

INFRASTRUKTURA OTPORNA NA KLIMATSKE PROMENE

Marijana Mošić, Yunex Traffic, marijana.mosic7@gmail.com
Draženko Glavić, Saobraćajni fakultet, Beograd, drazen@sf.bg.ac.rs

Rezime: Negativni uticaji klimatskih promena sve više dobijaju na intenzitetu i, pritom, značajno ugrožavaju saobraćajnu infrastrukturu i odvijanje saobraćajnih tokova. Porast temperature vazduha, suše, drastične poplave, snežni smetovi, pojave klizišta i dr. predstavljaju znak upozorenja i hitan poziv za preduzimanje odgovarajućih mera kojima će se adekvatno delovati na prilagođavanje infrastrukture klimatskim promenama. Sve veća učestalost vremenskih nepogoda dovode do prekida odvijanja saobraćajnih tokova (i do par godina) zbog klimatski neotporne saobraćajne infrastrukture. Na urušavanje putne mreže, sa druge strane, utiču i ograničenja vezana za projektna rešenja, tehnike izgradnje, materijale izgradnje, kao i način upravljanja i održavanja mreže saobraćajnica. Iz ovih razloga postaje očigledno da planiranje i projektovanje infrastrukture prema sadašnjim budućim uticajima klimatskih promena treba da zauzme visoku poziciju među politikama koje za cilj imaju unapređenje mobilnosti i promovisanje održivosti. Glavni cilj ovog rada jeste pregled uticaja klimatskih promena na putnu infrastrukturu i pregled literature i mera za uspostavljanje klimatski otporne infrastrukture. Pregledom literature zaključeno je da ulaganja u infrastrukturu otpornu na klimatske promene mogu uštedeti značajna finansijska sredstva i da, pored pozitivnih ekonomskih efekata, daju svojevrsni ekološki i društveni doprinos. Stoga, u narednom periodu prilikom projektovanja novih ili rekonstrukcije postojećih saobraćajnih infrastrukturnih objekata treba uzeti u obzir i otpornost na klimatske promene i na taj način poboljšati trajnost, ekonomičnost i efikasnost saobraćajne infrastrukture.

Ključne reči: klimatske promene, saobraćaj, infrastruktura

1. UVOD

Poslednjih decenija svedoci smo sve očiglednijih klimatskih promena. Klimatske promene su predstavljene kao značajna varijacija prosečnih vremenskih uslova koja se beleže u dužem vremenskom periodu. Ranije se klima menjala isključivo kao posledica promena prirodnih okolnosti, ali sa razvojem industrije i porastom stanovništva značajan uticaj dobija i ljudski faktor.

Velika količina opservacijskih dokaza pored podataka o površinskoj temperaturi pokazuje da se klima na Zemlji menja. Dodatni dokazi o trendu zagrevanja mogu se naći u dramatičnom smanjenju obima arktičkog morskog leda na njegovom letnjem minimumu (koji se dešava u septembru), smanjenju junskog snežnog pokrivača na severnoj hemisferi kao i porastu globalnog nivoa mora [1].

Prirodne katastrofe izazvane klimatskim promenama mogu imati značajne implikacije na infrastrukturu. Kako infrastrukturni objekti imaju dug vek trajanja, oni su osetljivi ne samo na postojeću klimu u vreme izgradnje, već i na klimatske varijacije tokom decenija korišćenja. Najvažnijim se se smatraju poplave kao posledica intenzivnih padavina i topljenja snega, uništavanja mostova, odnošenja tehničke infrastrukture, prekida u

snabdevanju električnom energijom; jake padavine ili zemljotresi koji utiču na stabilnost padina, što rezultira klizištima i/ili odronima kamenja, blokiranjem i oštećenjem infrastrukture i izazivanjem nesreća; rečna erozija; snežne padavine koje uzrokuju blokade u saobraćaju zamrzavanje vodova za snabdevanje; šumski požari koji uzrokuju zatvaranje određenih deonica za saobraćaj i oštećenje nadgradnje i magla koja usporava saobraćaj, povećan broj nezgoda [3]. Cilj ovog rada ogleda se u pregledu uticaja klimatskih promena na putnu infrastrukturu, kao i predviđenih mera za uspostavljanje odnosno izgradnju i projektovanje infrastrukture otporne na klimatske promene. U drugom poglavlju opisan je uticaj klimatskih promena na infrastrukturu u svetu sa osvrtom na klimatske promene u Srbiji. Treće poglavlje predstavlja pregled mera za otpornost infrastrukture, dok su u četvrtom poglavlju data zaključna razmatranja.

2. UTICAJ KLIMATSKIH PROMENA NA INFRASTRUKTURU

Svedoci smo promene klime i posledica koje ove promene nose sa sobom širom sveta. Italija, Francuska i Švajcarska su tokom 2020. godine bile pogođene poplavama koje su nanele štete infrastrukturi i određena sela potpuno izolovale. U centralnoj Švajcarskoj, poplave duž reke Rojs izazvale su zatvaranje dela autoputa A2 - glavne transalpske rute. Tokom jula meseca 2021. godine, zapadna Evropa je suočena sa ekstremnim poplavama kada su poplave dovele do najmanje 184 smrtna slučaja u Nemačkoj i 38 u Belgiji i znatne štete na infrastrukturi, uključujući kuće, autoputeve, železničke pruge, mostove i ključne izvore prihoda. Usled zatvaranja puteva određena mesta su ostala nepristupačna danima, gde su čak i putevi za evakuaciju i reagovanje u vanrednim situacijama bili zatvoreni [14]. Severozapad pacifičke obale Sjedinjenih američkih država i zapad Kanade susreli su se sa najvišom temperaturom u istoriji. Toplotni talas u junu 2021. je uticao značajno na infrastrukturu odnosno puteve, železnicu i izazvao i nestanke struje, kao i prinudno zatvorio mnoga preduzeća i škole [15]. Klimatske promene su se osetile i u Engleskoj, gde je oluja Denis 2020. godine premašila sve trenutne standarde projektovanja, što je rezultiralo neviđenim oštećenjem imovine i infrastrukture širom okruga, uključujući nekoliko mostova, propusta, kanalizacija, potpornih zidova i autoputsku infrastrukturu. Procenjuje se da je oluja Denis nanela štetu od oko 70 miliona funti na civilnoj infrastrukturi, a procenjuje se da će ukupna potrošnja na rekonstrukciju autoputa i klizišta iznositi više od 91 milion funti [16]. Pored drumskog saobraćaja, oluja je poremetila i železnički i vazdušni saobraćaj. Grčka se takođe suočila sa povećanim padavinama i poplavama više pute u prethodnih par godina.

2.1. Klimatske promene i infrastruktura u Srbiji

Svetski fond za prirodu (VVF) je 2012. godine sproveo Procenu ranjivosti na klimatske promene – Srbija gde su projekcije prema regionalnim klimatskim modelima predviđale da će porast prosečne godišnje temperature do kraja ovog veka biti od 2,4°C na 2,8°C prema optimističkom scenariju (A1B1), odnosno od 3,4°C do 3,8°C prema pesimističkom scenariju (A2). Po svim scenarijima očekuje se porast prosečne temperature, uz određene regionalne razlike, u svim delovima Srbije. Predviđeno je i da će se Srbija u bliskoj budućnosti suočiti sa povećanim brojem elementarnih nepogoda, pre svega poplava, suša i požara a koji su usledili 2014. godine.

Srbija se 2014. godine suočila sa poplavama koje su među ostalim sektorima izazvale značajnu štetu na infrastrukturi. Efekti poplava u sektoru saobraćaja, prema Izveštaju o proceni potrebe za saniranjem i sanacijom posledica poplava koji je sprovedla Vlada Srbije uz podršku Ujedinjenih nacija, Evropske unije i Svetske banke prikazuju da je ukupno 945 km putne mreže pogođeno poplavama, 307 mostova i 147 klizišta [6]. Šteta i gubici izazvani poplavama posebno su teške posledice imali na mostovima. Neki od mostova su se srušili, dok su pojedini pretrpeli velika oštećenja. Klizišta su blokirala brojne puteve, a blokirani su i mnogi putevi i železničke pruge.

Tokom 2020. godine, poplave su pogodile Kragujevac, Kraljevo, Knić, Tutin, Ivanjicu, ali i mnoga druga mesta u Srbiji. Junske poplave, prilikom kojih se izlio Ibar, nanele su velike štete na teritoriji grada Kraljeva, naročito u poljoprivredi, infrastrukturi, stambenim i pomoćnim objektima a posebno mostovima. Posebna komisija štetu je procenila na 1,8 milijardi dinara, a sa procenjenim gubicima od oko 250 miliona dinara, koje su uzrokovale poplave, u Kraljevu navedena šteta premašuje dve milijarde dinara.

Tokom januara 2021. godine takođe je proglašena vanredna situacija u više gradova u na jugu Srbije usled povećanog obima padavina kada je na određenim putnim pravcima i obustavljen saobraćaj zbog izlivanja vode na kolovoz. Takođe je meštanima sela Jelašnica značajno otežano kretanje usled urušavanja mosta.

3. PREGLED MERA ZA OTPORNOST INFRASTRUKTURE

Sa ciljem omogućavanja neometane realizacije saobraćaja, bez obzira na vremenske uslove, upravljači puteva nesmetano prelaze sa konvencionalnih na inovativna i savremena rešenja. U postizanju infrastrukture otporne na klimatske promene, projektanti i nadležni organi moraju da obezbede da se objekat projektuje, izgradi i koristi imajući u vidu trenutne i buduće klimatske uslove. Otpornost postojeće infrastrukture može biti postignuta kroz redovne aktivnosti povezane sa proverom stanja infrastrukture u okviru održavanja kako bi se inkorporirala otpornost na uticaj klimatskih promena tokom životnog veka sredstva. Nadležne institucije za puteve širom sveta su počele da definišu smernice za izgradnju klimatski otporne infrastrukture i procenjuju rizike od različitih vremenskih uslove. Agencija za autoputeve Ujedinjenog Kraljevstva procenila je potencijalne rizike koje klimatske promene predstavljaju za eksploataciju, održavanje i unapređenje strateških putnih pravaca.

Takođe, izdate su Nacionalna strategija Finske za prilagođavanje klimatskim promenama [8] i Smernice za transportni sektor do 2010. godine. Ovi dokumenti sadrže listu aktivnosti za administrativni sektor sa ciljevima u vezi sa korišćenjem obnovljivih izvora energije i smanjenjem emisija, kao i definisane akcije za projektovanje i održavanje klimatski otporne infrastrukture.

Moguće mere prilagođavanja uključuju [4]:

- Obezbeđivanje otpornosti infrastrukture na potencijalno povećanje ekstremnih vremenskih pojava kao što su oluje, poplave i toplotni talasi, kao i ekstremno hladno vreme.
- Uzimanje u obzir promenljivih obrasaca transportnih zahteva uslovljenih klimatskim promenama, prilikom donošenja investicionih odluka.
- Fleksibilnu izgradnju kako bi se infrastrukturna sredstva u budućnosti mogla modifikovati bez prevelikih troškova.

- Obezbeđivanje da infrastrukturne organizacije i profesionalci imaju odgovarajuće veštine i kapacitete za sprovođenje mera prilagođavanja.

Cilj smernica jeste otpornija i robusnija infrastrukturna mreža sposobna da se nosi sa očekivanim klimatskim uticajima [4]. Prema izveštaju Evropske komisije, predviđa se da će češće ekstremne padavine i poplave, koje se očekuju u različitim regionima u Evropi, rezultirati dodatnim godišnjim troškovima od 50-192 miliona €/godišnje, za period 2040-2100 [7]. Sprovedene analize takođe procenjuju da bi, na primer, trošenje 50 milijardi USD godišnje na odbranu od poplava za primorske gradove smanjilo očekivane gubitke u 2050. godini sa 1 bilion USD na 60-63 milijarde USD [12]. Japan je na primer podigao standard za procenjenu maksimalnu temperaturu performansi železničkih pruga sa 60°C na 65°C kako bi usmerio buduće investicije s obzirom da toplota može da izazove povijanje železničke šine [13]. Mere za uspostavljanje infrastrukture otporne na klimatske promene mogu se podeliti na građevinske i planerske odnosno planske mere. Građevinske mere obuhvataju npr. premeštanje i preusmeravanje puteva, promene dizajna i zamenu i adaptaciju konstrukcija kao što su mostovi i trotoari kako bi se izborili sa porastom nivoa mora, upotreba konstrukcija sa vatrootpornim materijalima, na primer, čelik ili beton, modifikacije konstrukcije kolovoza sa ciljem povećanja veka trajanja itd. [17]. Planerske odnosno planske mere počinju već u trenutku kada se donose odluke o izgradnji određenog objekta u koje bi trebalo uključiti i procenu rizika od klimatskih promena, analizu troškova i koristi izgradnje puta otpornog na iste, a onda i projektovanje u skladu sa saznanjima.

4. ZAKLJUČAK

Porast temperature vazduha, suše, drastične poplave, snežni smetovi, pojave klizišta i dr. predstavljaju znak upozorenja i hitan poziv za preduzimanje odgovarajućih mera kojima će se adekvatno delovati na prilagođavanje infrastrukture klimatskim promenama. Sve veća učestalost vremenskih nepogoda dovode do prekida odvijanja saobraćajnih tokova (i do par godina) zbog klimatski neotporne saobraćajne infrastrukture. Na urušavanje putne mreže, sa druge strane, utiču i ograničenja vezana za projektna rešenja, tehnike izgradnje, materijale izgradnje, kao i način upravljanja i održavanja mreže saobraćajnica. U radu je naveden niz direktnih uticaja klimatskih promena na putnu infrastrukturu. Pored direktnih uticaja, postoje i indirektni uticaji odnosno gubici koji se ogledaju u dužem vremenu putovanja usled prinudnog korišćenja alternativnih ruta, većim operativnim troškovi vozila i slično. Navedeni gubici bi mogli biti znatno niži ili potpuno izbegnuti ako bi se putevi od početka gradili kao klimatski otporni. Infrastruktura otporna na klimu može doneti niz prednosti u odnosu na konvencionalna rešenja, u zavisnosti od mera koje su primenjene. To uključuje produžen vek trajanja objekta, smanjene troškove popravke i održavanja – priprema za klimatske promene na samom početku može da izbegne potrebu za skupom naknadnom ugradnjom i smanji rizik da objekat prerano zastari, kao i povećana efikasnost pružanja usluga – u nekim slučajevima, razmatranje uticaja klimatskih promena može smanjiti jedinične troškove pružanja usluge u odnosu na uobičajene pristupe, na primer kroz bolje upravljanje hidroenergetskim resursima [13].

Iz ovih razloga postoje očigledno da planiranje i projektovanje infrastrukture prema sadašnjim i budućim uticajima klimatskih promena treba da zauzme visoku poziciju među politikama koje za cilj imaju unapređenje mobilnosti i promovisanje održivosti. Ulaganja u

infrastrukturu otpornu na klimatske promene mogu uštedeti značajna finansijska sredstva i da, pored pozitivnih ekonomskih efekata, daju svojevrstni ekološki i društveni doprinos. Stoga, u narednom periodu prilikom projektovanja novih ili rekonstrukcije postojećih saobraćajnih infrastrukturnih objekata treba uzeti u obzir i otpornost na klimatske promene i na taj način poboljšati trajnost, ekonomičnost i efikasnost saobraćajne infrastrukture. Pravci budućih istraživanja trebalo bi da budu usmereni i ka definisanju odgovarajuće metodologije za kvantifikovanje različitih uticaja navedenih u radu.

LITERATURA

- [1] US National Academy of Sciences & The Royal Society (2020). Climate Change. Evidence & Causes
- [2] Jokanović I., Grujić B., Svilar M., Grujić Ž. (2018) Climate and natural disasters vulnerability and resilience: Have we forgotten or omitted something? GEO-EXPO 2018. Neum.
- [3] Jokanović I., Zeljić D. (2019). POVREDLJIVOST I OTPORNOST SAOBRAĆAJNE INFRASTRUKTURE NA KLIMATSKE PROMENE I PRIRODNE KATASTROFE. PUTPlus, 19/20, 104- 111.
- [4] Climate Resilient Infrastructure: Preparing for a Changing Climate (2011). The Stationery Office Limited. United Kingdom.
- [5] Putevi Srbije, <https://www.putevi-srbije.rs>
- [6] Vlada republike Srbije (2014). Izvestaj o proceni potreba za oporavak i obnovu posledica poplava
- [7] Irène Sevilla, Philippe Chrobocinski, Fotios Barmpas, Franziska Schmidt, Norman Kerle, et al. Improving Resilience of Transport Infrastructure to Climate Change and other natural and Manmade events based on the combined use of Terrestrial and Airborne Sensors and Advanced Modelling Tools. CONAMA2018, Nov 2018, MADRID, Spain.
- [8] Ministry of Agriculture and Forestry of Finland, 2005. National Strategy for Adaptation to Climate Change
- [9] Rentschler, J., Braese, J., Jones, N., and Avner, P. (2019a). Three feet under: The impacts of flooding on urban jobs, connectivity, and infrastructure. (Washington DC: World Bank).
- [10] Rentschler, J., Kornejew, M., Hallegatte, S., Obolensky, M., and Braese, J. (2019c). Underutilized potential: The business costs of unreliable infrastructure in developing countries (Washington DC: World Bank).
- [11] Pachauri, R. et al. (2014), Climate Change 2014 Synthesis Report The Core Writing Team Core Writing Team Technical Support Unit for the Synthesis Report.
- [12] Hallegatte, S. et al. (2013), Future flood losses in major coastal cities. Nature Climate Change, Vol. 3, <http://dx.doi.org/10.1038/NCLIMATE1979>.
- [13] OECD Environment (2018). Climate resilient infrastructure. Policy Perspectives.
- [14] World Weather attribution (2021). Rapid attribution of heavy rainfall events leading to the severe flooding in Western Europe during July 2021
- [15] Sjoukje et al. (2021). Rapid attribution analysis of the extraordinary heatwave on the Pacific Coast of the US and Canada June 2021
- [16] Rhondda Cynon Taf (2021). Flood and Water Management Act 2010, Storm Dennis Overview Report

[17] de Abreu, V.H.S.; Santos, A.S.; Monteiro, T.G.M. Climate Change Impacts on the Road Transport Infrastructure: A Systematic Review on Adaptation Measures. Sustainability 2022, 14, 8864. <https://doi.org/10.3390/>

SUMMARY

CLIMATE RESILIENT INFRASTRUCTURE

Abstract: The negative impacts of climate change are becoming more and more intense and at the same time significantly endangering the traffic infrastructure. Increase in air temperature, drought, drastic floods, snow drifts, occurrence of landslides, etc. are a warning sign and an urgent call to take appropriate measures to adequately adapt the infrastructure to climate change. The increasing frequency of weather disasters leads to the interruption of traffic flows (up to several years) due to climate-resistant traffic infrastructure. The collapse of the road network, on the other hand, is influenced by limitations related to project solutions, construction techniques, building materials, as well as the way of managing and maintaining the road network. For these reasons, it is obvious that planning and designing infrastructure in accordance with the existing (and future) impacts of climate change should take a high place among policies aimed at improving mobility and promoting sustainability. The main goal of this paper is to assess the impact of climate change on road infrastructure and to review the literature and measures for the establishment of climate-resistant infrastructure. The review of the literature concluded that investments in infrastructure resistant to climate change can save significant financial resources and that, in addition to positive economic effects, they also provide a specific environmental and social contribution. Therefore, in the coming period, when designing new or reconstructing existing traffic infrastructure facilities, one should also consider the resistance to climate change and thus improve the durability, economy and efficiency of the traffic infrastructure.

Key words: climate change, traffic, infrastructure