

UDK: 625.02:[004:912]:004]
DOI: 10.5937/LSPUPN24489L
Pregledni naučni rad

IMPLEMENTACIJA GEOGRAFSKOG INFORMACIONOG SISTEMA U VOĐENJU EVIDENCIJE O FUNKCIONALNIM SVOJSTVIMA POVRŠINE KOLOVOZA

Ana Lukić¹, Marija Dotto², Ana Vučićević³, Zorana Zorić⁴

Apstrakt: Razvoj računarske tehnologije a samim tim i Geografskih informacionih sistema uticao je na uvođenje izmena i unapređenje radnih procesa u preduzećima. Baze podataka su iz alfanumeričkog oblika prerasle u geoprostorne baze s obzirom da se svi podaci o saobraćajnoj infrastrukturi vezuju za deonice državnih puteva. Prema Zakonu o putevima, upravljač puta ima obavezu da prati stanje putne mreže i vodi evidenciju o javnim putevima i saobraćajno-tehničkim karakteristikama za te puteve. Za potrebe praćenja stanja državnih puteva u JP „Putevi Srbije“ uspostavljena je metodologija za prikupljanje podataka, izveštavanje i prezentaciju prikupljenih podataka o površinskim karakteristikama kolovoza. U primeni su savremena tehnološka rešenja i sistemi kao što su, za prikupljanje podataka RSP (Road Surface Profiler), a za potrebe prezentacije razvijen je web GIS aplikativni softver. Podaci iz evidencije imaju veliki značaj jer se mogu upotrebiti u širokom spektru delatnosti, za potrebe rada upravljača puta, održavanje državnih puteva, planiranja daljeg razvoja putne mreže i ostalih elemenata saobraćajne infrastrukture, rad institucija lokalnih samouprava u cilju uspostavljanja bolje saobraćajne povezanosti i efikasnijeg funkcionisanja transporta.

Ključne reči: RSP, GIS, površinske karakteristike kolovoza

IMPLEMENTATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM IN KEEPING RECORDS OF THE FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF THE ROAD SURFACE

Abstract: The development of computer technology and, therefore, Geographical Information Systems has influenced the introduction of changes and the improvement of work processes in companies. Databases have grown from alphanumeric to geospatial databases, considering that all data about traffic infrastructure is linked to sections of national roads. According to the Law on Public Roads, the road manager has the obligation to monitor condition of the road network and keep records of public roads and traffic-technical characteristics of those roads. For the purposes of monitoring condition of state roads, a methodology for data collection, reporting and presentation of the collected data

¹ JP "Putevi Srbije", Bulevar kralja Aleksandra 282, ana.lukic@putevi-srbije.rs

² JP "Putevi Srbije", Bulevar kralja Aleksandra 282, marija.dotto@putevi-srbije.rs,
ORCID: 0009-0002-3883-1793

³ JP "Putevi Srbije", Bulevar kralja Aleksandra 282, ana.vucicevic@putevi-srbije.rs

⁴ JP "Putevi Srbije", Bulevar kralja Aleksandra 282, zorana.zoric@putevi-srbije.rs

on the surface characteristics of the roadway has been established in PE "Roads of Serbia". Modern technological solutions and systems such as RSP (Road Surface Profiler) are used for data collection, and web GIS application software has been developed for presentation of data. The data from the records are of great significance because they can be used in a wide range of activities, for purpose of road management, maintenance of state roads, planning the further development of the road network and other elements of the transport infrastructure, the work of local government institutions with the aim of establishing better traffic connections and more efficient functioning of transport.

Key words: RSP, GIS, surface characteristics of the pavement

UVOD

Upravljač puta u skladu sa dužnostima definisanim Zakonom o putevima ("Sl. glasnik RS", br. 41/2018, 95/2018 - dr. zakon i 92/2023 - dr. Zakon) i Pravilnikom o radovima na redovnom održavanju javnih puteva ("Sl. glasnik RS", br. 15/2020) vrši kontrolu i ocenu stanja javnih puteva. Upravljač puta je u obavezi da vodi evidenciju o javnim putevima i saobraćajno-tehničkim podacima za te puteve. Sistematskim pregledima kolovoznih konstrukcija meri se i utvrđuje stanje i daje ocena pokazatelja funkcionalnih svojstava površine kolovoza – između ostalih - ravnosti kolovoza (podužne i poprečne), makrotekture i udobnosti vožnje.

Prikupljanje podataka vrši se snimanjem na terenu vozilom na kojem je ugrađena oprema za snimanje ravnosti kolovoza, RSP (Road Surface Profiler). Sistem omogućava dobijanje različitih vrsta informacija kao što su kvalitet vožnje (indeks ravnosti puta i broja vožnji), poprečne i podužne inercijalne visine profila i geometrijske informacije (nagib, poprečni pad, radijus krivine i poluprečnik zakrivljenosti). Kako je podatke dobijene snimanjem potrebno distribuirati dalje na upotrebu i pregled eksternim i internim korisnicima, za različite potrebe, neophodno je izdvojiti relevantne podatke za određenu namenu i konvertovati ih u odgovarajući format tako da ih korisnici mogu brzo i efikasno sagledati i analizirati. S obzirom da su putevi definisani svojim početnim i završnim čvorovima i određenom dužinom podaci koji se vezuju za određene pojave na putevima i stanja samog kolovoza (koje može biti promenljivo od segmenta do segmenta puta) su prostornog karaktera. U cilju vođenja evidencije i praćenja promena tokom godina, neophodno je kreirati sveobuhvatnu geoprostornu bazu sa rezultatima snimanja funkcionalnih svojstava površine kolovoza. Kreiranje baze podataka sa istorijskim i poslednjim aktuelnim stanjima predstavlja osnovu za sve vrste analize stanja i različitih drugih parametara putne mreže. U te svrhe kao najefikasnija pokazala se upotreba GIS-a (Geografski informacioni sistemi). GIS predstavlja moćan skup alata za prikupljanje, čuvanje, analiziranje, transformaciju i prikaz geoprostornih podataka (Burrough, 2006). GIS omogućava sveobuhvatnu analizu prostornih podataka, njihovu selekciju, grupisanje podataka po slojevima, zatim kombinovanje različitih slojeva podataka kako bi se dobile željene informacije, utvrdile prostorne relacije i uzročno-posledične veze između određenih pojava i procesa u prostoru (Vučićević, Lukić, 2022.) U tom pogledu, posebno se izdvaja značaj mogućnosti primene GIS alata u sagledavanju postojećeg stanja putne infrastrukture na osnovu raspoloživih podataka, vizuelizaciji postojećeg stanja kroz web GIS aplikativna rešenja kojima mogu pristupiti različite grupe korisnika sa bilo koje tačke i razvoju algoritama za detekciju potrebe i mogućnosti za razvoj i unapređenje saobraćajne infrastrukture.

METODOLOGIJA VOĐENJA EVIDENCIJE O FUNKCIONALNIM SVOJSTVIMA POVRŠINE KOLOVOZA

Organizovanje i obavljanje procesa prikupljanja, obrade i prezentacije podataka o funkcionalnim svojstvima površine kolovoza obuhvata sledeće aktivnosti:

1. Planiranje prikupljanja podataka,
2. Prikupljanje podataka:
3. Redovno prikupljanje podataka
4. Prikupljanje podataka na osnovu zahteva
5. Obrada podataka
6. Izveštavanje
7. Prezentacija podataka

Prikupljanje podataka o funkcionalnim svojstvima površine kolovoza vrši se prema unapred definisanom planu za tekuću godinu, dinamikom koja je propisana zakonskim aktima, u procesu vođenja evidencije o javnim putevima sa ciljem utvrđivanja stanja i ocene ispravnosti pokazatelja funkcionalnih svojstava površine kolovoza.

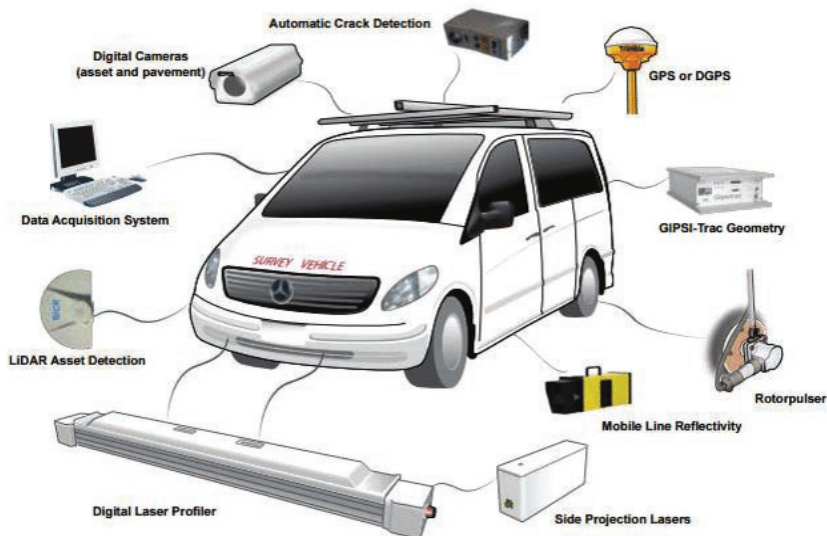
Redovno prikupljanje podataka vrši se svake godine na državni putevima I reda i svake treće godine na ostalim javnim putevima.

Prikupljanje podataka po zahtevu vrši se na osnovu pojedinačnih zahteva u cilju merenja pokazatelja funkcionalnih svojstava površine kolovoza pre i posle rehabilitacije, rekonstrukcije i drugih radova na javnim putevima.

Podaci se prikupljaju korišćenjem različitih uređaja i tehnika za snimanje koji zajedno čine RSP (Road Surface Profiler) sistem. Oprema za snimanje sastoji se od specijalizovanog vozila na čiji prednji deo je instalirana greda sa laserima, a u samom vozilu nalazi se uređaj za beleženje podataka očitanih laserskim snimanjem i kompjuter sa instaliranim softverom za snimanje Dynatest Data Collection (slika br. 2). Snimanje podrazumeva fizički prelazak lasera ugrađenog na gredu 30 cm iznad površine kolovoza, odnosno vožnju specijalizovanim vozilom sa opremom za snimanje preko deonica planiranih za snimanje. Pre odlaska na teren i započinjanja aktivnosti snimanja vrši se kalibracija mernih uređaja, pripremanje materijala u vidu grafičkih prikaza deonica i čvorova državnih puteva za koje će se vršiti snimanje i provera ispunjenosti uslova za snimanje kao što su odgovarajuća spoljna temperatura, odsustvo padavina i suv kolovoz.

Kao rezultat snimanja generišu se izvorni podaci u tekstualnom formatu (.rsp i .gpx), koji se softverom Dynatest Explorer konvertuju u tabelarnu bazu sa alfanumeričkim podacima.

Poslednji korak u evidenciji predstavlja kreiranje baze podataka i prezentacija podataka u okviru web GIS aplikativnog rešenja.



Slika br. 2 – Šematski prikaz specijalizovanog vozila i prateće opreme za snimanje podataka o funkcionalnim svojstvima površine kolovoza

Pored specijalizovane opreme za snimanje, od velikog značaja za postizanje tačnosti i preciznosti podataka su i iskustvo, znanje i veštine koje poseduju i kontinuirano unapređuju inženjeri koji sprovode postupak snimanja i obrade podataka.

BAZA PODATAKA I WEB GIS APLIKACIJA ZA VIZUELIZACIJU PODATAKA

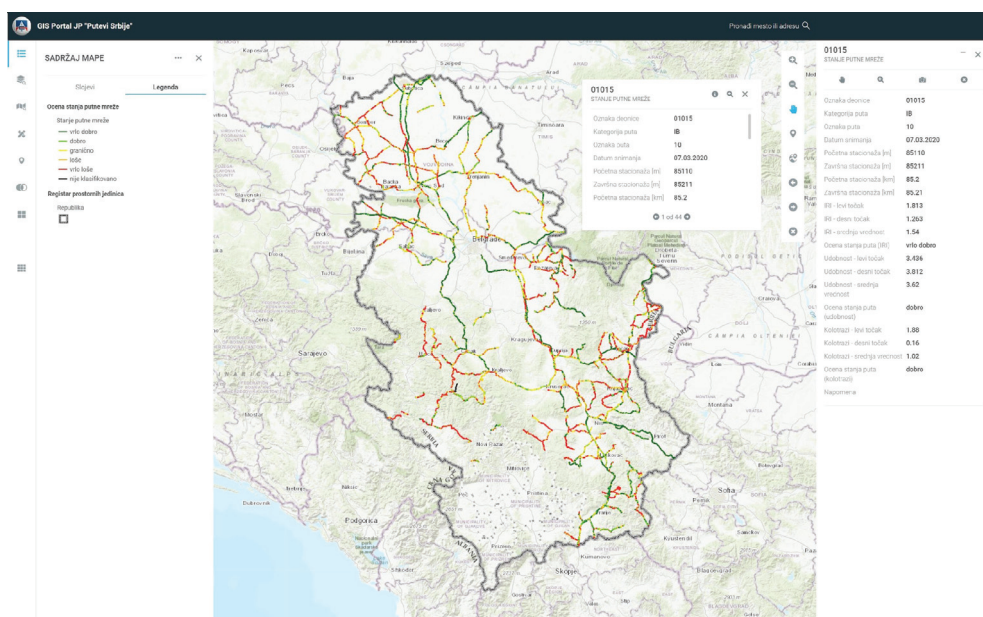
Nakon uspešno sprovedenog postupka snimanja podataka mernim instrumentima ugrađenim na specijalizovanom vozilu i eksporta podataka u tabelarni format, vrši se dodatna obrada podataka i njihova konverzija u GIS format. Dodatna obrada podrazumeva primenu automatskih skripti koje nakon pokretanja u okviru excel softvera vrši izdvajanje relevantnih podataka i smeštanje tako izdvojenih podataka u novu excel tabelu formatiranu na način koji je pogodan za unos u GIS softver. GIS softver koji se koristi za sprovođenje postupka je ArcGIS Pro 2.6. U okviru softvera koristi se alat Create Routes i Make Route Event Layer iz palete alata za Linearno referenciranje. Prvi korak u linearnom referenciranju podataka o funkcionalnim svojstvima površine kolovoza je stvaranje osnove za koju će se alfanumerički podaci zakačiti. Osnovu predstavlja deonica državnog puta, stoga se digitalizovani referentni sistem državnih puteva konvertuje u rutu, što omogućava da se na osnovu preračunavanja dužine svake linije puta za određenu pojavu (event) na putu izdvaja linijski segment puta na kome je ta pojava prisutna. Odnosno omogućava da se deonica državnih puteva segmentira na delove sa različitim vrednostima svojstava površine kolovoza. Drugi korak podrazumeva primenu metode linearnog referenciranja za sve pojave (evente) iz tabele koja je nastala kao rezultat snimanja a kasnije konvertovana da bude pogodna za unos u GIS softver. Tabela sadrži podatak o oznaci deonice puta i ostalim osnovim podacima o deonici, početnim i završnim stacionažama za svaku pojavu (stanje kolovoza) i vrednostima snimljenih parametara.

Alati po oznaci deonice povezuju podatke iz rute i iz tabele, zatim po stacionaži početnog i završnog čvora i dužini deonice iz rute određuje se pozicija svake pojave (eventa) iz tabele na osnovu njene početne i završne stacionaže. Tako izdvojeni segmenti deonice sadrže sve podatke neophodne za izveštavanje o funkcionalnim svojstvima površine kolovoza.

Nakon svakog izvršenog snimanja ponavlja se ovaj postupak čime se podaci iz alfanumeričkog konvertuju u geoprостorni format. Podaci se zatim smeštaju u centralnu geoprостornu bazu podataka. Centralna geoprостorna baza predstavlja centralizovani sistem za prikupljanje, skladištenje i upravljanje geoprостornim informacijama o putevima i saobraćajnoj infrastrukturi.

Za potrebe praćenja promena i komparaciju prethodnih stanja sa sadašnjim stanjem kreiran i u cilju boljeg i efikasnijeg organizovanja terenskih snimanja u budućnosti kreiran je dodatni sloj u kome je izvršen popis evidentiranih stanja funkcionalnih svojstava površine kolovoza.

Vizuelizacija ovako prikupljenih i pripremljenih podataka vrši se putem prikazivanja podataka iz centralne baze u okviru web aplikativnog rešenja „GIS Portal JPPS“. Aplikativno rešenje podržava kartografski prikaz podataka pri čemu je omogućena primena osnovnih GIS alata za selekciju, identifikaciju, pretragu, presek skupova podataka i kreiranje upita (slika br. 2).

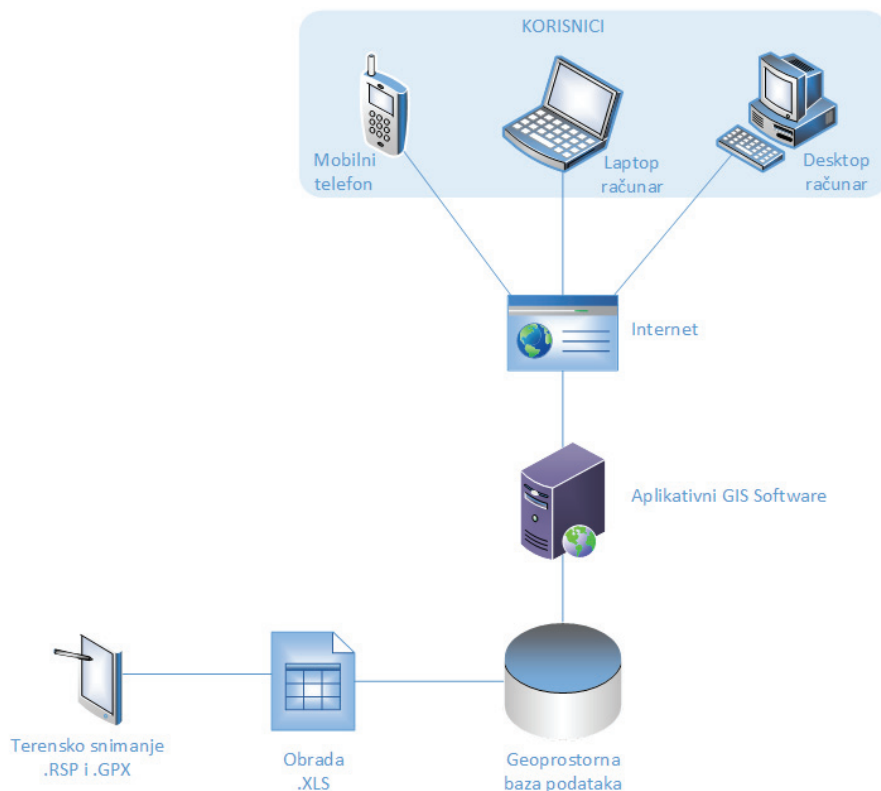


Slika br. 2 – Prikaz identifikacije podataka o funkcionalnim svojstvima površine kolovoza u okviru web GIS aplikacije za vizuelizaciju podataka

Aplikacija „GIS Portal JPPS“ omogućava pristup podacima o putevima i saobraćajnoj infrastrukturi putem web-a što znači da se ovim podacima može pristupiti sa bilo koje lokacije jedini preduslov je internet konekcija. Korisnici mogu pristupiti aplikaciji putem mobilnih telefona, laptop i desktop računara. Web GIS aplikacije ovog tipa omogućavaju uvid u prostorni raspored puteva, opreme na putevima i drugih elemenata saobraćajne infrastrukture, kao i svim opisnim podacima koji se vezuju za te elemente, omogućava manipulaciju

Implementacija geografskog informacionog sistema u vođenju evidencije o funkcionalnim svojstvima površine kolovoza

nad podacima, uvoz različitih formata podataka u cilju preklapanja sa postojećim, izvoz podataka u GIS formatima ili tabelarno za potrebe izveštavanja, merenje dužina, površina i koordinata elemenata, mogućnost prikaza podataka na različitim podlogama itd. Na slici br. 3 može se videti šematski prikaz GIS infrastrukture uspostavljene za potrebe izveštavanja i prezentacije podataka o funkcionalnim svojstvima površine kolovoza.



Slika br. 3 – Šematski prikaz GIS infrastrukture uspostavljene za potrebe izveštavanja i prezentacije podataka o funkcionalnim svojstvima površine kolovoza

JP „Putevi Srbije“, pored brojnih specijalizovanih namenskih aplikativnih rešenja koja podržavaju poslovne procese u preduzeću, poseduju i dva web GIS portala za prezentaciju podataka. Jedan GIS portal je omogućen za pristup internim korisnicima u okviru preduzeća, dok je drugi portal omogućen za pristup svim eksternim korisnicima putem zvanične internet stranice preduzeća (<https://www.putevi-srbije.rs/index.php>).

ZNAČAJ PODATAKA

Podaci o funkcionalnim svojstvima površine kolovoza mogu se koristiti u različite svrhe, a najveću primenu imaju u delokrugu rada upravljača puteva, a samim tim mogu imati i veliki značaj za razvoj i unapređenje saobraćajne infrastrukture na teritoriji lokalnih samouprava u cilju uspostavljanja bolje saobraćajne povezanosti i efikasnijeg funkcionisanja transporta.

Podaci o funkcionalnim svojstvima površine kolovoza mogu predstavljati jasan pokazatelj stanja kolovoza i služiti kao osnova za sagledavanje vrste održavanja koju je potrebno sprovesti i za određivanje neophodnih mera za obnovu puteva i nivo urgentnosti obnove. Utvrđivanje stanja površine kolovoza može dati odrednice za usklađivanje postojeće i postavljanje nove horizontalne i vertikalne saobraćajne signalizacije koja bi korisnicima puteva ukazala na određene pojave na putu (npr. neravan kolovoz, izbočine, ulegnuća itd.) čime bi se postigao viši nivo bezbednosti u saobraćaju. Podaci se mogu koristiti za izradu različitih projektno tehničkih dokumentacija i studija, a posebno se izdvaja mogućnost korišćenja podataka za potrebe planiranja razvoja i unapređenja mreže državnih puteva. Kako su državni putevi u nadležnosti upravljača puta JP „Putevi Srbije“, a upravljač državnih puteva je u obavezi da u određenim periodima izvrši prikupljanje podataka za deonice državnih puteva, jedinice lokalnih samouprava kroz koje državni putevi prolaze mogu postojeće podatke koristiti kao polaznu osnovu za utvrđivanje stanja saobraćajne infrastrukture i prema tome planirati dalji ekonomski rast i razvoj i unapređenje životnog standarda stanovništva.

Ova grupa podataka ima veliki značaj u sagledavanju i vrednovanju kvaliteta realizovanih projekata izgradnje novih i obnove postojećih puteva. Pri realizaciji novih puteva, potrebno je da vrednosti parametara koji se snimaju na terenu bude minimalno jednak zahtevanom stanju iz projektnog zadatka. Pri obnovi i popravkama puteva najbolji uvid mogu dati komparacije stanja pre i stanje nakon obnove puteva, tako da se precizno i jasno može utvrditi da li je na mestima oštećenja poboljšan kvalitet kolovoza.

ZAKLJUČAK

Kroz rad prikazana je metodologija vođenja evidencije o funkcionalnim svojstvima površine kolovoza i opisane su aktivnosti redom po fazama koje sprovodi upravljač puteva Javno Preduzeće „Putevi Srbije“ u cilju formiranja evidencije. Kao rezultat nastaje velika količina alfanumeričkih podataka koje je potrebno organizovati u jednu celinu i na osnovu toga izvršiti izveštavanje o funkcionalnim svojstvima kolovoza. Prilikom razmatranja načina prezentacije evidentiranih podataka na posebnom mestu izdvojila se primena web GIS aplikativnih rešenja. Ova vrsta rešenja omogućava da se vrlo lako i jednostavno sa bilo koje lokacije pristupi podacima i njihovim prostornim pozicijama, uz mogućnosti primene različitih alata za manipulaciju podacima. Značaj ove grupe podataka se ogleda u širokom spektru mogućnosti za njihovu upotrebu npr. za potrebe održavanja mreže državnih puteva, za izradu projektno tehničke dokumentacije za različite projekte, za potrebe planiranja razvoja mreže državnih puteva i ostalih elemenata saobraćajne infrastrukture, kao i proveru kvaliteta izvedenih radova.

LITERATURA

Burrough, P. A., McDonnell, R. A. (2006). Principi geografskih informacionih sistema. Univerzitet u Beogradu - Građevinski fakultet.

Vučičević, A., Lukić, A. (2022). Implementacija WEB GIS tehnoloških rešenja u upravljanju postupkom eksproprijacije za potrebe izgradnje puteva (str. 157 – 166). Zbornik radova – 4. srpski kongres o putevima. Beograd: Srpsko društvo za puteve “Via Vita”.

Zakon o putevima (“Sl. glasnik RS”, br. 41/2018, 95/2018 - dr. zakon i 92/2023 - dr. Zakon) Pravilnikom o radovima na redovnom održavanju javnih puteva (“Sl. glasnik RS”, br. 15/2020) Zvanični sajt JP “Putevi Srbije”: <https://www.putevi-srbije.rs/index.php>