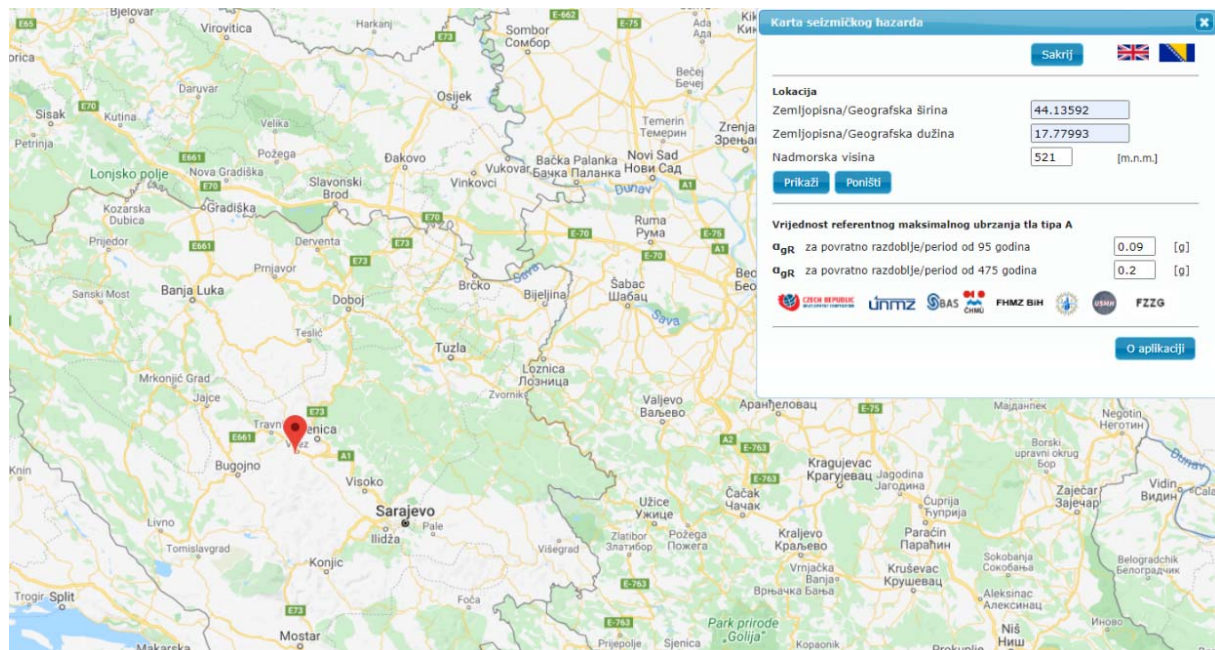
Nagib krova $\alpha$	Zapriječenost $\varphi$	Koeficijenti sveukupne sile $c_f$	Koeficijenti neto tlaka $c_{p,net}$ tlocrt			
			Područje A	Područje B	Područje C	Područje D
- 20°	Najveća vrijednost, svi $\varphi$	+ 0,7	+ 0,8	+ 1,6	+ 0,6	+ 1,7
	Najmanja vrijednost, $\varphi = 0$	- 0,7	- 0,9	- 1,3	- 1,6	- 0,6
	Najmanja vrijednost, $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,5	- 2,4	- 2,4	- 0,6
- 15°	Najveća vrijednost, svi $\varphi$	+ 0,5	+ 0,6	+ 1,5	+ 0,7	+ 1,4
	Najmanja vrijednost, $\varphi = 0$	- 0,6	- 0,8	- 1,3	- 1,6	- 0,6
	Najmanja vrijednost, $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,7	- 2,6	- 0,6
- 10°	Najveća vrijednost, svi $\varphi$	+ 0,4	+ 0,6	+ 1,4	+ 0,8	+ 1,1
	Najmanja vrijednost, $\varphi = 0$	- 0,6	- 0,8	- 1,3	- 1,5	- 0,6
	Najmanja vrijednost, $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,7	- 2,6	- 0,6
- 5°	Najveća vrijednost, svi $\varphi$	+ 0,3	+ 0,5	+ 1,5	+ 0,8	+ 0,8
	Najmanja vrijednost, $\varphi = 0$	- 0,5	- 0,7	- 1,3	- 1,6	- 0,6
	Najmanja vrijednost, $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,5	- 2,4	- 2,4	- 0,6
+ 5°	Najveća vrijednost, svi $\varphi$	+ 0,3	+ 0,6	+ 1,8	+ 1,3	+ 0,4
	Najmanja vrijednost, $\varphi = 0$	- 0,6	- 0,6	- 1,4	- 1,4	- 1,1
	Najmanja vrijednost, $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,3	- 2,0	- 1,8	- 1,5
+ 10°	Najveća vrijednost, svi $\varphi$	+ 0,4	+ 0,7	+ 1,8	+ 1,4	+ 0,4
	Najmanja vrijednost, $\varphi = 0$	- 0,7	- 0,7	- 1,5	- 1,4	- 1,4
	Najmanja vrijednost, $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,3	- 2,0	- 1,8	- 1,8
+ 15°	Najveća vrijednost, svi $\varphi$	+ 0,4	+ 0,9	+ 1,9	+ 1,4	+ 0,4
	Najmanja vrijednost, $\varphi = 0$	- 0,8	- 0,9	- 1,7	- 1,4	- 1,8
	Najmanja vrijednost, $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,3	- 2,2	- 1,6	- 2,1
+ 20°	Najveća vrijednost, svi $\varphi$	+ 0,6	+ 1,1	+ 1,9	+ 1,5	+ 0,4
	Najmanja vrijednost, $\varphi = 0$	- 0,9	- 1,2	- 1,8	- 1,4	- 2,0
	Najmanja vrijednost, $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,4	- 2,2	- 1,6	- 2,1

Slika 9. Vrijednost neto pritiska vjetra  $c_{p,net}$  [20]



Slika 10. Karta osnovne brzine vjetra [20]

## Lozančić, M., Akmadžić, V. Konstrukcija objekta naplatne postaje na autocesti



Slika 11. Karta maksimalnog ubrzanja tla [20]

Za betonske radove predviđen je beton C 25/30, a sve prema "Tehničkim propisima za betonske konstrukcije" dok se kao podložni beton može koristiti C 16/20. Osnovni materijal čeličnih konstrukcija koji je primijenjen u projektu je S 235 JR te zadovoljava sve provjere vezane za granično stanje nosivosti i uporabljivosti. Pri konstruiranju veza pojedinih elemenata korišteni su neupasovani vijci kvaliteta 8.8. Predviđena je armatura B500B za sve AB elemente u obliku šipki i mreža.

## 7. ZAKLJUČAK

Odabir oblika konstrukcije nadstrešnice određen je prema uputama JP „Autoceste FBiH“ o uniformnosti konstrukcija na autocestama. Veza između konstrukcije nadstrešnice i AB objekta određena je na osnovu ekonomskih, ekoloških te urbanističkih čimbenika. Za prizemni objekt izabran je AB skeletni sustav od betona C25/30 i armature B500B. Štapni sustav nadstrešnice sačinjen je od toplovaljanih profila i hladnooblikovanih profila, a sve od čelika kvaliteta S235.

Osnovna zadaća je bila izvršiti proračun i provjeriti je li izabrani sustav zadovoljava traženu razinu mehaničke otpornosti i stabilnosti.

Pri realizaciji projekta najkompleksniji problem predstavljao je spoj čeličnog i betonskog dijela objekta. U ovom rješenju su odabrani AB stupovi iznad ravnog krova s kratkim konzolama na koje se oslanjaju grede nadstrešnice. Karakteristični oblik krovne ravni (uvala) predaje AB stupu velike horizontalne sile.

Budući da su AB stupovi u suštini klasični konzolni stupovi, što se najbolje može vidjeti iz dijagrama pomaka, dolazi do pojave jakih momenata na spoju stupa s AB pločom ravnog krova. Posljedica je pojava maksimalno dopuštene armature u dnu stupa. Detaljnijom analizom ponašanja konstrukcijskih elemenata izveden je zaključak kako je bolje rješenje zamjena konzolnih AB stupova s AB zidnim platnima na koja bi se oslanjali glavni nosači nadstrešnice.



## LITERATURA

1. Akmadžić, V., Vrdoljak, A.: Određivanje vrijednosti koeficijenta reakcije tla – programsko rješenje, e-ZBORNİK - Elektronički zbornik radova građevinskog fakulteta, 2018., broj 15, godište 8, str. 21-28
2. Akmadžić, V., Vrdoljak, A.: Influence of soil reaction coefficient on 2D steel frame behavior, Proceedings of the 3rd International Conference on Engineering Sciences and Technologies, Košice, Slovakia, 2018, pp.1–4
3. Androić, B., Dujmović, D., Džeba, I.: Metalne konstrukcije 1, IGH, Zagreb, 1994.
4. Androić, B., Dujmović, D., Džeba, I.: Metalne konstrukcije 2, IGH, Zagreb, 1994.
5. Androić, B., Dujmović, D., Džeba, I.: Metalne konstrukcije 3, IGH, Zagreb, 1994.
6. Glišić, M.: Fundiranje arhitektonskih objekata, Betonske konstrukcije, Prvo poglavlje, Beograd, 2004.
7. Gukov, I.: Betonske konstrukcije I, Predavanja, Zagreb, 2017.
8. Harapin, A., Radić J.: Osnove betonskih konstrukcija, Interna skripta, Split, 2015.
9. Herak – Marović, V.: Armiranobetonske konstrukcije, Kratki elementi, Predavanja, Split, 2007.
10. Kraus, J.: Priručnik s tablicama i izrazima za proračun djelovanja na konstrukcije, GF Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, 2018.
11. Leko, V.: Eurocode 3-1-8, Proračun spojeva, Komentari s primjerima, Slavonski Brod, 2012.
12. Markić, R., Mišćević, P., Čubela, D., Mikulić, Ž.: Seizmički proračun potpornih zidova prema europskim normama, e-ZBORNİK - Elektronički zbornik radova građevinskog fakulteta, 2016., broj 11, godište 6, str. 100-117
13. Marković, Z., Buđevac, D., Tošić, D., Bogovac, D.: Metalne konstrukcije, Osnove proračuna i konstruisanja, Beograd, 2009.
14. Markulak, D.: Djelovanje potresa na konstrukcije i osnove seizmičkog proračuna, Kolegij Osnove proračuna i djelovanja na konstrukcije, Presentacija, GF Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, 2016.
15. Mihanović A., Trogrlić B., Akmadžić V.: Građevna statika II., Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, 2014.
16. Prskalo, M., Akmadžić, V., Vrdoljak, A.: Utjecaj modeliranja koeficijenta reakcije tla na jednostavni 3D okvir izložen horizontalnom simetričnom opterećenju, e-ZBORNİK - Elektronički zbornik radova građevinskog fakulteta, 2019., broj 18, godište 9, str. 38 - 46
17. Ramljak, D., Akmadžić, V.: Modeliranje konstrukcije urbane vile, e-ZBORNİK - Elektronički zbornik radova građevinskog fakulteta, 2019., broj 17, godište 9, str. 109-116
18. Ramljak D., Akmadžić V.: The influence of the mesh density and concrete quality on the results accuracy in thin plates, XVIII Anniversary International Scientific Conference by Construction and Architecture VSU'2018, Sofia, 2018, Volume 1, pp. 341-350.
19. Vrdoljak, A., Akmadžić, V.: Improvement of students' engineering skills in numerical modelling of the structural systems, Proceedings of the 18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA, March 2019, pp. 20-22
20. [www.eurokodovi.ba/?lang=hr](http://www.eurokodovi.ba/?lang=hr) , Priručnik za Eurokodove, Interaktivne karte
21. [www.jpautoceste.ba](http://www.jpautoceste.ba), JP Autoceste FBiH, Set uputa za projektiranje, nabavku, ugradnju i održavanje elemenata, objekata ili dijelova objekata na autocesti, Sarajevo, 2013.