

Primljen / Received: 11.2.2013.

Ispravljen / Corrected: 12.5.2013.

Prihvaćen / Accepted: 28.6.2013.

Dostupno online / Available online: 25.7.2013.

# Ekspertne projektne analize u procesu gospodarenja održavanjem cesta

## Autori:



Doc.dr.sc. **Nebojša Radović**, dipl.ing.građ.  
Sveučilište u Novom Sadu  
Fakultet tehničkih nauka  
Odjel za građevinarstvo i geodeziju  
[radovicn@drenik.net](mailto:radovicn@drenik.net)



Mr.sc. **Miloš Šešlija**, dipl.ing.građ.  
Sveučilište u Novom Sadu  
Fakultet tehničkih nauka  
Odjel za građevinarstvo i geodeziju  
[sele@uns.ac.rs](mailto:sele@uns.ac.rs)



Mr.sc. **Igor Peško**, dipl.ing.građ.  
Sveučilište u Novom Sadu  
Fakultet tehničkih nauka  
Odjel za građevinarstvo i geodeziju  
[igor.pesko@gmail.com](mailto:igor.pesko@gmail.com)

Stručni rad

**Nebojša Radović, Miloš Šešlija, Igor Peško**

## Ekspertne projektne analize u procesu gospodarenja održavanjem cesta

Za potrebe učinkovitog gospodarenja održavanjem cestovne mreže neophodno je raspolagati s ažurnom informacijskom osnovom i odgovarajućim modelom za odlučivanje. U radu se daje prikaz metodološkog postupka za ekspertne projektne analize za radove na održavanju i poboljšanju cesta uz korišćenje Baze Cestovnih Podataka (BCP) i primjenu HDM-4 modela. Postupak je uspješno primjenjen i prihvaćen u apliciranju zahtjeva za financiranje radova na održavanju i poboljšanju cestovne mreže od strane međunarodnih financijskih institucija (Svjetska Banka, EIB i EBRD) tijekom 2012-e godine.

### Ključne riječi:

gospodarenje cestama, održavanje cesta, HDM-4 model, projektne analize, ekonomska ocjena

Professional paper

**Nebojša Radović, Miloš Šešlija, Igor Peško**

## Expert project analyses in the process of road maintenance management

An updated information system, and an appropriate decision making model, must be put in place for an efficient road maintenance management. A methodological procedure for expert project-level analyses of road maintenance and improvement activities, based on the Road Data Base (RDB) and the HDM-4 model, is presented in the paper. The procedure was successfully applied and accepted in 2012, in the scope of application for funding of road network maintenance and improvement by international financing institutions (World, Bank, EIB and EBRD).

### Key words:

road management, road maintenance, HDM-4 model, project level analyses, economic evaluation

Fachbericht

**Nebojša Radović, Miloš Šešlija, Igor Peško**

## Experten-Projektanalysen im Verwaltungsprozess der Straßeninstandhaltung

Um eine nachhaltige Verwaltung der Instandhaltung des Straßennetzes zu erreichen, sind neuste Informationsunterlagen und entsprechende Entscheidungsmodelle notwendig. In der vorliegenden Arbeit ist ein methodologisches Verfahren für Experten-Projektanalysen in Bezug auf Arbeiten der Instandhaltung und Erneuerung von Straßen dargestellt, das auf dem Einsatz einer Straßendatenbank (BCP) und der Anwendung von HDM-4 Modellen beruht. Im Laufe des Jahres 2012 ist das Verfahren erfolgreich in Förderanträgen für Projekte der Instandhaltung und Erneuerung von Straßennetzen angewandt worden und von internationalen Finanzinstituten (Weltbank, EIB und EBRD) angenommen worden.

### Schlüsselwörter:

Straßenverwaltung, Straßeninstandhaltung, HDM-4 Modell, Projekt-Analysen, wirtschaftliche Bewertung

## 1. Uvod

Cestovna infrastruktura jedno je od najvrednijih dobara svakog društva i pokazatelj je razvoja nacionalne ekonomije. Ulaganja u održavanje, rekonstrukciju i modernizaciju cesta u svijetu su u posljednjih dvadesetak godina veća nego ulaganja u izgradnju novih cesta. Gospodarenje održavanjem cestovne mreže predstavlja proces donošenja odluka o investicijama u kojem je veoma značajno razriješiti brojna tehnička i ekonomska pitanja te osigurati što više objektivnih tehničkih i ekonomskih podataka za konačno donošenje odluke. Planiranje održavanja cestovne mreže jedan je od temeljnih zadataka za svakog upravljača cestovnom mrežom.

Za potrebe učinkovitog planiranja i gospodarenja održavanjem cestovne mreže nužno je raspolagati ažurnom informacijskom osnovom i odgovarajućim modelom za odlučivanje. Model za analizu investicija u razvoj i gospodarenje cestama HDM-4 (The Highway Development and Management model) predstavlja kompleksan softverski alat za tehničko - ekonomsku ocjenu projekata i analizu investicija u radove na cestovnoj mreži, općeprihvaćen od međunarodnih financijskih institucija poput Svjetske banke (WB), Europske investicijske banke (EIB), Europske banke za obnovu i razvoj (EBRD) i dr. Pomoću HDM-4 modela moguće je provoditi: strateške analize na razini cestovne mreže (ili dijela cestovne mreže), programiranje radova na održavanju i poboljšanju cestovne mreže i analize na razini projekta. Strateške i programske analize cestovne mreže provode se na temelju adekvatne i ažurne informacijske osnove o cestovnoj mreži (BCP - baza cestovnih podataka), a za analize na razini projekta treba postojati odgovarajuća projektna dokumentacija (generalni, idejni ili glavni/izvedbeni projekt). Nakon provedene strateške i / ili programske analize cestovne mreže (ili dijela cestovne mreže) i dobivene preliminarne liste prioriteta, potrebno je izraditi odgovarajuću projektno-tehničku dokumentaciju za izabrane prioritetne dionice u skladu sa zakonskom procedurom.

U praksi se često javlja problem nedostatka odgovarajuće projektno-tehničke dokumentacije koju treba izraditi na temelju dobivene preliminarne liste prioriteta dionica. Radi se obično o većem broju dionica cestovne mreže i izrada odgovarajuće projektno-tehničke dokumentacije (glavni - izvedbeni projekt) zahtijeva značajno vrijeme za njihovu izradu. Pri tome, strateške i programske analize se temelje na agregatnim / grupiranim podacima (Information Quality Level - IQL-3 ili IQL-4) o homogenim dionicama cestovne mreže i često ne pružaju dovoljnu razinu informacija jer se radi o analizama na razini mreže koje prije svega imaju cilj preliminarno određivanje prioriteta dionica za radove na cestovnoj mreži. Stoga je odmah nakon strateške i / ili programske analize cestovne mreže potrebno provesti ekspertne (high-level) analize na razini projekta da bi se potvrdila tehničko-ekonomska opravdanost selektiranih prioriteta dionica s detaljnijom razinom informacija (Information Quality Level - IQL-1 ili IQL-2). Ovakav zahtjev je karakterističan u slučaju kad radove na periodičnom

održavanju / obnovi kolnika i poboljšanju cestovne mreže financiraju međunarodne financijske institucije i donatorske agencije. Ekspertne (high-level) projektne analize za radove na periodičnom održavanju / obnovi kolnika i poboljšanju cesta temelje se na analizi podataka sadržanih u bazi cestovnih podataka (BCP) i inženjerskoj dijagnostici selektiranih dionica s ciljem identifikacije dodatnih radova i objektivnije tehničko-ekonomske ocjene projekta te pouzdanijoj primjeni samog HDM-4 modela.

U radu se daje prikaz metodološkog postupka za ekspertne (high-level) projektne analize za radove na periodičnom održavanju / obnovi kolnika i poboljšanju cesta na primjeru jedne dionice cestovne mreže.

## 2. Gospodarenje održavanjem cesta

### 2.1. Održavanje cesta

Cesta je kapitalna investicija čije se stanje pogoršava tijekom vremena uslijed djelovanja različitih faktora. Stupanj pogoršanja cesta uvelike varira ovisno o klimatskim utjecajima, jačini kolničke konstrukcije i posteljice, obujmu prometa i osovinskog opterećenja.

Održavanje cesta je proces koji usporava prirast oštećenja i pogoršanja stanja ceste i, također, u rjeđim slučajevima, vraća razinu usluge cesta na prvotne vrijednosti. U tom kontekstu, održavanje cesta se može definirati kao "sve aktivnosti koje se poduzimaju da se održava i obnavlja uslužnost i razina usluge cesta" (PIARC) [1].

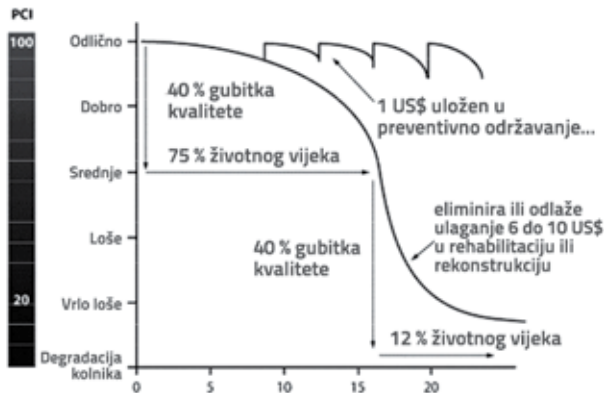
Radovi i aktivnosti na održavanju cesta se mogu podijeliti na sljedeće kategorije:

- rutinsko (redovito) održavanje
- preventivno održavanje
- periodično i pojačano održavanje
- obnova
- rekonstrukcija
- interventno održavanje.

Slike 1. i 2. prikazuju kako se stanje cesta pogoršava tijekom vremena i kako se uporabljivost cesta može produžiti odgovarajućim aktivnostima na održavanju cesta uz ostvarivanje značajnih ušteda za društvo.

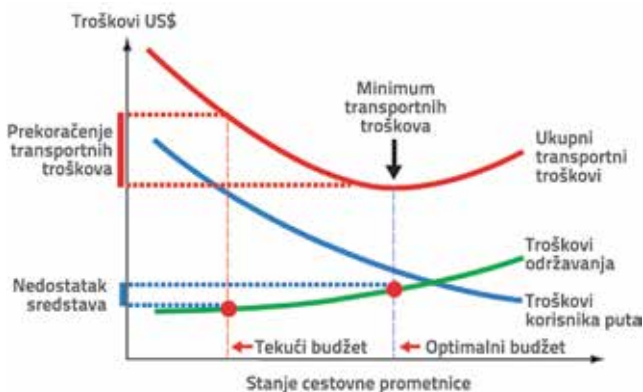


Slika 1. Koncept preventivnog održavanja kolnika (FHWA) [2]



Slika 2. Krivulja propadanja kolnika (PCI = Pavement Condition Index) (FHWA) [2]

U kvantitativnom smislu, ako se cesta ne održava primjereno, svaki dolar koji se ne uloži u održavanje cesta zasigurno povećava operativne troškove vozila za 2 do 3 dolara. Stoga, kao što je prikazano na slici 3, manja ulaganja u održavanje cesta povećavaju transportne troškove u cestovnom prometu i neto troškove za gospodarstvo u cjelini.



Slika 3. Odnos između troškova korisnika cesta i troškova održavanja ulaganja u cestovnu mrežu [3]

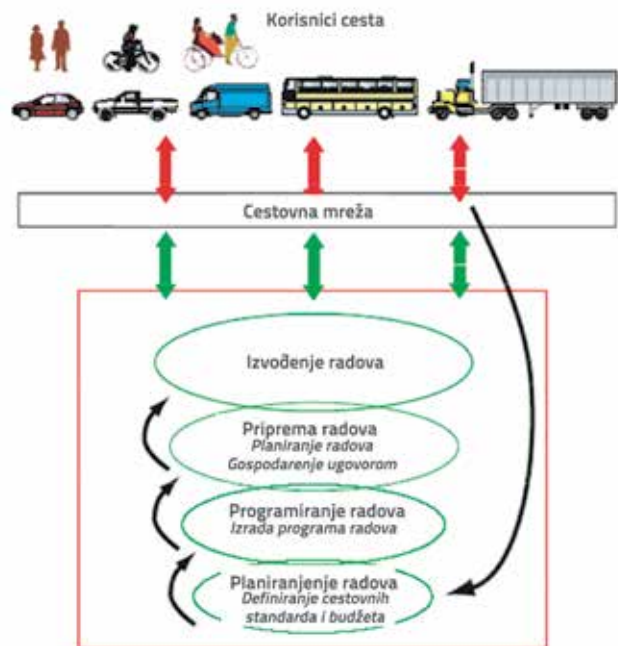
## 2.2. Gospodarenje održavanjem cesta

Gospodarenje održavanjem cesta znači identificirati potrebne radove održavanja i potencijalna poboljšanja cestovne mreže s ciljem postizanja ili očuvanja određenih standarda. U sprezi s planiranjem i projektiranjem cesta, gospodarenje održavanjem cesta pokušava optimizirati ukupnu učinkovitost cestovne mreže tijekom vremena. U praktičnom smislu, gospodarenje održavanjem cesta podrazumijeva sigurnu provedbu primjerenih aktivnosti na cestovnoj mreži u pravo vrijeme i sa željenom kvalitetom.

Proces obuhvaća niz upravljačkih funkcija. Jednostavno rečeno, gospodarenje održavanjem ima cilj da rasporediti prave ljude, materijale i opremu na pravo mjesto na cestovnoj mreži da provedu odgovarajuće korektivne ili preventivne radove u pravom trenutku.

Gospodarenje održavanjem je u osnovi sustavni način učinkovitoga planiranja, programiranja, raspoređivanja financijskih sredstava, kontrole, prikupljanja podataka i praćenje radova održavanja. Postoje četiri različite i međusobno povezane komponente održavanja cesta, koje zajedno čine okvir za uspješno gospodarenje održavanjem cesta. Kao što je prikazano na slici 4., to su:

- planiranje
- programiranje
- priprema
- izvođenje radova.

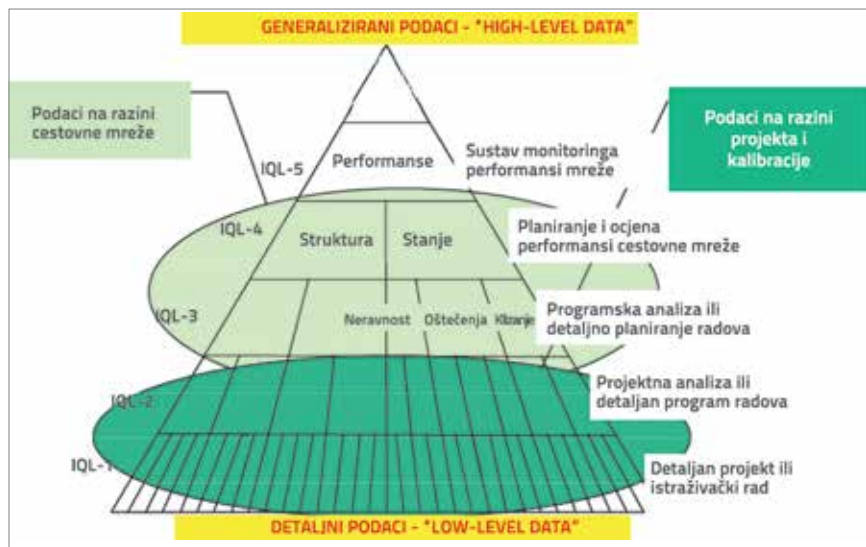


Slika 4. Funkcije gospodarenja održavanjem cesta [4]

## 2.3. Razina kvalitete podataka IQL

Koncept IQL (*Information Quality Level*) uveden je devedesetih godina da bi se identificirala i omogućila primjena različitih razina kvalitete podataka za različite stupnjeve analize. Taj koncept omogućava da se informacije potrebne za gospodarenje cestama strukturiraju na načine koji odgovaraju potrebama različitih razina odlučivanja i metoda za prikupljanje i obradu podataka. U okviru IQL koncepta, vrlo detaljne informacije o cestovnoj mreži ("low-level data") mogu biti grupirane u progresivno manje stavke sukcesivno višim razinama kvalitete podataka ("high-level data"), kao što je to prikazano na slici 5., [5].

Kad je riječ o potrebnim podacima, ključne razlike između analiza strategije i programa s jedne strane i analize projekta s druge, ogledaju se u definiciji i iscrpnosti podataka. Podaci na razini analize projekata određeni su na temelju izmjerenih vrijednosti indikatora (IQL-2), dok specifikacija podataka za analize strategije i programa može imati i općenitu odrednicu (IQL-3 ili IQL-4).



Slika 5. Razina kvalitete podataka (IQL = Information Quality Level) [5]

Primjerice, za analize na razini projekta morala bi se neravnost ceste iskazati u kategorijama izmjerene vrijednosti indeksa IRI (m/km), dok se u analizama na razini strategije i programa to može izraziti kao dobro, osrednje ili loše stanje neravnosti ceste.

### 3. Cestovna mreža Republike Srbije

#### 3.1. Općenito o cestovnoj mreži

Cestovnu mrežu Republike Srbije, u dužini od 40,845 km čine [6]:

- 5,525 km državnih cesta prvog reda
- 11,540 km državnih cesta drugog reda
- 23,780 km lokalnih cesta.

Cestovna mreža sadrži:

- 498 km autocesta s naplatom cestarine
- 136 km poluautocesta s naplatom cestarine.

#### 3.2. Gospodarenje cestovnom mrežom

Gospodarenje državnom cestovnom mrežom I. i II. reda u nadležnosti je Javnog poduzeća "Putevi Srbije", što predstavlja 40.1 % od ukupne cestovne mreže Republike Srbije. Gotovo sve ceste iz ove kategorije imaju suvremeni asfaltirani kolnik ali u različitim stanju. Procjenjuje se da je ukupna vrijednost cesta

oko 13 milijardi dolara. Drugi dio mreže čine općinske ili lokalne ceste (23,780 km), koje su zajedno s uličnom mrežom u nadležnosti lokalnih organa gospodarenja [6].

#### 3.3. Održavanje javnih cesta

Održavanje javnih cesta, sukladno Zakonu o javnim cestama, podrazumijeva radove koji omogućavaju neometano i sigurno odvijanje prometa i sigurno korištenje cesta. Upravitelj javne ceste osigurava neometano i sigurno odvijanje prometa i sigurno korištenje cesta pri odvijanju radova.

Održavanje javnih cesta, sukladno članku 57 Zakona o javnim cestama Republike Srbije, uključuje radove redovitog, periodičnog i interventnog održavanja [7].

**Redovito održavanje** na javnoj cesti uključuje sljedeće:

- pregled, utvrđivanje i ocjenu stanja cesta i objekata na cesti
- mjestimično popravljavanje kolničke konstrukcije i ostalih elemenata trupa cesta
- čišćenje kolnika i ostalih dijelova cesta u granicama zemljišnog pojasa
- uređenje bankina
- uređenje i očuvanje kosina nasipa, usjeka i zasjeka
- čišćenje i uređenje jaraka, rigola, propusta i drugih dijelova sustava za odvodnju s cesta
- popravak cestovnih objekata
- postavljanje, zamjenjivanje, dopunjavanje i obnavljanje prometne signalizacije
- čišćenje prometne signalizacije
- postavljanje, zamjenjivanje, dopunjavanje i obnavljanje opreme cesta i objekata te opreme za zaštitu cesta, prometa i okoliša
- čišćenje opreme cesta i objekata te opreme za zaštitu cesta, prometa i okoliša
- košenje trave i uređivanje zelenih površina na cesti i zemljišnom pojasu
- čišćenje snijega i leda s kolnika javne ceste i prometnih površina, autobusnih stajališta, parkirališta, bankina i rigola.

Tablica 1. Državna cestovna mreža Republike Srbije

Državne ceste prvog reda				Državne ceste drugog reda	Lokalne ceste	Ukupno
Autoceste	Poluautoceste	Ostale ceste	Ukupno			
498 km	136 km	4,891 km	(A) 5,525 km	(B) 11,540 km	(C) 23,780 km	(A+B+C) 40,845 km

Radovi na **periodičnom održavanju** javne ceste obuhvaćaju: ojačanje kolničke konstrukcije, obnovu i pojačano održavanje.

**Interventno održavanje** javnih cesta uključuje aktivnosti koje su posljedica prirodne katastrofe i izvanrednih okolnosti i izvodi se kako bi se osigurala prohodnost cesta i sigurno obavljanje prometa.

#### 4. Programska analiza cestovne mreže državnih cesta I. i II. reda

Programskom analizom ispitano je 709 homogenih dionica-linkova mreže državnih cesta I. i II. reda Republike Srbije u ukupnoj dužini od 13,191.34 km prema sljedećim kategorijama cestovne mreže: autoceste i poluautoceste, magistralne ceste i regionalne ceste [8]. Homogene dionice za svaku kategoriju cestovne mreže su određene na osnovi sljedećih kriterija:

- klasa cesta (autoceste, magistralna, regionalna)
- tip prometnice (G-gradska, PG-prigradska, AC-autocesta, GAC-gradska autocesta, PAC-polu-autocesta)
- vrsta površine kolnika (asfaltni, neasfaltni)
- promjena definirane razine prometnog opterećenja (Prosječni godišnji dnevni promet - PGDP, voz/dan)
- promjena definirane razine indikatora neravnosti površine kolnika (IRI, m/km)
- dužina homogenog poteza na razini budućeg ugovora za radove.

Osnovu za definiranje prijedloga srednjoročnog programa radova (2012. - 2016.) na periodičnom održavanju / obnovi kolnika i poboljšanju cestovne mreže državnih cesta I. i II. reda, predstavljala je baza cestovnih podataka (BCP). Podaci o cestovnoj mreži prikupljeni su tijekom 2008. i 2009. u okviru Projekta obnove prometa financiranog od strane Svjetske banke [8].

U tablici 2. prikazane su osnovne prosječne karakteristike cestovne mreže po kategorijama cesta.

Za svaku kategoriju cesta definirani su odgovarajući standardi periodičnog održavanja / obnove kolnika i potencijalnog poboljšanja cestovne mreže s preduvjetima

za primjenu i učincima primjene standarda. Radovi na periodičnom održavanju / obnovi kolnika su predviđeni u funkciji od postojećeg stanja kolnika i veličine prometnog opterećenja. Posebna pažnja je posvećena tehničko-ekonomskoj analizi postupka recikliranja kolnika (rekonstrukcije kolnika) s ocjenom utjecaja na okoliš. (Environmental Impact Assessment – EIA). S aspekta potencijalnog poboljšanja cestovne mreže analiziran je odnos između protoka prometa (q) i mjerodavnog kapaciteta prometnice (C), pomoću HDM-4 modela na homogenim dionicama magistralne i regionalne cestovne mreže.

Srednjoročni plan je zamišljen kao "mid-term rolling plan", odnosno okvirni plan koji će se svake godine ažurirati sukladno izvršenim radovima i promjenama na cestovnoj mreži u prethodnom razdoblju. Analizirane su samo dionice sa suvremenim kolničkim zastorom (kolnički zastor od asfalta i betona). Dionice s nesuvremenim kolničkim zastorom nisu analizirane. Također, dionice koje prolaze kroz gradove nisu analizirane.

Programska analiza cestovne mreže državnih cesta I. i II. reda provedena je pomoću HDM-4 modela (ver. 2.08) postupkom analize uporabnog trajanja projekta (Life-Cycle Analyses). Programska analiza je urađena za razdoblje analize od 15 godina (2012. - 2026.) uz primjenu diskontne stope od 10 posto.

Da bi se racionalno trošila financijska sredstva i uvidjele posljedice za cestovnu mrežu, analizirani su sljedeći slučajevi ograničenja budžeta:

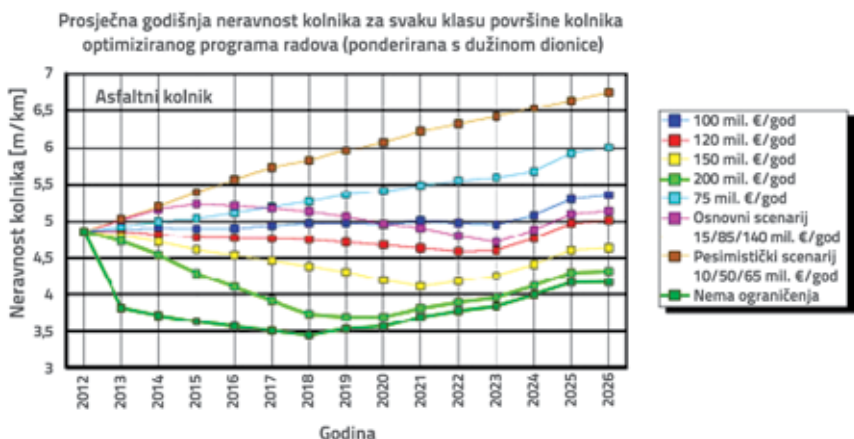
- pesimistični scenarij: ograničenje budžeta 10/50/65 milijuna eura na godinu
- osnovni (realni) scenarij: ograničenje budžeta 15/85/140 milijuna eura na godinu
- ograničenje budžeta 75 milijuna eura na godinu
- ograničenje budžeta 100 milijuna eura na godinu
- ograničenje budžeta 120 milijuna eura na godinu
- ograničenje budžeta 150 milijuna eura na godinu
- ograničenje budžeta 200 milijuna eura na godinu

Na slici 6. prikazana je promjena stanja cestovne mreže u zavisnosti od različitih razina financiranja.

Tablica 2. Homogene dionice za državne ceste I i II reda

Cestovna mreža	Broj homogenih poteza	Dužina [km]	Prosječne vrijednosti ponderirane s dužinom homogenog poteza		
			PGDP [voz/dan]	IRI [m/km]	Srednja dubina kolotruga [mm]
Autoceste i poluautoceste	73	1,062.201	7,284	2.14	6.59
Magistralne ceste	243	4,032.739	4,217	4.02	9.65
Regionalne ceste	393	8,096.404	1,418	5.48	13.99
Ukupno:	709	13,191.34	2,746	4.76	12.07

PGDP – prosječni godišnji dnevni promet, IRI – međunarodni indeks neravnosti



Slika 6. Promjena stanja cestovne mreže za različite razine financiranja (HDM-4 output)

Prijedlog programa radova pripremljen je na temelju podataka iz BCP (stanje 2008. / 2009.), prema analizi posljedica

nedovoljnog ulaganja u održavanje cestovne mreže uz optimizaciju i ravnomjernu raspodjelu investicija po godinama i prema ekonomskoj isplativosti ulaganja u radove periodičnog održavanja / obnove kolnika i poboljšanja cestovne mreže.

Za radove na periodičnom održavanju / obnovi kolnika i poboljšanju cestovne mreže u prvih pet godina analize (2012. - 2016.) selektirano je 318 homogenih dionica-linkova u ukupnoj dužini od 5,467.8 km prema sljedećoj dinamici ulaganja (tablica 3.).

Prioritetne dionice su određene na temelju ekonomskog kriterija, odnosno prema najvećem odnosu neto sadašnje vrijednosti (NSV) i investicije (KAP). Predloženi radovi obuhvaćaju pripreme radove, radove

HDM - 4 HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT Program radova optimiziran po godinama 01_Work Programme 2012-2016 upd		Datum: 26-09-2011 Valuta: mil. EUR							
Godina	Dionica	Klasa puta	Dužina (km)	PODP vid	Opis radova	NPV/KAP	Fin. troškovi	Fin. Troškovi po km	Kumulativni troškovi
2012	M-206 (0200) Cereva - Kragujevac 6	Magistralni	9.6	0.006	Pojačanje AB d=120mm	44.765	4.097	0.312	4.097
2012	M-1.12S (0140) Piroč - Sulovo	Magistralni	14.6	4.641	Pojačanje AB d=120mm	11.194	3.429	0.234	4.916
2012	M-014 (0100) Dobruška 3 - Duga Reka	Magistralni	4.6	10.488	Pojačanje AB d=100mm	10.094	4.379	0.934	0.934
2012	M-4S (0200) Krcovac - Topola 1	Magistralni	4.6	7.563	Pojačanje AB d=100mm	9.759	0.859	0.185	7.147
2012	M-4S (0204) Divci - Slivac	Magistralni	7.2	7.361	Pojačanje AB d=100mm	9.357	1.460	0.202	8.607
2012	R-204S (1282) Rusanj - Avala 2 (Ripanj)	Regionalni	19.9	8.642	Pojačanje AB d=100mm	9.146	4.193	0.211	12.800
2012	M-1S (0029) Beograd 4 (Autokomanda) - Dubanj Potok	Autoput/Poliautoput	9.6	31.899	Stupanje 50 i Zamjena d= 120mm	8.493	3.683	0.384	15.483
2012	M-22.1V (05532-0555) Petrovaradin 6 - Indija 1 (Novi Karlovo)	Magistralni	14.8	5.606	Pojačanje AB d=120mm	8.461	3.480	0.235	19.963
2012	M-9S (0361-0363) Leskovac 5 (Bratimkovo) - Nomanica	Magistralni	5.5	4.749	Pojačanje AB d=120mm	8.394	1.228	0.224	21.191
2012	M-24S (0665-0666) granica APV (Smederevska adaj) - Rajja 6	Magistralni	10.0	6.399	Pojačanje AB d=100mm	8.035	2.152	0.214	23.342
2012	M-1S (0030) Bujanj Potok - Beograd 4 (Autokomanda)	Autoput/Poliautoput	9.6	31.899	Stupanje 50 i Zamjena d= 120mm	7.665	3.667	0.384	27.010
2012	M-19S (0406-0408) Ostruznica - Obrenovac 1	Magistralni	17.3	11.604	Pojačanje AB d=100mm	7.321	4.637	0.268	31.647
2012	M-24S (0667-0674) Rajja 6 - Pozarevac 4	Magistralni	23.3	9.326	Pojačanje AB d=100mm	7.237	5.003	0.215	36.649
2012	R-204S (1281) Železnik 2 - Lipovacka suma 1 (Šrenjica)	Regionalni	10.7	9.228	Pojačanje AB d=50mm	7.083	1.502	0.140	38.152
2012	M-5S (0253) Puzega - Kralovska Stena	Magistralni	7.9	9.013	Pojačanje AB d=70mm	6.907	1.537	0.194	39.689
2012	M-4S (0206-0207) Lajkovic 1 - Celije	Magistralni	4.4	7.436	Pojačanje AB d=100mm	6.835	0.892	0.202	40.581
2012	M-23S (0618) Medjutuze - Krcovac	Magistralni	12.4	7.075	Pojačanje AB d=100mm	6.785	2.379	0.193	42.960
2012	M-4S (0184-0187) Lužnica 5 - Zavlaka 2 (Lukodra)	Magistralni	27.3	4.797	Pojačanje AB d=120mm	6.762	5.316	0.194	48.276
2012	M-21V (0441-0443) Inski Venac - Rama 2 (Putinci)	Magistralni	17.3	10.322	Pojačanje AB d=70mm	6.638	3.446	0.199	51.722
2012	M-1.10S (0113-0117) Rajja 1 (autoput) - Rajja 5	Magistralni	4.0	6.568	Pojačanje AB d=100mm	6.509	0.871	0.220	52.593
2012	R-210aS (1343-1344) Slepcevic - Klenje	Regionalni	9.5	2.900	Stupanje 50 i Zamjena d= 120mm	6.307	0.894	0.094	53.487
2012	M-5S (0277) Paracin 1 (autoput) - Davidovac (Popovac)	Magistralni	3.3	5.813	Pojačanje AB d=120mm	6.558	0.861	0.262	54.348
2012	M-21V (0444-0450) Rama 2 (Putinci) - Sabac 6	Magistralni	34.7	10.485	Pojačanje AB d=50mm	5.778	5.834	0.168	60.182
2012	M-8S (0344-0345) Susica - Dojevice	Magistralni	30.2	3.655	Pojačanje AB d=120mm	5.711	6.257	0.208	66.440
2012	M-5S (0252) Utoice 3 - Puzega	Magistralni	21.7	11.062	Pojačanje AB d=50mm	5.158	3.409	0.157	69.849
2012	M-1S (0027) aerodrom "Nikola Tesla" (autoput) - Beograd 1 (Zmaj)	Autoput/Poliautoput	6.8	26.303	Mil 50 and Replace 120mm	5.089	2.600	0.384	72.449
2012	M-19S (0411-0413) Debrac - Misar	Magistralni	17.7	4.802	Pojačanje AB d=120mm	4.830	3.668	0.207	75.117
2012	M-3V (0156-0158) Spiski Miletic - Kula 1 (Savino Selo)	Magistralni	33.1	4.437	Pojačanje AB d=100mm	4.800	6.751	0.204	82.868
2012	M-21S (0470) Utoice 3 - Beta Zemlja	Magistralni	8.5	10.008	Pojačanje AB d=70mm	4.726	1.868	0.219	84.736
2012	R-207S (1310-1311) Valjevska Kamenica 2 (Osiladi) - Valjevska Kamenica 1	Regionalni	4.5	2.645	Pojačanje AB d=120mm	4.724	0.834	0.187	85.570
2012	M-21V (0440) Inski Venac - Paragovo	Magistralni	3.7	5.245	Pojačanje AB d=70mm	4.416	0.650	0.177	86.220
2012	M-21V (0439) Paragovo - Inski Venac	Magistralni	4.4	5.245	Pojačanje AB d=120mm	4.330	1.051	0.241	87.271
2012	M-4S (0229) Markovac 1 (autoput) - Svilajnac 1 (Kusiljevo)	Magistralni	6.5	4.064	Pojačanje AB d=120mm	4.278	1.351	0.207	88.622
2012	M-1.12S (0139) Bela Palanka 1 - Prot	Magistralni	27.3	4.555	Pojačanje AB d=70mm	4.117	5.034	0.184	93.656
2012	M-8S (0337.3.0340) Prijepolje - Sjenica 3 (Medari)	Magistralni	17.7	2.812	Pavement reconstruction	4.107	5.175	0.292	98.831

Slika 7. Prikaz dijela izvještaja za program radova u 2012. godini

Tablica 3. Vrijednost programa radova održavanja / poboljšanja prioritetnih dionica cestovne mreže

Stavka	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	Ukupno
Vrijednost radova [mil. €]	199.7	199.6	199.9	199.9	199.6	998.6
Dužina cestovne mreže [km]	958.2	1,078.5	1,148.4	1,108.6	1,174.1	5,467.8

na donjem ustroju, gornjem ustroju, radove na poboljšanju odvodnje, prometnu signalizaciju i opremu. Na slici 7. prikazan je dio izvještaja za program radova u 2012. godini, na osnovi rezultata HDM-4 programske analize.

Na temelju predloženog programa radova JP "Putevi Srbije" izabralo je 30 prioriternih dionica za daljnju razradu na razini ekspertne (high-level) projektne analize radi potvrde tehničko-ekonomske opravdanosti predloženih radova i osiguranja financijskih sredstava za izvođenje radova (u ovom slučaju zajedničko financiranje od strane Svjetske banke, EIB i EBRD). Nakon izvršene ekspertne projektne analize i potvrđene tehničko-ekonomske opravdanosti projekta ulazi se u fazu izrade glavnog / izvedbenog projekta za radove periodičnog održavanja / obnove kolnika i poboljšanja dionice ceste kao i pripreme tenderske dokumentacije za izvođenje radova.

## 5. Ekspertne projektne analize za odabrane dionice cesta

### 5.1. Primijenjena metodologija

Tehničko - ekonomska analiza opravdanosti radova periodičnog održavanja / obnove kolnika i poboljšanja cesta na selektiranim prioriternim dionicama državnih cesta I. i II. reda Republike Srbije provedena je pomoću HDM-4 modela (Highway Design Management Model, ver. 2.08). Primijenjen je postupak analize na razini projekta po dionicama (Project Analyses by Section). U analizi su korišteni podaci iz baze cestovnih podataka (BCP) i ekspertne procjene na temelju zajedničkog obilaska predmetnih dionica s inženjerima poduzeća za održavanje cesta, nadzornim inženjerima i inženjerima JP "Putevi Srbije" uz pregled digitalnih videozapisa u birou (slika 8.).



Slika 8. Videozapis cestovne dionice (ARAN, 2008.)

Razina kvalitete informacija je razina IQL-2 i omogućuje analize na razini projekta. U slučaju nedostajućih ili nepouzdatih podataka usvojene su određene pretpostavke i / ili su primijenjene "default" vrijednosti iz modela HDM-4.

Na osnovi opće analize izvršena je podjela prioriternih dionica na homogene poteze (u slučajevima gdje je to bilo potrebno) prema:

- prometnom opterećenju
- utvrđenoj strukturi kolničke konstrukcije
- dominantnoj geometriji homogene dionice / linka ceste
- izmjerenoj neravnosti površine kolnika i stupnju oštećenosti površine kolnika.

U procjeni stanja kolničke konstrukcije i njene nosivosti primijenjen je postupak određivanja strukturnog broja prema preporukama AASHTO (The American Association of State Highway and Transportation Officials) i prema nacionalnom standardu SRPS U.C4.012, a na temelju veličine ekvivalentnog prometnog opterećenja, vrste i stanja materijala u slojevima kolničke konstrukcije i nosivosti materijala u posteljici kolničke konstrukcije. Mjere obnove kolnika stručno su određene na temelju vrste i stupnja oštećenja kolnika i podataka sadržanih u bazi cestovnih podataka (BCP) u funkciji od očekivanog prometnog opterećenja u projektnom razdoblju kao i na temelju preporučenih radova iz programske analize.

Razlika u troškovima i koristima između osnovne varijante "minimum radova na održavanju" i varijante "obnova postojećeg kolnika / poboljšanje ceste" izračunana je za svaku godinu za razdoblje od 1+10 = 11 godina. Neto sadašnja vrijednost (NSV) i interna stopa rentabilnosti (ISR) za svaki poseban projekt također su izračunane.

Analiza osjetljivosti rezultata uočavajući utjecaj smanjenja prometa ( $dT = -20\%$ ) i povećanja troškova radova ( $dC = +20\%$ ) provedena je da bi pokazala važnost promjena u troškovima investicije i u promjenama prognoziranih prometnih tokova. Ekonomska analiza bazirana je na sljedećim postavkama:

- analiza prometnih tokova na razmatranim cestama kao i prognoza rasta prometa u projektnom razdoblju je bazirana na podacima o brojenju prometa u 2010. godini
- razdoblje analize je 1+10 = 11 godina
- početna godina analize je 2012., a početna godina uporabe je 2013.
- posljednja godina analize je respektivno 2022.
- troškovi radova su određeni temeljem cjenika JP "Putevi Srbije"
- diskontna stopa iznosi 10 %
- odnos ekonomske prema financijskoj vrijednosti troškova iznosi 0.74
- troškovi prometnih nezgoda nisu analizirani.

Ekspertna projektna analiza obuhvaća sistematiziran prikaz sljedećih informacija i rezultata provedene analize za svaku od selektiranih prioriternih homogenih dionica / linka cestovne mreže, tablica 4.

Tablica 4. Sistematiziran prikaz informacija i provedenih analiza ekspertne projektne analize


1. LOKACIJA DIONICE (osnovni podaci o dionici / linku sukladno lokacijskom sustavu)	8. PROMETNA SIGNALIZACIJA I OPREMA CESTA
2. PREGLEDNA MAPA (mapsgoogle.com)	9. OPIS ANALIZIRANIH RADOVA NA DIONICI
3. PROMETNO OPTEREĆENJE (veličina i struktura prometnog opterećenja)	9.1 Osnovna varijanta (minimum radova na održavanju)
4. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE DIONICE	9.2 Radovi na obnovi – poboljšanju i uređenju ceste
4.1 Poprečni profil (elementi poprečnog profila)	10. ORIJENTACIJSKA INVESTICIJSKA VRIJEDNOST RADOVA
4.2 Situacijski plan (elementi situacijskog plana)	11. EKONOMSKA ANALIZA
4.3 Uzdužni profil (elementi uzdužnog profila)	11.1 Promjena stanja kolnika tijekom projektnog razdoblja
5. KOLNIČKA KONSTRUKCIJA (tip i sustav kolničke konstrukcije)	11.2 Pregled ekonomskih indikatora
6. STANJE KOLNIČKE KONSTRUKCIJE (indikator stanja kolničke konstrukcije)	11.3 Analiza osjetljivosti rezultata
7. OBJEKTI NA DIONICI (osnovni podaci o objektima na dionici / linku)	12. POTROŠNJA GORIVA I UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU
	12.1 Potrošnja goriva
	12.2 Emisija CO <sub>2</sub>

Rezultati ekspertne (high-level) projektne i provedene analize osjetljivosti rezultata pokazali su prihvatljivu stabilnost osnovnog rješenja dobivenog na temelju programske analize cestovne mreže, naročito ako se ima na umu da u okviru te analize nisu razmatrane koristi od smanjenog

broja prometnih nezgoda kao i druge egzogene koristi sa socijalnog aspekta.

U tablici 5. prikazan je primjer ekspertne projektne analize za dionicu državne ceste pvog reda M-1.12, Pirot - Sukovo, u dužini od 14.627 km.

Tablica 5. Primjer ekspertne (high-level) projektne analize za radove održavanja - poboljšanja ceste

K01: M-1.12S (0140) PIROT - SUKOVO, L=14.627 km				
1.	LOKACIJA DIONICE			
	Cesta:	M-1.12 (E-80)	Pripada:	Centralna Srbija
	ID homogenog linka:	M017		
	ID dionice (novi):	0140		
	Veza sa starim referentnim sustavom:	0056		
	Naziv dionice (novi): (ID poč. čvora) Naziv poč. čvora – (ID zav. čvora) Naziv zav.čvora, dužina poddionice	(0086) Pirot – (0087) Sukovo, l=14.627 km		
	Dužina:	14.627 km		
	Okrug:	Pirotski		
	Općina:	Pirot		
	Poduzeće za održavanje cesta:	PZP Niš		
	Komentar nadzornih organa s terena:	n/a		
2.	PREGLEDNA MAPA*			
				
	* mapsgoogle.com			



Tablica 5. Primjer ekspertne (high-level) projektne analize za radove održavanja - poboljšanja ceste (nastavak)

3. PROMETNO OPTEREĆENJE							
Godina:		2010.					
PA	BUS	LT	ST	TT	AV	PGDP (voz/dan)	
3,079	71	91	116	76	922	4,355	
ESO 82 KN (10 god.):		Tu = 6.02 x 10 <sup>6</sup> (teško prometno opterećenje)					
4. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE DIONICE							
Tip dionice (BCP):		Izvangradska (V)		Kategorija terena:		Brežuljkast (II)	
4.1	Poprečni profil		Postojeći			Zahtijevano prema Pravilniku*	
	Broj prometnih trakova:		2			2	
	Širina prometnog traka:		3.40 m			3.25 m	
	Širina bankine:		1.00 m			1.50 (1.25) m	
	Širina kolnika		6.80 m			2x3.25 + 2x0.35=7.20	
4.2	Situacijski plan						
	Računska brzina:		-			80 km/h	
	Rmin:		n/a m			250 m	
	Broj R<Rmin na dionici:		-				
	Prosječna zakrivljenost:		5.17 deg/km				
	Broj raskrižja:		3				
	Broj lokalnih priključaka:		16				
	Broj križanja sa željeznicom:		-				
4.3	Uzdužni profil						Zahtijevano prema Pravilniku*
	Prosječna nadmorska visina:		335 m				
	Suma uspona i padova:		5.56 m/km				
	Broj uspona i padova:		0.68 / km				
	Maksimalni uspon:		1.4 %			6.0 (7.0) %	
	Maks. dužina uspona >3.0%:		- m				
5. KOLNIČKA KONSTRUKCIJA							
Tip kolničke konstrukcije:		Fleksibilna – Asfaltna mješavina preko BNS					
Širina kolnika:		Prije radova (b=6.80m)			Poslije radova (b=7.20m)		
Površina kolnika:		99,464 m <sup>2</sup>		105,314 m <sup>2</sup>			
Sustav kolničke konstrukcije:		Tip		Debljina		Prosječna debljina	
Kolnički zastor:		AB		40-50 mm		43 mm	
Gornji nosivi sloj 1:		BNS		60-85 mm		72 mm	
Gornji nosivi sloj 2:		-		- mm		- mm	
Donji nosivi sloj 1:		Drobljeni kamen		100-120 mm		110 mm	
Donji nosivi sloj 2:		Pjeskoviti šljunak		180-220 mm		200 mm	
Posteljica (CBR):				6-8 %		7 %	
Postojeći strukturni broj (SN):		6.83					
Potreban strukturni broj (SN*):		9.61					
ΔSN:							
<b>Određeno prema nacionalnom standardu SRPS U.C4.010</b> <b>*Pravilnik o osnovnim uvjetima koje javne ceste i njihovi elementi moraju udovoljavati s gledišta sigurnosti prometa (Službeni list SFRJ br. 35/81)</b>							

Tablica 5. Primjer ekspertne (high-level) projektne analize za radove održavanja - poboljšanja ceste (nastavak)

6. STANJE KOLNIČKE KONSTRUKCIJE				
Godina:		2008. (BCP)		2010.
Prosječna neravnost kolnika (IRI):		6.05 m/km		6.96 m/km
Srednja dubina kolotraga:		7.49 mm		10.49 mm
Površina s pukotinama:		1.79 %		4.47 %
Defleksija (D300):		171-251 $\mu$ m		- $\mu$ m
Dubina teksture:		0.66 mm		- mm
7. OBJEKTI NA DIONICI				
Ukupan broj propusta:				15
Ukupan broj mostova:				10
Ukupna dužina mostova:				173 m
Ukupan broj nadvožnjaka:				2
Ukupna dužina nadvožnjaka:				26 m
Ukupan broj tunela/galerija:				-
Ukupna dužina tunela/galerija:				- m
Ukupna dužina potpornih zidova:				245 m
Prosječna visina potpornih zidova:				1.8 m
8. PROMETNA SIGNALIZACIJA I OPREMA CESTA				
Ukupan broj prometnih znakova:				45
Ukupna dužina zaštitne ograde:				3,042 m
Ukupna dužina zaštitne mreže:				- m
9. OPIS ANALIZIRANIH RADOVA NA DIONICI				
Programska analiza:	2012: Pojačanje slojem AB (d = 120 mm)			
9.1	Osnovna varijanta (minimum radova na održavanju)			
9.2	Radovi na periodičnom održavanju / obnovi kolnika – poboljšanju i uređenju ceste			
10. INVESTICIJSKA VRIJEDNOST RADOVA				
R.b.	Pozicija radova	Ekonomska cijena [€]	Tržišna cijena [€]	[%]
1.	Pripremni radovi	70,529.6	95,127.0	2.1
2.	Radovi donjeg ustroja – proširenje kolnika	66,482.6	89,809.8	2.0
3.	Radovi gornjeg ustroja	2,214,761.8	2,949,329.8	64.5
4.	Radovi na objektima	654,633.6	884,640.0	19.3
5.	Radovi na unapređenju odvodnje	127,723.0	172,598.6	3.8
6.	Uređenje cestovnog pojasa	136,900.0	185,000.0	4.0
7.	Prometna signalizacija i oprema ceste	146,664.9	198,195.9	4.3
	Ukupno (1-7):	3,417,695.	4,574,701.0	100.0
	Nepredviđeni radovi (10%)	341,769.6	457,470.1	
	Ukupna investicijska vrijednost radova:	3,759,465.2	5,032,171.1	
	Ukupna investicijska vrijednost radova / km:	257,022.3	344,033.0	

Tablica 5. Primjer ekspertne (high-level) projektne analize za radove održavanja - poboljšanja ceste (nastavak)

11. EKONOMSKA ANALIZA																																					
11.1	Promjena stanja kolnika tijekom projektnog razdoblja																																				
<p style="text-align: center;"><b>Prosječna neravnost kolnika (IRI<sub>lav</sub>) za Projekt</b> (ponderirana s dužinom dionice)</p> <table border="1"> <caption>Data for Prosječna neravnost kolnika (IRI<sub>lav</sub>) za Projekt</caption> <thead> <tr> <th>Godina</th> <th>Osnovna varijanta (m/km)</th> <th>Obnova 2012 (m/km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2012</td><td>7.0</td><td>7.0</td></tr> <tr><td>2013</td><td>7.5</td><td>1.5</td></tr> <tr><td>2014</td><td>8.0</td><td>1.8</td></tr> <tr><td>2015</td><td>8.5</td><td>2.0</td></tr> <tr><td>2016</td><td>9.0</td><td>2.2</td></tr> <tr><td>2017</td><td>9.5</td><td>2.4</td></tr> <tr><td>2018</td><td>10.0</td><td>2.6</td></tr> <tr><td>2019</td><td>10.5</td><td>2.8</td></tr> <tr><td>2020</td><td>11.0</td><td>3.0</td></tr> <tr><td>2021</td><td>11.5</td><td>3.2</td></tr> <tr><td>2022</td><td>12.0</td><td>3.5</td></tr> </tbody> </table>		Godina	Osnovna varijanta (m/km)	Obnova 2012 (m/km)	2012	7.0	7.0	2013	7.5	1.5	2014	8.0	1.8	2015	8.5	2.0	2016	9.0	2.2	2017	9.5	2.4	2018	10.0	2.6	2019	10.5	2.8	2020	11.0	3.0	2021	11.5	3.2	2022	12.0	3.5
Godina	Osnovna varijanta (m/km)	Obnova 2012 (m/km)																																			
2012	7.0	7.0																																			
2013	7.5	1.5																																			
2014	8.0	1.8																																			
2015	8.5	2.0																																			
2016	9.0	2.2																																			
2017	9.5	2.4																																			
2018	10.0	2.6																																			
2019	10.5	2.8																																			
2020	11.0	3.0																																			
2021	11.5	3.2																																			
2022	12.0	3.5																																			
11.2	Pregled ekonomskih indikatora *																																				
	Uštede u troškovima upotrebe vozila (mil. €)	14.81																																			
	Uštede u vremenu putovanja (mil. €)	5.47																																			
	ISR (%)	59.9																																			
	NSV (mill. €)	16.42																																			
	NSV / KAP	4.37																																			
11.3	Analiza osjetljivosti rezultata																																				
	Ekonomski indikator	ISR (%)	NSV (mil. €)	NSV / KAP																																	
	Referentna vrijednost	59.9	16.42	4.37																																	
	Povećanje troškova radova za +20%	51.6	15.67	4.17																																	
	Smanjenje stope prometa za -20%	58.6	15.41	4.11																																	
12. POTROŠNJA GORIVA I UTJECAJ NA OKOLIŠ																																					
12.1	Potrošnja goriva																																				
	Potrošnja goriva prije radova (tona/god)	1,719																																			
	Potrošnja goriva poslije radova (tona/god)	1,664																																			
	Uštede u potrošnji goriva (tona/god)	-55																																			
	Uštede u potrošnji goriva (%)	-3.2																																			
12.2	Emisija CO <sub>2</sub>																																				
	Emisija CO <sub>2</sub> prije radova (gr/km)	224																																			
	Emisija CO <sub>2</sub> poslije radova (gr/km)	193																																			
	Smanjenje emisije CO <sub>2</sub> (gr/km)	-31																																			
	Smanjenje emisije CO <sub>2</sub> (%)	-13.8																																			
* Diskontirane vrijednosti																																					

## 6. Zaključak

Na temelju rezultata programske analize cestovne mreže državnih cesta I i II reda Republike Srbije u dužini od 13,191.34 km, izabrano je 30 prioriteta dionica u ukupnoj dužini od 476.3 km za financiranje radova na održavanju i poboljšanju cestovne mreže od strane međunarodnih financijskih institucija (Svjetska banka, EIB, EBRD) u periodu 2012. -2016. i 19 dionica u ukupnoj dužini od 326.7 km za financiranje radova na periodičnom održavanju i poboljšanju cestovne mreže iz programa NAMA (Nationally Appropriate Mitigation Action). Za selektirane prioriteta dionice izrađene su ekspertne (high-level) projektne analize na temelju izvršene inženjerske dijagnostike uz korištenje baze cestovnih podataka (BCP) i primjenu modela HDM-4 za razvoj i gospodarenje cestama. U analizi na razini projekta vrednovane su odgovarajuće tehničke mjere periodičnog održavanja / obnove kolnika i poboljšanja ceste kao i određeni učinci na okoliš. Osim radova na periodičnom održavanju - obnovi kolnika, u analizu su uključeni i procijenjeni radovi na proširenju kolnika, poboljšanju odvodnje, obnovi prometne signalizacije i uređenju cestovnog pojasa (uređenje raskrižja, pristupnih putova i lokalnih priključaka). Postupak je uspješno primijenjen i prihvaćen u

apliciranju zahtjeva za financiranje radova na održavanju cestovne mreže Republike Srbije od strane Svjetske banke iz Washingtona i programa NAMA tijekom 2012. Na temelju provedene programske analize i izvršenih ekspertnih (high-level) projektnih analiza za selektirane prioriteta dionice odobrena su financijska sredstva za radove na periodičnom održavanju/obnovi kolnika i poboljšanju cestovne mreže Republike Srbije od strane Svjetske banke, EIB i EBRD u razdoblju 2013. -2017. godina.

## Zahvala

Prikazano istraživanje provedeno je uz potporu Javnog poduzeća "Putevi Srbije" uz korištenje podataka iz baze podataka o cestama (BCP). U radu je također prikazan dio istraživanja koje je pomoglo Ministarstvo za znanost i tehnološki razvoj Republike Srbije u okviru tehnološkog projekta TR 36.017 pod nazivom: "Istraživanje mogućnosti primjene otpadnih i recikliranih materijala u betonskim kompozitima, s ocjenom utjecaja na okoliš, u cilju promocije održivog građevinarstva u Srbiji". Autori zahvaljuju na trudu i razumijevanju svim nadležnima koji su odobrili rad i korištenje podataka.

## LITERATURA

- [1] PIARC Terminology-Dictionary-Road-Transport, <http://www.piarc.org>, 05.02.2013.
- [2] Principles of Pavement Preservation, <http://www.fhwa.dot.gov>, 05.02.2013.
- [3] Botswana Road Maintenance Manual (BRMM), Part A, Overview and Maintenance Management, Ministry of Transport and Communication, Gaborone, 2010.
- [4] Robinson, R., Danielson, U., Snaith, M.: Road Maintenance Management, Concepts and Systems, First edition, Macmillan Press Ltd., London, 1998.
- [5] Paterson, W.D.O., Scullion, T.: Information Systems for Road Management: Draft Guidelines on System Design and Data Issues. World Bank Technical Paper INU 77, Infrastructure and Urban Development Department, The World Bank, Washington, D.C., 1990.
- [6] Javno preduzeće "Putevi Srbije", <http://www.putevi-srbije.rs>, 05.02.2013.
- [7] Zakon o javnim putevima, Službeni glasnik RS br. 101/2005 i 123/2007.
- [8] Radović, N.: Izrada programske analize za državnu putnu mrežu i indikatora uspešnosti realizacije Projekta Rehabilitacije Saobraćaja, Završni izveštaj, JP "Putevi Srbije", Beograd, 2011.
- [9] JV CPV-NIEVELT, Baza podataka o putevima, Završni izveštaj, JP "Putevi Srbije", Beograd, 2010.
- [10] Sršen, M., Kršić, I., Domandžić, D.: Use of HDM-4 model for county road management, GRAĐEVINAR 54 (2002) 1, 23-30.