

Primljen / Received: 19.9.2017.

Ispravljen / Corrected: 14.3.2018.

Prihvaćen / Accepted: 4.4.2018.

Dostupno online / Available online: 30.12.2018.

Studija osjetljivosti cestovne mreže u kriznim situacijama na različite katastrofe

Autori:



Doc.dr.sc. **Makoto Fujiu**
fujiu@se.kanazawa-u.ac.jp



Kenji Shibase, dipl.ing.građ.
sbdn0504@gmail.com



Shuji Osawa, dipl.ing.građ.
s.osawa.ku.sed@gmail.com



Dr.sc. **Ahmed Wahid Uddin**
bijoyahmed2013@gmail.com



Prof.dr.sc. **Shoichiro Nakayama**
nakayama@staff.kanazawa-u.ac.jp



Prof.dr.sc. **Junichi Takayama**
takayama@se.kanazawa-u.ac.jp

Sveučilište Kanazawa, Japan
 Građevinski fakultet

Stručni rad

Makoto Fujiu, Kenji Shibase, Shuji Osawa, Ahmed Wahid Uddin, Shoichiro Nakayama, Junichi Takayama

Studija osjetljivosti cestovne mreže u kriznim situacijama na različite katastrofe

Prirodne katastrofe su u posljednje vrijeme sve češća pojava u Japanu. Kako bi se osigurao neometan prijevoz dobara uslijed velikih niskofrekventnih katastrofa, u toj je zemlji razvijena cestovna mreža za promet u kriznim situacijama. Iako su učestalost i priroda nesreća različiti, za takvu prometnu mrežu još uvijek nije definiran kvantitativni stupanj rizika koji katastrofa za sobom nosi. U ovom je radu procijenjen kvantitativni rizik cestovne mreže za promet u kriznim situacijama uslijed različitih katastrofa kao što su potresi, poplave, klizanja tla, tsunamiji, vulkanske erupcije i oluje.

Ključne riječi:

cestovna mreža, krizne situacije, rizik od katastrofe, potres, klizanje tla, poplave

Professional paper

Makoto Fujiu, Kenji Shibase, Shuji Osawa, Ahmed Wahid Uddin, Shoichiro Nakayama, Junichi Takayama

A study of vulnerability of emergency transport road network to various hazards

The frequency of natural disasters in Japan has increased in recent times. To ensure smooth transport of goods in the event of a large-scale low-frequency disaster, a network of emergency transport roads has been designed in Japan. However, while the frequency and nature of accidents are diverse, the emergency transport roads have not yet quantitatively grasped the degree of risk a disaster carries. In this study, the risk of this road network is quantitatively evaluated while considering various hazards such as earthquakes, floods, landslides, tsunamis, volcanic eruptions, and storm surges.

Key words:

road network, crisis situations, disaster risk, earthquake, landslide, floods

Fachbericht

Makoto Fujiu, Kenji Shibase, Shuji Osawa, Ahmed Wahid Uddin, Shoichiro Nakayama, Junichi Takayama

Untersuchung der Empfindlichkeit des Straßennetzes in Krisensituationen auf unterschiedliche Katastrophen

Naturkatastrophen treten in letzter Zeit in Japan immer häufiger auf. Um einen ungehinderten Transport von Gütern während niederfrequenter Katastrophen sicherzustellen, wurde in diesem Land ein Straßennetz für den Verkehr in Krisensituationen entwickelt. Obwohl die Häufigkeit und die Art der Unglücke unterschiedlich sind, wurde für ein solches Verkehrsnetz noch immer kein quantitatives Risikoniveau definiert, das eine Katastrophe mit sich bringt. Diese Abhandlung schätzt das quantitative Risiko des Straßennetzes für den Verkehr in Krisensituationen infolge unterschiedlicher Katastrophen wie Erdbeben, Überschwemmungen, Erdbeben, Tsunamis, Vulkaneruptionen und Stürme ein.

Schlüsselwörter:

Straßennetz, Krisensituationen, Katastrophenrisiko, Erdbeben, Erdbeben, Überschwemmungen

1. Uvod

Prirodne katastrofe su u posljednjih nekoliko godina sve češća pojava u Japanu. Mogu se podijeliti na velike niskofrekventne katastrofe kao što su potresi i vulkanske erupcije, te male visokofrekventne katastrofe kao što su klizanja tla i poplave, koje su često popraćene iznenadnim jakim kišama ili pljuskovima. Kako bi se osigurao neometan prijevoz dobara uslijed velikih niskofrekventnih katastrofa, u Japanu je razvijena cestovna mreža za promet u kriznim situacijama. Nekoliko dosadašnjih studija se bavilo procjenom stupnja rizika katastrofe koju takva prometna mreža može podnijeti, pri čemu su tip i učestalost katastrofe varirani kvantitativno. U ovom je radu procijenjen kvantitativni rizik cestovne mreže za promet u kriznim situacijama uslijed različitih katastrofa kao što su potresi, poplave i klizanja tla.

Prva asocijacija pri spominjanju prirodnih katastrofa u Japanu jesu potresi, poplave ili vulkani. Procjena opasnosti od potresa zasniva se na definiranju vjerojatnosti od pojave potresa seizmičkog intenziteta jednakog ili većeg od 5, koja se određuje na temelju izmjerenih seizmičkih intenziteta u prošlosti, [1]. Ta je vjerojatnost posljednjih 30-50 godina sve veća. Seizmički intenzitet je indeks koji pokazuje jačinu kretanja tla prilikom djelovanja potresa. Vrijednosti seizmičkog intenziteta u rasponu su od razine 0 do razine 7, pri čemu su razine 5 i 6 podijeljene na dvije podrazine, što bi značilo da postoji ukupno 10 različitih jačina potresa.

Opasnost od poplava se procjenjuje na temelju poplavnih granica u iznosu od 5,0 m, 3,0 m i 0,5 m, a raspoloživi podaci se grupiraju po okruzima, prefekturama i velikim gradskim središtima. Veza između visine poplavne granice i djelovanja poplave je sljedeća: pri granici od 0,5 m poplava zahvaća prvi kat zgrade; pri granici od 3,0 m poplava zahvaća drugi kat zgrade; pri granici od 5,0 m drugi kat je poplavljen, a postoji mogućnost da poplava zahvati i treći kat.

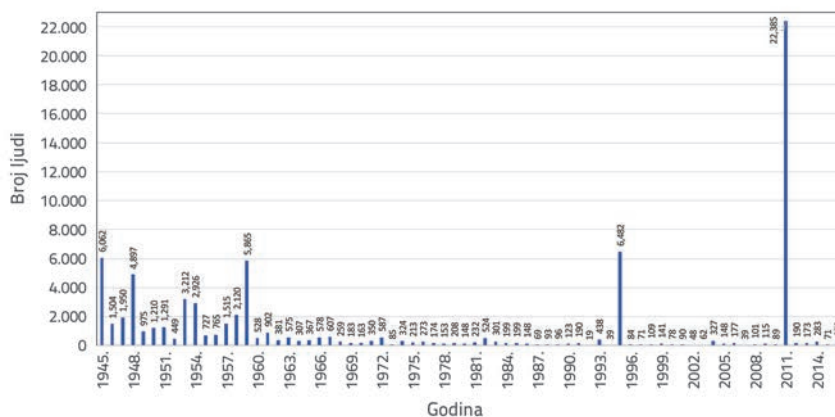
2. Rizik od prirodnih katastrofa u Japanu

Japan je zemlja u kojoj se velike prirodne katastrofe periodički ponavljaju. Zbog prirodnih uvjeta, kao što su geografski položaj, topografija, geologija i klima, u Japanu se učestalo javljaju potresi, tajfuni, jake kiše i vulkanske erupcije koji rezultiraju velikim katastrofama. Takvi klimatski uvjeti u kombinaciji s planinskom topografijom, koja je karakteristična za otočne zemlje, ponekad mogu rezultirati ozbiljnim štetama koje nastaju uslijed poplava, klizanja tla ili jakih kiša koje su najčešće uzrokovane tajfunima i sezonskom kišnom frontom. Prikazivanjem

distribucije seizmičkih centara i vulkana na mapama na kojima su ucrtane lokacije zemljinih ploča, definiraju se mjesta seizmičkih aktivnosti na rubovima ploča u cijelom svijetu. Japan je smješten točno na granici oceanske i kontinentalne ploče. Budući da je okružen morem, podložan je i djelovanju tsunamija, koji također mogu uzrokovati velike štete. Samo u 2003. godini, zabilježeno je u Japanu 2179 osjetnih potresa te 4 erupcije vulkana, [2]. U budućnosti je nužno predstaviti mjere za sprječavanje katastrofa na razini cijele zemlje, a ne samo na razini regionalnih uprava. Od svih šteta u Japanu, nastalih uslijed prirodnih katastrofa u razdoblju od 1955. do 2004. godine, 2 % su činile štete uzrokovane poplavama, 22 % štete uzrokovane jakim vjetrovima te 76 % štete uzrokovane potresima, [3]. Iako Japan zauzima samo 0,25 % ukupne Zemljine površine, na toj se lokaciji događa velik broj potresa i erupcija vulkana. U razdoblju od 2004. do 2013. godine, 18,5 % potresa magnitude 6 i veće dogodilo se upravo u toj zemlji, u kojoj se nalazi 7,1 % aktivnih vulkana [4].

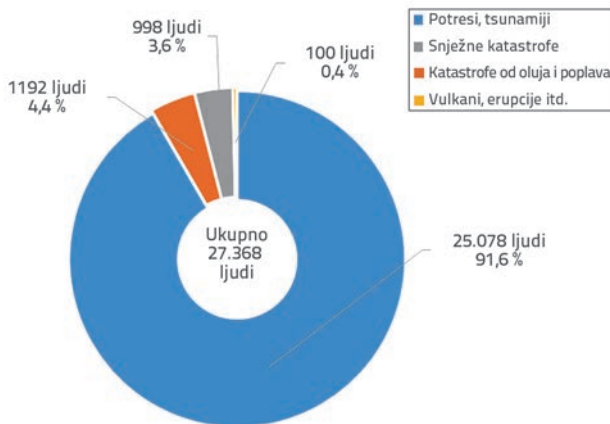
Prirodne katastrofe rezultiraju ljudskim žrtvama i štetom za gospodarstvo i okoliš te značajno narušavaju razvoj društva. Velike katastrofe koje su se nedavno dogodile u Japanu, uključujući razorni potres i tsunami u ožujku 2011., upozoravaju na važnost nacionalne pripremljenosti za njihovo sprječavanje. Slika 1. prikazuje broj smrtno stradalih i nestalih osoba uslijed prirodnih katastrofa u Japanu (1945.-2013.). Slika 2. prikazuje broj smrtno stradalih i nestalih osoba u ovisnosti o tipu katastrofe (posljednjih 20 godina, 1994.-2013.).

Veliki potres koji se dogodio 2011. godine u istočnom Japanu (poznat i kao potres Tohoku kod pacifičke obale, slika 3.) imao je magnitudu 9,0 – najveća zabilježena magnituda otkako se seizmička aktivnost u Japanu mjeri uređajima, [5]. Golem tsunami što ga je taj potres uzrokovao zahvatio je obalna područja Japana, napravio ozbiljnu štetu te rezultirao velikim brojem smrtno stradalih i nestalih osoba (18 490 osoba) (Agencija za upravljanje požarima i katastrofama, Japan). Mnogi problemi koji su nastali uslijed tog katastrofalnog potresa upozorili su



Slika 1. Broj smrtno stradalih i nestalih osoba uslijed prirodnih katastrofa (1945.-2013.) [Izvor: 1945: Rika nenpyo, 1946-52: tablica godišnjih vremenskih nepogoda u Japanu, 1953-62: Nacionalna agencija za politiku, 1963-: Agencija za upravljanje požarima i katastrofama]

na ograničenja znanstvenog shvaćanja samih katastrofa, kao i na povećanu osjetljivost zbog promjena nastalih u japanskim društvenim strukturama, [6].



Slika 2. Broj smrtno stradalih i nestalih osoba ovisno o tipu katastrofe (posljednjih 20 godina: 1994.-2013.) [Izvor: Bijela knjiga o upravljanju katastrofama, Japan, 2013.]



Slika 3. Veliki potres u istočnom Japanu (11. ožujka 2011.) Izvor: The Daily Asahi Shinbun File Photo



Slika 4. Klizanje tla u Hiroshimi (20. kolovoza 2014.), [6]

Dana 20. kolovoza 2014. došlo je do klizanja tla uslijed jakih kiša koje su zahvatile 166 mjesta u gradskim jedinicama Asa-minami i Asa-kita u Hiroshimi u Japanu, slika 4. Te su kiše prouzročile 74 smrtno stradale i 44 ozlijeđene osobe, 3562 materijalne štete, itd., [7].

Rijeka Kinugawa je 10. rujna 2015. probila branu, pri čemu je val visok poput tsunamija poplavio mjesto Joso koje se nalazi oko 50 kilometara sjeveroistočno od Tokija (AP izvješće), slika 5.



Slika 5. Preljevanje rijeke Kinugawa (10. rujna 2015.) Izvor: Jiji Press/AFP/Getty Images

3. Cestovna mreža za promet u kriznim situacijama

Dana 17. siječnja 1995. u 05:46 sati veliki Hanshin-Awaji potres (poznat i kao Kobe potres) pogodio je južni dio prefekture Hyōgo u Japanu. Taj je potres bio značajan jer je upozorio na osjetljivost postojeće infrastrukture u Japanu. Nadležni su tvrdili da su konstrukcije u Japanu otporne na djelovanje potresa, no bili su u krivu jer su brojne zgrade, željezničke pruge, denivelirane autoceste i postrojenja u brodskim lukama u tom području uništene. Propusna moć cestovnih prometnica se uslijed urušavanja deniveliranih autocesta i željezničkih pruga, okolnih zgrada te kolničkih konstrukcija značajno smanjila. Nakon katastrofe pokazala se potreba za brojnim prometnim radnjama vezanim uz evakuaciju, aktivnosti hitnog spašavanja, humanitarne akcije te obnovu oštećene infrastrukture. Budući da je glavni cestovni pravac koji povezuje istok i zapad tog područja bio uništen, 18 dana nakon katastrofe uspostavljena je nova cestovna mreža za promet u kriznim situacijama. Klasifikacija cesta u kriznim situacijama te njihove lokacije prikazana je u tablici 1.

S obzirom na iskustva stečena prilikom velikog Hanshin-Awaji potresa, razvijena je cestovna mreža za promet u kriznim situacijama kako bi se neposredno nakon potresa omogućilo neometano prometovanje autocestama i brzim cestama, drugim državnim cestama te glavnom cestom koju je guverner odredio za povezivanje bitnih baza za sprječavanje katastrofa. Cesta za promet u kriznim situacijama je kategorizirana kao primarna za svaku od prefektura. Postoji mala razlika u imenu i kriterijima odabira, no u principu primarna cesta pokriva veliki dio površina

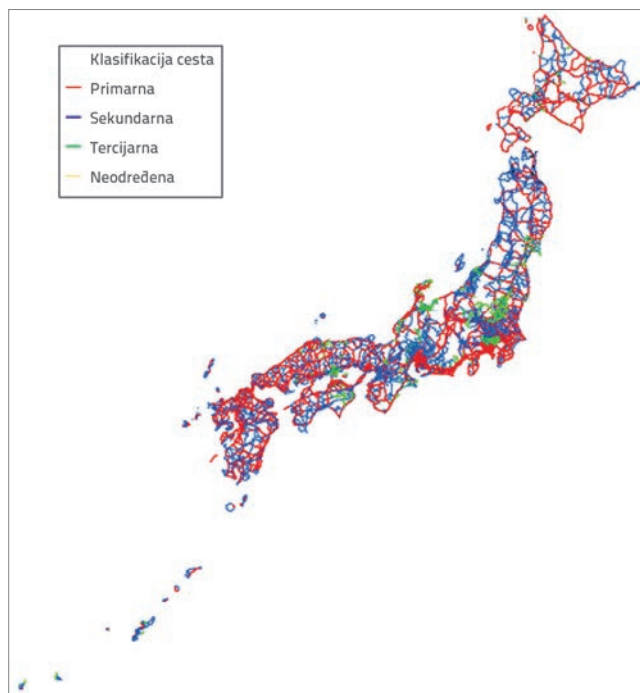
Tablica 1. Klasifikacija cesta za promet u kriznim situacijama i njihove lokacije

Klasifikacija cesta za promet u kriznim situacijama	Lokacija
Primarna	Glavne cestovne prometnice velike važnosti, glavni prometni pravci na širem području poput državnih cesta i cesta kojima se promet vodi na prilazne ceste.
Sekundarna	Ceste koje spajaju primarne ceste za promet u kriznim situacijama, uređ općinske uprave i bitne baze za sprječavanje katastrofa.
Tercijarna	Ceste koje spajaju primarne i sekundarne ceste za promet u kriznim situacijama, mrežu općinskih ureda i ostale ceste.

Tablica 2. Ukupna duljina svakog pojedinog tipa ceste za promet u kriznim situacijama

Tip ceste / Klasifikacija ceste	Nacionalne autoceste i autoceste [km]	Državne ceste [km]	Općinske ceste [km]	Ukupna duljina [km]
Primarna	45928,63	8077,59	1063,40	55069,62
Sekundarna	13368,92	22380,69	2428,48	38178,09
Tercijarna	799,69	3152,69	714,29	4666,67
Neodređena	93,58	23,11	-	116,69
Ukupno	60190,82	33634,08	4206,17	98031,07

državnih cesta, autocesta i glavnih cesta. Oblikovana je na način da se sekundarne i tercijarne ceste mogu povezati s primarnim cestama te omogućiti obostranu komunikaciju s bazama za sprječavanje katastrofa i općinskim uredima. U tablici 2. je prikazana ukupna duljina svakog pojedinog tipa ceste za promet u kriznim situacijama, a na slici 6. shema cestovne mreže za promet u kriznim situacijama.



Slika 6. Shema cestovne mreže za promet u kriznim situacijama

Te ceste obuhvaćaju velik dio državnih cesta, koje omogućuju velike brzine vožnje, i ostale državne ceste, kao i ukupno proširenje za visok omjer. S obzirom na navedeno, smatra se da je tom mrežom osigurano dovoljno veliko područje.

4. Metoda za analizu rizika od katastrofe za promet cesta u kriznim situacijama

4.1. Izvori podataka za cestovnu mrežu za promet u kriznim situacijama

U ovom su istraživanju promatrane ceste za promet u kriznim situacijama razvijene na temelju nacionalnih numeričkih podataka o zemljištima, [8]. Tim se podacima definiraju: oblik rute, podjela cesta za prijevoz u kriznim situacijama, klasifikacija cesta, naziv rute na temelju lokalnog plana prevencije od katastrofa, dokumentacija o cestovnoj mreži za promet u kriznim situacijama koju pripremaju glavna gradska središta i okruzi.

4.2. Rizik od katastrofe za štete od potresa

Rizik od oštećenja ceste za promet u kriznim situacijama u slučaju potresa analiziran je na temelju karte za predviđanje probabilističkog seizmičkog kretanja koju je izradila Postaja za katastrofe od potresa J-SHIS, [7]. Predviđena vrijednost seizmičkih kretanja na toj karti izračunana je po mrežnoj jedinici od približno 250 m². Rizik od oštećenja ceste za promet u kriznim situacijama u slučaju potresa analiziran je u GIS-u preklapanjem mrežnih podataka o seizmičkim kretanjima te linearnih podataka o cestama za promet

u kriznim situacijama. Na temelju mape za predviđanje probabilističkog seizmičkog kretanja može se dobiti sljedećih deset predviđenih vrijednosti. Za svaku predviđenu vrijednost analiziran je rizik od potresa za promet na cesti u kriznim situacijama:

- Vjerojatnost pojave potresa intenziteta 5 ili manjeg unutar sljedećih 30 godina.
- Vjerojatnost pojave potresa intenziteta većeg od 5 unutar sljedećih 30 godina.
- Vjerojatnost pojave potresa intenziteta 6 ili manjeg unutar sljedećih 30 godina.
- Vjerojatnost pojave seizmičkog kretanja tla intenziteta većeg od 6 unutar sljedećih 30 godina.
- Izmjereni seizmički intenzitet koji će se dogoditi s vjerojatnošću jednakom ili većom od 3 % u sljedećih 30 godina.
- Izmjereni seizmički intenzitet koji će se dogoditi s vjerojatnošću jednakom ili većom od 6 % u sljedećih 30 godina.
- Izmjereni seizmički intenzitet koji će se dogoditi s vjerojatnošću jednakom ili većom od 2 % u sljedećih 50 godina.
- Izmjereni seizmički intenzitet koji će se dogoditi s vjerojatnošću jednakom ili većom od 5 % u sljedećih 50 godina.
- Izmjereni seizmički intenzitet koji će se dogoditi s vjerojatnošću jednakom ili većom od 10 % u sljedećih 50 godina.
- Izmjereni seizmički intenzitet koji će se dogoditi s vjerojatnošću jednakom ili većom od 39 % u sljedećih 50 godina.

4.3. Rizik od katastrofa za štete od klizanja tla

Prilikom definiranja rizika od oštećenja cesta za promet u kriznim situacijama nastalih uslijed pomicanja tla, promatrano je u koliko se mjeri područja na kojima dolazi do pomicanja tla preklapaju s područjima kroz koja prolaze ceste za promet u kriznim situacijama. Za analizu područja u kojima dolazi do pomicanja tla korišteni su nacionalni numerički podaci o zemljištima, [8]. Ta se područja ovisno o tipu pretpostavljane katastrofe dijele u četiri osnovne skupine: područja na kojima dolazi do odlamanja krhotina ili odlamanja stijena, područja na kojima dolazi do klizanja tla, područja na kojima dolazi do odrona. Rizik od oštećenja nastalih uslijed pomicanja tla analizira se za svaku od prethodno navedenih katastrofa. Budući da se različite katastrofe javljaju u različitim područjima, prilikom analize je u obzir trebalo uzeti i regionalnu podjelu. U ovom istraživanju analiza je provedena po jedinici prefekture i to na sljedeći način:

- u GIS-u su kombinirani linearni podaci o cestama za promet u kriznim situacijama te podaci o područjima na kojima dolazi do pomicanja tla, prilikom čega su definirana područja na kojima se ti podaci preklapaju

- područja definirana u koraku 1 stavljena su u odnos s područjima kroz koja prolaze ceste za promet u kriznim situacijama.

4.4. Rizik od katastrofa za štete od poplava

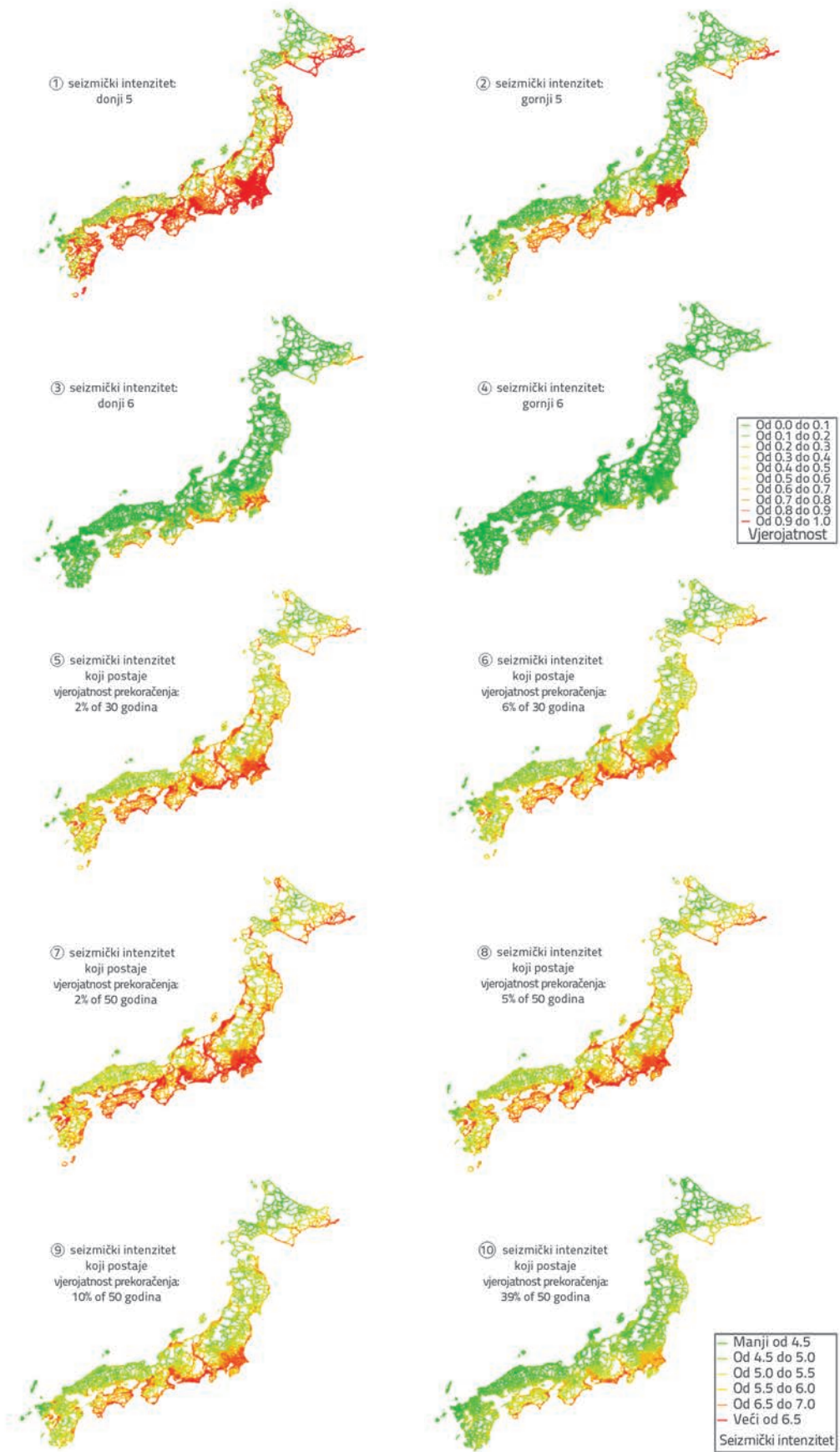
Prilikom definiranja rizika od oštećenja cesta za promet u kriznim situacijama nastalih uslijed poplava također je promatrano u koliko se mjeri područja na kojima dolazi po poplava preklapaju s područjima kroz koja prolaze ceste za promet u kriznim situacijama. Za analizu poplavljenih područja korišteni su nacionalni numerički podaci o zemljištima, [8]. Ta se područja ovisno o dubini poplave dijele u četiri osnovne skupine: područja na kojima dubina poplave iznosi 0,5 m, područja na kojima dubina poplave iznosi 1 m, područja na kojima dubina poplave iznosi 2 m i područja na kojima dubina poplave iznosi 5 m. Rizik od oštećenja analizira se za sve prethodno navedene dubine poplave. Budući da cestama za promet u kriznim situacijama u najvećoj mjeri prometuju osobna vozila, u ovom su istraživanju analizirana samo područja na kojima je dubina poplave jednaka i veća od 1 m. Analiza je provedena po jedinici prefekture i to na isti način kao i kod rizika od katastrofa za štete od klizanja tla:

- u GIS-u su kombinirani linearni podaci o cestama za promet u kriznim situacijama te podaci o područjima na kojima dolazi do poplava, prilikom čega su definirana područja na kojima se ti podaci preklapaju
- područja definirana u koraku 1 stavljena su u odnos s područjima kroz koja prolaze ceste za promet u kriznim situacijama.

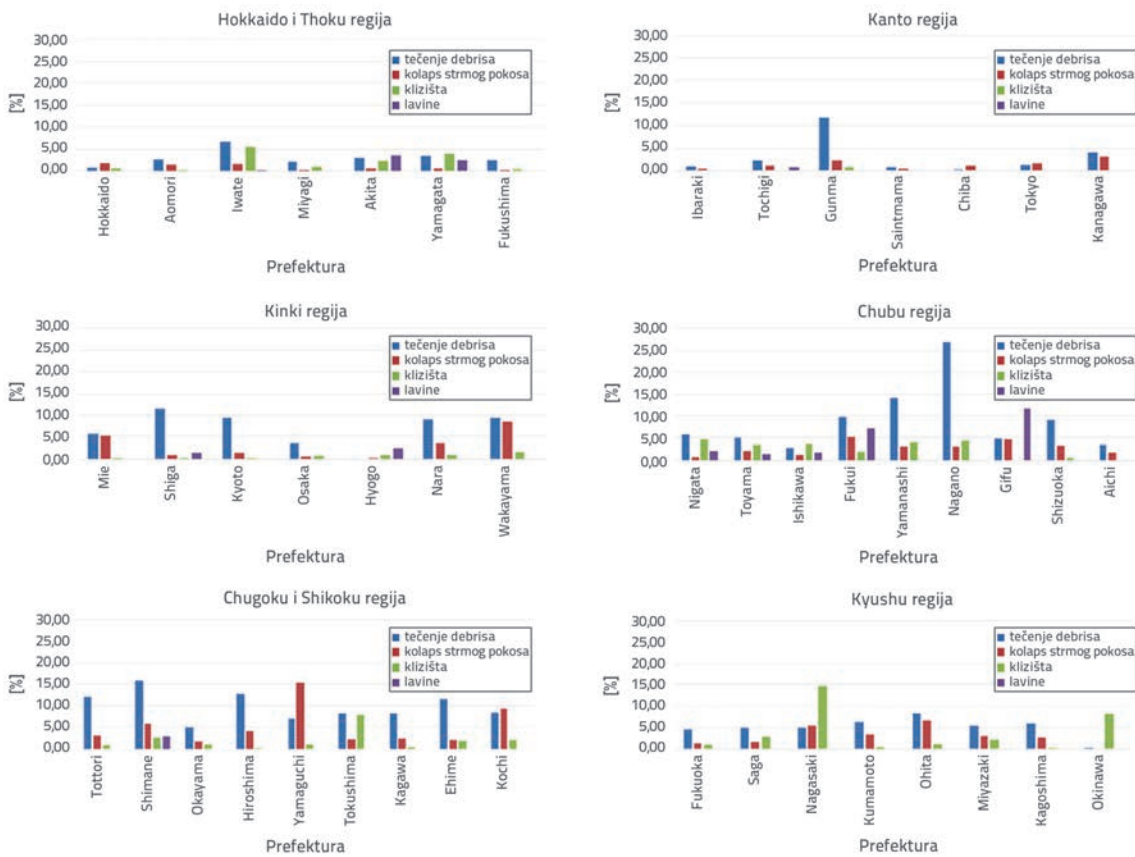
5. Analiza i rezultati istraživanja

5.1. Rizik od katastrofe uslijed potresa

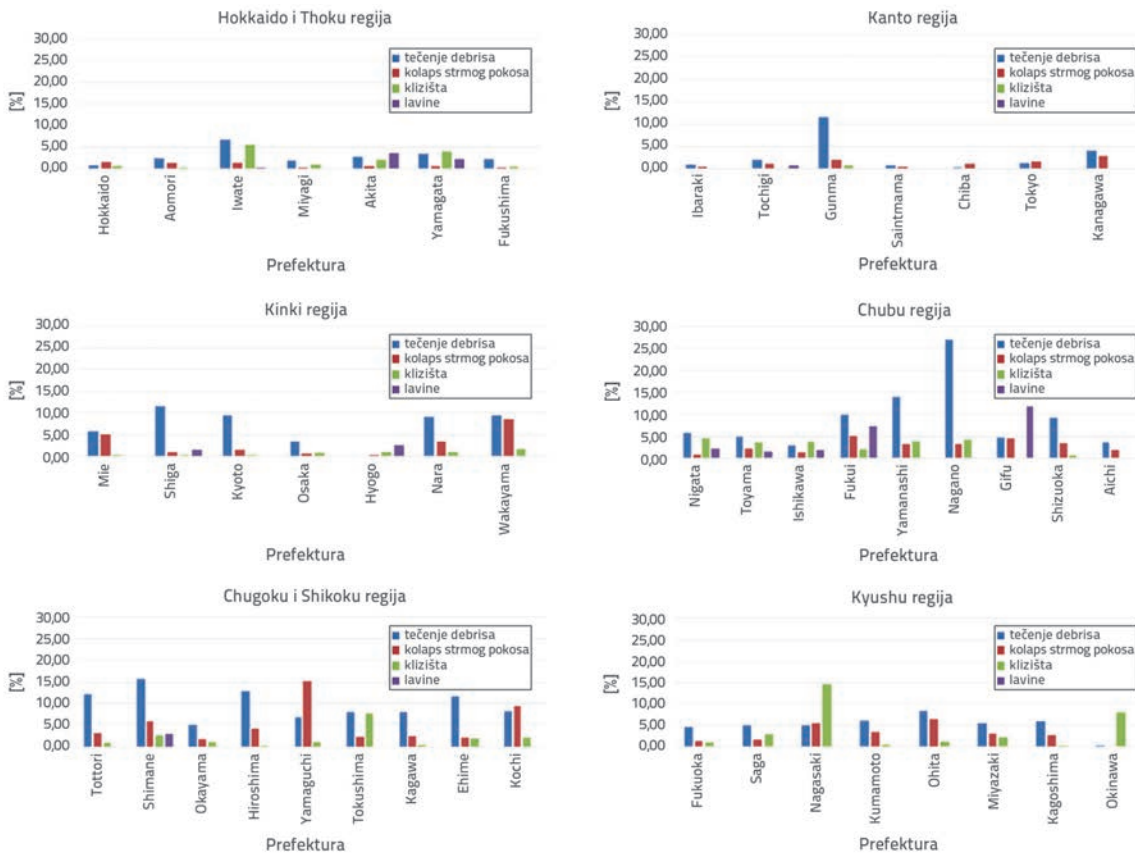
Rizik od oštećenja ceste za promet u kriznim situacijama u slučaju potresa određen je preklapanjem podataka o predviđenoj distribuciji seizmičkog intenziteta te podataka o cestama za promet u kriznim situacijama. Rezultati analize za deset predviđenih vrijednosti prikazani su na slici 7., gdje je vjerojatnost pojave potresa različitih seizmičkih intenziteta (manji od 5, veći od 5, manji od 6 i veći od 6) na cestama za promet u kriznim situacijama prikazana na kartama 1-4 pomoću 10 boja (vrijednosti vjerojatnosti su od 0 do 1); seizmički intenzitet na cestama za promet u kriznim situacijama, koji se s određenom vjerojatnošću očekuje u sljedećih odnosno 30 godina i 50 godina, prikazan je na kartama 5-10 pomoću 6 boja (za manji od 4,5 do veći od 6,5). Postoji velika vjerojatnost da će se na pacifičkoj strani promatranog područja u analiziranom razdoblju dogoditi potresi većeg intenziteta. Velik rizik od pojave potresa postoji i na spoju tektonskih ploča Itoigawa–Shizuoka, što je vidljivo i iz karte 3. U slučaju potresa čiji je intenzitet jednak i manji od 6, najveće štete će nastati u regiji Kanto, a relativno velike štete će se javiti i u regijama Tokai i Tonankai.



Slika 7. Rizik od katastrofa za prometne ceste u kriznim situacijama uslijed potresa različitih intenziteta



Slika 8. Omjer preklapanja za katastrofe uslijed klizanja tla na cestama za promet u kriznim situacijama (primarna cesta)



Slika 9. Omjer preklapanja za katastrofe uslijed klizanja tla na cestama za promet u kriznim situacijama (sekundarna cesta)

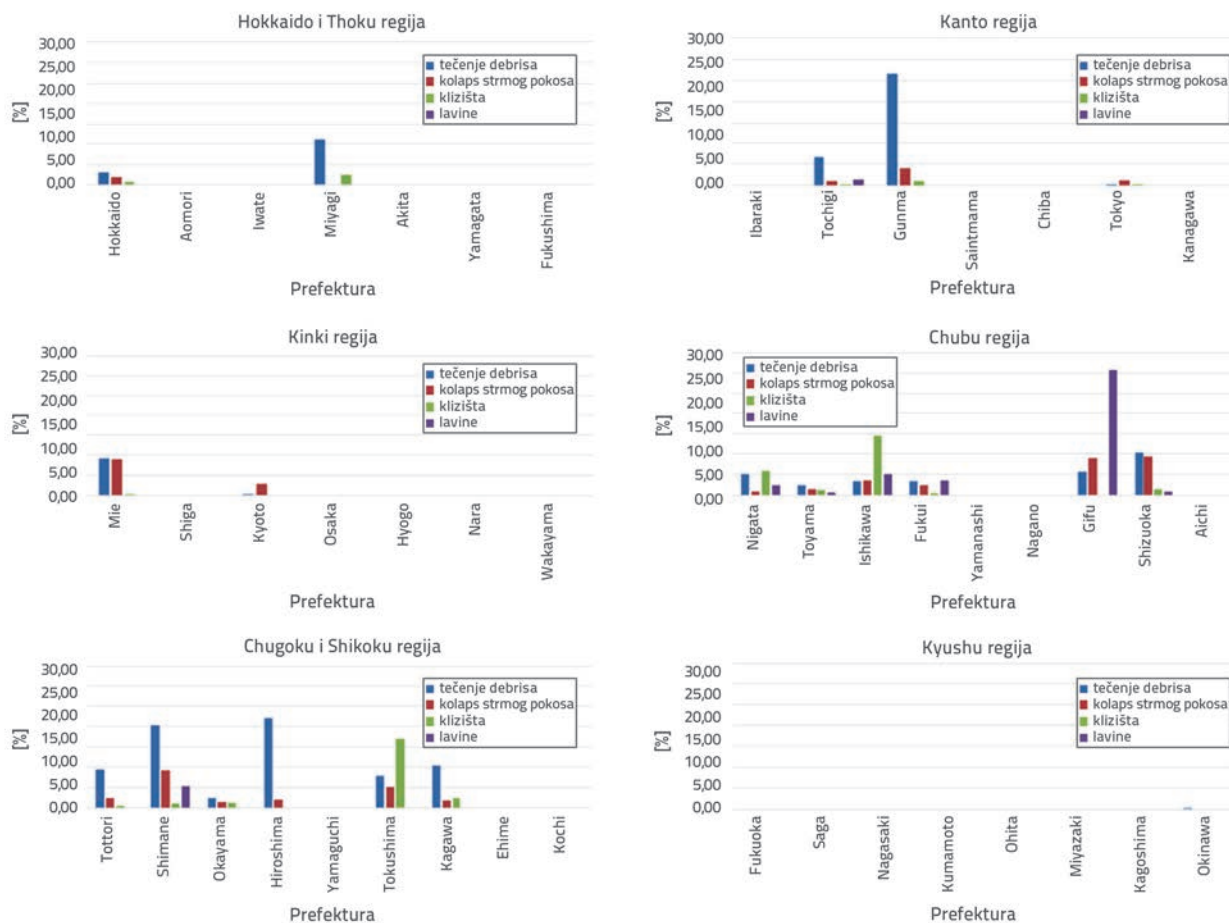
5.2. Rizik od katastrofa uslijed klizanja tla

Rizik od oštećenja ceste za promet u kriznim situacijama uslijed klizanja tla u svim glavnim gradskim središtima i okruzima definiran je na temelju omjera preklapanja područja kroz koja prolaze ceste za promet u kriznim situacijama te područja na kojima dolazi do klizanja tla. Omjer preklapanja određen je na sljedeći način: područja na kojima se preklapaju podaci o cestama i podaci o klizanju tla te područja u kojima se nalaze ceste za promet u kriznim situacijama. Rizik je analiziran za sve tipove katastrofa: odlamanje krhotina ili odlamanje stijena, klizanje tla, odroni. U istraživanju je promatran i ukupni rezultat samo za primarnu cestu. Na slici 8. je prikazan graf s omjerima preklapanja za svaku od prethodno navedenih katastrofa na primarnoj cesti.

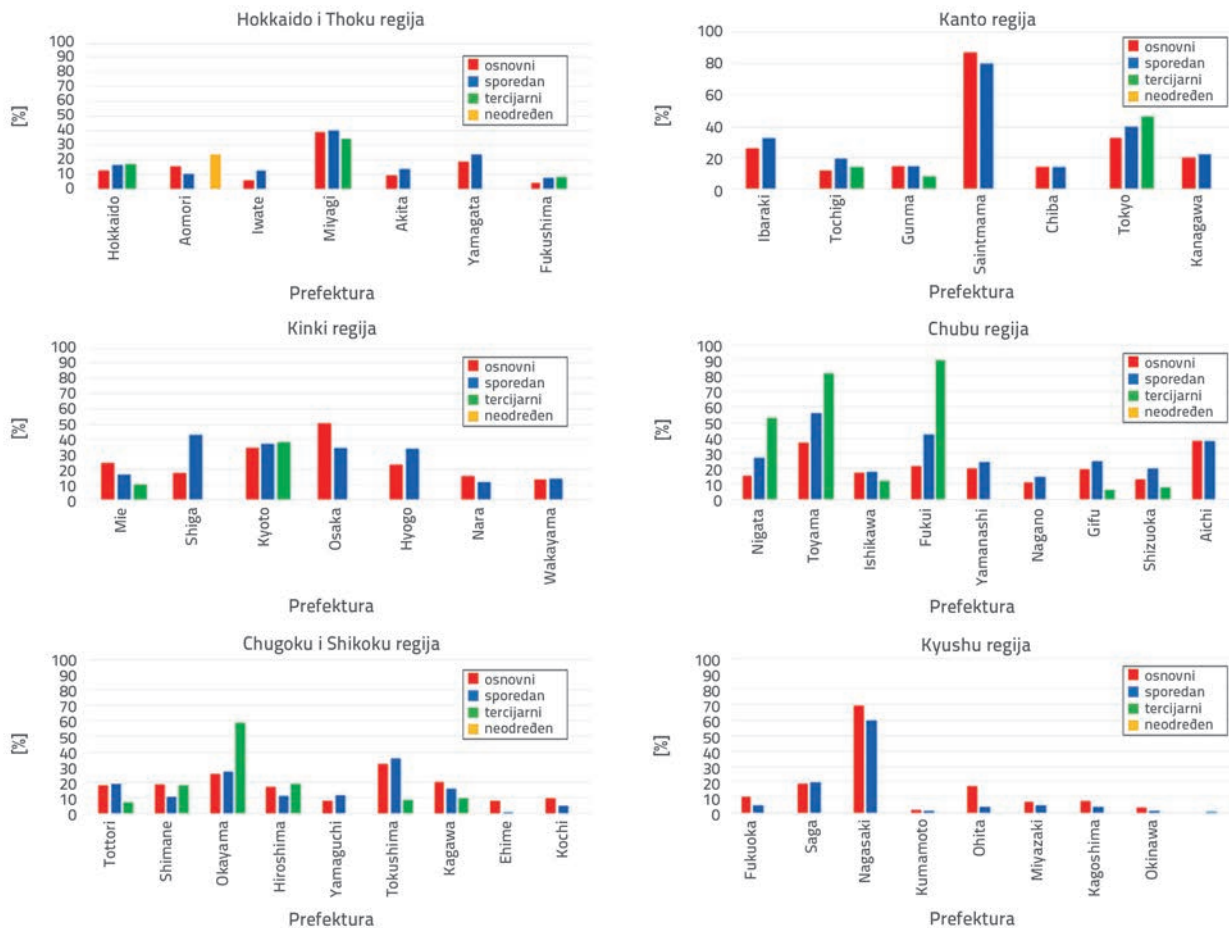
Na temelju rezultata prikazanih na slici 8. može se zaključiti sljedeće: u regijama Chubu, Chugoku i Shikoku omjeri preklapanja su znatno veći nego u ostalim regijama; u prefekturi Nagano postoji najveći rizik od odlamanja krhotina; u prefekturi Yamaguchi postoji najveći rizik od odlamanje stijena; u prefekturi Tokushima postoji najveći rizik od klizanja tla; u prefekturi Gifu postoji najveći rizik od odrona. Analiza omjera preklapanja za svaku katastrofu na sekundarnoj cesti prikazana je na slici 9.

Rezultati analize za sekundarnu cestu se znatno ne razlikuju od rezultata analize za primarnu cestu: rizik od pojave odrona i klizanja tla je veći; ukupan rizik od pojave svih vrsta katastrofa u većini je velikih gradskih središta i okruga tek neznatno veći. U ovoj je analizi promatran veći broj prefekturnih i općinskih cesta koje se nalaze u planinskim područjima, što je ujedno i uzrok većeg postotka katastrofa. Na planinskim cestama se, zbog manje širine kolnika i strmijih pokosa, često aktiviraju klizišta. Analiza omjera preklapanja za svaku katastrofu na tercijarnoj cesti prikazana je na slici 10.

Prilikom analize tercijarne ceste promatrano je 18 velikih gradskih središta i okruga. U usporedbi s primarnim i sekundarnim cestama, na tercijarnoj cesti postoji veći rizik od katastrofa u različitim prefekturama. Razlog tomu su odroni u prefekturi Gifu. Odroni uzrokuju štetu u širokim razmjerima pa tercijarna cesta na brojnim mjestima postaje neprohodna. Odroni se najčešće javljaju na terenima bez vegetacije čiji nagib iznosi između 35° i 45°. Tercijarne ceste koje prolaze kroz planinska područja se velikim dijelom nalaze na takvom terenu. Tereni na kojima su posađeni grmovi i stabla znatno su stabilniji. Oštećenja i zatvaranja cesta za promet u kriznim situacijama u velikim gradskim središtima i okruzima rezultiraju velikim rizikom od katastrofa na tercijarnim cestama.



Slika 10. Omjer preklapanja za katastrofe uslijed klizanja tla na cestama za promet u kriznim situacijama (tercijarna cesta)



Slika 11. Omjer preklapanja za katastrofe uslijed poplava na cestama za promet u kriznim situacijama

5.3. Rizik od katastrofe uslijed poplava

Rizik od oštećenja ceste za promet u kriznim situacijama uslijed poplava u svim prefekturama definiran je na temelju omjera preklapanja područja kroz koja prolaze ceste za promet u kriznim situacijama te područja na kojima dolazi do poplava. Rizik od oštećenja analiziran je za dubine poplave u iznosu od 0,5 m, 1 m, 2 m i 5 m. Poplava dubine 0,5 m ne smatra se „potopljenim stanjem” jer osobna vozila još uvijek mogu prometovati. Analiza omjera preklapanja prikazana je na slici 11.

Rezultati analize pokazali su sljedeće: u slučaju primarne i sekundarne ceste najveći omjer preklapanja zabilježen je u prefekturi Saitama; u slučaju tercijarne ceste najveći omjer preklapanja zabilježen je u prefekturi Nigata te regiji Hokuriku prefektura Toyama. U prefekturi Saitama ceste su koncentrirane oko rijeke, a u regiji Hokuriku tijekom čitave godine padaju jake kiše. U prefekturama Toyama i Nigata nalazit će se tercijarne ceste, jer primarne i sekundarne ceste povezuju baze za prevenciju katastrofa. Omjer preklapanja za tercijarnu cestu je visok, što bi značilo da bi u području tih cesta postojao velik rizik od oštećenja ceste za promet u kriznim situacijama te baza za prevenciju katastrofa.

6. Zaključak

U ovom istraživanju procijenjen je rizik od oštećenja cestovne mreže za promet u kriznim situacijama u slučaju potresa, klizanja tla i poplave. U radu je navedeno da će cesta za promet u kriznim situacijama za vrijeme katastrofa biti zatvorena za promet. U slučaju potresa nisu ugrožena samo područja uz pacifičku stranu promatranog područja nego i tektonska dislokacija. Tektonska brazda Itoigawa–Shizuoka se širi prema cestovnoj mreži orijentiranoj u smjeru sjever-jug. Preklapanje je uočeno u brežuljkastim i planinskim područjima u kojima često dolazi do klizanja tla. Prilikom razmatranja ceste u planinskom području koja je neprohodna za promet zbog klizanja tla, u obzir treba uzeti i njezine nadomjesne karakteristike. Iz aspekta rizika od poplava uočena je razlika između velikih gradskih središta i okruga. Za razliku od klizanja tla, poplava zahvaća velika područja pa je i rizik od zatvaranja ceste za promet veći. S obzirom na sve navedeno, zaključeno je da je rizik od katastrofe za cestu kojom se prometuje u kriznim situacijama velik čak i kada se promatraju pojedine katastrofe kao što su potresi, klizanja tla i poplave. U daljnjim istraživanjima je potrebno istražiti važnost ceste za promet u kriznim situacijama, s naglaskom na alternativne probleme kao što je mjera u kojoj odroni i tajfuni u kombinaciji

s različitim drugim vrstama sezonskih opasnosti utječu na odvijanje prometa na takvim cestama. Konačni cilj je definirati

vjerojatnost pri kojoj će se određena katastrofa u stvarnom životu dogoditi.

LITERATURA

- [1] Kikugawa, H., Bienkiewicz, B.: Wind damages and prospects for accelerated wind damage reduction in Japan and in the United States, Proceedings of 37th Joint Meeting Panel on Wind and Seismic Effects, pp. 14, May 16-21, 2005, Tsukuba, Japan.
- [2] Disaster Management Cabinet Office Report, 2014, Japan.
- [3] Fire and Disaster Management Agency Japan (<http://www.fdma.go.jp/en/pam03.html>)
- [4] Japan Meteorological Agency Report, October 2013.
- [5] Suzuki, Y., Kumaki, Y., Sugai, T., Sugito, N.: Overview of Special Issue: Geographical Investigation on the 2011 Great East Japan Earthquake Disaster, Focusing on Regional Diversity of Tsunamis and Geo-hazards, Journal of Geography (Chigaku Zasshi), 124 (2015) 2.
- [6] Geospatial Information Authority of Japan: Information about the damage situation by the heavy in August, 2014 (in Japanese)
- [7] J-SHIS:Seismic hazard station (in Japanese) <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>
- [8] <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj-e/index.html>
- [9] <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>