



UNIVERZITET U NIŠU
GRAĐEVINSKO ARHITEKTONSKI FAKULTET



Milan M. Gligorijević

**OPTIMIZACIJA SISTEMA
UPRAVLJANJA MOSTOVIMA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Niš, 2016.



UNIVERSITY OF NIS
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE



Milan M. Gligorijević

**OPTIMIZATION OF BRIDGE
MANAGEMENT SYSTEM**

DOCTORAL DISSERTATION

Nis, 2016

Podaci o doktorskoj disertaciji

Mentor: Dr Dima Trajković, redovni profesor, Univerzitet u Nišu,
Građevinsko arhitektonski fakultet

Naslov: OPTIMIZACIJA SISTEMA UPRAVLJANJA MOSTOVIMA

Rezime:

U doktorskoj disertaciji obrađena je izuzetno kompleksna i veoma aktuelna problematika upravljanja mostovima. Sigurnost i upotrebljivost kao osnovna svojstva mostova da neprekidno očuvaju upotrebnu vrednost u toku određenog vremenskog perioda (eksploatacionog veka), uz obezbeđenje potrebne trajnosti za odgovarajući nivo pouzdanosti, osnovni je imperativ korektnog oblikovanja i konstruisanja savremene populacije mostovskih konstrukcija. Zadatak graditelja je da mostove osmisli, projektuje i sagradi tako, da oni mogu preuzeti sva delovanja kojima će biti izloženi. Zbog toga, svi zahtevi nosivosti, upotrebljivosti i trajnosti treba da budu ostvareni barem iznad minimalno dopustivog nivoa i da mostovske konstrukcije kao takve budu pouzdane i u upotrebi optimalan broj godina.

Nemoguće je postići apsolutnu sigurnost, večitu trajnost ili savršenu upotrebljivost, ali zato moramo težiti stanju optimuma.

S druge strane, danas širom sveta postoji ogroman broj mostova, različitih namena, koji su izgrađeni u raznim sredinama, različitim vremenima, od različitih materijala, raznovrsnih oblika, sistema, raspona i dimenzija. U toku eksploatacije, usled permanentnog starenja materijala i uticaja drugih raznovrsnih parametara i procesa, neminovno dolazi do oštećenja i progresivnog pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija, što negativno utiče na nosivost, upotrebljivost i trajnost konstrukcija mostova, a samim tim i na njihovu pouzdanost i sigurnost.

Međutim, duže isključivanje mostova iz funkcije zbog popravke, rekonstrukcije ili zamene, može da izazove veoma neprijatne poremećaje saobraćaja na putevima i prugama.

Preventivnom održavanju mostova, kao optimalnom rešenju sa tehničkog, organizacionog i ekonomskog aspekta, nije se posvećivala neophodna pažnja u potrebnoj meri, naročito na našim prostorima. Uočen je permanentni porast oštećenja mostovskih konstrukcija, uz enormni pad nosivosti i bezbednosti mostova, pa su čak zabeležena i rušenja nekih vrlo značajnih mostova u svetu. Ovakav problem, zahtevao je efikasan sistem upravljanja mostovima koji će dati razumne i utemeljene odluke o raspodeli sredstava u uslovima veoma ograničenih fondova i budžeta.

U tom kontekstu, u doktorskoj disertaciji, urađena je analiza globalnog pristupa problematici upravljanja mostovima, značaja njegove primene, data je pregledna analiza struktura većine sistema upravljanja mostovima u svetu, kao i detaljna analiza uticaja relevantnih parametara na efikasnost upravljanja.

Komparacijom različitih kriterijuma određivanja prioriteta u svetu, kako na individualnom nivou, tako i na nivou deonice ili mreže u celini, došlo se do određenih zaključaka i predloga za adekvatni model sistema upravljanja mostovima u našim uslovima.

Predlogom optimizacije kriterijuma vrednovanja prioriteta u sistemu upravljanja mostovima Srbije, otklonjeni su uočeni nedostaci i ostvareno je poboljšanje efikasnosti određivanja rang liste prioriteta mostovskih konstrukcija. Na konkretnim primerima verifikovane su mogućnosti novorazvijenog, predloženog kriterijuma vrednovanja prioriteta.

Analizom mostovskih konstrukcija na gradskim saobraćajnicama Niša formulisana su praktična pravila i definisane jasne smernice za neophodne dalje aktivnosti upravljanja mostovima.

Specijalna pažnja posvećena je mogućnosti primene matematičkog modela Markovljevog lanca za prognoziranje pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija, koristeći rezultate realizovanih i sopstvenih teorijskih i praktičnih istraživanja.

Procenjene su kratkoročno i dugoročno sve posledice odlaganja ili nepreduzimanja potrebnih mera održavanja mostovskih konstrukcija na gradskim saobraćajnicama Niša.

Ostvarena je mogućnost integracije sistema upravljanja mostovima u procese planiranja, projektovanja, izgradnje i eksploatacije saobraćajne infrastrukture.

Dobijeni rezultati naučno istraživačkog rada u doktorskoj disertaciji povećavaju efikasnost upravljanja planiranjem i koordinacijom relevantnih aktivnosti.

Krajni ostvareni cilj doktorske disertacije je poboljšanje ukupnog stanja u kome se nalaze mostovi i uvođenje savremenih trendova u oblasti upravljanja ovim objektima, zasnovanim na relevantnim pokazateljima matematičkog aparata po pitanju pojave mogućih oštećenja i eventualnog otkaza mostovskih konstrukcija, sa ciljem da se pronađe dugoročno rešenje, kao kombinacija optimalnog stanja i optimalnih mera popravki.

Naučna oblast:	Građevinarstvo
Naučna disciplina:	Mostovi
Ključne reči:	Sistem upravljanja mostovima, eksploatacioni vek, oštećenja, nosivost, upotrebljivost, trajnost, pouzdanost, sigurnost, efikasnost upravljanja, optimizacija kriterijuma vrednovanja prioriteta, prognoziranje pogoršanja stanja, optimalne mere popravki.
UDK:	624.21(043.3)
CERIF klasifikacija:	T 220 Građevinarstvo, hidraulika, priobalna tehnologija, mehanika tla
Tip Licence Kreativne zajednice:	CC BY-NC-ND

Data on Doctoral Dissertation

Doctoral
Supervisor:

Ph D Dima Trajkovic, full professor, University of Nis, The Faculty of
Civil Engineering and Architecture

Title:

OPTIMIZATION OF BRIDGE MANAGEMENT SYSTEM

Abstract:

The doctoral dissertation deals with an extremely complex and very topical issue of bridge management. Basic imperatives of correct formation and design of contemporary population of bridge structures are safety and serviceability as fundamental properties of bridges; it is tended to retain serviceability in certain time period (service life) providing durability and reliability. The task of a builder is to conceive, design and build bridges in such a way that they can withstand all the impacts they will be exposed to. Bridge structures must be reliable and serviceable for an optimal number of years, so for that reason, all requirements concerning bearing capacity, serviceability and durability should exceed the minimum permissible level.

It is impossible to achieve absolute safety, infinite durability or perfect serviceability, but we must strive to an optimum condition.

On the other hand, there is a large number of bridges around the world, serving different functions, which were built in various environments, various times, from various materials, of various forms, systems, spans and dimensions. During service, due to permanent material fatigue and effects of other diverse parameters and processes, damage and progressive deterioration of bridge structures are inevitable, which has a negative effects on bearing capacity, serviceability and durability of bridge structures, and therefore on their reliability and safety.

However, a prolonged downtime of bridges because of repairs, reconstruction or replacement can cause very inconvenient disruptions of road and railway traffic.

Preventive maintenance of bridges, as an optimal solution from the technical, organizational and economic aspect was not paid due attention, especially in our country. A permanent increase of bridge structure damage was observed, with the enormous decrease of bearing capacity and safety of bridges, and even some very important bridges in the world collapsed. Such a problem required an efficient bridge management system which will yield sensible and reasonable decisions regarding allotment of finances in the conditions of very restricted funds and budgets.

In this context, in the doctoral dissertation, an analysis of the global approach to the bridge management issue and importance of its implementation was conducted, along with the analysis of structures of most of bridge management systems in the world, as well as a detailed analysis of impacts of relevant parameters on the management efficiency.

By comparing various criteria for determining priority in the world, both at the individual level and at the level of a section or network as a whole, certain conclusions and propositions for an adequate model of the

bridge management system in our conditions were created.

The proposition of optimization of criteria for evaluation of priorities in the bridge management system of Serbia, removed the observed deficiencies and improved efficiency in making of the list of order of priorities of bridge structures. The potentials of the newly developed, proposed criterion of priority evaluation were verified on concrete examples.

Analysis of bridge structures on the city traffic routes of Nis formulated practical rules and defined clear guidelines for necessary further bridge management activities.

A special attention was paid to the potential of implementation of the Markov chain mathematical model for bridge structure deterioration prediction, using the results of realized and own theoretical and practical research.

All short-term and long-term consequences of postponing or abstaining from necessary maintenance measures regarding bridge structures on the traffic routes of Nis were assessed.

The potential of integration of bridge management system into the planning, designing, construction and service processes of transportation infrastructure was realized.

The obtained results of the scientific research work in the doctoral dissertation increase the efficiency of planning management and of coordination of relevant activities.

The ultimate realized goal of the doctoral dissertation is improvement of the total condition of the bridges and introduction of contemporary trends in the field of management of these structures, based on the relevant indicators of the mathematical apparatus in terms of emergence of potential damage and failure of bridge structures, with an aim to find a long-term solution, as a combination of the optimum condition and optimum repair measures.

Scientific Field:	Civil Engineering
Scientific Discipline:	Bridges
Key Words:	Bridge management system, service life, damage, bearing capacity, serviceability, durability, reliability, management efficiency, optimization of criteria of priority evaluation, deterioration prediction, optimum repair measures
UDC:	624.21(043.3)
CERIF Classification:	T220 Civil engineering, hydraulic engineering, offshore technology
Creative Commons License Type:	CC BY-NC-ND

*Mojim divnim sinovima,
Aleksandru i Dušanu*

Zahvaljujem se svom mentoru **dr Dimi Trajković**, red. prof. Građevinsko arhitektonskog fakulteta u Nišu (u penziji) na iskazanoj brizi, usmeravanju, svesrdnoj organizacionoj i stručnoj pomoći, značajnim korisnim savetima i sugestijama, strpljenju, razumevanju i stalnoj moralnoj podrsci.

Najsrdahnije se zahvaljujem **dr Dejanu Bajiću**, red. prof. Građevinskog fakulteta u Beogradu (u penziji), koji je podržao moju ideju o izboru oblasti istraživanja i nesebično mi stavio na raspolaganje literaturu i svoje radove, koji su mi bili putokaz i dragocena pomoć pri izradi ove doktorske disertacije. Posebno mu se zahvaljujem i za sve stručne savete koji su rešili mnoge moje nedoumice. Njegove sugestije i saveti bili su mi uvek od velike koristi, jer su predstavljali podršku i podstrek za dalji rad.

Najtoplije se zahvaljujem **dr Miloradu Zlatanoviću**, red. prof., na istrajnom nastojanju i ogromnom uloženom trudu na stalnom praćenju mog rada, korisnim predlozima i savetima u vezi metodološkog pristupa obradi teme, neizmernoj pomoći i nesebično prenetim iskustvima iz oblasti upravljanja i menadžmenta.

Uvažanim članovima komisije, **dr Dragoslavu Stojiću**, red. prof. **dr Aleksandru Ristovskom**, red. prof., **dr Predragu Blagojeviću**, docentu i **dr Zoranu Grdiću**, red. prof. najsrdačnije se zahvaljujem na ukazanom poverenju, korisnim predlozima, dragocenim savetima i sugestijama.

Zahvaljujem se svim kolegama, svom kolektivu Građevinsko arhitektonskog fakulteta u Nišu, ujaku i ostaloj rodbini, kao i svima koji su mi na bilo koji način pomogli pri izradi doktorske disertacije.

Strpljenje, veliko odricanje, razumevanje, podsticaj, podršku i neizmernu pomoć u svakom pogledu, pružila mi je supruga Snežana i sinovi Aleksandar i Dušan, za šta im se neizmerno zahvaljujem.

Autor

Mr Milan Gligorijević, dipl. ing. građ.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Opšte o mostovima.....	1
1.2. Istorijat građenja mostova u svetu i kod nas.....	2
1.2.1. Ostvarenja, dometi i budućnost mostova.....	11
1.2.2. Razvoj mostogradnje kod nas.....	12
1.3. Opšte o sistemu upravljanja mostovima.....	20
1.4. Pregled istorijskog razvoja sistema upravljanja mostovima.....	29
2. SISTEMI UPRAVLJANJA MOSTOVIMA.....	34
2.1. Komponente sistema upravljanja mostovima.....	35
2.2. Nadgledanje i ocena stanja mostova.....	35
2.3. Globalni pregled postojećih sistema upravljanja mostovima.....	37
2.3.1. Amerika - USA	38
2.3.1.1. Sistem upravljanja mostovima PONTIS.....	42
2.3.1.2. Sistem upravljanja mostovima BRIDGIT.....	45
2.3.1.3. Alabama sistem upravljanja mostovima - ABIMS.....	47
2.3.1.4. Indiana sistem upravljanja mostovima - IBMS.....	47
2.3.1.5. New York sistem upravljanja mostovima.....	48
2.3.1.6. Pensilvanija sistem upravljanja mostovima.....	50
2.3.1.7. Sistem upravljanja mostovima Severne Karoline.....	53
2.3.1.8. Napomena o sistemu upravljanja mostovima u SAD.....	54
2.3.2. Austrija - A	55
2.3.3. Australija - AUS	56
2.3.3.1. Sistem upravljanja mostovima Zapadne Australije	56
2.3.3.2. Sistem upravljanja mostovima Novog Južnog Velsa - NSW.....	57
2.3.4. Belgija - B	58
2.3.5. Kanada - CND	58
2.3.5.1. Ontario sistem upravljanja mostovima - OBMS.....	62
2.3.5.2. Quebec sistem upravljanja mostovima - QBMS.....	63
2.3.5.3. Edmonton sistem upravljanja mostovima - EBMS.....	64
2.3.5.4. Sistem upravljanja mostovima ostrva Prince Edward - PEI BMS.....	64
2.3.5.5. Sistem upravljanja mostovima severozapadnih teritorija - GNWT.....	65
2.3.6. Danska - DK	66

2.3.7. Engleska - GB	69
2.3.8. Finska - FIN	71
2.3.9. Francuska - F	74
2.3.10. Holandija - NL	77
2.3.11. Hrvatska - HR	79
2.3.12. Irska - IRL	80
2.3.13. Italija - I	81
2.3.14. Letonija - LV	83
2.3.15. Mađarska - HU	84
2.3.16. Moskva - RU	85
2.3.17. Nemačka - D	87
2.3.18. Norveška - N	91
2.3.19. Poljska - PL	92
2.3.19.1. Poljski sistem upravljanja mostovima SMOK	93
2.3.19.2. Sistem upravljanja mostovima SZOK.....	94
2.3.20. Portugal - P	95
2.3.21. Slovenija - SLO	96
2.3.22. Švajcarska - CH	97
2.3.23. Švedska - S	99
2.3.24. Španija - E	102
2.3.25. Japan - J	103
2.3.26. Republika Koreja - ROK	105
2.3.27. Vijetnam - VN	107
2.3.28. Republika Južna Afrika - ZA	108
2.4. Završne napomene.....	109
3. SISTEM UPRAVLJANJA MOSTOVIMA U SRBIJI	110
3.1. Razvoj sistema upravljanja mostovima u Srbiji.....	111
3.2. Rangiranje mostova i određivanje prioriteta.....	112
3.2.1. Predlog GP "Mostogradnja".....	112
3.2.2. Predlog Instituta za puteve Beograd.....	113
4. PREDLOG OPTIMIZACIJE KRITERIJUMA VREDNOVANJA PRIORITETA	
 U SISTEMU UPRAVLJANJA MOSTOVIMA SRBIJE.....	123
4.1. Realnost liste prioriteta postojećeg sistema upravljanja mostovima u Srbiji.....	123
4.2. Analiza kriterijuma vrednovanja prioriteta.....	126

4.3. Optimizacija faktora značaja.....	127
4.4. Verifikacija kriterijuma vrednovanja prioriteta.....	127
5. ANALIZA STANJA MOSTOVA NA GRADSKIM SAOBRAĆAJNICAMA NIŠA.....	133
6. MODELI POGORŠANJA STANJA MOSTOVSKIH KONSTRUKCIJA.....	150
6.1. Modeli fizičko - hemijskih procesa pogoršanja stanja.....	151
6.2. Deterministički modeli.....	152
6.2.1. Linearna ekstrapolacija.....	153
6.2.2. Regresioni modeli.....	153
6.3. Stohastički modeli.....	155
6.3.1. Markovljevi lanci.....	155
6.4. Modeli veštačke inteligencije.....	157
6.4.1. Modeli veštačke neuronske mreže.....	157
6.5. Pogoršanje stanja mostova nakon popravke.....	159
7. STANJE MOSTOVA U NAREDNOM VREMENSKOM PERIODU.....	161
8. ZAKLJUČAK.....	184
9. LITERATURA.....	188
10. PRILOG A - Stanje mostova na gradskim saobraćajnicama Niša.....	201
Položaj mostova u planu grada Niša.....	203
A. 1 Most u ulici 12. Februar - MG 1.....	206
A. 2 Most ispred Tvrđave - MG 2.....	212
A. 3 Most Mladosti - MG 3.....	223
A. 4 Most kod Niteksa - MG 4.....	234
A. 5 Most u Proleterskoj - MG 5.....	239
A. 6 Most Medijana - MG 6.....	246
A. 7 Most kod bazena u Donjoj Vrežini - MG 7.....	251
A. 8 Most kod Čele Kule - MG 8.....	257
A. 9 Most na Bulevaru Nemanjića - MG 9.....	263
A.10 Most na Vuzantijskom Bulevaru - MG 10.....	270
A.11 Most na Bulevaru Veljka Vlahovića - MG 11.....	276
A.12 Most kod Mramora - MG 12.....	282
A.13 Nadvožnjak u Novom Selu - MG 13.....	289
A.14 Most u ulici Ljubomira Nikolića - MG 14.....	296
A.15 Most u Gabrovcu - MG 15.....	302
Biografija autora.....	308

1. UVOD

1.1. Opšte o mostovima

"Od svega što čovek u životnom nagonu podiže i gradi, ništa nije u mojim očima bolje i vrednije od mostova. Oni su važniji od kuća, svetiji jer opštiji od hramova. Svačiji i prema svakom jednaki, korisni, podignuti uvek smisleno, na mestu na kom se ukršta najveći broj ljudskih potreba, istrajniji su od drugih građevina i ne služe ničem što je tajno i zlo".

Ivo Andrić

Potrebu za mostovima čovek je osećao otkad postoji. Utilitarno, može se reći da je most građevinski objekat koji saobraćajnicu prevodi preko neke prepreke. Pri tome se podrazumeva:

- zadovoljenje određenih ljudskih potreba,
- stvaranje novih oblika na zemljinoj površini,
- težnja ka funkcionalnosti, stabilnosti, racionalnosti, unutrašnjem skladu kao i skladu sa okolinom.

Takođe, mostovske konstrukcije moraju biti sigurne i trajne, ali ne retko, most može biti i svojevrsno umetničko delo.

Tehnički besprekorno rešen zadatak, a to znači optimalna funkcionalnost i pouzdanost uz najmanje moguće troškove, neće biti potpun ako rezultat nije ujedno i lep most.

Potreba za mostom javlja se tamo, gde je na trasi saobraćajnice takva prepreka, da je nije moguće savladati neposrednim oslanjanjem saobraćajnice direktno na tlo.

Međutim, most nije samo konstrukcija!

Mostovi su građevinski objekti koji svojom veličinom, izgledom, pojavom u prostoru, pa čak i simbolikom, vrlo često dominiraju ambijentom ili krajolikom u kojem se nalaze. Zato uz osnovne principe veštine projektovanja i građenja mostova (objektivnost, funkcionalnost, stabilnost, racionalnost i originalnost), koje mora zadovoljiti svaki most, dolazi i estetika.

Može se reći da

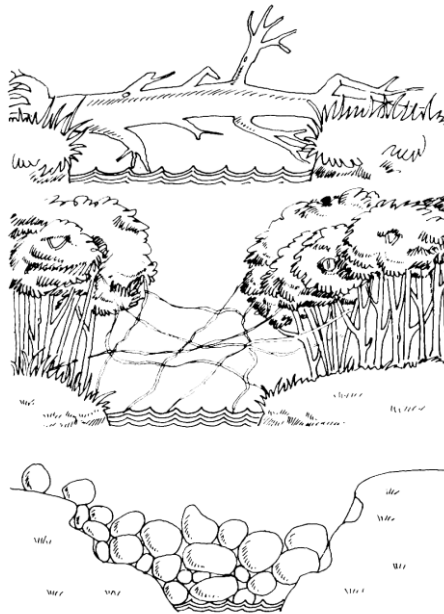
*Mostovi nisu konstrukcije,
jer
Mostovi sadrže konstrukcije!*

1.2. Istorijat građenja mostova u svetu i kod nas

Istorija mostogradnje dobra je pouka i podloga za stvaranje savremenih dela. Proučavanje istorijskog razvoja¹, bazira se na postojećim građevinama i njihovim ostacima ili tragovima. U pisanim podacima ili opširnijim delima o mostovima i njihovim graditeljima, dolazimo do informacija o događajima vezanim za njihov nastanak, na osnovu kojih se mogu izvršiti analize postojanosti kao i načina i postupka izgradnje mostovskih konstrukcija [1].

Graditeljsku sposobnost čovek je pokazao od samog početka svog postojanja. Da bi savladao neku prepreku, čoveku je bila neophodna izvesna građevina. U početku, čovek je za savladavanje prepreka koristio oborena stabla, ispletene puzavice, prirodno formiran nasip od kamenih oblutaka (slika 1), kao i prirodno oblikovani svod (slika 2).

Prirodni oblici, prate i koriste svojstva dostupnih materijala tog vremenskog perioda.

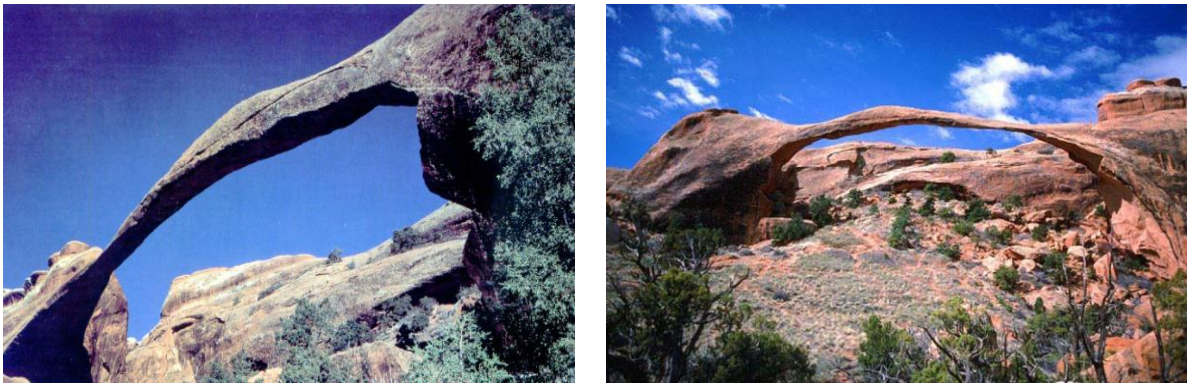


Slika 1. Prirodni oblici savladavanja prepreka

Kasnije je čovek sam, poput prirodnog oblikovanja, obarao stabla, gradio zasvedene konstrukcije i veštačke nasipe. Na prelazu iz kamenog u bronzano doba, 4000 godina pre naše ere, javlja se veća razmena dobara i nastaje prva mreža ustaljenih prolaza - "saobraćajnica", a samim tim i potreba postojanog prelaza prepreka na tim putevima.

¹ Ovo poglavlje bazirano je na podacima iz magistarske teze "*Modeliranje spojeva susednih polja montažnih grednih mostova*", mr Milana Gligorijevića, autora ove doktorske disertacije i informacija iz enciklopedije „Wikipedia“ (<https://sr.wikipedia.org>) i sa interneta, odakle su preuzete priložene ilustracije i fotografije u ovom poglavlju.

Prvi prelazi preko prepreka su oblici kopirani iz prirode.

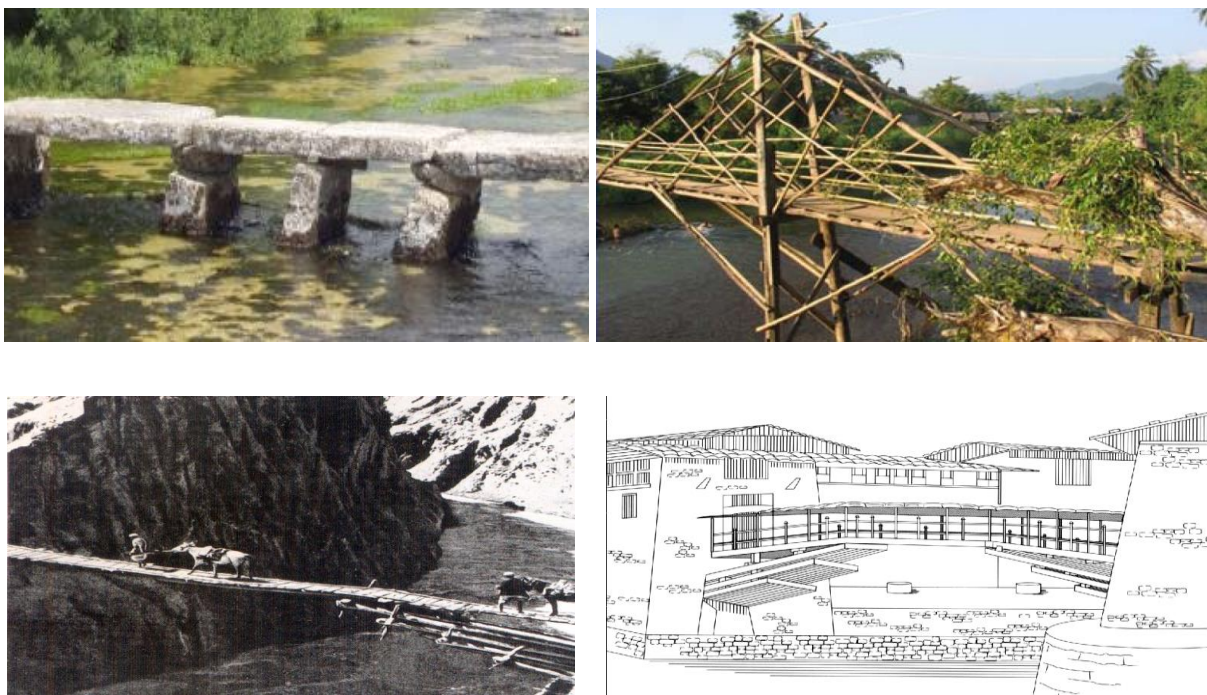


Slika 2. *Landscape luk*, Nacionalni park *Arches*, *Utah*, *Colorado*, SAD

Istorijski gledano, prve mostovske konstrukcije u vidu oborenih stabala drveća, a kasnije i od ispletenih biljaka puzavica i lijana, srećemo odmah na početku razvoja civilizacije. Datum njihovog ulaska u svakodnevni život čoveka nije poznat, iz prostog razloga, jer se u vreme njihovog pojavljivanja za pismo verovatno nije znalo.

Vekovna tradicija građevinarstva i njegov razvoj kroz svojevrsne oblike građenja, predstavlja težnju ka zadovoljenju mnogih čovekovih potreba i zahteva. U tom procesu, čovek je koristio materijale i sredstva koja su mu u pojedinim periodima stajala na raspolaganju.

Graditeljsku praistoriju mostogradnje, čine raznovrsne forme od srušenih debla ili od kamenih ploča, te od biljnih vlakana i drvenih motki (slika 3), kao najstariji primitivni mostovi.



Slika 3. Složene forme primitivnih grednih mostova i konzolni mostovi Tibeta

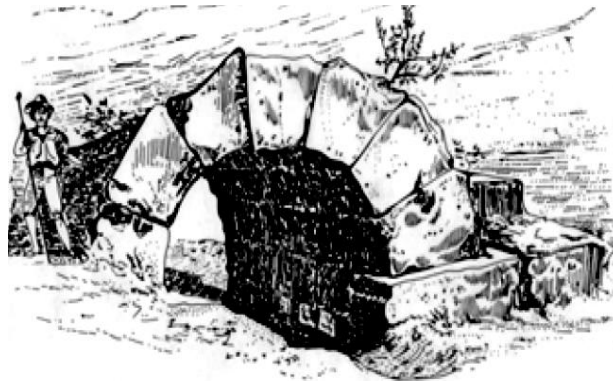
Mnogo je primera povezivanja plovila (slika 4) i građenja plutajućih mostova u osvajačkim pohodima Persijanaca - preko Bosfora (515. g. p.n.e), Darijev pontonski most na ušću Dunava (514. g. p.n.e.), kao i kod Aleksandra Makedonskog - most *Thapsacos* (316. g. p.n.e.) i dr.



Slika 4. Graditelj *Herpal* koristio je više od 300 lađa povezanih drvenim mostom

Prvi masivni mostovi kao konstrukcije, bili su veoma slični prirodno oblikovanom svodu, sa kojim se čovek često već sretao u prirodi (slika 5). Materijal za izradu tih svojih zasvedenih konstrukcija u početku je bio kamen, kasnije opeka, a zatim i razne vrste veziva (kreč, "rimski beton"² i slično).

U tom periodu, sagrađen je veliki broj ovakvih objekata, od kojih su neki i do današnjeg dana odoleli zubu vremena.



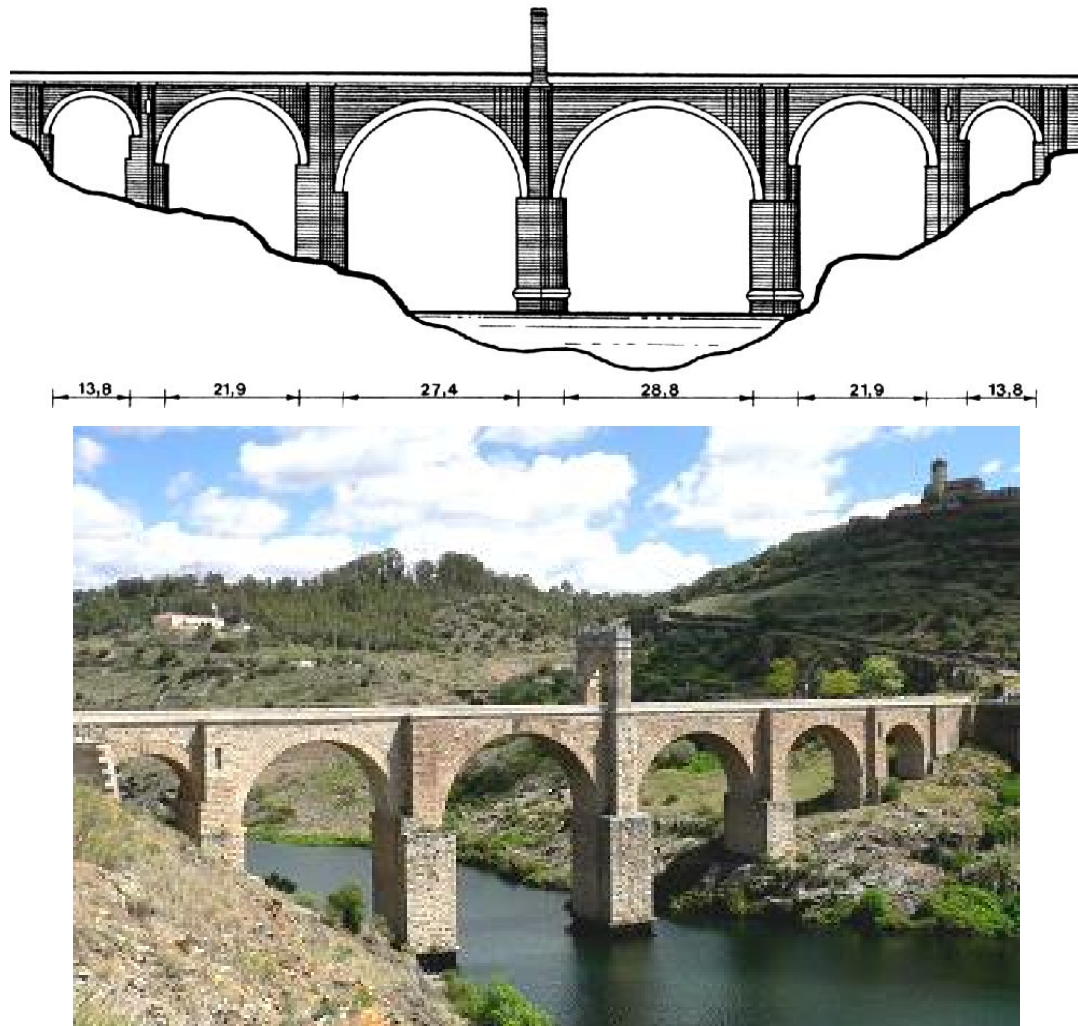
Slika 5. **Etrursko**³ graditeljstvo - most *Bulicane* kod *Viterba*, raspon 2,1 m

Stari Rimljani prvi su graditelji koji su u punoj meri koristili luk i svod. Njihovo poznavanje tehnike može se oceniti kroz pravila oblikovanja, načina temeljenja kao i izbora materijala i pomoćnih sredstava, tako da njihovi najveći mostovi koriste materijal i tehniku do krajnjih granica.

² Rimski graditelj **Vitruvije** u 1. veku p.n.e. u delu "De Architectura" opisuje prirodan cement koji se kopao po padinama Vezuva: "Čudan prah koji slepljuje kamenje tako da se njime mogu graditi zidovi u samom moru".

³ Preteče Rimljana koji su se na Apeninsko poluostrvo doselili oko 1000 godina p.n.e. iz Male Azije.

Starorimski mostovi, poznati su iz zapisa i reljefa, a mnogi od njih su u upotrebi gotovo dva milenijuma i danas služe svojoj nameni. Na primer, most *Alcantara* (slika 6).



Slika 6. Most *Alcantara* preko reke Tagus, Španija

Sagrađio ga je graditelj *Calius Julius Lacer* od 98. do 106. godine naše ere i na slavlolu postavio natpis: «*PONTEM·PERPETVI·MANSVRVM·IN·SECVLA·MVNDI*» "*Sagrađih most koji će trajati vekovima*". Most je i sada u upotrebi. Širina mosta je 8 m, a niveleta je 54 m visoko iznad vodotoka. Ukupna dužina mosta je 214 m.

Pont Aelius (slika 7) jedan je od drevnih rimskih mostova⁴, kod kojih je zahtev postojanosti i pouzdanosti proveren i dokazan kroz period od skoro dve hiljade godina. Graditelj je *Messius Rustieus* (136. gne.), a tri centralna svoda, raspona po 18,9 m, su izvorna.

⁴ **Vitruvije**² opisuje uputstvo za građenje kamenom: Izlomljeni kamen se nekoliko godina ostavlja izložen atmosferskim uticajima, temperaturnim promenama itd. (najmanje dve), pa tek tada se za nosive i vidljive strukture koristi kamen koji nije oštećen, a ono što ne izdrži test prirode, upotrebljava se za različite kamene ispune i nabačaje.



Slika 7. Most *Aelius*

Iz perioda Rimskog carstva je i akvadukt kod Segovije (slika 8), sa visinom od 30 m iznad široke doline.



Slika 8. Rimski akvadukt kod Segovije, Španija

Deo ovog mosta je u zemljotresu porušen, pa u 15. veku obnovljen. Već nakon nekoliko vekova ponovo su morali biti obnavljani isti delovi mosta, dok su izvorni delovi bili mnogo kvalitetniji i ostali neoštećeni do danas.

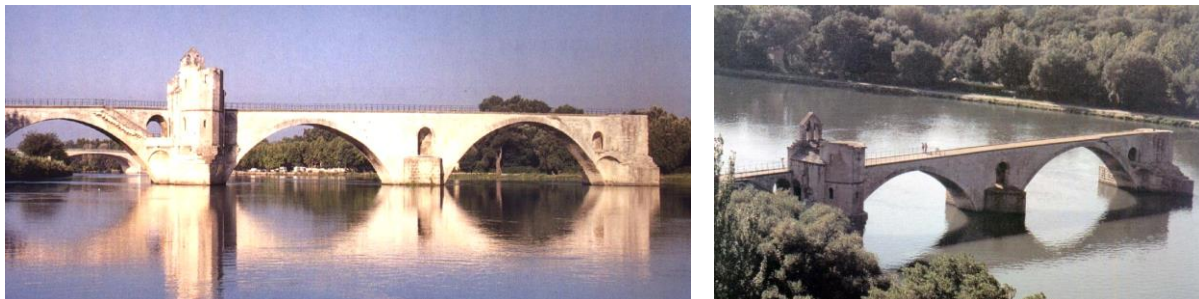
Rimljani su gradili mostove iz potrebe da osvoje, ovladaju i iskoriste, ali i iz želje da izrazima svojih građevina pokažu vlastitu moć. Zbog toga su rimski mostovi izuzetno praktični, fanciesantno precizni, grandiozno monumentalni i trajni.

Iako je prilično dugo bio u upotrebi, sa padom Zapadnog rimskog carstva, krajem V veka na rimski "beton" se zaboravilo, pa se narednih dvanaest vekova nije znalo za vezivo koje stvrdnjava pod vodom. Razoreni mostovi se ne popravljaju, a postojeći ne održavaju.

U periodu nakon pada Zapadnog Rimskog carstva, 476. godine naše ere, malo je građeno mostova. Grade se uglavnom jednostavni i primitivni objekti za lokalne prelaze koji su daleko ispod antičkih ostvarenja.

Početak srednjeg veka u Francuskoj su Karlo Veliki i Ljudevit Pobožni doneli "**Uputstva za održavanje puteva i mostova**", s odredbama o građenju 12 mostova na Seni. Nakon toga se širom Evrope formiraju redovničke zajednice zadužene za građenje i održavanje mostova.

Most u Avignonu (slika 9), jedan je od najstarijih i najvećih kamenih mostova. Sagradio ga je od 1177. do 1185. godine, poglavar *Johan Benezet* sa svojom zajednicom za gradnju mostova. Dužina mosta je 600 m, širina 5 m i imao je dvadesetak svodova raspona od 20 do 35 m. Poplava u 16. veku uništila je veći deo mostovskih konstrukcija.



Slika 9. Eleganciji mosta u Avignonu doprinelo je oblikovanje svoda sa tri centra zakrivljenosti

Malo je sačuvanih podataka o gradnji mostova u srednjem veku. Ipak, srednjevekovno graditeljstvo karakterišu hidraulički oblikovani masivni stubovi, poteškoće pri temeljenju (kameni nabačaj, šipovi sa drvenim roštiljem, primitivni zagati), rasponi svoda od 12 do 22 m oblikovani kao polukružni ili šiljati luk i dosta slabija obrada kamena u odnosu na rimske mostove. Karlov most, preko reke Vltave u Pragu 1171. - 1358. g. (sl. 10) i *Ponte Vecchio* u Firenci, preko reke Arno 1334.-1345. g. (sl. 11), raspona luka 30-33 m, ilustruju ovaj period.

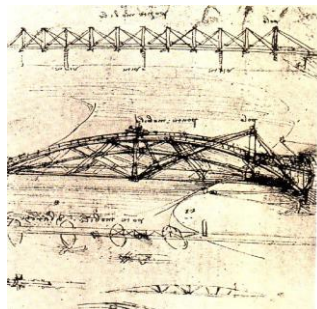


Slika 10. Karlov most u Pragu



Slika 11. *Ponte Vecchio* u Firenci

U doba renesanse, sa tehničkog aspekta masivni mostovi malo se menjaju, ali zato arhitektonski postaju sve bogatiji. Leonardo da Vinci (oko 1500. godine) skicirao je različite konstrukcije mostova, a najzanimljiviji je projekat lučnog mosta raspona 300 m! (slika 12).



Slika 12. Leonardo da Vinci



Slika 13. *Ponte Rialto* u Veneciji

Njegovo otkriće, da potisak zavisi od oblika svoda, dovelo je do sve plićih lukova različitih oblika. Kameni plitki svod raspona 28,8 m, segmentnog oblika, na mostu *Ponte Rialto* preko kanala *Grande* u Veneciji 1587. - 1591. godine (slika 13), očarava svojom elegancijom. Most je 22 m širok, a graditelj je *Antonio de Ponte*.

U 18. veku dolazi do sistematskog, sveobuhvatnog i temeljitog obrazovanja i usavršavanja graditelja mostova. *Hubert Gautier* 1714. godine objavljuje prvu knjiga o mostogradnji "**Traite des Ponts**" (Rasprava o mostovima), u kojoj analizira antičke i savremene mostove. U Parizu, 1716. godine formiran je odsek za mostove i puteve.

Osnovana je prva posebna tehnička škola u svetu - Škola za mostove i puteve 1747. godine.

Viseći kineski mostovi iz antičkih vremena, svedoče o najranijoj primeni metala u mostogradnji. Tibetanski sveštenik *Thang Stong* (1385. - 1464. god.), prvi je graditelj koji za glavne nosače visećeg mosta koristi lance od gvožđa. Prva, prava primena livenog gvožđa, počinje sredinom 18. veka. Lučni most *Coalbrookdale*, od livenog gvožđa preko reke *Severn*, u Engleskoj (slika 14), *Abrahama Derby-a*, sagrađen je od 1777. - 1779. godine. Raspon luka je 30,62 m, sa detaljima oblikovanim po uzoru na drvene konstrukcije.



Slika 14. Most *Coalbrookdale*



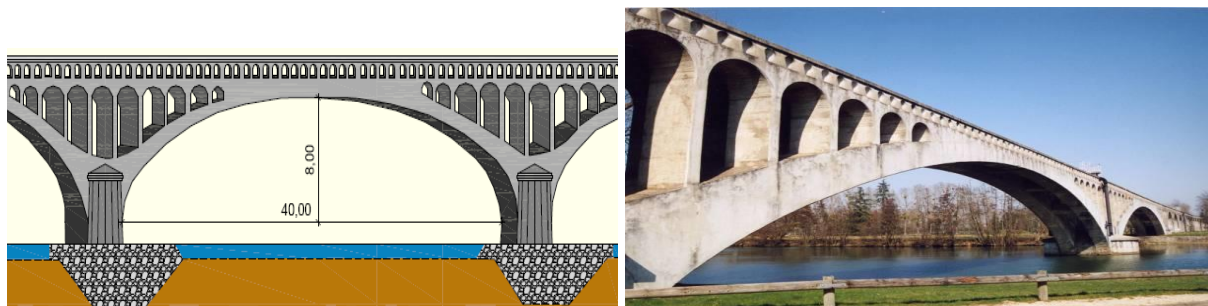
Slika 15. Most *Britannia* u Velsu

Robert Stephenson je 1850. godine, u Velsu sagrađio gredni železnički most *Britannia* (slika 15), sa rasponima od 140 m. Pri izgradnji, montažna greda mase 1750 t podignuta je u komadu. Imao je dva paralelna koloseka, a uništen je u požaru 23. maja 1970. godine.

Širenje železničke mreže, nalaže gradnju mostova većih raspona i znatno veće nosivosti, tako da metalni mostovi sa pojeftinjenjem cene čelika, postaju racionalniji i masovno se grade u 19. i 20. veku.

Ponovnim pronalaskom hidrauličnih veziva (*John Smeaton* 1756. godine), tehnologija veziva vrlo brzo se razvija, tako da se već 1824. godine pojavljuje prvi patent za proizvodnju "portland cementa", a portland cement koji se koristi danas, pronašao je 1844. godine Englez Isak Džonson (*Isaak Charles Johnson* 1811. - 1911. godine).

Nearmirani beton, mnogo lakši za oblikovanje od kamena, uveliko počinje da se primenjuje u izgradnji mostovskih konstrukcija. Iz tog perioda je i akvadukt preko reke Jon u Francuskoj dovršen 1873. godine (slika 16).



Slika 16. Akvadukt preko reke *Yonne*, Francuska, 1870. - 1873. godine

Dugačak je 1460 m, a sastoji se od 156 betonskih lukova raspona od 30 do 40 m.

Armirani beton pronašao je Francuz *Lambot* 1848/50 godine izgradivši čamac od žičanog prepleta i betona, iako je to pravo priznato francuskom baštovanu *Josif-u Monie-u* koji je svoj pronalazak pri izradi saksija i rezervoara patentirao 1866-67. godine. Negde u to vreme Amerikanac *Huatt* vršio je eksperimente sa armiranobetonskim gredama i opisao ponašanje betonskih gredica ojačanih čelikom.

Monie je od 1875. - 1877. godine u parku zamka *Šazele (Chazelet)* sagradio prvi armiranobetonski most lučnog sistema, dužine 16 m i širine 4 m (slika 17), a namenjen je bio pešačkom prelazu.



Slika 17. Armiranobetonski most u parku zamka *Chazelet*

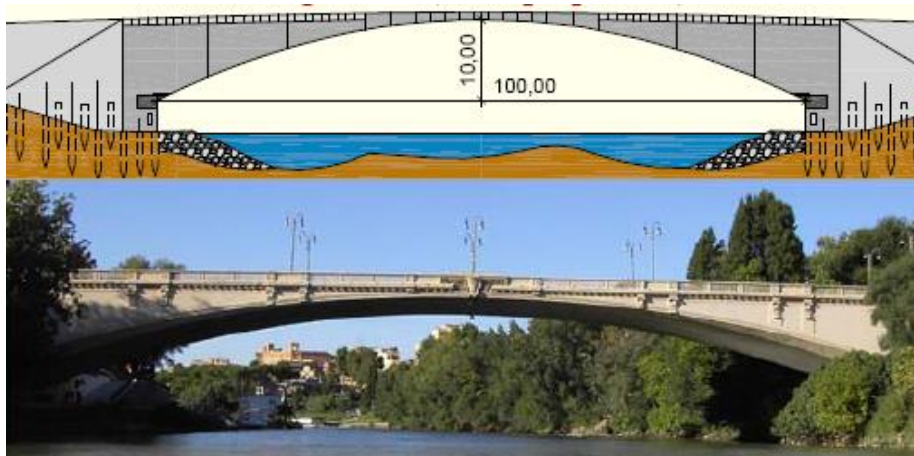
Zanimljivo je, da je i ograda ovog mosta bila armiranobetonska, u stilu drvenih ograda šumskih mostića iz tog perioda.

Međutim i pored ovog uspeha *Moniea*, armirani beton u početku nije našao široku primenu, uglavnom zbog nepoverenja konstruktera i nepostojanja podataka eksperimentalnog i teorijskog izučavanja prirode njegovog ponašanja pod opterećenjem.

Prva obimnija istraživanja sprovedena su od strane inženjera Vajsa i prof. Baušingera (Nemačka 1884. godine), na osnovu kojih Matija Kenen (*Matias Koenen*) daje svoju prvu detaljnu teoriju proračuna armiranobetonskih elemenata. Ovi radovi upoznali su tehničku javnost sa fizičkim i mehaničkim osobinama armiranog betona, što je imalo za posledicu traženje novih konstrukcijskih oblika i sistema armiranja. Pored lučnih, razvijaju se i novi sistemi mostova (gredni, ramovski, kasnije i sa kosim zategama i dr.).

Za razvoj konstrukcija armiranobetonskih mostova, naročito su bili značajni radovi Fransa Enebika (*Francois Hennebique* 1842. - 1921. godine), kojima je definisao sve postavke armiranog betona i utemeljio teoriju i tehniku armiranobetonskih konstrukcija. Ogroman doprinos dali su svojim značajnim teorijskim radovima, kao i eksperimentalnim istraživanjima, veliki majstori u konstrukterstvu: Melan, Konsider (*Considerè*), Majar (*R. Maillart*), Valet, Sežurne (*Sèjournè*), Kako (*Caquot*), Nojman, Riter, Merš, Kristof, Emperger, kasnije *Ellers, Dischinger, Guyonè, Leonhart, Masonnet* i mnogi drugi.

Armirani beton dolazi sve više do punog izražaja pri izgradnji mostova velikog raspona. Tako već 1911. godine sagrađen je most *Risorigimento* (slika 18), preko reke Tibra u Rimu raspona 100 m. Betonom je sada moguće izgraditi forme i konstrukcije, kakve se nisu mogle ostvariti niti jednim ranije poznatim materijalom.



Slika 18. Most *Risorgimento* (most Preporoda) u Rimu 1910. - 1911. godine

Pojava mladog francuskog inženjera Ežena Frejsinea (*Eugène Freyssinet* 1879.-1962.), početkom dvadesetog veka dovodi do burnog razvoja tehnike betona uopšte, a mostova posebno. Njegovi pronalasci - od hidrauličnih presa, velikih zakovanih drvenih skela, montažnog načina građenja, principa kompenzacije lukova i drugih konstrukcija, do ugrađivanja betona vibratorima i pronalaska prethodno napregnutog betona, od najvećeg su teorijskog, praktičnog, ekonomskog i estetskog značaja. Njegove revolucionarne građevine u svakom pogledu, inspirisale su konstruktore širom sveta.

Kao početak praktične upotrebe prethodno napregnutog betona uzima se 1928. godina, kada Frejsine gradi prvu upotrebljivu prethodno napregnutu konstrukciju.

Prethodno napregnuti beton vrlo brzo prodire u praksu izgradnje mostovskih konstrukcija. Zbog svojih izvanrednih svojstava, prethodno napregnuti beton danas dominira u mostogradnji i sa uspehom se premošćuju rasponi i od nekoliko stotina metara.

Industrijska revolucija i njene posledice, pred mostogradnju je postavljala nove zadatke, stvarajući preduslove za razradu novih konstrukcija i ostvarivanje još većih raspona. Do pre nekoliko vekova, pojedinac je promišljao sve što je bitno za građenje nekog objekta. Nakon intenzivnijeg razvoja proračuna i konstrukcijskih analiza (od sredine 18. veka), dolazi do podele na inženjere i arhitekate, pa se prvi više bave konstrukcijskim analizama, a drugi oblikovanjem. Međutim, mašta arhitekata koja nije obuzdana racionalnošću ozbiljnog inženjera daje porazne rezultate.

Od kraja 18. veka, inženjerska umetnost razvija se paralelno i potpuno nezavisno od arhitekture.

Nastaje novi vid umetnosti, ostvarenja u celosti kreiraju inženjeri i može se reći, da se razvija posebno zanimanje **građevinskog konstruktora**. Zadatak konstruktora je, da najpre pokušaju probleme izbeći, a tek kada to nije moguće, onda ih rešavati. Most mora biti jednostavan, tako da izgleda prirodno i lako.

1.2.1. Ostvarenja, dometi i budućnost mostova

Posmatrajući dosadašnji razvoj konstrukcija i materijala mostova, mogu se utvrditi smernice razvoja savremene mostogradnje i naslutiti dometi budućih ostvarenja.

Uspeh u projektovanju i građenju mostova zasniva se na poznavanju teorije konstrukcija i materijala, mašti i hrabrosti u razvijanju novih ideja, kao i volji da se uči na tuđim greškama i sopstvenim iskustvima.

Težnja je uvek optimizacija, zadovoljavanje svih temeljnih parametara vrednosti mosta, a za posebna ostvarenja moraju biti stvorene okolnosti, kroz zahteve funkcije i ambijenta. Optimalna funkcionalnost i pouzdanost, uz najmanje moguće troškove, neće biti potpuna ako rezultat nije ujedno i estetski oblikovan most. Trajnost i lepota, vrednosti su u koje se isplati ulagati. Zbog toga most mora biti jednostavan, tako da izgleda prirodno i lako.

1.2.2. Razvoj mostogradnje kod nas

Prirodno oblikovani svod, kao praistorijska inspiracija za građenje mostovskih konstrukcija, može se i sada sresti na našim prostorima (slika 19).



Slika 19. *Velika prerast*⁵ kod Negotina

Tradicija građenja mostova na prostorima nekadašnje Jugoslavije i sadašnje Republike Srbije vrlo je duga i bogata.

Prvi mostovi datiraju još iz Rimske epohe. Građeni su kroz ceo srednji vek, za vreme turske vladavine, u doba Renesanse i u XVIII i XIX veku. Reč je prevashodno o kamenim mostovima, kao i o mostovima sa pretenzijama stalnog karaktera.

Nažalost, gotovo svi mostovi iz Rimskog perioda nisu odoleli zubu vremena ili su porušeni u kasnijim ratovima.

Na prostorima nekadašnje Jugoslavije, bilo je mnogo lepih mostova iz perioda Turaka. Neki su i danas dobro očuvani i služe svojoj nameni. Iz ovog perioda izdvajaju se najznačajnija dela neimara Otomanskog carstva:

› Kameni most u Mostaru (slika 20), delo neimara Mimara Hajrudina, učenika Kodže Sinana, koji je građen od 24. oktobra 1557. godine do 1566. godine. Sagrađen je od blokova eolskog krečnjačkog kamena *tenelija*. Raspon mosta je 28,71 m, a visina iznad srednje vode je 21,0 m.

⁵ U klisuri reke Vratne u Istočnoj Srbiji, nalaze se tri prirodna kamena mosta:

- *Mala prerast* (otvor širine 33 m, visine 34 m, dužine 15 m i debljina svoda iznad otvora 10 m),
- *Velika prerast* (otvor širine 23 m, visine 26 m, dužine 45 m i debljina svoda iznad otvora 30 m) i
- *Suva prerast* (otvor širine 15 m, visine 20 m, dužine 34 m i debljina svoda iznad otvora 10 m).

Karakterističan je po tankom i elegantnom obliku luka.



Slika 20. Vrhunac Otomanskog graditeljstva svakako je Hajrudinov most u Mostaru

Nažalost, ovaj dragulj kao jedno od najljepših dela toga doba, srušen je 9. novembra 1993. godine tenkovskim granatama mračnih sila posljednjeg rata u Bosni i Hercegovini. Rekonstruisan je i potpuno obnovljen 2004. godine.

U znamenite mostove Otomanskog perioda zatim spadaju:

› Most preko Drine u Višegradu (slika 21), sagrađen od 1571. do 1577. godine po naređenju Velikog Vezira Mehmed-paše Sokolovića. Izgradnja mosta poverena je najvećem turskom neimarar Kodža Mimar Sinanu (1492. - 1589.), vrhovnom dvorskom graditelju. Ukupna dužina mosta je 179,44 m a širina 7,2 m. Ima 10 svodova raspona 10,7-14,8 m i obalni svod 5,2 m, kao i 4 manja svoda na prilazu upravno na most, a materijal je tesani kamen *sedra*. Jedinstvena elegancija i monumentalna uzvišenost stila svih konstrukcijskih elemenata mosta, daleko prevazilazi nacionalne i kulturne granice i predstavlja jedno od najznačajnijih dela istorije mostogradnje u svetu;



Slika 21. Most u Višegradu

› Most preko reke Trebišnjice kod Trebinja, poznat kao Arslanagićev most, koji je građen od 1563. do 1574. godine (slika 22). Most je zbog izgradnje hidroenergetske akumulacije 1965. godine rastavljen i sastavljen na novoj lokaciji u Trebinju 1970. - 1972. g.;



Slika 22. Arslanagićev most kod Trebinja

› Kozji ćuprija u kanjonu reke Miljacke u Sarajevu (slika 23). Duga je 42 m, široka 4,75 m a raspon svoda je 17,5 m. Zidana je od krečnjaka i sedre;



Slika 23. Kozji ćuprija u Sarajevu

Iz perioda Rimskog i Otomanskog carstva značajni su i objekti za vodosnabdevanje:

› Akvadukt u blizini Skoplja impresivna je građevina od kamena i cigle (slika 24). Ostaci 55 lukova se i danas čuvaju;



Slika 24. Akvadukt u blizini Skoplja

› Barski akvadukt (slika 25), kameni je most izgrađen od 16. do 17. veka, severno od Starog grada Bara. Most nose 17 lukova različite širine i visine, od grubo obrađenih kamenih blokova.



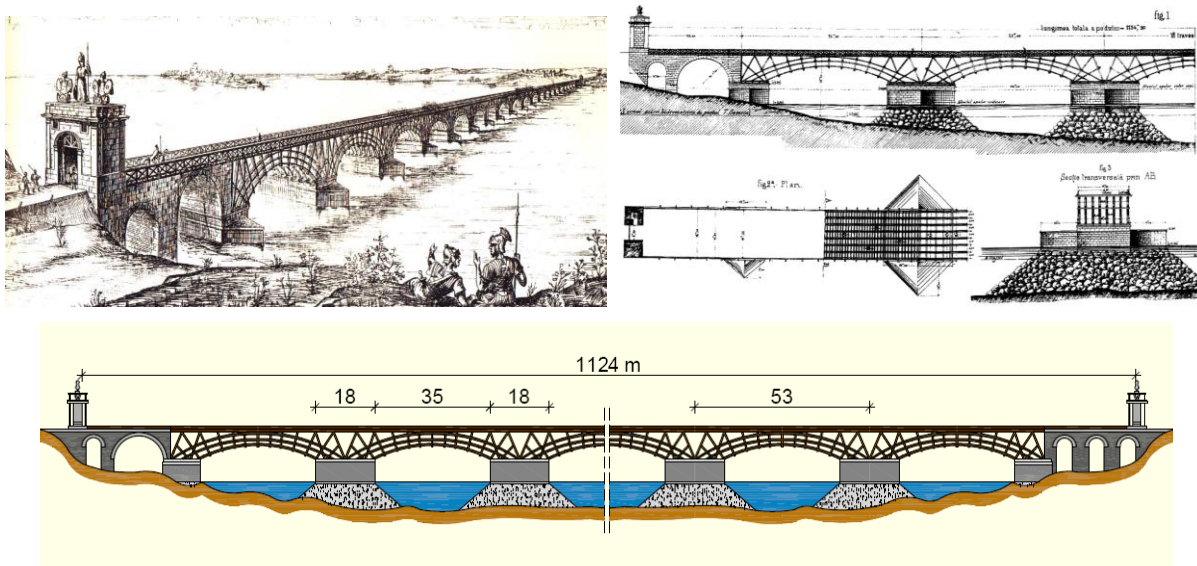
Slika 25. Akvadukt starog grada Bara

› Rimski vodovod cara Dioklecijana kod Solina (slika 26) dug oko 9 km, a datira sa kraja 3. i početka 4. veka, kao i mnogi drugi stari mostovi i akvadukti.



Slika 26. Akvadukt kod Solina

Iz doba Rimljana, poznat je i Trajanov most na Dunavu kod Kladova (slika 27). Graditelj ovog mosta je *Apollodorus* od Damaska, a građen je 103. - 105. godine naše ere.



Slika 27. Trajanov most na Dunavu kod Kladova, (Srbija - Rumunija)

Ova monumentalna mostovska konstrukcija, bila je sa 21 poljem, otvora od po 35 m. Širina mosta je 14,5 m. Rastojanje između obalnih stubova mosta iznosilo je 1097,5 m i oko 1000 godina je važio za najduži most sagrađen ikada u svetu i to u rekordnom roku, s obzirom na tadašnju tehnologiju gradjenja. Temelji stubova i portali bili su od veoma tvrdog "Rimskog betona", napravljenog od šljunka utisnutog u "rimski cementni" malter, iznad koga su postavljeni redovi opeke,⁶ a stubovi su imali jezgro od maltera, opasanog tesanicama i opekama.

U poslednje vreme kod nas, izgrađeno je više mostovskih konstrukcija, koje su u samom svetskom vrhu tehničkih dostignuća.

Najpre razvoj železnica na našim prostorima, uslovljava sve veću potrebu za mostovskim konstrukcijama. U tom periodu gradi se dosta masivnih mostova koji su i danas očuvani i služe javnom saobraćaju.

Nakon povratka sa specijalizacije iz Berlina 1885. godine, profesor za Mostove i Tunele Tehničkog fakulteta Velike škole u Beogradu, Kosta Glavinić, štampa nekoliko radova o mostovima sa betonskim svodovima sistema "Monier".

Veliki doprinos razvoju teorije i prakse projektovanja i građenja savremenih mostova kod nas, dali su daroviti konstrukteri i vrsni stručnjaci: akademik prof. dr h.c. Đorđe Lazarević, akademik prof. dr Nikola Hajdin, akademik prof. Branko Žeželj, prof. dr h.c. Mijat Trojanović, prof. Dimitrije Čertić, prof. Ilija Stojadinović i mnogi drugi.

⁶ Čuvena "Rimska opeka", odlikuje se izuzetno visokim fizičkim i mehaničkim svojstvima, koja poseduje i danas, nakon skoro dva milenijuma.

Njihovi mostovi - originalne inženjerske građevine smišljene ljudskim duhom, predstavljaju prava remek dela svetskog građevinarstva u svakom pogledu.

Navode se samo neka njihova ostvarenja:

› Most nad vrletnim kanjonom reke Tare u Crnoj Gori (slika 28), građen od 1938. do 1940. godine, delo je profesora Mijata Trojanovića. Glavni luk ima otvor 116 m, dok ostala četiri inundaciona luka imaju otvore po 44,8 m. Ovaj most se idealno uklopio sa prirodom i predstavlja uvek inspiraciju novim generacijama konstruktera mostova.



Slika 28. Most na Đurđevića Tari

› Drumsko - železnički most preko Dunava u Novom Sadu (slika 29), sa rasponom lukova 211 m i 165,7 m, imao je najveći raspon u betonu za železnička opterećenja i predstavljao je svojevrsni simbol grada. Mostovske konstrukcije projektovao je vrhunski tim: akademik Branko Žeželj, prof. Dimitrije Čertić i prof. Ilija Stojadinović. Most je sagrađen od 1957. do 1961. godine, kao jedinstven primer građenja uz korišćenje prethodno napregnutog betona.



Slika 29. Žeželjev most u Novom Sadu

Nažalost, NATO projektili su 23. aprila 1999. godine potpuno srušili ovaj most, kao i svojevrsnu vizuru Novog Sada i remek delo akademika prof. dr Nikole Hajdina, most Slobode (slika 30), koji je srušen 3. aprila 1999. godine.



Slika 30. Most Slobode u Novom Sadu

Most Slobode sa rasponom od 351 m, ima 48 kosih zatega, a visina pilona je 60 m. Građen je od 1978. do 1981. godine. Most je rekonstruisan i obnovljen 2005. godine.

Tri velika betonska mosta na Jadranu, Šibenički (slika 31), Paški (slika 32) i most Kopno - ostrvo Krk (slika 15), značajni su naročito po svojoj ulozi u razvoju našeg patenta konzolnog načina građenja lučnih betonskih mostova.



Slika 31. Šibenički most



Slika 32. Paški most

Šibenički most je prvi veliki lučni betonski most, (raspona 246,4 m), koji je građen ovim postupkom, a vrhunac ovog patenta je most Kopno - otok Sv. Marko - Ostrvo Krk, raspona luka 244 i 390 m (slika 33).



Slika 33. Most Kopno - ostrvo Krk

Glavni luk ovoga mosta najveći je klasični armiranobetonski luk na svetu, a konzolni postupak gradnje na njemu doveden je do izuzetno visokog nivoa.

Projektant ovih mostova je prof. Ilija Stojadinović, a mostovske konstrukcije je izgradilo GP "Mostogradnja" iz Beograda.

Stepen razvoja nauke o armiranom i prethodno napregnutom betonu vremenom je postajao sve bogatiji, tako da danas možemo definisati ponašanje složenijih konstrukcijskih koncepcija dispozicionih rešenja mostova s obzirom na viskoelastoplastična svojstva betona kao primenjenog materijala. Savremene metode analize sve više se primenjuju pri proučavanju i konstruisanju mostovskih konstrukcija kod nas. Geometrijska i materijalna nelinearnost omogućila je ne samo lakše i ekonomičnije mostove, već je adekvatnim oblikovanem konstrukcijskih detalja omogućila konstrukcijama pravilniji rad, a time i veće raspone i dalje domete savremenih mostova. Nova saznanja doprinose, da uz novu tehnologiju i tehniku, čovekova mašta postaje stvarnost.

1.3. Opšte o sistemu upravljanja mostovima

Saobraćajna infrastruktura je od vitalnog značaja za prioritet i blagostanje naroda neke zemlje. Da bi postojeća infrastruktura permanentno povećavala korist svome društvu, njome treba adekvatno upravljati, a to zahteva primenu i sistematsku nadogradnju odgovarajuće procedure i prakse. Na taj način određuju se i prate optimalne strategije intervencija na celokupnoj infrastrukturi, a posebno na njenom segmentu mostovskih konstrukcija.

Mostovi, zbog svoje individualnosti, složenosti i funkcionalnosti, imaju značajan uticaj na društvo. Konstrukcije mostova integralni su deo saobraćajne infrastrukture, čija funkcionalnost i razvijenost predstavlja jedan od bitnih parametara ukupne razvijenosti neke zemlje i daje ogroman uticaj na sveukupni napredak čovečanstva. Mostovi imaju izuzetno veliki značaj, kako u funkcionalnom, tako i u ekonomskom pogledu. Kao specifični objekti u prostoru, koji pre svega "spajaju ljude", u sastavu su saobraćajnog sistema i planiraju se, projektuju, grade i održavaju u cilju obezbeđenja društvene i ekonomske dobiti. S obzirom na tu činjenicu, mostovi predstavljaju objekte izuzetno velike kapitalne vrednosti. Mostovske konstrukcije omogućavaju vitalne veze u putnom i železničkom sistemu. Potpuni ili privremeni prekid saobraćaja usled oštećenosti mostovskih konstrukcija, može da izazove poremećaj sa ozbiljnim posledicama za normalno funkcionisanje privrednih i drugih tokova. Dakle, održivo funkcionisanje ove infrastrukturne imovine, od ključne je važnosti za državu i društvo. Generalno, mostovi su suštinski važni i za obezbeđenje i očuvanje kvaliteta života uopšte.

Istorijski značaj i estetske vrednosti većine ovih objekata, neprocenjivi su deo našeg nasleđa [2].

Mostovske konstrukcije predstavljaju i najosetljiviji deo saobraćajne mreže. Kao objekti u spoljnoj sredini, direktno i u potpunosti su izloženi agresivnom dejstvu neposredne okoline (uticaj temperature, soli za odmrzavanje kolovoza, razna aero zagađenja, i dr.), kao i sve oštrijim uslovima eksploatacije stalnim povećanjem osovinskog opterećenja, intenziteta i frekvencije saobraćaja. U toku eksploatacije, usled permanentnog starenja materijala i uticaja drugih raznovrsnih parametara i procesa, neminovno dolazi do oštećenja i progresivnog pogoršanja stanja, što povećava stepen dotrajalosti⁷ mostovskih konstrukcija.

⁷ **Dotrajalost:** prirodan i neizbežan proces gubljenja početnih karakteristika u procesu razvoja oštećenja i pogoršanja stanja mostova, promenom svojstava konstitutivnih materijala usled starenja i uticaja svih delovanja tokom eksploatacije. **Stepen dotrajalosti** (EC1: *Degree of deterioration*): mera napredovanja procesa koji ugrožavaju konstrukcije mostova tokom eksploatacionog veka.

Sve ove pojave, negativno utiču na nosivost, upotrebljivost, trajnost, kao i stepen pouzdanosti mostovskih konstrukcija, a samim tim i na njihovu sigurnost.

Mostovske konstrukcije u bilo kom trenutku vremena, za odgovarajući nivo pouzdanosti, treba da ispune zahteve koji se odnose na obezbeđenje sigurnosti, upotrebljivosti i trajnosti, u svim fazama stvaranja i života svake konstrukcije mosta - pri planiranju, projektovanju, građenju, eksploataciji i održavanju. Poznato je da se u toku planiranja, projektovanja i građenja mostova, pravilnim izborom koncepcijskih rešenja i metoda građenja, a u fazi eksploatacije adekvatnim održavanjem, postižu neophodna svojstva objekta.

Predviđeni period vremena u kome treba da budu obezbeđena navedena svojstva, naziva se projektovani eksploatacioni vek objekta, a u praksi je to vremenski period od puštanja objekta u saobraćaj do njegovog zatvaranja. Osnovni razlozi koji dovode do zatvaranja mosta za saobraćaj su [3]:

- Konstrukcijska (strukturalna) neadekvatnost, uzrokovana nedostacima koji dovode do opadanja stabilnosti mostovskih konstrukcija i smanjenja sigurnosti objekta, najčešći je razlog zatvaranja starijih mostova. Konstrukcijski vek mosta, u ovom slučaju odgovara korisnom „životnom“ veku objekta, koji može biti veoma dug (i preko 100 godina).

- Funkcionalna neadekvatnost, kada njegova geometrija ili nosivost ne zadovoljavaju aktuelne zahteve, te se most zatvara za saobraćaj, iako su njegove konstrukcije u dobrom stanju. Funkcionalni vek je manji od konstrukcijskog (25 - 50 godina, u zemljama sa značajnim porastom saobraćajnog opterećenja).

Adekvatnom primenom odgovarajućih mera održavanja i rekonstrukcije, mostovske konstrukcije mogu se održavati u dobrom stanju, sve dok ne dostignu neki optimalni vek, tzv. ekonomski vek, posle koga se stavljaju van upotrebe. Ekonomski vek se definiše kao period posle koga intervencije na održavanju, popravkama ili rekonstrukciji nisu isplative u odnosu na cenu novog mosta.

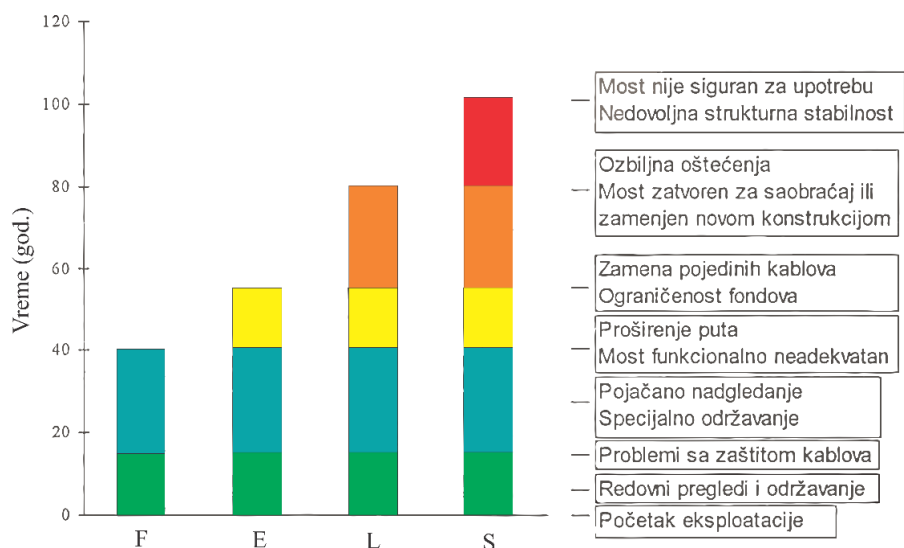
Eksploatacioni vek zavisi od konstrukcijske adekvatnosti (50 - 100 godina) i funkcionalne adekvatnosti (25 - 50 godina). To znači, da optimalni vek zavisi i od konstrukcijskog i od funkcionalnog veka i najčešće je kraći od prvog a duži od drugog.

Ekonomski vek je cilj kome se teži u toku eksploatacionog veka objekta.

Na slici 34, predstavljen je odnos dužina trajanja pojedinih ciklusa u životu nekog mosta [3],

gde je:

- F – funkcionalni vek mosta
- E – ekonomski (optimalan) vek mosta
- L – eksploatacioni vek mosta
- S – konstrukcijski (strukturalni) vek mosta



Slika 34. Odnos dužina trajanja pojedinih ciklusa u životu nekog mosta [3]

Konstruktivski i funkcionalni vek nisu direktno međusobno zavisni, jer vitkije mostovske konstrukcije imaju brže pogoršanje stanja od masivnih konstrukcija. S druge strane, konstruktivski vek se može produžiti blagovremenim i kvalitetnim održavanjem i popravkama, a takođe se može privremeno prihvatiti funkcionalna neadekvatnost u određenim situacijama.

Sigurnost i upotrebljivost, kao svojstva objekta da neprekidno očuva upotrebnu vrednost, odnosno radnu sposobnost, u toku nekog vremenskog perioda (eksploatacionog veka), uz obezbeđenje potrebne trajnosti za odgovarajući nivo pouzdanosti, osnovni je imperativ korektnog oblikovanja i konstruisanja savremene populacije mostovskih konstrukcija u novom milenijumu.

Zadatak graditelja je da mostovske konstrukcije osmisli, projektuje i sagradi tako, da one mogu preuzeti sva delovanja kojima će biti izložena. Zbog toga, svi bitni zahtevi nosivosti, upotrebljivosti i trajnosti treba da budu ostvareni barem iznad minimalno dopustivog nivoa i da konstrukcije mosta kao takve, budu pouzdane i potraju optimalan broj godina.

Nemoguće je postići apsolutnu sigurnost, večitu trajnost ili savršenu upotrebljivost, ali zato moramo težiti stanju optimuma.

S druge strane, danas širom sveta postoji ogroman broj mostovskih konstrukcija, različitih namena, koje su izgrađene u raznim sredinama, različitim vremenima, od raznorodnih materijala, raznovrsnih oblika, sistema, raspona i dimenzija. Preventivnom održavanju ovih objekata, kao optimalnom rešenju sa tehničkog, organizacionog i ekonomskog aspekta, nije se posvećivala neophodna pažnja u potrebnoj meri, naročito na našim prostorima. Uočen je permanentni porast oštećenja na mostovima, uz enormni pad nosivosti i bezbednosti mostova, pa su čak zabeležena i rušenja nekih i vrlo značajnih mostova u svetu.

Mostovske konstrukcije dostižu svoj eksploatacioni vek, kada troškovi njihovog daljeg održavanja u stanju potrebne sigurnosti, upotrebljivosti i trajnosti postanu veće od troškova održavanja koji su smatrani prihvatljivim u toku tog eksploatacionog veka [4].

Sadašnje okolnosti ne omogućavaju neograničena ulaganja sa bilo koje tačke gledišta, pa je zajednički problem svih zemalja da u svoj saobraćajni sistem ulažu na najkorisniji i najefikasniji način. To je bio povod da se preduzme niz koraka u cilju definisanja problema, utvrđivanja postojećeg stanja, postavljanja cilja i iznalaženja načina za postizanje optimalnih rezultata putem odgovarajućih istraživanja i tehno - ekonomskih analiza.

Od vitalnog je značaja da se uvede efikasnije održavanje postojećih mostova, kako bi se izašlo u susret javnom interesu. Ispravno ulaganje, dovodi do smanjenja ukupnih troškova i omogućuje očuvanje investicija za duži vremenski period.

S jedne strane, mostovi su podložni pogoršanju stanja usled starenja konstrukcijskih elemenata i konstitutivnih materijala, a sa druge strane, njihovo duže isključivanje iz funkcije, radi sanacije, rekonstrukcije ili zamene, može da izazove veoma neprijatne poremećaje saobraćaja na putevima i prugama. U skladu sa tim, potrebno je raspolagati efikasnim sistemom upravljanja mostovima i na osnovu njega doći do razumnih i utemeljenih odluka o raspodeli sredstava, sa tačke gledišta očuvanja saobraćajnih pravaca i okoline, uz poštovanje postojećih okolnosti. Savremeni procesi planiranja, projektovanja, izgradnje i eksploatacije mostova, danas se ne mogu zamisliti bez adekvatnog sistema upravljanja mostovima.

Danas, mostovske konstrukcije moraju biti planirane, projektovane i sagrađene na taj način da:

- budu u stanju da podnesu sva predviđena delovanja i učinke u svim fazama stvaranja i života svakog mosta - u toku građenja, eksploatacije i održavanja (**Sigurnost**);
- na ekonomičan način i uz zadovoljavajući stepen pouzdanosti u toku predviđenog eksploatacionog (životnog) veka, ostanu upotrebljive za projektovanu namenu (**Upotrebljivost**);
- za prihvaćeni rizik, ne pretrpe oštećenja nesrazmerna uzroku usled eksplozije, požara, udara ili ljudske greške (**Robusnost**).

Proračunske situacije opisuju okolnosti u kojima konstrukcija ispunjava svoju ulogu, a moraju biti dovoljno zahtevne i tako varirane da obuhvate sve uslove koji se mogu očekivati u toku građenja i eksploatacije mostovskih konstrukcija.

Moguće potencijalne štete na mostovskim konstrukcijama, treba ograničiti adekvatnim oblikovanjem konstrukcija uz posebnu pažnju na detalje, izborom sistema koji su manje osetljivi na određene rizike, pravilnim povezivanjem konstrukcijskih elemenata u celinu, kao i smanjenjem ili izbegavanjem rizika koji mostovske konstrukcije treba da podnesu.

Za normalno odvijanje saobraćaja i potrebnu sigurnost korisnika, podjednako je značajna adekvatnost kako u konstrukcijskom, tako i u funkcionalnom pogledu. U tom smislu, treba naglasiti njihovu međusobnu povezanost i uslovljenost, te odrediti neophodno potrebne mere za istovremeno obezbeđenje konstrukcijske i funkcionalne adekvatnosti.

Značaj primene sistema upravljanja mostovima, direktno se ogleda kroz nedostatke i oštećenja na stanja mostovskih konstrukcija, u prvom redu kao posledice neblagovremenog i neadekvatnog održavanja.

Nedostaci nastaju prilikom planiranja, projektovanja i građenja, a oštećenja nastaju tokom upotrebe mostovskih konstrukcija.

Lošem stanju mostova znatno doprinose i veoma loša organizacija i iskorišćenost postojećih kapaciteta, kao i nedovoljno iskustvo u upravljanju.

U takvoj situaciji neophodno je primeniti globalni pristup upravljanja mostovima i planiranjem i koordinacijom relevantnih aktivnosti povećati efikasnost upravljanja tokom celokupnog eksploatacionog veka.

Upravljanje mostovima je proces, kojim se nadgledaju, prate, održavaju i popravljaju uočena pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija, sa raspoloživim sredstvima u toku proračunskog upotrebno veka. Proračunski upotrebni vek je pretpostavljeno razdoblje korišćenja mostovskih konstrukcija, uz redovno održavanje, ali bez velikih popravki.

Problematika upravljanja mostovima uključuje celokupni eksploatacioni (životni) vek mostovskih konstrukcija, počev od koncepta i osnovnih prethodnih studija, preko procesa projektovanja, građenja, eksploatacije i gazdovanja, tj. održavanja, adaptacije, sanacije, rekonstrukcije i na kraju njihove zamene ili uklanjanja. Iz tih razloga, upravljanje kao poslovni proces zahteva multidisciplinarni pristup i poznavanje svih tehničkih i drugih ne tehničkih disciplina. Krajnji cilj je optimalno zadovoljenje filozofije trajnosti, tj. postići maksimum učinka sa minimumom uloženi sredstava.

Trajnost mostovskih konstrukcija postiže se:

- gradnjom za hiljadu godina - primeri starorimskih mostova prikazanih u poglavlju 1.2, i ... /- ILI redovnim održavanjem građevinskih konstrukcija.

Osiguranje trajnosti zavisi od sledećih faktora koje treba uzeti u obzir:

- planirana i moguća upotreba, (uzeti u obzir uticaje promene namene na trajnost);
- zahtevani kriterijumi ponašanja, (hoće li se pojedini elementi zameniti, održavati ili će imati dugi vek trajanja);
- očekivani uticaji okoline, (koristiti prikladne mere u postupku postizanja trajnosti konstrukcija uz uvažavanje promenljivosti delovanja iz okoline);

- sastav, svojstva i ponašanje materijala, (prvenstveno korišćenje materijala koji će povećati trajnost);
- izbor konstrukcijskog sistema, (odabrati robusne konstrukcije, koristiti masivnije razmere elemenata, izbegavati osetljive sisteme na očekivana oštećenja i razaranja);
- oblik elemenata i konstrukcijske pojedinosti;
- kvalitet izrade i nivo kontrole;
- posebne mere zaštite i održavanja tokom eksploatacionog veka.

Da bi se ovo moglo postići na najbolji mogući način, neophodna je permanentna saradnja inženjera i ekonomista. Inženjer komunicira sa naručiocem (investitorom), graditeljima, upravljačem i optimizuje tehnička rešenja uz različita ograničenja, prvenstveno finansijska i vremenska. Upravljač određuje ne-tehničke prioritete, poslovne ciljeve i strategiju, a inženjer definiše oštećenja, tehnologije popravki i predračun, te na osnovu toga zajedno određuju plan ulaganja.

Upravljanje mostovima i njihovo održavanje je perspektivan posao u građevinarstvu. Prema podacima OECD-a [3], plansko održavanje kroz eksploatacioni (životni) vek konstrukcija mosta zahteva ulaganja približno 2% do 3% investicione vrednosti godišnje. Održavanje mostovskih konstrukcija, kao i praćenje stanja i utvrđivanje potreba za obavljanjem popravki, rekonstrukcija i sanacija pojedinih konstrukcija mosta, vlasnik - upravljač mosta poverava građevinskim inženjerima.

Očuvanje bitnih svojstava mostovskih konstrukcija u toku njihovog životnog veka, predstavlja permanentan zadatak sistema upravljanja mostovima.

Jedna od njegovih definicija glasi:

„Sistem upravljanja mostovima je integralni sistem raznorodnih alata i procesa, koji omogućavaju planiranje održavanja, upravljanja, kontrole i finansijske analize, kako bi se ostvarili unapred postavljeni ciljevi u određenom vremenskom razdoblju“.

Sistem upravljanja mostovima treba da nam da odgovore na sledeća pitanja:

Kojim mostovskim konstrukcijama gazujemo?

Koliko ih ima?

Koja im je osnovna funkcija?

Kakva im je važnost u mreži?

Koje su konstrukcije mostova kritične?

Razvoj strategije sistema upravljanja mostovima u svetu, bazirana je na metodologiji za razvoj sistema optimizacije i korišćenja resursa u procesu upravljanja i održavanja mostova. To uključuje stanje mostovskih konstrukcija, njihov kapacitet nosivosti, stepen oštećenja

odnosno dotrajalost konstitutivnih elemenata mostovskih konstrukcija, saobraćajne efekte, kao i popravke, sanacije i rekonstrukcije.

Koncept upravljanja mostovima počeo je da se razvija u svetu ne tako davno, da bi se izašlo u susret svim tim rastućim potrebama.

Jedna od prvih zemalja koja je uvela sistematsko, dobro isplanirano i organizovano istraživanje u sferi upravljanja mostovima je Amerika. Prvi programi za upravljanje mostovima u Sjedinjenim Američkim državama datiraju još iz ranih 1970-ih godina.

Posledice rušenja dva mosta u SAD, prvo "*Silver*" mosta 1967. godine, a potom i "*Schoharie Creek*" mosta 1983. godine [5] [6], kao i sve veći jaz između raspoloživih sredstava i potreba nacionalne mreže mostova Amerike, uticali su na stimulisanje povećanog obima istraživanja ove problematike i razvoj sistema upravljanja mostovima sredinom 1980 - tih godina. Ubrzo nakon toga, 1991. godine intermodalni zakon o efikasnosti transporta u SAD nalaže državama potrebu za razvijanje i implementaciju sistema upravljanja mostovima. Sistemi upravljanja mostovima (SUM), razvijeni su sredinom 1990-tih godina [7],[8].

Danas su državne transportne agencije SAD-a, uspostavile programe inspekcija mostova i većina njih je implementirana u savremen sistem upravljanja mostovima. U svetu, poslednjih godina značajno se povećava broj država koje koriste sistem upravljanja mostovima.

Sistem upravljanja mostovima obezbeđuje racionalan i sistematičan pristup svim aktivnostima koje se odnose na upravljanje mrežom mostova. Tako na primer, sistem upravljanja mostovima obezbeđuje efikasno upravljanje aktivnostima određene organizacije na sistematski i aktivan način, koji se može kontinuirano usavršavati. Najekonomičnije obezbeđenje nosivosti, upotrebljivosti i trajnosti, uz zahtevani nivo pouzdanosti i sigurnosti postojećih mostova, veoma je značajna tema savremene projektantske prakse i naučnih istraživanja. Ovaj problem, značajno se uvećava kada se radi o celovitom saobraćajnom sistemu - mreži. Problematika se povećava shodno veličini mreže, rastu obima saobraćaja, promeni transportnih sredstava, zatim različitoj osetljivosti konstrukcija i okoline, kao i istorijskom nasleđu koje se prvenstveno ogleda u prevaziđenim metodama projektovanja i građenja, sanacije, rekonstrukcije i održavanja. U ovakvim slučajevima, upravljačke odluke ne mogu biti zasnovane na intuitivnom procenjivanju. One, nužno moraju biti zasnovane na rezultatima ključnih elemenata celovitog upravljačkog sistema, sposobnog da aspektu široke društvene zajednice dugoročno proceni sve posledice odlaganja ili ne preduzimanja potrebnih mera održavanja mostovskih konstrukcija. Dosadašnji rezultati ukazuju na potrebu novih istraživanja i usvajanja adekvatne strategije održavanja, odnosno planskog i sistematskog pristupa u oblasti upravljanja mostovima. Način na koji se taj pristup ostvaruje, određen je

razvojem sistema upravljanja mostovima, a uspešnost upravljanja bitno zavisi od izbora i doslednog sprovođenja svih relevantnih aktivnosti koje čine taj sistem.

Upravljanje mostovima i drugim objektima u sklopu saobraćajne mreže, veoma je kompleksan sistem sa velikim brojem izuzetno raznovrsnih, ali međusobno usko povezanih i zavisnih aktivnosti. Sve te aktivnosti mogu se svrstati u određene grupe, zavisno od domena koji pokrivaju ili dodiruju [3], [9] i prikazane su u tabeli 1.1.

Tabela 1.1. Područja delovanja u okviru sistema upravljanja mostovima [10]

Sistem upravljanja mostovima					
Tehnički domen	Administrativni domen	Ekonomski domen	Servisna služba	Kulturološki domen	Pravosudni domen

Tehnički domen [10], obuhvata sledeće aktivnosti:

- projektovanje i građenje,
- nadgledanje i održavanje,
- sanacije i/ili ojačanja,
- proveru nosivosti,
- modernizaciju i razna tehnička poboljšanja u toku eksploatacije,
- ekspertne procene,
- modeliranje procesa,
- nove tehnologije (razvoj, uvođenje, nadogradnju), itd.

U administrativni domen [10], ubrajaju se aktivnosti na:

- usvajanju zakonske regulative,
- organizaciji i koordinaciji unutar nadležnih službi i među njima,
- iniciranju i praćenju aktivnosti,
- usvajanju budžeta i principa raspodele,
- koordinaciji sa drugim subjektima (vojska, policija,...) zainteresovanim za te objekte,
- razmeni informacija (distribucija dokumenata, stručni seminari, obuka),
- angažovanju specijalnih organizacija i institucija (po potrebi).

Od izuzetnog značaja su poslovi koji spadaju u ekonomski domen [10]:

- procena potrebnih sredstava za obavljanje neophodnih aktivnosti (troškovi nadležnih službi, troškovi tekućeg i investicionog održavanja),
- procena troškova za sanaciju ili ojačanje objekata,
- procena troškova korisnika,

- optimizacija troškova na nivou objekta i kompletne putne mreže,
- poređenje pojedinih alternativnih rešenja,
- praćenje promene cena (materijala, radova, opreme za rad),
- kreditna politika i praćenje interesnih stopa i sl.

Posebno se mogu izdvojiti aktivnosti koje čine servisne službe [10]:

- zimska služba,
- naplata taksi i putarina,
- izdavanje dozvola za prolaz van gabaritnih tereta,
- regulacija saobraćaja u vanrednim uslovima.

Na kraju, može se navesti još i pravosudni domen, koji obuhvata ispitivanje odgovornosti za nastala oštećenja u toku garantnog roka i nakon toga roka, eventualno i kulturološki domen, ako je objekat istorijski spomenik, ili se nalazi u neposrednoj blizini nekog istorijskog spomenika.

Sistem upravljanja mostovima definiše racionalan i sistematičan pristup u organizovanju i izvođenju svih aktivnosti vezano za mostove, od same koncepcije, pa sve do kraja njegovog eksploatacionog (korisnog) veka trajanja. On pomaže donosiocima odluka na svim nivoima u izboru optimalnih rešenja iz niza alternativa efektivnih troškova.

Da bi se ispunili osnovni ciljevi sistema upravljanja mostovima, neophodno je sprovesti kontinuirano nadgledanje mostovskih konstrukcija i praćenje svih pojava, uz evidentiranje i ažuriranje podataka, kao i planiranje i programiranje budućih aktivnosti.

Za razliku od tradicionalnog pristupa da se mostovi tretiraju ponaosob, a problemi rešavaju u trenutku kada već nastanu, sistemi za upravljanje mostovima baziraju se na bankama podataka i imaju planski i organizovan pristup rešavanju problema na nivou mreže objekata.

Takođe, sistemi upravljanja mostovima pomažu inženjerima i drugim donosiocima odluka, da odrede kada i gde da se utroše sredstva za mostove, da bi se poboljšala bezbednost i sačuvala postojeća infrastruktura, a u cilju smanjenja troškova i postizanja koristi uz odgovarajući izbor optimalne strategije.

Za optimizaciju tehničkih i organizacionih rešenja i optimizaciju planiranja finansijskih sredstava u namenskim fondovima, radi obezbeđenja neprekidnog i bezbednog odvijanja saobraćaja na mostovima, neophodan je adekvatan pristup u rešavanju ove veoma kompleksne problematike. Značaj mostova zahteva takav pristup, koji podjednako obezbeđuje i blagovremeno i racionalno održavanje i popravke, odnosno ojačanje i/ili zamenu ovih objekata.

1.4. Pregled istorijskog razvoja sistema upravljanja mostovima

Prvi sistemi upravljanja mostovima u svetu, počeli su da se razvijaju od 1970. godine.

Jedna od prvih zemalja koja je uvela sistematično, dobro isplanirano i organizovano upravljanje mostovima je Amerika (SAD).

U Sjedinjenim Američkim državama, od početka izgradnje sistema mreže međudržavnih autoputeva sredinom 1950-ih godina, federalna sredstva izdvajana su samo za novogradnju, proširenje i jačanje infrastrukture. Shodno tome, aktivnosti na održavanju, revitalizaciji i obnavljanju postojeće infrastrukture bile su prilično ograničene ili odlagane od strane državnih organa. Ovakve zaostale potrebe ulaganja u postojeću infrastrukturu SAD, a koje nisu dobile dovoljnu pažnju, doprinele su permanentnom pogoršanju stanja svih konstrukcijskih elemenata objekata postojeće infrastrukture Sjedinjenih Američkih država.

Posledice rušenja mostova u SAD, prvo "Silver"⁸ mosta 1967. godine, a potom i "Mianus River" mosta 28. 06. 1983. godine i "Schoharie Creek" mosta 1987. godine [5] [6], kao i sve veći jaz između raspoloživih sredstava i potreba nacionalne mreže mostova Amerike, stimulisali su povećani obim istraživanja ove problematike i razvoj modernih sistema upravljanja mostovima sredinom 1980 - tih godina.

Ovi katastrofalni događaji, skrenuli su pažnju na značaj očuvanja nacionalnih mostova u dobrom stanju i permanentnom ažuriranju podataka o stanju svih mostovskih konstrukcija.

Prepoznajući potrebu koordinacije u istraživanju, kao i kooperativnosti u praktičnom radu, nadležna administracija (*The American Association of State Highway and Transportation AASHTO*) inicirala je posle ovih katastrofa program istraživanja na nacionalnom nivou (*National Cooperative Highway Research Program - NCHRP*), koji se zasnivao na primeni najnovijih naučnih i tehničkih saznanja [12].

U početku razvoja, program je integrisao postojeća iskustva pojedinih američkih država, članica asocijacije, a svake naredne godine obrađivana su specifična područja istraživanja, koja su dodavana inicijalnom modulu.

Namera je bila da se popravi stanje mostovskih konstrukcija, pre pogoršanja koje bi dostiglo kritično stanje i lom konstrukcija.

⁸ 15. decembra 1967. godine "Srebrni" most na američkom autoputu 35, između *Point Pleasant*-a i *Callipolis*-a, iznenada se srušio u reku Ohajo, u vreme saobraćajnog špica. Od 37 vozila koja su tog trenutka bila na mostu, 31 je palo u reku i 46 ljudi je poginulo, a 9 je imalo teške povrede. Pored gubitka života, važan autoput koji povezuje Zapadnu Virdžiniju i Ohajo bio je u prekidu nekoliko meseci i ta katastrofa izazvala je zabrinutost za pouzdanost i sigurnost mostova u SAD [11].

Set saveznih zakona iz 1968. godine, vlasnicima državnog transporta Amerike uređuje obavezu prikupljanja informacija i čuvanja inventara mostovskih konstrukcija u sistemu saveznih autoputeva. Kasnije, američki Kongres utvrđuje dva glavna savezna programa za mostove:

- Specijalni program zamena mostovskih konstrukcija (*Special Bridge Replacement Program* - SBRP 1970), koji pomaže državama u zameni i rekonstrukciji mostova i
- Nacionalni program inspekcije mostova (*National Bridge Inspection Program* - NBIP 1971), kako bi se osigurao periodični pregled mostova na nacionalnom nivou [13].

SBRP je poboljšana i preimenovana prvo u *Highway Bridge Replacement and Rehabilitation Program* - HBRRP, a kasnije u *Highway Bridge Program* - HBP.

NBIP uspostavlja standarde i neophodne zahteve pregleda i evaluacije mostova u SAD. Nacionalni standardi inspekcije mostova (NBIS) prvi put su primenjeni 1971. godine [13]. Ove standarde upotrebljavaju državne transportne agencije u skladu sa nadležnostima i odgovornostima za inspekciju mostova, održavanje postojećeg inventara mostovskih konstrukcija i slanja izveštaja o stanju mostova saveznoj upravi za autoputeve (*Federal Highway Administration* - FHWA). U principu mostovi su pregledani svake dve godine, a inspekcijски podaci i ocene stanja prikupljaju se u saveznoj upravi za autoputeve FHWA. Nakon analize podataka, izveštaji se pripremaju i podnose Kongresu, koji donosi odluke o raspodeli sredstava kroz savezne programe kao što je HBRRP, odnosno HBP.

Uprkos sumi od 13 milijardi američkih dolara, izdvojenoj od strane Kongresa u periodu 1970 - 80 godine, kao državna pomoć za popravke mostova, njihovo ukupno prosečno stanje nije bilo na zadovoljavajućem nivou. Iz tog razloga, od 1978. godine postoji obaveza podnošenja Kongresu godišnjeg izveštaja o stanju mostova.

U cilju rešavanja nastalih problema zbog pogoršanja stanja konstrukcija mostova, američki Kongres je 1981. godine u zakonodavstvu proširio raspon savezne pomoći, dodavanjem rekonstrukcija na listu programskih aktivnosti sa posebnom naglaskom na popravku, ojačanje i zamenu mostovskih konstrukcija [14].

U toku 1982. godine, urađena je studija sa ciljem utvrđivanja kvaliteta održavanja i rekonstrukcije mostovskih konstrukcija u 39 zemalja članica asocijacije AASHTO.

Istraživanje je pokazalo, da neke od zemalja imaju razvijenu metodologiju određivanja potreba, ali i da su empirijski modeli i inženjersko prosuđivanje osnova za većinu postupaka i analiza u fazi donošenja odluka. Takođe je utvrđeno, da postoje ozbiljne poteškoće u dostupnosti relevantnih podataka (procene aktuelnog stanja, inventara, održavanja i sl.), kao i nedostatak podataka za razvoj modela pogoršanja stanja.

Utvrđeno je da se ne koriste dovoljno ekonomske analize za izbor najpovoljnije alternative i dugoročno planiranje, da ne postoje sistematski i konsistentni postupci određivanja prioriteta, te da se globalni pristup i strategija sprovodi na individualnom a ne na mrežnom nivou.

Do kasnih 1980-tih ovi naponi nisu napravili veliki pomak, te je bio potreban novi pristup da se premosti razlika između infrastrukturnih potreba i raspoloživih resursa. U traganju za adekvatnim rešenjima, donosioci odluka pažnju su usmerili ka naučnim disciplinama menadžmenta, prvenstveno u sferi finansija, računovodstva i upravljanja imovinom.

Krajem 1987. godine, akcenat je stavljen na koncept upravljanja na nivou mreže, zatim na razvoj informacionog sistema, kao i na proveru sistema i validnosti inženjerskog koncepta sa aktivnim inventarskim podacima.

Dalja istraživanja i aktivnosti usmerena su na program preventivnog održavanja na mrežnom nivou, selekciju i izbor programa za održavanje i rekonstrukciju, odnosno zamenu objekta na osnovu metode analize koštanja životnog ciklusa (*life-cycle cost*) i optimizacije radova, kao i na selekciju i manipulaciju ogromnog broja podataka za sve mostove u mreži.

Ovakav sistematski proces kombinovanja inženjerskih principa, sa poslovnom praksom i ekonomskom teorijom, daje moćne alate koji omogućavaju organizovaniji, lakši i logički pristup odlučivanju. Upravljanje infrastrukturnom imovinom mostova, fokusira se na eksplicitnim i jasno definisanim ciljevima i vrednostima kontinuiranog i permanentnog održavanja mostovskih konstrukcija u toku njihovog celokupnog eksploatacionog veka.

Ubrzo nakon toga, intermodalni zakon o efikasnosti transporta u SAD, 1991. godine nalaže državama obavezu razvijanja i implementacije sistema upravljanja mostovima.

Sistem upravljanja mostovima je skup alata, koji obezbeđuje racionalan i sistematičan pristup svim aktivnostima koje se odnose na upravljanje mostovskim konstrukcijama, kako na individualnom - projektnom nivou, tako i na nivou celokupne mreže. Softverski paket sistema upravljanja mostovima obuhvata aktivnosti nadgledanja, inspekcija i čuvanja podataka o stanju mostovskih konstrukcija, predviđanje budućih potreba mostova u mreži, odabir isplativog načina održavanja, kao i unapređenje i dalje praćenje svih aktivnosti održavanja.

Većina država shvatila je značaj i prednosti implementacije sistema upravljanja mostovima i odlučile su da sprovedu korake na tom planu. Razvoj sistema upravljanja mostovima napravljen je kasnije, aktom nacionalnog sistema autoputeva Sjedinjenih Američkih država 1995. godine. Četrdeset osam država izjasnilo se da primenjuje sistem upravljanja mostovima od septembra 1996. godine.

HBP obezbeđuje sredstva kako bi se omogućilo državama da poboljšaju stanje mostova kroz zamenu, rekonstrukciju i sistematsko preventivno održavanje i primarni je izvor finansiranja iz saveznih sredstava za mostove. Raspodela sredstava HBP zasnovana je na procesu raspodele koji zavisi od podataka iz NBIP. Kroz uslov za NBIP, države su obavezne da pregledaju sve mostove čija je dužina veća od 6,096 m (20 ft) i prijave u kakvom su stanju nadležnoj saveznoj upravi za autoputeve FHWA, uz ažuriranje podataka o inventaru mostova na godišnjem nivou. NBIP ima za cilj da identifikuje konstrukcijski neadekvatne ili funkcionalno zastarele mostove, da proceni ukupno stanje mostova u nacionalnoj mreži, kao i da formira statističku bazu za razvoj adekvatne formule procena troškova popravki koja se koristi u HBP.

Finansijska sredstva koja dodeljuje HBP nisu direktni novčani iznosi, već su dostupni državama kroz naknadu za odgovarajuće projekte koji obuhvataju zamenu, rekonstrukciju, sanaciju, seizmičko modifikovanje, čišćenje i farbanje i sistemsko preventivno održavanje, kao i primenu svih mera koje sprečavaju nastanak i dalji razvoj oštećenja mostovskih konstrukcija.

Iako je udeo mostova sa određenim nedostacima, koji je klasifikovan kao oštećen, smanjen sa 34,2% u 1996. godini na 27,6% u 2006. godini [15], starenjem mostovske konstrukcije i dalje imaju značajnu potrebu održavanja, revitalizacije ili pak zamene. S druge strane, nadležne agencije suočavaju se sa značajnim zaostatom ulaganja pri obezbeđenju svih tih potreba, uglavnom zbog ograničenih fondova i raspoloživih resursa.

Rušenje "I-35W Minnesota"⁹ mosta 2007. godine, ponovo je skrenulo pažnju na bezbednost mostova i podiglo nacionalnu zabrinutost Amerike za stanje mostovskih konstrukcija u zemlji. To je iniciralo samokritiku svih aktivnosti u procesu upravljanja mostovima, kako od strane federalne vlade tako i svih državnih transportnih agencija.

Mnogi aspekti upravljanja mostovima, kao što su federalni programi za mostove, upravljanje mostovima na državnom nivou, kao i alati i tehnike koje se koriste u upravljanju mostovima, počeli su ponovo da se fokusiraju sa ciljem da nađu odgovor na osnovno pitanje „kako se može uraditi bolje?“. Krajnji cilj je poboljšanje, kako u domenu nadgledanja tako i sferi usmeravanja upravljanja infrastrukturom mostova.

AASHTO aktivnosti sada su fokusirane na značaj rešavanja ukupnog "zdravstvenog stanja" svih mostovskih konstrukcija na nivou mreže, prema raspoloživim sredstvima, umesto dosadašnjeg menadžment pristupa „prvi najgori“ [17], s obzirom da je nivo finansiranja daleko

⁹ Most I-35W preko reke Misisipi srušio se 1.08. 2007. godine u Mineapolisu, država Minesota. Tragične posledice ovog rušenja su 13 poginulih i 145 povređenih osoba [16].

ispod potreba za rekonstrukcijom i revitalizacijom svih neadekvatnih mostovskih konstrukcija u zemlji, kod kojih su utvrđeni određeni kako konstrukcijski, tako i funkcionalni nedostaci. AASHTO daje prednost uravnoteženom menadžment pristupu pri rešavanju neposrednih problema zamene starih mostovskih konstrukcija i sprovođenju preventivnog održavanja.

Zemlje zapadne Evrope i Japan, kao tipični predstavnici bogatog razvijenog sveta, dale su ogroman doprinos ukupnom razvoju i dostignućima u oblasti sistema upravljanja mostovima, a naročito sferi održavanja mostova. Suočene sa jedne strane značajnim povećanjem saobraćajnog opterećenja, a sa druge ozbiljnim problemima usled starenja i pogoršanja stanja mostova, ove zemlje su krajem 1970-tih i početkom 1980-tih godina, preuzele niz aktivnosti usmerenih na očuvanje ovih objekata u stanju potrebne sigurnosti i neophodne funkcionalnosti. Njihova iskustva na planu održavanja mogu se generalizovati, uprkos specifičnostima i razlikama kod pojedinih zemalja. Početna saznanja i rezultati istraživanja, ukazali su na značaj planskog i sistematskog pristupa u procesu upravljanja mostovima, kao i na potrebu i značaj preventivnih aktivnosti. Aktuelna istraživanja usmerena su na tehnička poboljšanja u okviru održavanja, popravki i ojačanja mostovskih konstrukcija, pre svega kroz primenu nedestruktivnih metoda ispitivanja konstitutivnih materijala i samih objekata i modeliranja procesa pogoršanja stanja mostova. Takođe, radi se i na usavršavanju tehnika izvođenja radova na veoma prometnim saobraćajnicama, bez ograničavanja ili prekida saobraćaja, kao i na optimizaciji svih aktivnosti i raspoloživih budžetskih sredstava.

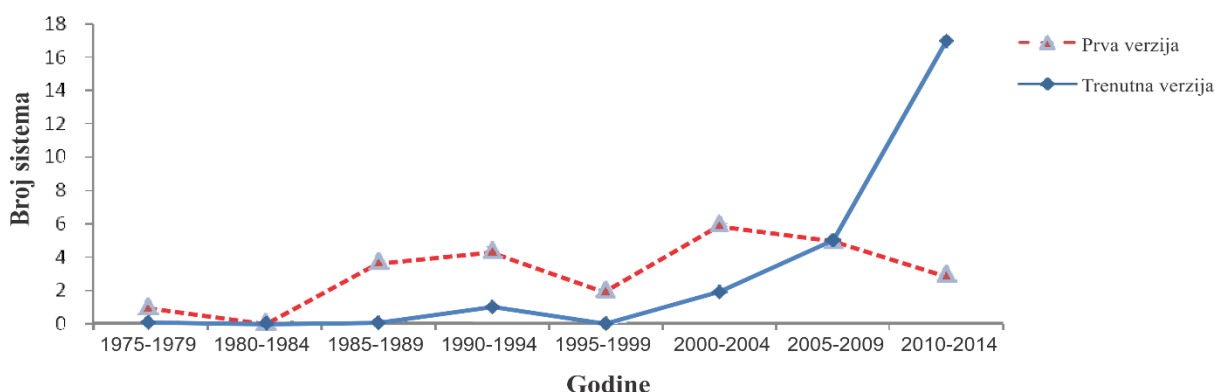
Jedan od retkih pozitivnih primera među zemljama u razvoju, gde se sistematskom upravljanju mostovima posvećuje velika pažnja je Poljska. U toj zemlji, još od 1956. godine sistematizovano se prikupljaju podaci o mostovima i Poljska danas na savremen način, u okviru integrisanog sistema, sprovodi većinu neophodnih aktivnosti u sferi upravljanja mostovima.

2. SISTEMI UPRAVLJANJA MOSTOVIMA

Održavanje postojeće infrastrukturne mreže izuzetno je složeno zbog velikog obima, veličine i troškova, posebno u svjetlu ograničenih budžeta koji su na raspolaganju za održavanje. Shodno tome, u svetu se razvijaju nove strategije za upravljanje javnom infrastrukturom i sredstvima, na način koji obezbeđuje dugoročnu održivost na osnovu ograničenih budžeta.

Mostovi predstavljaju vitalne infrastrukturne veze u svakoj saobraćajnoj mreži. Potpuni ili delimični prekid saobraćaja na njima, parališe ukupne performanse saobraćajne mreže i uzrokuje prekomerne javne i privatne gubitke. Dakle, mostovima u mreži treba upravljati na način koji osigurava nesmetano funkcionisanje saobraćaja tokom njihovog celokupnog eksploatacionog veka.

Iz tih razloga, u svetu su razvijeni i danas se koriste sistemi upravljanja mostovima. Prvi sistem nastao je 1975. godine (DANBRO), a pregled broja sistema u svetu, po periodima njihovog nastanka i daljeg razvoja, prikazan je na slici 35 [18].



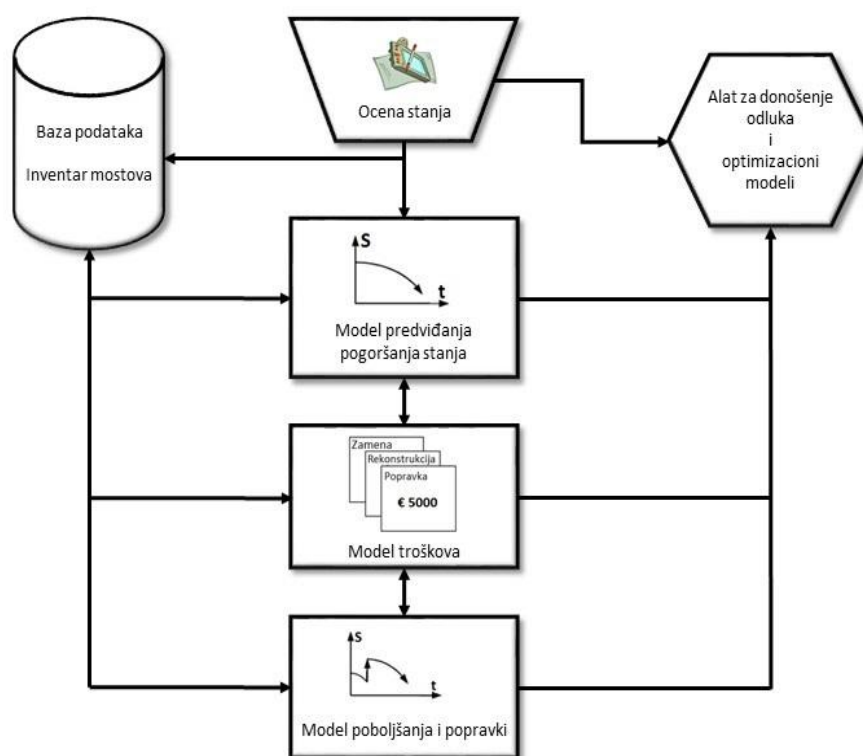
Slika 35. Razvojni tok sistema upravljanja mostovima u svetu [18]

Savremen sistem upravljanja mostovima sadrži procenu stanja mostova, modeliranje budućeg pogoršanja stanja i ponašanja, kao i donošenje odluka kako da se održavaju, popravljaju i obnavljaju mostovske konstrukcije.

U literaturi se opisuju sistemi upravljanja mostovima, koji su razvijeni da podrže odluke određivanja prioriteta mostova za potrebe održavanja na individualnom nivou konstrukcije (projekta) ili na mrežnom nivou, kao i odluke pri izboru odgovarajućih strategija za popravak mostovskih elemenata. Ova dva aspekta međusobno su povezana, ali oni su odvojeno tretirani u većini sistema upravljanja mostovima. Značaj odluka na projektnom nivou je da dopuni odluke na mrežnom nivou. Međutim, uključivanjem detalja na nivou projekta u analizu na mrežnom nivou, proces postaje znatno složeniji.

2.1. Komponente sistema upravljanja mostovima

Zvanične preporuke (*AASHTO guidelines for bridge management systems*) [19], navode da sistem upravljanja mostovima treba da sadrži sledeće osnovne komponente: bazu za čuvanje podataka mostovskih konstrukcija, ocene stanja, modele za predviđanje pogoršanja stanja, modele troškova, modele za poboljšanja i popravke, kao i alate za donošenje odluka i optimizacione modele. Na slici 36, dat je šematski prikaz osnovnih komponenti sistema upravljanja mostovima, (AASHTO, 2001.) [19].



Slika 36. Osnovne komponente sistema upravljanja mostovima [19]

Ryall je u svojoj knjizi [20], takođe predložio komponentalne module sistema upravljanja mostovima: Inventar, inspekcija, održavanje i finansije.

2.2. Nadgledanje i ocena stanja mostova

Ocene stanja mostovskih konstrukcija, usvojene su da opišu utvrđeno postojeće stanje u odnosu na svoje stanje u vreme građenja mosta. Stanje mosta se procenjuje tokom nadgledanja i inspeksijskih pregleda mostova. Redovna kontrola mostova je od suštinskog značaja za blagovremeno upozoravanje na moguća oštećenja i pogoršanja stanja. Takođe, inspeksijski pregledi omogućavaju inženjerima i drugim donosiocima odluka da odrede buduće održavanje.

Iskustvo i tehnička stručnost izuzetno su važni u inspekcijskim postupcima. Inspekcije obično obavlja stručan tim pod vođstvom ili nadzorom inženjera. Svaki most je jedinstven, njegovo dispoziciono rešenje, oblik i izgled diktiraju fokus inspekcija.

Inspekcijskim pregledima kontroliše se stanje pojedinih delova objekta i opreme mosta, odnosno stanje objekta u celini i vrši poređenje ustanovljenog stanja sa zahtevima koje propisuje zakonska i tehnička regulativa koja važi u vreme pregleda, kako u pogledu bezbednosti saobraćaja, tako i u domenu nosivosti i upotrebljivosti mostovskih konstrukcija ili njihovih delova, kao i ispravnost i funkcionalnost opreme na mostu.

Pregledi mogu biti redovni i vanredni. Redovni pregledi obavljaju se u propisanim vremenskim razmacima, a vanredni po ukazanoj potrebi.

U našoj zemlji, prema odredbama Pravilnika 315 za održavanje donjeg stroja pruga železnica Srbije, redovni pregledi za mostove su: stalni nadzor (jednom godišnje), povremeni pregledi na nivou organizacione jedinice za održavanje (svake dve godine) i povremeni pregledi na nivou ŽTP-a (svake četiri godine).

Prema odredbama Pravilnika o tehničkim normativima za eksploataciju i redovno održavanje mostova za drumski saobraćaj [108], inspekcijski pregledi su klasifikovani kao: kontrolni (dva puta godišnje, pre i posle zimskog perioda), redovni (jednom u dve godine) i glavni (najmanje jednom u šest godina).

Kategorija inspekcija varira u zavisnosti od učestalosti pregleda [21], prema tabeli 2.1.

Tabela 2.1. Kategorije pregleda prema [21]

Tip pregleda	Interval	Napomena
Površni	Po potrebi	Površan pregled, nema standardnog izveštaja
Opšti	2 godine	Vizuelni pregled sa nivoa tla
Glavni	6 godina	Vizuelni pregled iz blizine, svi nedostaci se beleže
Specijalni (posebni)	Po potrebi	Detaljno testiranje određenog područja
Sastavni	Po završetku izgradnje	Nove konstrukcije
Početni glavni	Na kraju perioda održavanja	Nove konstrukcije
Podvodni	6 godina	Deo glavnog pregleda
Pretraživački	Kada je potreban	Specijalni pregled
Pregled boje	Kada je potreban	-

Novi napredak u oblasti inspekcija odnosi se na vizuelni pregled, koji je povezan sa 4D modelom posmatranog mosta i snimanje se vrši na prenosnom računaru, a vrste i obim oštećenja registruju se na 4D modelu, uz odgovarajući nivo detalja.

Mnoge zemlje u svetu razvile su i koriste svoje sisteme upravljanja mostovima. U nekim zemljama u upotrebi je više sistema upravljanja mostovima (SAD, Kanada, Australija, Poljska). Većina sistema upravljanja mostovima u SAD razvijena je 1991. godine.

Pojedine zemlje razvile su različite načine procene stanja mostovskih konstrukcija u okviru svojih sistema upravljanja mostovima i nastoje da odrede prioritete popravki unutar ograničenih raspoloživih budžeta. Naredni pregled postojećih sistema upravljanja mostovima, ima cilj da prikaže pojedine njihove jedinstvene karakteristike.

2.3. Globalni pregled postojećih sistema upravljanja mostovima u svetu

Upravljanje saobraćajnom infrastrukturom u nadležnosti je Ministarstva saobraćaja pojedinih zemalja, nacionalnih odeljenja (departmana) za transport ili državnih agencija.

Ukratko su navedene zajedničke globalne karakteristike nekih sistema upravljanja mostovima.

Ocene stanja mosta i druge informacije, prikupljaju se permanentnim nadgledanjem elemenata mostovskih konstrukcija. Na osnovu 3 ili 4 nivoa inspekcijskih pregleda (rutinski, generalni, detaljni, specijalni), određuje se stanje elemenata mosta. Uglavnom, rezultati generalnog i detaljnog pregleda za pojedine elemente i ceo most, čuvaju se u bazi podataka o mostovima. Informacije se ažuriraju prema tipu i performansama sistema upravljanja mostovima, dnevno, periodično, godišnje, svake 2 godine. Ocena stanja zasniva se uglavnom na rejting skali od 3 do 5 kategorija. Mnoge zemlje ne koriste podatke stanja u prošlosti i modele pogoršanja stanja za prognozu budućeg stanja. Kada su potrebni radovi održavanja, većina zemalja donosi odluke na osnovu inspekcija ili inženjerskog prosuđivanja. Mnoge zemlje ne koriste detaljne preporuke i opis potrebnog održavanja i popravki u nacionalnom sistemu upravljanja mostovima. Vreme, tip, koštanje i lokacija radova održavanja evidentiraju se u mnogim zemljama. U većini zemalja, odgovornost za prioritet mostova je na nacionalnom nivou. Svaka zemlja koristi različite kriterijume za određivanje prioriteta. Mnoge zemlje odlučuju koja je najbolja opcija održavanja inženjerskim prosuđivanjem.

Troškovi održavanja, popravki i u nekim slučajevima inspekcijski troškovi, koriste se u sistemu upravljanja mostovima. U mnogim zemljama ne obračunavaju se finansijske konsekvence prekida saobraćaja uzrokovanim radovima održavanja.

U procesu optimizacije, stanje mosta, raspoloživi budžet i druga ograničenja uobičajeno se primenjuju kao parametri i koriste da opišu performanse i ekonomske uslove mostova u procesu prioriteta. Većina zemalja ne kvantifikuje posledice sprovedena strategije održavanja ispod optimalne. U mnogim zemljama nema kontrole kvaliteta sistema upravljanja.

2.3.1. Amerika - USA

U proteklih pola veka, u SAD došlo je do smene kapitalnih ulaganja, sa izgradnje nove infrastrukture na održavanje i upravljanje već izgrađenom infrastrukturom. Procena nedostataka nacionalne infrastrukture dobila je veliki značaj tokom ovog perioda. Kako infrastruktura postaje starija, sve više resursa je potrebno da se ona održi na prihvatljivom nivou usluga. Budući da su sredstva namenjena za poslove održavanja i popravki ograničena, sada je, više nego ikad ranije, neophodna efikasna raspodela svih resursa.

Kao važan segment sistema infrastrukture, mostovi i njihovo upravljanje su u centru pažnje, jer nedostaci u mostovskim konstrukcijama mogu dovesti do neželjenih katastrofa. Nadležne agencije u SAD, od ovih incidenata izvukle su pouku i počele da sprovode opsežan i sveobuhvatni pristup upravljanju mostovskom infrastrukturom.

Projektovanje i proračun (dizajn), popravke i ojačanja mostova, sve su važne teme koje inženjeri koriste u nastojanju da detaljno analiziraju pogoršanja stanja infrastrukture u SAD. Oko 570 000 mostova je, prema kriterijumima nadležne savezne uprave za autoputeve FHWA, sa nekim nedostacima (manama) i kojima je potrebna rekonstrukcija ili zamena. Glavni faktori koji su dali doprinos sadašnjoj situaciji pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija su starost, neadekvatno održavanje, povećanje spektra opterećenja i kontaminacija životne sredine. Procenjeno koštanje zamene i rekonstrukcije mostova je oko 70 milijardi američkih dolara.

Sistem upravljanja mostovima u SAD vrši se u agencijama koje gazduju mostovima. To su obično državna odeljenja transporta, ministarstva saobraćaja, agencije okruga i metropole. Napore da se razvijaju efikasni alati za vođenje nacionalnog sistema upravljanja mostovima ohrabruju permanentna istraživanja u ovoj oblasti.

Neke države krenule su da razvijaju sopstvene alate za upravljanje mostovima, a mnoge su odlučile da implementiraju već dostupne sisteme upravljanja mostovima.

Istraživačkim projektom iniciranim od strane savezne uprave za auto puteve FHWA, 1989. godine razvijen je "PONTIS Bridge Management System" [22], koji je kasnije postao najpopularniji alat za upravljanje mostovima u SAD [7]. Sistem upravljanja mostovima BRIDGIT razvijen je kasnije, kroz kooperativne programe nacionalnih istraživanja autoputeva (*National Cooperative Highway Research Program - NCHRP*) [8], ali nije postao popularan kao PONTIS.

U Americi ne postoji zahtev da se koristi određeni sistem upravljanja mostovima i trenutno se u SAD koriste više sistema upravljanja mostovima, koje se mogu svrstati u tri osnovne grupe:

- **PONTIS** najviše se koristi u SAD i licenciran je za 44 države,

- **BRIDGIT** sistem upravljanja mostovima na nivou projekta u upotrebi je u državi Mejn, a koristi se i u državama Vašington i Luizijana.
- **Državni specifični sistemi** pet država razvija vlastite sisteme upravljanja mostovima: Alabama, Indijana, država Njujork, Severna Karolina i Pensilvanija.

Iako je većina država SAD realizovala neki sistem upravljanja mostovima, pretežno Pontis, ipak je nivo implementacije sistema prilično raznovrstan.

Nadgledanjem elemenata mostovskih konstrukcija, određuju se njihove ocene stanja.

NCHRP je predstavio subjektivne ocene koje sumiraju stanje elemenata mosta u četiri opšte kategorije: dobro, prihvatljivo, loše i kritično [23], što je prikazano u tabeli 2.2.

Tabela 2.2. Subjektivni rejting sistem [23]

Dobro	Elementi ili komponente su u stanju kao novi
Prihvatljivo	Elementi ili komponente imaju potrebu za manjim popravkama
Loše	Potrebna je velika popravka odmah, jer je stanje elemenata pogoršano ili su oštećeni u toj meri da utiču na konstrukcijski integritet
Kritično	Elementi ili komponente ne obavljaju funkciju za koju su namenjeni

Nacionalna inspekcija mostova (NBI) uključuje ocenu stanja kolovoza, gornjeg i donjeg stroja mostovskih konstrukcija, kao i propusta, te obuhvata sve osnovne stavke u bazi podataka koje određuju nedostatak i sam status mosta. Ocene stanja u NBI dodeljene su na skali od **0** (veoma oštećen) do **9** (bez oštećenja - odličan) u skladu sa specifikacijama kodnog vodiča [24]. Kratak pregled ovih smernica NBI rejtinga stanja mostovskih konstrukcija prikazan je u tabeli 2.3.

Tabela 2.3. Smernice NBI ocena stanja [24]

Kod	N	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Opis	Ne važi	Odlično stanje	Vrlo dobro stanje (nema primetnih problema)	Dobro stanje (neki manji problemi)	Zadovoljava (minorno pogoršanje strukturnih elemenata)	Strukturni element je ceo, sa manjim gubitkom delova	Loše stanje (napredovanje gubitka delova)	Teško stanje (gubitak delova)	Kritično stanje (napredno pogoršanje stanja strukture)	Nepo sredno pred rušenje	Stanje loma (most ne radi)

Ovakvo stanje rejtinga ukazuje na neodložni predstojeći gubitak integriteta mostovskih konstrukcija, ali daje malo informacija o vrsti i mestu mogućeg loma. U sistemu FHWA, pretpostavlja se da će mostovi biti upotrebljivi dok se rejting ne smanji na vrednost 3.

Prema klasifikaciji [25], numerički rejting "7, 8, ili 9" predstavlja "dobro" stanje, "5 ili 6" znači "prihvatljivo", "3 ili 4" predstavlja "loše" stanje, a "0, 1 ili 2" predstavlja "kritičan" uslov.

U nastojanju da se prevaziđu neki od nedostataka u NBI oceni stanja, FHWA i AASHTO razvili su "CoRe element" sistem ocene stanja, koji se sastoji od 108 standardizovanih elemenata. Svaki most sadrži u proseku oko 10 elemenata.

Osnovni elementi implementirani su u softveru (Pontis), sa pet nivoa stanja: zaštićen, izložen, napadnut, oštećen i slomljen, pri čemu svaki uslov stanja odgovara procentu oštećenog područja.

Savezna uprava za auto puteve FHWA sve nedostatke svrstava u dve kategorije:

- Konstruktivski nedostatak - ukazuje na loše stanje i dotrajalost konstruktivskih elemenata,
- Funkcionalna zastarelost - ukazuje na dizajn ili uobličenos, koja nije više adekvatna za funkcionisanje saobraćaja.

Tipična metoda kojom se identifikuju kandidati - mostovi, za tretman u sistemu upravljanja mostovima je na osnovu konstruktivskih nedostataka i dovoljnog rejtinga, u kombinaciji sa inženjerskim prosuđivanjem.

Dovoljan rejting konstrukcije u vezi je sa statusom uočenih nedostataka, koji određuju da li mostovska konstrukcija ima samo pravo na rekonstrukciju ili pravo i za rekonstrukciju i zamenu. Granične vrednosti dovoljnog konstruktivskog rejtinga date su u tabeli 2.4.

Tabela 2.4. HBP podobnost finansiranja za NBI mostove

Klasifikacija mosta	Dovoljan rejting	Podoban za HBP fondove
Nema nedostataka	81-100	Ne ispunjava uslove
Neadekvatan (Konstruktivski nedostaci i funkcionalna zastarelost)	50-80	Prihvatljiv za rekonstrukciju
	0-49	Pravo na zamenu ili rekonstrukciju

Rejting mostovske konstrukcije ima vrednost između 0 i 100, pri čemu "100" predstavlja potpuno valjan most, a "0" predstavlja most koji je potpuno oštećen i nije za korišćenje.[24].

U SAD prevladavaju dva vida inspekcija i procene stanja mostova, obavezni NBI i opciono inspekcija stanja elementa sistema upravljanja mostovima (*BMS element condition inspections*), koji se oslanjaju na različite metodologije i rejtinge sistema. AASHTO pododbor za mostove i konstrukcije, odobrio je 2010. godine novo uputstvo za preglede mostova na nivou elementa [26] (*AASHTO Bridge Element Inspection Manual*), koje zamenjuje vodič za pregled "CoRe" konstruktivskih elemenata (*AASHTO Guide to Commonly Recognized Structural Elements*). Novo uputstvo klasifikuje dva različita skupa elemenata mosta: elementi nacionalnih mostova (*National Bridge Elements - NBE*) i elementi sistema upravljanja (*Bridge Management Elements - BME*). Namera uvođenja NBE je da zameni NBI i time obezbedi detaljniju i objektivniju procenu stanja mostova u Americi. Budući prelazak sa NBI ocene stanja na NBE, neće biti bez problema. Međutim, ovaj prelaz na državnom i saveznom nivou od ključnog je značaja za krajnji uspeh i održivost modernog sistema upravljanja mostovima u SAD.

Od ranih 1990-tih, u Pontisu je ugrađen modul prevodioca (*Translator BMSe NBI*)¹⁰ koji mapira podatke stanja na nivou elementa i prevodi u NBI ocene stanja. Ovo je urađeno za države koje već imaju "BMS element" preglede stanja, čime eliminišu potrebu prikupljanja NBI ocena stanja inspeksijskim pregledima. Državama je data mogućnost da prevedeno NBI stanje rejtinga prijave nadležnoj saveznoj upravi za auto puteve (FHWA). Međutim, zbog prisutnih skepticizma tačnosti algoritma [27], većina federalnih članica (29 država), nastavlja da prikuplja obe vrste podataka prilikom procena stanja mostovskih konstrukcija. Naime, algoritam NBI prevodilaca je često kritikovan da daje procenu nižeg rejtinga, nego što je NBI rejting na terenu, naročito pri vrhu skale ocena stanja mostova [28]. Uglavnom NBI ocene stanja su najčešći kriterijumi koji se koriste od strane država pri izradi programa za mostove. Status nedostataka i dovoljan rejting, koji su određeni uglavnom na osnovu podataka NBI ocena stanja, najuticajni su za raspoređivanje sredstava iz NBI fondova. Skepticizam tačnosti prevoda¹¹ između dva stanja sistema, sugeriše zabrinutost tačnosti investicionih projekcija. Zbog toga je u planu, da sve nacionalne investicione projekcije potreba i mera performansi mostova, budu zasnovane na rezultatima simulacija iz NBE (*National Bridge Elements*) podataka o stanju mostovskih konstrukcija. Nove mere performansi, na bazi NBE, takođe imaju i potencijal da unaprede HBP model raspodele investicija.

Izveštaji o stanju mostova u nacionalnoj mreži autoputeva, pripremljeni od strane nadležne savezne uprave za autoputeve (FHWA) podnose se američkom Kongresu svake dve godine. Oni su informativni, ali ne i obavezujući dokumenti. Ipak, izveštaji o stanju i performansama mostova u SAD imaju važnu misiju, jer su deo kriterijuma koji obezbeđuju američkom Kongresu da racionalno upravlja raspodelom raspoloživih resursa.

Unapređenje sprovođenja primene sistema upravljanja mostovima za podršku donošenju odluka na nacionalnom nivou ima mnogo izazova. Pristup "modeliranje koje je u skladu sa očekivanjima država" i koji je verifikovan podacima i iskustvom, tek treba da bude postignut. Trenutni modeli su složeni i zahtevaju kontinuirano ažuriranje da bi se potvrdile pretpostavke i ulazni modeli. Pojednostavljeni alati i metodologije na mrežnom nivou, potrebni su da sumiraju raspoložive podatke u objektivne informacije koje usmeravaju odluke u procesu upravljanja mostovima. Dalja permanentna istraživanja neophodna su kako na tehničkom i institucionalnom aspektu, tako i u sferi menadžmenta.

¹⁰ NBI prevodilac razvijen je na Kolorado univerzitetu u *Boulderu*, u saradnji sa odeljenjem za saobraćaj (DOT) Kolorada. Podaci o stanju elemenata i NBI rejting 35 000 mostova korišćeni su za kalibraciju prevodioca.

¹¹ Na osnovu NBI podataka iz država *Viskonsin* i *Merilend*, razvijeni su modeli neuronskih mreža i urađena studija pokazala je da modeli neuronskih mreža imaju veću mogućnost procene od NBI prevodioca [29].

2.3.1.1. Sistem upravljanja mostovima PONTIS

PONTIS (latinski naziv za most), nastao je pod pokroviteljstvom FHWA [22, 30].

Prva kompletna komercijalna softverska verzija izašla je 1992. godine.

PONTIS se sastoji od pet modula: modul baze podataka, modul ocene stanja i izvodljivih akcija, modul za predviđanje, modul troškova i modul mrežne optimizacije [31].

Modul baze podataka sadrži sve mostove u mreži, a svaki most je podeljen na sastavne elemente.

Modul pogoršanja stanja elemenata mosta, predviđa buduće stanje mosta korišćenjem pristupa Markovljevihi lanaca verovatnoća prelaza [31].

Modul troškova procenjuje troškove popravki i korisničke troškove.

Generalno, PONTIS koriste inženjeri održavanja mostova (za preglede - inspekcije, u službi analiza, kreiranja projektovanja i proračuna), planeri (dugoročno planiranje, planiranje koridora, itd) i donosioci odluka na višem nivou (budžet i predviđanje).

Osnovni pristup modeliranja u sistemu upravljanja mostovima PONTIS je ekonomska analiza i principi operacionih istraživanja. PONTIS obrađuje odluke očuvanja i zaštite mostovskih konstrukcija odvojeno od odluka poboljšanja. Glavni elementi za zaštitu i očuvanje mostova u programu Pontis su: modeliranje na nivou elementa, podaci o stanju elemenata mostovskih konstrukcija, modeli troškova, kao i modeli pogoršanja stanja. U Pontisu, mostovi su zastupljeni kao skup konstrukcijskih elemenata baziranih na najčešće prepoznate AASHO elemente (*Commonly Recognized - [CoRe] elements*). Za svaki element definisan je niz mogućih stanja (do pet, gde prvi predstavlja element u savršenom stanju, a poslednji predstavlja najgori element). Svakom stanju dodeljen je niz izvodljivih radnji (kao što je ne preduzimati ništa, farbanje, sanacija, rekonstrukcija ili zamena).

Pontis modeli odvajaju funkcionalna unapređenja (proširenje, povećanje kapaciteta, ojačanje i zamena) od aktivnosti očuvanja i zaštite mostovskih konstrukcija. Modeli troškova zaštite i očuvanja razvijeni su dodeljivanjem troškova za svako moguće delovanje svakog elementa, zajedno sa troškovima otkaza svakog elementa. Troškovi se obično dodeljuju kroz stručnu procenu. Modeli pogoršanja stanja bazirani su na Markovljevoj verovatnoći prelaza. Dinamički modeli optimizacije koriste se za identifikaciju optimalne politike zaštite mostovskih konstrukcija, koja minimizira ukupne troškove životnog ciklusa, uzimajući u obzir i troškove iz modela pogoršanja stanja. Modeli unapređenja poseduju ulaze i formule na nivou mosta (na primer troškovi povećanja kapaciteta, dobit korisnika u slučaju zamene mosta).

Indeks "zdravstvenog stanja" (*Health Index* - HI), trenutno je najviše potvrđena mera performansi na osnovu trenutnih ocena stanja elemenata u sistemu upravljanja mostovima i odražava raspodelu stanja za različite elemente u mostovskim konstrukcijama [31].

Naime, HI indeks ima vrednost od 0 do 100, a odražava ponderisanu distribuciju stanja elemenata sistema upravljanja mostovima, sa težinama određenim ekspertskim prosuđivanjem ili troškovima otkaza elementa. Vrednosti HI, obično se akumuliraju pri vrhu opsega 0 - 100, te stoga relativne HI vrednosti ne prenose uvek jasnu predstavu o relativnim performansama mostovskih konstrukcija. U Pontisu globalno stanje mostovskih konstrukcija predviđa se korišćenjem ovog indikatora "zdravstvenog stanja" za merenje performansi mosta.

Buduće "zdravstveno stanje" inventara mostova, može se predvideti na osnovu veličine budžeta. Postupak za određivanje prioriteta, razvija politiku minimalnih troškova, u okvirima ograničenih budžeta, da bi se sprečio lom elemenata mosta.

Tipičan metod za identifikaciju potencijalnih kandidata mostova za intervenciju je na osnovu konstrukcijskih nedostataka, kao i da rejting bude dovoljan u kombinaciji sa inženjerskim prosuđivanjem.

U Pontisu, određivanje prioriteta mostova vrši se za dve vrste strategija popravki. Prva je održavanje, popravka i rekonstrukcija (*maintenance, repair and rehabilitation* - MR&R) koja poboljšava stanje i unapređuje mostovske konstrukcije. Druga je unapređivanje aktivnosti koje poboljšavaju nivo upotrebe mosta. Modeli se lako mogu prilagoditi da uzmu u obzir minimalne uslove ili prag indeksa "zdravstvenog stanja" (HI).

Optimizacija je bazirana na mrežnom nivou, koristeći minimalne očekivane troškove životnog ciklusa pri beskonačnom horizontu planiranja. Korist se izračunava kao ušteda troškova agencija u izvršavanju aktivnosti, u poređenju sa odlaganjem aktivnosti za jednu godinu. Optimalna politika primenjena na jednom mostu, beleži se i čuva za određivanje optimalne strategije održavanja za svaki most. Najbolja opcija za održavanje je opcija minimalnog koštanja za svaki element; najbolja opcija na nivou mosta zavisna je od troškova i koristi (*cost - benefit*).

Svi projekti mostova rangirani su po svojim odnosima koristi i koštanja, a sprovode se i izvršavaju oni projekti mostova koji su iznad budžetskog ograničenja. Za ostatak liste, ponovo će biti analiziran prioritet u narednom fiskalnom periodu. Ovaj postupak ponavlja se kroz potreban analizirani vremenski period.

Državama je data mogućnost da odluče kako da koriste ekonomske metode, kao što su analiza dobiti i troškova (*benefit - cost analysis*) ili analiza troškova životnog ciklusa (*life-cycle cost analysis* - LCCA).

Iako je LCCA odavno poznata kao tehnika za pomoć agencijama pri donošenju odluka na nivou projekta, u SAD ne postoji konsenzus o metodologiji ili parametrima troškova. Ovi parametri mogu uključivati troškove agencija, korisnika, troškove bezbednosti i analitičari moraju imati pouzdane procene svih ovih troškova, kao i procene verovatnoće da će ti troškovi stvarno nastati. Zbog toga je primena tehnika ekonomske analize, kao što su LCCA ili analiza troškova životnog ciklusa dosta ograničena.

PONTIS generiše veliki broj grafičkih i tabelarnih izveštaja i može se prilagoditi preko bilo kog SQL softvera. Pontis koristi relacionu bazu podataka i Sybase SQL, kao i drajvere za ORACLE i MS Access. Baza podataka je ODBC kompatibilna i pokreće se pod MS-Windows operativnim sistemom.

Svi podaci transformišu se u koncizne i relevantne, prikladne za ulaze u različite procese donošenja odluka i izveštavanja. Efektivna komunikacija sa zainteresovanim stranama, kao što su kreatori politike, planeri, finansijeri i javnost, vodi ka donošenju optimalnih i racionalnih odluka, što je takođe od suštinskog značaja za odgovornost programa sistema upravljanja mostovima.

Neke države koje su vrlo iskusni Pontis korisnici i koriste ovaj alat za razvoj svojih programa upravljanja mostovima, otkrile su problem u programskim rezultatima za dugoročno planiranje. Kada se simulacije obavljaju na duži period, stanje mostova na nivou mreže konvergira na niži nivo stanja od onoga što agencije imaju u praksi [32, 33]. Dakle, kada je donošenje odluka samo na osnovu minimiziranja troškova, agencije ne mogu postići željeno buduće stanje mostova na nivou mreže. Ovim fenomenom se bave V. Patidar, S. Labi i dr. u studiji NCHRP projekta "Multi-Objective Optimization for Bridge Management Systems" [34]. Taj novi pristup zasniva se na multi - objektivnoj optimizaciji i razmatra više kriterijuma performansi, zastupljenih funkcijama korisnosti. Ova nova metodologija koristi se u novoj verziji programskog paketa Pontis.

Međutim, prema istraživanjima navedenih autora, Pontis ima i neke nedostatke. Modul utvrđivanja prioriteta na nivou mreže razlikuje dva seta postupaka u okviru iste klase: glavni, projekti rekonstrukcije i zamene i drugi, unapređenje projekta. Projekti rekonstrukcije i zamene treba da budu analizirani u sprezi sa projektima poboljšanja, jer oba imaju isti efekat na mreži mostova, uz poštovanje troškova upravljača - agencije i troškova korisnika. Razdvajanje dva seta postupaka dovodi do ignorisanja troškova korisnika [35].

Metoda rangiranja mostova po svojim odnosima koristi i koštanja, ne osigurava da se sredstva koriste na najbolji način [20].

2.3.1.2. Sistem upravljanja mostovima BRIDGIT

Sistem upravljanja mostovima BRIDGIT, razvijen je 1985. godine od strane NCHRP i nacionalne inženjerske tehnološke korporacije [36].

Vrlo je sličan Pontisu u smislu modeliranja i mogućnosti.

Kako je opisano u NCHRP 300 izveštaju "*Bridge Management Systems*" [37], ciljevi odluka na svim nivoima sistema upravljanja mostovima su da se izaberu optimalna rešenja iz niza isplativih alternativa, za svaku akciju koja je potrebna za postizanje željenih nivoa usluga, a u okviru fonda izdvojenih sredstava. Glavne funkcije BRIDGIT-a su da obezbedi pružanje podrške za investicije u saobraćajnoj mreži i da omogući planiranje i programiranje akcija na nivou projekta. Sistem održava sveobuhvatan model podataka procene stanja mostova (uključujući funkcionalne nedostatke), određujući politiku za optimizaciju sredstava na mrežnom nivou, preporučuje aktivnosti na nivou projekata i daje prioritete održavanja i popravki.

Baza podataka je FoxPro/visual FoxPro. Korisnici baze podataka BRIDGIT-a su inženjeri koji održavaju mostove.

Sistem pruža smernice za optimalnu raspodelu resursa s obzirom na ograničen i/ili neograničen budžet. Informacije se koriste za upravljanje na nivou individualnih mostovskih konstrukcija i na mrežnom nivou za grupu mostova, uz optimizaciju performansi mreže.

Oblast nacionalnog inventara mostova NBI i modeli elemenata, takođe su uključeni u sistem upravljanja mostovima, ali detaljniji pregledi elemenata mosta rade se da zamene NBI rejting pregleda stanja, koji je suviše uopšten. Podaci pregleda ažuriraju se svake dve godine. Potrebni pregledi u slučaju kritične situacije mogućeg loma, podvodni pregledi i ostali specijalni pregledi, rade se periodično na svim konstrukcijama koje su podložne napadima agresivnih uticaja, u vremenskom razmaku između 6 i 48 meseci, u skladu sa specifičnim uslovima na terenu. Tehnike vizuelnog pregleda, koriste se za sistem rejtinga na skali od 3 do 5 kategorija. Sve informacije prikupljene tokom vremena čuvaju se u sistemu. Takođe, BRIDGIT preporučuje konkretne aktivnosti za svaki most, u skladu sa ukupnom strategijom na mrežnom nivou, uzimajući u obzir troškove i koristi mnogih mogućih akcija.

Sistem upravljanja mostovima beleži podatke, tip i koštanje radova koji se obavljaju na mostu i na samom elementu mosta. Uvek se snimaju i evidentiraju stanja mosta pre i posle radova održavanja na njima.

Za predviđanje budućeg stanja, BRIDGIT koristi Markovljeve modele pogoršanja stanja (dotrajavanja), gde buduće stanje zavisi od matrice prelaznih verovatnoća formirane

koristeći optimalnu strategiju. Modeli stvarnog (aktuelnog) stanja koriste se za ažuriranje verovatnoće promene stanja u budućnosti i predviđanje budućeg kapaciteta nosivosti baziranog na najgorem stanju elementa superstrukture mosta.

Podaci o nosivosti mostovskih konstrukcija, koriste se za određivanje troškova korisnika i identifikaciju zastarelih mostova. Predviđanje pogoršanja nosivosti mosta tokom vremena određuje se na osnovu jednačine (1) [8]:

$$LC(t) = LC(t_0) \times (t - t_0 - YLC) \times \frac{RED(e)}{100} \times NEWLC \quad (1)$$

gde je:

- $LC(t)$ - nosivost mosta u godini (t),
- $LC(t_0)$ - nosivost mosta u baznoj godini (t_0),
- YLC - godine za koje element mosta dostiže pola od granične vrednosti definisane za nedopustivo stanje,
- $RED(e)$ - procenat smanjena nosivosti po godini, za element e ,
- $NEWLC$ - proračunska nosivost ili nosivost novog mosta.

BRIDGIT uzima podatke direktnih i indirektnih troškova radova održavanja i popravki. To uključuje finansijske troškove prekida saobraćaja i troškove korisnika zbog nezgoda i udesa, povećanja vremena putovanja i povećanja putne razdaljine zbog korišćenja zaobilaznica. Ovi troškovi se procenjuju za svaki most. BRIDGIT ne uzima troškove pregleda (inspekcija) mostovskih konstrukcija.

Aktivnosti na nivou mosta razvijaju se kroz minimiziranje očekivanih troškova životnog ciklusa za horizont planiranja od 20 godina. Optimalni redosled radnji i optimalno vreme reagovanja (preduzimanja radnji), razmatraju se i uzimaju u obzir u analizama.

Korist se izračunava kao ušteda troškova korisnika.

Određivanje prioriteta i planiranje projekata vrši se pomoću dodatnih analiza troškova i koristi. Ova procedura sposobna je da razvije strategiju minimalnih troškova s obzirom na budžet. Štaviše, distribucija stanja može se generisati da ispita i kvantifikuje efekte stanja nakon praćenja "pod optimalne" politike upravljanja mostovskim konstrukcijama.

Softver koji BRIDGIT koristi za baze podataka je SQL, ORACLE i ACCESS.

Prednost BRIDGIT-a je njegova sposobnost da definiše i razlikuje konkretne specifične sisteme očuvanja i zaštite za sve elemente mostova, prilikom određivanja mogućih opcija i strategija. Međutim, nedostaci BRIDGIT-a su slični kao i kod PONTIS-a, jer koriste gotovo iste pristupe za određivanje prioriteta.

2.3.1.3. Alabama sistem upravljanja mostovima - ABIMS

Sistem upravljanja mostovima u Alabami uveden je 1994. godine i u vlasništvu je ministarstva za saobraćaj države Alabama [38]. Baza podataka sistema sadrži 9728 mostova, 6112 propusta i 2 tunela [18]. Sistem ima uputstvo za inspekcijske preglede mostova i korisničko uputstvo (*ABIMS User Manual*).

Podaci o konstrukcijama, inspekcijski izveštaji, kao i detalji radova održavanja (planirano, završeno), nalaze se u bazi podataka ili su dostupni putem odgovarajućih linkova. Podaci istorije intervencija, planovi, fotografije i drugi podaci potrebni za održavanje, prikupljaju se i čuvaju za svaku mostovsku konstrukciju. Detaljnim vizuelnim pregledom elemenata mosta, ustanovljavaju se oštećenja i nedostaci mostovskih konstrukcija i daje ocena stanja konstrukcijskih elemenata od 1 do 9. Zahtevi bezbednosti bazirani su na oceni stanja, a preporuke za intervencijama daju se za ocene stanja 4 i manje. Procene na nivou konstrukcije bazirane su na osnovu stanja elemenata mosta. Nosivost mostovskih konstrukcija određuje se konstrukcijskim analizama. Standardne intervencije na održavanju mostovskih konstrukcija predefinisane su u sistemu, dok ostale intervencije mogu biti definisane od strane korisnika, ali nisu unete u sistem. Informacije o troškovima inspekcija i izvršenim intervencijama čuvaju se za svaku mostovsku konstrukciju. Nema standardnih predefinisanih strategija intervencija na nivou projekta. Troškovi se procenjuju po aktivnostima i čuvaju za svaku konstrukciju.

Troškovi kašnjenja saobraćaja, indirektni korisnički troškovi i troškovi životnog ciklusa ne obračunavaju se u ovom sistemu. Nema procenu pogoršanja stanja, a potrebne popravke su unete u sistem za svaku mostovsku konstrukciju. Planiranje održavanja je na godišnjem nivou, a planirane zamene mostovskih konstrukcija su na petogodišnjem nivou. Informacije se koriste za pripremu budžeta i planiranje projekata, ali ne za podešavanje performansi i uklapanje raspoloživih izvora finansiranja.

Obuke inspektora redovno se sprovode (*NHI* i *ALDOT* kursevi). Sertifikat inspektora uključuje završeni kurs i moraju da pohađaju obuku svake 2 godine.

2.3.1.4. Indiana sistem upravljanja mostovima - IBMS

Istraživanja u oblasti upravljanja putevima i mostovima u državi Indiana vršena su na univerzitetu Purdue (*Purdue University*) [39]. Rezultat tih istraživanja je sistem upravljanja mostovima pod nazivom IBMS (*Indiana Bridge Management System*). Procedure za selekciju projekata održavanja u sistemu IBMS obezbeđuju se na bazi kombinovane analize i metoda za rangiranje i optimizaciju. Određivanje najekonomičnije alternative na nivou mosta bazirano je

na analizi troškova životnog ciklusa. To je početni korak, iza koga sledi rangiranje i određivanje prioriteta, kao i optimizacija na mrežnom nivou, kada se analizira nekoliko mogućih "scenarija" i traži optimalno rešenje sa stanovišta ograničenih fondova.

2.3.1.5. New York sistem upravljanja mostovima

Razvoj sistema upravljanja mostovima u Njujorku je sličan kao i u ostalim državama SAD. Njujork je razvio sopstveni sistem upravljanja mostovima sa svojom metodologijom ocenjivanja [40]. Broj mostova kojima upravlja je oko 10000. Baza podataka o mostovima koju koristi sistem upravljanja mostovima Njujork, sastoji se od popisa mostova i ocene stanja mostovskog inventara. Inspekcije se planiraju.

Na početku, upotreba modula optimizacije strategija bila je ograničena i najčešće se primenjivala neka vrsta "trijaže". Zbog nedostatka sredstava za finansiranje svih potrebnih aktivnosti za očuvanje i zaštitu mostova, konceptom "trijaže" mostovske konstrukcije su podeljene u tri kategorije stanja: I - loše, da se ostave za rekonstrukciju; II - dobro, da ostanu dok se ne pogorša stanje i III - sa prihvatljivim oštećenjima, da se održavaju koliko raspoloživa sredstva i budžet dozvoljavaju.

Poboljšanjem sistema, uvedene su tri nove opšte kategorije: redovno održavanje, rekonstrukcija pojedinih komponenti mostovskih konstrukcija i potpuna rekonstrukcija.

Kategorija rutinskog održavanja, predmet je dalje optimizacije. Ukupni rejting stanja mostovskih konstrukcija određuje se ocenama: 5 - dobro stanje, 3 - ne funkcionišu onako kako su projektovane i ocena stanja 1 - slom (konstrukcija je pala). Međustanja su data parnim brojevima. Stanje i izveštaji potencijalno opasnih stanja, određuju planiranje održavanja mosta, sanacije i rekonstrukcije. Sadašnji rejting stanja mosta, prvenstveno je osmišljen da procenjuje potrebe za rekonstrukcijom mosta, u trenutku kada su te potrebe dominantne. Ocene stanja dobijene su nadgledanjem mostovskih konstrukcija i kvantifikovane obimom i količinom oštećenja. Pokušaji da se inspekcijski izveštaji redovnih pregleda mostovskih konstrukcija, koriste za utvrđivanje obima potrebnih rekonstrukcija, ukazali su na neophodnost dodatnih detaljnih inspekcijskih pregleda za takve svrhe.

Svi mostovski elementi, u svim rasponima, pregledaju se najmanje jednom, svake dve godine i zatečeno stanje se ocenjuje numerički, prema sledećoj klasifikaciji: 7 - nova konstrukcija, 5 - funkcioniše dobro, 3 - ne funkcioniše kako je zamišljeno, a 1 - oštećen.

Parni brojevi 6, 4 i 2 označavaju međurezultate stanja. Trinaest elemenata mosta se koriste u ovom sistemu i svakom je dodeljena relativna težina kako je navedeno u tabeli 2.5.

Tabela 2.5. Elementi i relativne težine u NY sistemu rejtinga [40]

№	Komponenta	Težina
1	Ležišta	6
2	Nazidak	5
3	Krajnji stubovi	8
4	Krilni zidovi	5
5	Srednji stubovi	8
6	Primarni nosači	10
7	Sekundarni nosači	5
8	Ploča	8
9	Ivičnjaci	1
10	Noseće površine	4
11	Naglavne grede	6
12	Pešačke staze	2
13	Spojevi (zglobovi i dilatacije)	4

Terenska zapažanja o nekim od ovih elemenata prikazana su u tabeli 2.6.

Tabela 2.6. Terenska zapažanja u New York rejting sistemu upravljanja mostovima [40]

Primarni nosači	Čelik i beton pogoršavaju svoje stanje skoro konstantnom brzinom, od ocene 7 (nov) do ocene 1 za približno 30 godina.
Kolovozna ploča	Kolovozne ploče imaju vek trajanja oko 40 godina, ako su bez zglobova i 30 godina sa zglobovima.
Naglavne grede, ležišta, stubovi, pešačke staze	Ocene stanja se spuštaju od 7 do 4 (3 za ležišta), za manje od 5 godina. Nakon toga, svojstva opadaju sporije i stepen 1 nastupa posle 30 godina.
Dilatacije	Spojevi počinju da propadaju posle 10 godina, iako iskustvo pokazuje još gore karakteristike na terenu.

Ocena opšteg stanja mosta (*Bridge Condition rating BCR*) sračunava se iz stanja rejtinga elementa prema formuli (2) [40]:

$$BCR = \frac{\sum (CR \times W)}{\sum W} \quad (2)$$

gde je:

CR - rejting komponentnog elementa (*Component rating*)

W - relativna težina elementa (*Weight*)

Njujork je prihvatio preporuku [41] da finansira strategije "puno održavanje" za mostove u dobrom stanju i "smanjeno + po potrebi" održavanje za mostove koji čekaju rekonstrukciju. Neposredni zadatak strategije "punog" održavanja je da produži eksploatacioni vek najosetljivijih elemenata mostovskih konstrukcija.

Sistem uzima u obzir alternativne strategije održavanja i koristi modul za generisanje optimalne strategije održavanja i popravki (minimalno koštanje), uz određena ograničenja kao što je najniži prihvatljivi nivo stanja mosta.

Kada budžet nije dovoljan za održavanje, sistem određuje strategije prioriteta održavanja grupe mostova i daje adekvatno održavanje, koje je jedini način za uspešno poboljšanje opšteg stanja velikog broja mostova u mreži. Takođe, izračunava ekonomske posledice ne obavljanja optimalne strategije održavanja. Ima dugoročno planiranje budžeta i nudi potreban fond novčanih sredstva za održavanje.

Sistem ima modul za predviđanje pogoršanja stanja. Za prognozu koristi podatke stanja u prošlosti i pogoršanja svojstava materijala sa vremenom.

Sistem registruje detaljne informacije o troškovima za svaki zahvat (akciju) i ima bezbedonosne procene.

2.3.1.6. Pensilvanija sistem upravljanja mostovima

Ministarstvo saobraćaja Pensilvanije (*The Pennsylvania Department of Transportation*) nadležno je za upravljanje putnom mrežom i mostovima u Pensilvaniji. Potreba za sprovođenjem sistematske i dobro organizovane politike u oblasti upravljanja mostovima, inicirala je obimna istraživanja u ovoj oblasti, a formiranjem specijalne namenske grupe stručnjaka (*Bridge Management Task Group*), stvoreni su uslovi za razvijanje pogodnog sistema upravljanja mostovima. Sistem je primer naprednog i visoko integrisanog sistema za upravljanje podacima i u sastavu je sistema za upravljanje putevima (*Roadway Management Information System*) [39]. Sistem se koristi od 1987. godine.

U okviru sistema detaljno su razvijeni podsistemi (moduli) za:

- održavanje (*Subsystem for Maintenance - BMTS*),
- ojačanje/zamenu (*Subsystem for Rehabilitation/Replacement - BRRS*).

Moduli za podršku pri odlučivanju za ova dva nivoa predstavljaju dobru osnovu za lako korišćenje pri donošenju adekvatnih odluka. Na svaki zahtev, a minimum jednim godišnje, specifične procedure sistema obezbeđuju:

- izveštaje sa preporukama o vrsti i obimu aktivnosti koje su neophodne da svi mostovi u sklopu analizirane putne mreže ispune svoju nosivost i funkcionalnost na najekonomičniji način, uz različite nivoe nadgledanja i održavanja i različite modele popravki ili zamene,

- procenu sadašnjih i budućih potreba sa odgovarajućom analizom troškova za najmanje dve strategije aktivnosti, uključujući "minimalno prihvatljivu" mogućnost i "poželjnu" mogućnost izvršenja aktivnosti,
- prioritete u redosledu potrebnih aktivnosti, bazirane na funkcionalnim i konstrukcijskim zahtevima, kako na regionalnom nivou, tako i na nivou celokupne putne mreže,
- potrebne analize za određivanje prioriteta u regionalnoj raspodeli budžeta, a na osnovu liste rangiranih objekata.

Banka podataka za potrebe sistema upravljanja mostovima, sadrži prošireni modul banke podataka inventara (*Structure Inventory Records System - SIRS*) koji je integrisan sa drugim segmentima banke podataka i inventarskim modulom sa cenama mostovskih konstrukcija (na bazi cene kvadrata osnove mosta), koje se konstantno ažuriraju.

Podsistem za održavanje (BMTS) sadrži 76 definisanih različitih aktivnosti koje je moguće sprovesti, sa svojim jediničnim cenama, kvantifikacijom i prioritetima za svaku pojedinu aktivnost. Parametri u proceduri za dodelu prioriteta su: rang aktivnosti, urgentnost, značaj mosta (kritičnost) i adekvatnost mosta. One aktivnosti koje najdirektnije, trenutno i pozitivno utiču na održanje kontinuiteta sigurnosti, funkcionalnosti i konstrukcijske adekvatnosti mosta, dobijaju prioritet za izvršenje. Aktivnosti su klasifikovane u 5 kategorija (od A do E), prema njihovoj generalizovanoj važnosti za stabilnost mosta.

Ozbiljnost nekog oštećenja utiče na povećanje ranga i prioriteta popravki. Faktor urgentnosti za svaku potrebnu aktivnost održavanja, mera je ozbiljnosti oštećenja i na osnovu inženjerskog prosuđivanja određuje se urgentnost svake od aktivnosti.

Prioritet se ocenjuje u rasponu od 0 - 5. Ocena 0 dodeljuje se mostu sa oštećenjima kritičnim po sigurnost i zahteva urgentno delovanje, a ocena 5 podrazumeva rutinske aktivnosti održavanja, koje mogu biti odložene.

Značaj mosta i uticaj njegovog privremenog ili trajnog zatvaranja za saobraćaj, realno je određen samom hijerarhijom u okviru putne mreže. Adekvatnost mosta određuju njegovi najniže vrednovani konstrukcijski elementi na osnovu stanja u kome se nalaze i nosivosti mosta. Maksimalna ocena je 100, a prioritet za održavanje imaju mostovi sa većim rejtingom. Prilikom rangiranja najveću "specifičnu težinu" imaju aktivnosti koje utiču na sigurnost mostovskih konstrukcija i urgentnost primene.

Koristeći ostale module i procedure u okviru sistema, sa procenom na bazi stepena oštećenja za svaki most, formiraju se liste prioriteta za pojedinačne željene parametre.

Određivanje prioriteta za ojačanje ili zamenu mostovskih konstrukcija, bazira se na proceni stepena njegovog nedostatka u odnosu na potrebe korisnika. Tri osnovna faktora utiču na to:

- nivo upotrebe, koji obuhvata analizu parametara nosivosti, korisne širine kolovoza, kao i dozvoljene visine saobraćaja na mostu i ispod mosta;
- stanje mosta, što podrazumeva procenu stanja kolovozne konstrukcije, gornjeg i donjeg stroja mosta i
- preostale relevantne pojave, kao što su:
 - preostali vek trajanja (RLD - *remaining life deficiency*),
 - pristup i regulisanje saobraćaja na nekom putnom pravcu (AAD - *aproach roadway alignment*) i
 - adekvatnost mosta po pitanju plovnih potreba na vodenim putevima (WAD - *waterway adequacy deficiency*).

Ukupni nedostatak predstavlja sumu navedenih parametara, (tj. njihovu kombinaciju), koja se koriguje faktorom, zavisno od klasifikacije i značaja puta na kome se most nalazi, prema jednačini (3) [39].

$$TRD = f \times (LCD + WD + VCOD + VCUD + BCD + RLD + AAD + WAD) \quad (3)$$

gde je:

TDR - ukupni nedostatak mosta,

f - faktor koji određuje značaj puta,

LCD - nedostatak nosivosti (*load capacity deficiency*),

WD - nedostatak korisne širine kolovoza (*clear deck deficiency*),

VCOD - nedostatak slobodne visine na mostu (*over clearence deficiency*),

VCUD - nedostatak slobodne visine ispod mosta (*under clearence deficiency*),

BCD = SPD+SBD+BDD - nedostaci gornjeg i donjeg stroja mosta i kolovozne konstrukcije mosta.

Procena stanja direktno je povezana sa skalom rejtinga pojedinih konstrukcijskih elemenata koja se nalazi u okviru banke podataka SIRS.

Nakon utvrđivanja ukupnih nedostataka za sve mostove u mreži, analiziraju se pojedine strategije uz uzimanje u obzir cene popravki i zamene mosta, kao i eventualne promene u rejtingu posle izvršenih nekih popravki. Potrebne aktivnosti moguće je preduzeti nakon određivanja konačne liste mostova sa dodeljenim prioritetima, a u cilju uspostavljanja i efikasnog funkcionisanja organizovanog sistema upravljanja mostovima.

2.3.1.7. Sistem upravljanja mostovima Severne Karoline

Sistem upravljanja mostovima razvijen u Severnoj Karolini, jedan je od prvih integrisanih modela, koji polazi od nivoa usluge i potreba da most bude siguran, funkcionalan i koristan. Ostvarenje definisanih kriterijuma proverava se prema parametrima nosivosti, širine kolovoza na mostu i slobodne visine ispod/iznad mosta.

Ukupni nedostaci mosta, određuju se kao zbir nedostataka navedenih parametara. Ciljne vrednosti ovih parametara date su tabelarno [39], a prioriteti se određuju preko tzv. funkcije potreba kojima se meri stepen ostvarenja pojedinih zahteva prema jednačini (4).

$$PI = K_i \times F_i(a, b, c \dots) \quad (4)$$

gde su: PI - indeks prioriteta (ukupna potreba),

K_i - faktor značaja i -te funkcije, $K_i=1$,

F_i - i -ta funkcija,

a, b, c , - vrednost atributa mosta koji su uključeni u funkciju potrebe.

Funkcije potrebe mogu biti istog ranga i faktori značaja im se tada direktno dodeljuju. Indeks prioriteta ima vrednost od 0 do 100.

Ukupni nedostatak mosta, može se izraziti preko navedenih parametara, odnosno glavnih potreba mosta u skladu sa rangom puta, jednačinom (5):

$$DP = CP + WP + VP + LP \quad (5)$$

gde su: DP - ukupni nedostatak u poenima (*deficiency points*),

CP - nedostatak nosivosti u poenima (*capacity points*),

WP - nedostatak širine kolovoza u poenima (*width points*),

VP - nedostatak slobodne visine u poenima (*vertical clearance points*),

LP - poeni za procenjeni preostali vek trajanja (*remaining life points*).

Za svaku od navedenih pojedinačnih veličina date su jednačine u kojima figurišu faktori značaja, ciljne vrednosti tih veličina, njihove stvarne vrednosti, kao i drugi relevantni parametri koji utiču na povećanje poena nedostataka (dužina obilaznog puta, prosečna gustina saobraćaja na obilaznom putu i dr.).

U tabeli 2.7 navedene su vrednosti faktora značaja pojedinih parametara.

Tabela 2.7. Faktori značaja parametara u sistemu upravljanja mostovima Severne Karoline

Funkcija potrebe	Faktor značaja
Nosivost	0,70
Širina kolovoza	0,12
Slobodan profil	0,12
Procena preostalog veka trajanja	0,06

Mostovi se rangiraju prema DP vrednostima, a prioriteti se određuju poređenjem stvarnih vrednosti sa ciljnim vrednostima. Sličan koncept primenjen je na upravljanju održavanjem.

Sistem nivoa usluge za održavanje, značajno doprinosi efikasnom sprovođenju ekonomski opravdane strategije održavanja.

Na nivou mreže, u zavisnosti od raspoloživih sredstava, definišu se potrebe za očuvanje različitih nivoa usluge i to je u stvari procedura za selekciju i optimizaciju. Principi bezbednosti korisnika i očuvanja investicija u svakom trenutku treba da budu zadovoljeni.

2.3.1.8. Napomene o sistemima upravljanja mostovima u SAD

Program razvoja u SAD, ključni je proces koji kombinuje sve napore u upravljanju mostovima i pretvara ih u sredstvo za podršku pri donošenju odluka o finansiranju. Ovo je sistematski proces koji se zasniva na podacima o kvalitetu, efikasnosti modela i ekonomskim metodama koje dovode do najefikasnijih odluka.

NBIP je glavni izvor informacija o stanju mostova i procene stanja njihove mreže. Države SAD žele veću fleksibilnost u HBP pri korišćenju sredstava za preventivna održavanja.

Unapređenje sprovođenja sistema upravljanja mostovima ima mnogo izazova kroz podršku u donošenju odluka na nacionalnom nivou. Pristup „modeliranje koje je u skladu sa očekivanjima država“ i koji je verifikovan podacima i iskustvom tek treba da bude postignut.

Trenutni modeli su složeni i zahtevaju kontinuirano ažuriranje da bi se potvrdile pretpostavke i ulazni modeli. Pojednostavljeni alati i metodologije na nivou mreže potrebni su da sumiraju raspoložive podatke objektivnog informisanja za usmeravanje odluka u upravljanju mostovima. Takvi alati, koji takođe razmatraju ekonomske analize, isplative podrške, odluke na mrežnom nivou, neophodni su kako za same države, tako i za saveznu vladu. Dalja istraživanja neophodna su na polju tehničkih i institucionalnih aspekata, kao i u sferi menadžmenta.

2.3.2. Austrija - A

Austrijski sistem upravljanja mostovima [42], stanje mosta ocenjuje po formuli (6):

$$\sum_{i=1}^{32} G_i \times k_{1i} \times k_{2i} \times k_{3i} \times k_{4i} \quad (6)$$

gde je:

G_i - vrsta oštećenja (1-5).

Definisane su 32 vrste oštećenja i za svaku vrstu oštećenja opisana je raširenost i intenzitet oštećenja kao i hitnost popravki za svaki pojedini element konstrukcije;

k_{1i} - raširenost oštećenja (0-1).

Opisuje se kvalitativno: mestimična pojava oštećenja, jako rasprostranjeno oštećenje i vrlo široko područje rasprostiranja oštećenja;

k_{2i} - intenzitet oštećenja (0-1).

Opisuje se kvalitativno: površinsko oštećenje, manje oštećenje, značajno oštećenje, znatno oštećenje;

k_{3i} - važnost elementa konstrukcije (0-1).

Elementi konstrukcije svrstani su u tri kategorije: primarni, sekundarni, ostali;

k_{4i} - hitnost popravka (0-10).

Zavisno od vrste i ozbiljnosti oštećenja, kao i riziku otkazivanja čitave konstrukcije ili nekog njenog dela.

Razred oštećenja i ocena stanja mosta prikazani su u tabeli 2.8.

Tabela 2.8. Ocena stanja mosta i razred oštećenja [42]

Ocena stanja mosta (S)	Razred oštećenja	Nivo oštećenja / pogoršanja svojstva
0 - 3	1	Oštećenja nema ili je vrlo mali nivo
2 - 8	2	Mala
6 - 13	3	Srednja do ozbiljna
10 - 25	4	Ozbiljna
20 - 70 (uz $k_{4i} = 10$)	5	Vrlo ozbiljna
>50 (uz $k_{4i} = 10$)	6	Vrlo ozbiljna ili potpuna

Novi predlog daje ocenu oštećenja kao procenat prikladnosti mosta za upotrebu (a ne razred oštećenja) prema formuli (7):

$$\sum_{i=1}^{32} G_i \times \sqrt{k_{1i}^2 + k_{2i}^2 + k_{3i}^2} \quad (7)$$

2.3.3. Australija - AUS

U Australiji se trenutno koriste dva sistema upravljanja mostovima, u Zapadnoj Australiji (MRWA) i u Novom Južnom Velsu (NSW).

2.3.3.1. Sistem upravljanja mostovima Zapadne Australije MRWA

Sistem upravljanja mostovima Zapadne Australije MRWA (Main Roads Western Australia) [43] koristi se od 2011. godine, a trenutna verzija u upotrebi je od 2013. godine.

Vlasnik sistema je preduzeće za glavne magistralne puteve zapadne Australije (*Main Roads Western Australia*) koje je i razvilo ovaj sistem i čije osoblje sistem generalno i koristi u svom radu. Baza podataka sistema sadrži 2815 mostova, 8 propusta i 18 tunela. Takođe u bazi podataka se nalazi i 57 građevinskih konstrukcija za znakove, koji služe kao putna signalizacija [18].

Građevinski podaci, inspekcijski izveštaji, kao i detalji radova održavanja (planirano, završeno), nalaze se u bazi podataka ili su dostupni putem odgovarajućih linkova. Podaci istorije intervencija dostupni su samo za neke intervencije koje su unete u bazu ili prenete iz drugih sistema podataka.

Detaljan vizuelni pregled vrši se svake godine. Njime se ustanovljavaju oštećenja i nedostaci mostovskih konstrukcija i daje procena konstrukcijskih elemenata. Indeks stanja mosta je ulazni parametar, jer se ne sračunava u MRWA sistemu upravljanja mostovima. Kvantifikacija oštećenja je na osnovu poređenja indeksa stanja mosta, a procena stanja konstrukcijskih elemenata dostupna je u ovom sistemu upravljanja mostovima. Procena nosivosti elemenata mostovskih konstrukcija se ne sprovodi, ali su podaci dostupni za ranije ocenjene elemente.

Sigurnost i rizik, čija je procena urađena van sistema upravljanja, za neki ograničeni nivo procena, mogu se prijaviti u ovaj sistem upravljanja mostovima.

Informacije o trenutnom fizičkom stanju i performansama mostovskih konstrukcija su dostupne, međutim njihovo pogoršanje stanja nije modelirano u ovom trenutku, a tu su i ograničeni pokazatelji performansi mosta. Strategija optimalnih intervencija još nije urađena. Program potrebnih radova analizira se za period od 0 do 10 godina. Troškovi intervencija, za sada su dodeljeni na nivou konstrukcija mosta. Budžetska ograničenja koriste se za osnovno ili godišnje programiranje radova. Izveštaji programa koriste se kao osnova za godišnji program radova i dugoročnu strategiju planiranja. Obuke inspektora (internog i eksternog osoblja) redovno se sprovode. Sertifikat inspektora uključuje završeni kurs i položen inspekcijski test.

2.3.3.2. Sistem upravljanja mostovima Novog Južnog Velsa NSW

Sistem upravljanja mostovima Novog Južnog Velsa realizovan je 1996. godine i sa tekućim poboljšanjima se koristi i sada.

Uputstvo za upotrebu (*Bridge information System User Guide*) daje osnovne procedure za nadgledanje [44], uz definicije i opis delova i komponenti mostovskih konstrukcija.

Baza podataka ima 2702 mosta, 2604 propusta¹², 26 tunela i 811 drugih konstrukcija kao što su prelazi železničkog nivoa, prelazi preko mostova itd. [18].

Vizuelna inspekcija elemenata mosta radi se za ocenu njihovog stanja, procenu rizika i uglavnom rutinske aktivnosti održavanja. Na osnovu vizuelnog pregleda elementi dobijaju ocenu stanja od 1 do 4. Specijalističke inspeksijske izveštaje rade inženjeri za snimljene podatke sa dva potpuna nivoa inspeksijskih pregleda. Za određivanje nosivosti mosta, inspektori uzimaju u obzir sve konstrukcijske probleme pri proceni rizika. Sigurnost se tretira kao jedan od rizika, za koji inspektori procenjuju verovatnoću i posledice rizika.

Na osnovu stanja elementa na nivou projekta prikupljaju se podaci za dobijanje ponderisanog kvalitativnog indeksa "zdravstvenog stanja" mosta, koji je u širokoj upotrebi. Na osnovu toga, unapred se definišu standardne intervencije iz propisanih aktivnosti održavanja. Sve intervencije na nivou mreže ulaze u planiranje i programiranje strategija upravljanja imovinom u okviru raspoloživog budžeta. Analiza i predviđanje pogoršanja stanja elemenata mosta ne koriste se u sistemu. Takođe, postoji nedostatak pouzdanih i sistematizovanih podataka o stvarno izvršenim intervencijama u prošlosti, kao i kako je to uticalo na ukupnu promenu stanja mostovskih konstrukcija.

Troškovi pregleda uzimaju se samo za specijalne inspekcije, a procenjeni troškovi intervencija sračunavaju se na osnovu unapred definisanih jediničnih troškova.

Obuke inspektora sprovode se kroz jednodnevni trening o korišćenju sistema i dvodnevnu obuku o postupku inspeksijskog nadzora sistema.

¹² Propusti na putu čija ukupna dužina prelazi 6 m i klasifikuju se kao mostovi veličine propusta. Ostali propusti obuhvaćeni su odvojeno kao deo imovine putnog koridora.

2.3.4. Belgija - **B**

Sistem upravljanja mostovima **BDOA** u Belgiji koristi se od 1979. godine.

Baza podataka sadrži popis postojećih mostova i njihovo stanje - rejting.

Broj mostova kojima upravlja je 5000. U sistemu se pregledi mostova i inspekcije planiraju.

U bazi podataka čuva se stanje neposredno pre i posle radova na održavanju mostovskih konstrukcija. Odluke za izbor optimalne strategije održavanja i popravki, bazirane su na inženjerskom prosuđivanju. Alternativne strategije održavanja ne uzimaju se u obzir.

Sistem ne registruje detaljne informacije o troškovima za svaki zahvat (akciju). Baza podataka sistema upravljanja mostovima ne koristi se za čuvanje troškova održavanja, popravki i inspeksijskih troškova. Takođe, sistem nema modul za generisanje optimalne strategije održavanja (minimalno koštanje), što je predmet određenih ograničenja kao što je najniži prihvatljivi nivo stanja mosta. Pri postavljanju prioriteta rada na održavanju, kao kriterijum koristi se verovatnoća pojave rizika stabilnosti objekata.

Sistem ima predviđanje pogoršanja stanja mosta. Za prognozu koristi podatke stanja mostovskih konstrukcija u prošlosti, kao i pogoršanje svojstava materijala sa vremenom.

Sistem upravljanja mostovima ne pokazuje strategije prioriteta održavanja grupe mostova u mreži, kada budžet nije dovoljan za njihovo održavanje. BDOA sistem upravljanja mostovima nema dugoročno planiranje budžeta, ali daje potreban fond novčanih sredstva za održavanje. Pri analizi strategija ne uzima putne troškove kašnjenja korisnika.

2.3.5. Kanada - **CND**

Kanada spada u grupu malobrojnih zemalja u kojoj sistem upravljanja mostovima ima veoma dugu tradiciju, uz veoma visoki nivo razvijenosti. Trenutno u Kanadi se koriste pet sistema upravljanja mostovima:

- Ontario Bridge Management System (**OBMS**),
- Quebec Bridge Management System (**QBMS**),
- Edmonton Bridge Management System (**EBMS**),
- Prince Edward Island Bridge Management System (**PEI BMS**),
- Government of Northwest Territories Bridge Management System (**GNWT**).

Politika nadgledanja i održavanja mostova u Kanadi, zasniva se na sistematizovanom višegodišnjem iskustvu i primeni obimne dokumentacije u vidu nekoliko priručnika [2], koji sadrže detaljna uputstva u pogledu nadgledanja tj. pregleda i rutinske inspekcije mostova,

rangiranja u zavisnosti od stanja objekta ili stanja pojedinih elemenata mosta, kao i preporuke za održavanje i izvršenje popravki. Time je obezbeđen jedinstven pristup u nadgledanju i inspekcijama svih mostovskih konstrukcija, a sa priručnikom za finansijsku analizu, stvoren je modul i za podršku pri donošenju odluka.

Ovakav pristup koristi se kako na pojedinačnom mostu - projektnom nivou, tako i na nivou mreže, za razliku od prethodnog perioda, kada su inženjeri od slučaja do slučaja vršili preglede i sastavljali izveštaje oslanjajući se isključivo na lično prosuđivanje na osnovu svog znanja i iskustva.

Osnovna uputstva i procedure za nadgledanje, uz definicije i opis delova i komponenti mostovskih konstrukcija, date su u priručniku OSIM (*Ontario Structure Inspection Manual*).

OSIM detaljno opisuje osnovne, tj. generalne preglede, u smislu snimanja stanja i uočavanja vrste, obima i karaktera oštećenja materijala i smanjenja performansi mosta.

Cilj ovakvih pregleda je da obezbedi, u jednom ekonomski realnom okviru, prihvatljivo stanje objekta u pogledu sigurnosti, funkcionalnosti i pouzdanosti, uz adekvatan komfor korisnika.

U osnovi svega je zaštita i produženje upotrebnog veka mostovskih konstrukcija, uz identifikaciju potreba za popravkama i ojačanjem, a u cilju optimalnog upravljanja i planiranja potrebnih finansijskih sredstava za održavanje i rehabilitaciju mostova.

Priručnik za detaljni pregled i procenu stanja mostovskih konstrukcija, sadrži primere oštećenja i adekvatne procene stanja u kome se nalaze pojedini elementi mosta, koji su ilustrovani fotografijama.

Sistemi za procenu stanja i određivanje rejtinga, osnova su za pravilno određivanje prioriteta i vrste aktivnosti u domenu održavanja i na nivou manjih popravki [2].

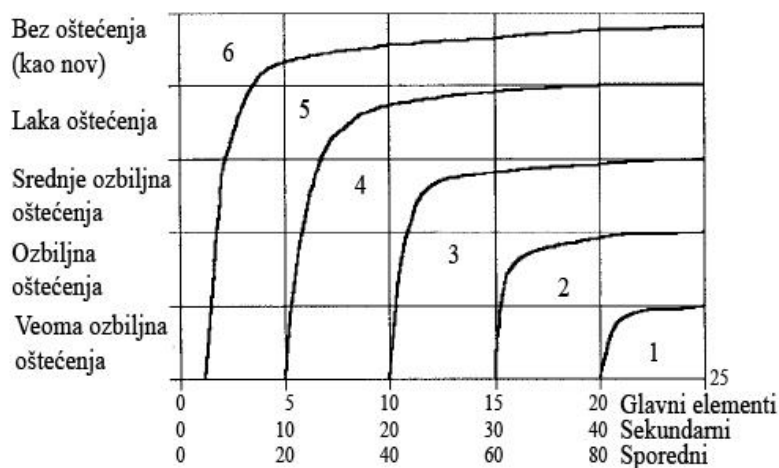
Procena stanja materijala i ponašanja mostovskih konstrukcija predstavlja se numeričkom skalom u rasponu od 1 - 6. Indeksni poeni dodeljuju se elementima konstrukcije u zavisnosti od stepena oštećenja, kao i mogućnosti tih elemenata da ispune zadatu funkciju.

Pored osnovne skale, postoje i ocene 9, kao dopunski indeks za one delove mosta koji nisu bili vidljivi ili pristupačni u vreme pregleda, kao i 0 za elemente koji ne postoje na pregledanom objektu [45].

Elementi mostovskih konstrukcija, u zavisnosti od značaja, svrstani su u tri kategorije:

- primarni (osnovni) elementi,
- sekundarni elementi i
- sporedni (pomoćni) elementi.

Procena stanja materijala pojedinih elemenata na objektu je na osnovu uočenih oštećenja i ukupnih rezultata pregleda. Klasifikacija oštećenja određuje se u zavisnosti od vrste i obima oštećenja [39], kako je prikazano na slici 37.



Procenat gubitka komponente poprečnog preseka elementa (površina ili dužina)

Slika 37. Procena stanja materijala oštećenih elemenata [46]

Postoje i dopunski kriterijumi za procenu stanja materijala, u slučaju pojave oštećenja koja nisu standardna ili za neke "patološke" pojave na mostovskim konstrukcijama.

U zavisnosti od sposobnosti elemenata da ostvare zadatu funkciju na adekvatan način, određuje se procena njihovih karakteristika i performansi. U većini slučajeva slabljenje performansi je u neposrednoj vezi ili je pridruženo oštećenjima materijala, mada ne mora biti srazmerno i po intenzitetu. U nekim slučajevima, gubitak ili pad performansi posledica je grešaka u projektovanju i/ili građenju i tada nije direktno vezano za pojavu oštećenja. Takođe, gubitak performansi jednog elementa može prouzrokovati slične pojave i na drugim elementima ili usloviti promenu ponašanja mostovskih konstrukcija sa sličnim posledicama.

Rejting sa procenom performansi elemenata u zavisnosti od procenta redukcije njihove zadate osnovne funkcije. prikazan je u tabeli 2.9.

Tabela 2.9. Rejting performansi pojedinih mostovskih elemenata [39]

Rang	Performanse	Aproksimativni gubitak kapaciteta zadate funkcije u [%]		
		Glavni elementi	Sekundarni elementi	Sporedni elementi
6	Vrlo dobre	0 - 1	0 - 2	0 - 5
5	Dobre	1 - 5	2 - 10	5 - 20
4	Prihvatljive	5 - 10	10 - 20	20 - 40
3	Slabe	10 - 15	20 - 30	40 - 60
2	Nedovoljne	15 - 20	30 - 40	60 - 80
1	Kritične	preko 20	preko 40	preko 80

Kako performanse mosta direktno zavise od performansi pojedinih elemenata, to znači da elementi sa najnižim rejtingom određuju rejting celog mosta. Rejting pojedinih glavnih elemenata ne kombinuje se pri određivanju rejtinga celog objekta.

U zavisnosti od performansi objekta date su preporuke za proveru nosivosti, odnosno za određivanje maksimalno dozvoljenog opterećenja, što je prikazano u tabeli 2.10.

Tabela 2.10. Određivanje potreba za proveru nosivost mosta [39]

Rang performansi	Preporuke za proveru nosivosti (max dozvoljenog opterećenja)
6 i 5	Nije potrebna provera nosivosti
4	Nije potrebna provera, po potrebi izvršiti procenu
3	Može biti tražena provera, preporučuje se procena
2	Hitna provera nosivosti, potrebno stalno nadgledanje
1	Hitna provera nosivosti, potrebno stalno nadgledanje, eventualna obustava saobraćaja do popravke ili zamene objekta

U zavisnosti od stanja kolovozne ploče, daju se preporuke za određivanje perioda pregleda stanja kolovozne ploče, što je prikazano u tabeli 2.11.

Tabela 2.11. Preporuke za određivanje perioda pregleda betonske kolovozne ploče [39]

Stanje materijala kolovozne ploče	Preporučeni vremenski period za obavljanje pregleda (snimanje stanja) betonske kolovozne ploče
6	Nije potrebno snimanje stanja u periodu od min. 8 godina
5	Potrebno snimanje stanja u periodu od 4 - 8 godina
4	Potrebno snimanje stanja u periodu od 1 - 3 godina
3	Potrebno urgentno snimanje stanja
2 i 1	Postoji mogućnost da nema dovoljno vremena za snimanje stanja

U zavisnosti od stanja materijala i performansi daju se preporuke [39] za određivanje vremenskog perioda u kome treba izvršiti popravke, što je prikazano u tabeli 2.12.

Tabela 2.12. Preporuke vremenskih perioda za popravke i ojačanja mostovskih konstrukcija

Rang performansi ili stanja materijala	Preporučeni vremenski period za popravke ili ojačanje objekta
6	Popravke nisu potrebne u narednih 10 godina
5	Potrebne popravke u periodu od 6 - 10 godina
4	Potrebne popravke u periodu od 3 - 5 godina
3	Potrebne popravke u periodu od 1 - 3 godine
2	Potrebne popravke u narednih godinu dana
1	Potrebne urgentne popravke

2.3.5.1. Ontario sistem upravljanja mostovima - OBMS

Ministarstvo saobraćaja Kanade [47] je 1998. godine odlučilo da razvije novi sistem upravljanja mostovima (*Ontario bridge management system* - OBMS) [48]. Prva verzija komercijalnog programa primenjena je 2002. godine, a trenutno se koristi verzija iz 2011. god. U OBMS bazi podataka nalazi se 2800 mostova, 1900 propusta i 700 potpornih zidova [18].

Nadgledanje i inspekcijski pregledi mostovskih elemenata obavljaju se svake dve godine i obuhvataju snimanje i evidentiranje vrste, težine i obima pogoršanja stanja svakog elementa mosta. Istorijat održavanja, revitalizacije i eventualne zamene mostovskih konstrukcija, sa pratećim informacijama o troškovima takođe su sačuvani u sistemu.

Glavni elementi u OBMS su obalni stubovi, prelazne ploče, krilni zidovi, grede, stubovi, temelji, kolovozna ploča, hidroizolacija, pešačke staze i ivičnjaci, ograde, nasip i signalizacija. Svaki element ima četiri moguća stanja: odlično, dobro, prihvatljivo i loše [49].

Detaljni vizuelni pregled svih elemenata mosta otkriva njihovo stanje, ozbiljnost i obim nedostataka, kao i njihov uticaj na smanjenje performansi mosta (nosivost ili sigurnost) što omogućuje određivanje vrste popravki. Kvantifikacija oštećenja koristi se za određivanje ukupnog indeksa stanja.

Nivo projekta počinje sa identifikacijom potreba za svaki pojedini element mosta, a što je utvrđeno tokom poslednjih nekoliko inspekcija. Na osnovu stanja svih elemenata na mostu, određuje se indeks stanja mosta (*Bridge Condition Index* - BCI) kao numerička vrednost od mogućih 100, na osnovu koga se identifikuje broj izvodljivih alternativnih tretmana i strategija. Uobičajeno, postupci za održavanje, popravke, sanacije i zamenu mostovskih konstrukcija, kao i njihova efikasnost, uključujući i jedinične troškove, određuju se na osnovu stanja elemenata mosta i analize troškova životnog ciklusa. Za svaki mogući tretman, Markovljev model pogoršanja stanja predviđa stanje elementa na kraju analiziranog perioda. Projektni nivo sastoji se od optimizovanih tretmana za sve elemente mosta. Preporučene akcije, potrebno vreme i troškovi, razvijeni su na nivou elementa i odabrani na osnovu analiza troškova životnog ciklusa. Svaka moguća kombinacija alternativnih tretmana za elemente, smatra se potencijalnom alternativom na nivou projekta. Broj alternativa na nivou projekta se onda sužava korišćenjem analize koristi i troškova, kao i modela koji objedinjuje inženjerske i ekonomske aspekte u rešavanju problematike. Prednosti alternativnih strategija na nivou projekta, procenjuju se uslovima za smanjenje troškova društva, za eksploatacioni vek koji je postignut realizacijom projekta, umesto izbora "ne preduzimati ništa" kao alternative [50].

Na nivou mreže, OBMS pronalazi skup projekata koji maksimiziraju korist u okviru budžetskih ograničenja. Analiza na mrežnom nivou, pruža rezime predviđanja za široki spektar performansi na svakom nivou finansiranja.

Troškovi pregleda mostova, kao i troškovi nezgoda, nisu uključeni u sistem, a troškovi kašnjenja saobraćaja i indirektni troškovi korisnika uvršćeni su u korisnički definisane faktore troškova projekta. Troškovi potrebnih intervencija izračunavaju se na nivou elementa za specifične tretmane i optimizuju u projektu.

Optimalna strategija intervencija je na osnovu maksimalne dobiti i minimalnih ukupnih troškova, zasnovanih na troškovima životnog ciklusa, obično za period od 50 - 75 godina. Predviđanje budžeta i određivanje liste prioriteta projekata sprovodi se za period od 10 godina. Scenario neograničenog budžeta, može se odrediti za radove održavanja, popravki, rekonstrukcije i zamene mostovskih konstrukcija.

OBMS nije u potpunosti realizovan na mrežnom nivou [49]. Za donošenje odluke o popravkama još uvek se koriste tradicionalne tehnike.

2.3.5.2. Quebec sistem upravljanja mostovima - QBMS

Vlasnik QBMS sistema upravljanja mostovima je ministarstvo saobraćaja Quebec [51]. Prva verzija komercijalnog programa primenjena je 2008. godine, a trenutno se koristi verzija iz 2009. godine. Baza podataka sadrži 8700 mostova i 500 potpornih zidova [18].

Osnovna uputstva i procedure za nadgledanje, uz definicije i opis delova i komponenti mostova, date su u priručniku QSIM (*Quebec Structure Inspection Manual*) [52].

QBMS u osnovi je veoma sličan sa Ontario sistemom upravljanja mostovima. Uobičajeno, postupci za održavanje, popravke, sanacije i zamenu mostovskih konstrukcija, kao i njihova efikasnost, uključujući i jedinične troškove, određuju se na osnovu stanja elemenata mosta i analize troškova životnog ciklusa. Za svaki mogući tretman, Markovljev model pogoršanja stanja predviđa stanje elementa na kraju analiziranog perioda. Indeks stanja mosta (BCI) prognozira se koristeći iste modele pogoršanja stanja. Projektni nivo sastoji se od optimiziranih tretmana na nivou elemenata. Preporučene akcije, vreme i troškovi, razvijeni na nivou elementa, odabrani su na osnovu analize troškova životnog ciklusa. Funkcionalna poboljšanja, kao što je proširenje ili ojačanje mostovskih konstrukcija, takođe se procenjuju. Izvodljive strategije na nivou projekta (za sve tipove konstrukcija), porede se na mrežnom nivou na osnovu odnosa koristi i troškova. Prioritetni programi rada i troškovi napravljeni su da bi odgovarali korisnički specificiranom budžetu.

2.3.5.3. Edmonton sistem upravljanja mostovima - EBMS

Vlasnik EBMS sistema upravljanja mostovima je Edmonton transportna agencija [53]. Prva verzija komercijalnog programa primenjena je 2010. godine, a trenutno se koristi verzija iz 2013. godine. Baza podataka sadrži 373 mostova [18]. Osnovna uputstva i procedure za nadgledanje, uz definicije i opis delova i komponenti mostova, date su u priručniku QSIM (*Quebec Structure Inspection Manual*) [52] i ABIM (*Alberta Inspection Manual*) [54]. Takođe, ovaj sistem karakterišu originalni detalji informacija o troškovima.

Detaljnim vizuelnim pregledom svih elemenata mosta evidentira se njihovo stanje, obim i vrsta oštećenja i njihove fotografije zajedno sa planovima i drugim dokumentima čuvaju se u bazi podataka, što kasnije omogućava njihovu pretragu i pronalaženje po elementima, tipu oštećenja, vrsti i veličini oštećenja i drugim kriterijumima.

Kvantifikacija oštećenja koristi se za analiziranje opšteg stanja i procenu troškova. Nedostaci svakog elementa identifikovani detaljnim pregledom, kvantifikuju se sa pet mogućih stanja i služe da omoguće određivanje strategije popravki. Vreme i kritičnost popravki se beleže kombinovanjem Alberta BIM rejtinga i OSIM ocene stanja.

Rejting nosivosti, indeksi procene seizmičkog zamora, ranjivost usled poplava, kao i podaci funkcionalnog poboljšanja (proširenja, ojačanja), čuvaju se i koriste za određivanje ukupnog BCI indeksa stanja mosta.

Za utvrđivanje potreba za ojačanjem mosta, koristi se detaljan proračun kapaciteta nosivosti svakog elementa na savijanje, smicanje i torziju, za sva moguća osovinska opterećenja.

Rejting kritičnosti i hitnosti, automatski se izračunava na bazi ponašanja mostovskih konstrukcija, njihovog stanja, kritičnih oštećenja, saobraćaja itd. Generalno, rizik se određuje za svaku konstrukciju i zasniva se na verovatnoći i posledicama loma mostovskih konstrukcija. Troškovi pregleda mostova nisu uključeni u sistem, a troškovi nezgoda, kao i troškovi kašnjenja saobraćaja i indirektni troškovi korisnika, uvršćeni su u korisnički definisane faktore troškova projekta i u funkcionalno unapređenim modelima za proširenje i ojačanje mosta.

2.3.5.4. Sistem upravljanja mostovima ostrva Prince Edward - PEI BMS

Ostrvo Princa Edvarda ima poseban sistem upravljanja mostovima, čiji su korisnici Odeljenje za saobraćaj i obnovu infrastrukture i lokalna preduzeća za inspekciju mostova [55]. Prva verzija programa bila je OBMS (2006. god.), a trenutno se koristi verzija iz 2013. godine. Baza podataka sadrži 800 mostova i 400 propusta [18].

Osnovna uputstva i procedure za nadgledanje, uz definicije i opis delova i komponenti mostova, date su u priručniku QSIM (*Quebec Structure Inspection Manual*) [52].

Detaljnim vizuelnim pregledom svih elemenata mosta evidentira se njihovo stanje, obim i vrsta oštećenja. Svaki element ima četiri moguća stanja: odlično, dobro, prihvatljivo i loše.

PEI BMS je u osnovi veoma sličan sa Ontario i Quebec sistemima upravljanja mostovima.

Tretmani za održavanje, popravku, sanaciju i zamenu, uključujući i jedinične troškove i efikasnost, bazirani su na osnovu rejtinga stanja analiza troškova životnog ciklusa.

Troškovi intervencija sračunati su u sistemu upravljanja mostovima na nivou elementa za specifične tretmane, implementirani su i optimizovani u projekte.

Troškovi pregleda mostova nisu uključeni u sistem, a troškovi nezgoda, kao i troškovi kašnjenja saobraćaja i indirektni troškovi korisnika, uvršćeni su u korisnički definisane faktore troškova projekta i u funkcionalno unapređenim modelima za proširenje i ojačanje mosta.

2.3.5.5. Sistem upravljanja mostovima severozapadnih teritorija - GNWT

Osnovni korisnik je vladino odeljenje za transport severozapadnih teritorija Kanade [56]. Prva verzija komercijalnog programa primenjena je 2011. godine, a trenutno se koristi verzija iz 2013. godine. Baza podataka sadrži 102 mosta i 253 propusta [18]. Osnovna uputstva i procedure za nadgledanje, uz definicije i opis delova i komponenti mostova, date su u priručniku QSIM (*Quebec Structure Inspection Manual*) [52]. Detaljan vizuelni pregled vrši se svake godine i njime se ustanovljavaju oštećenja i nedostaci mostovskih konstrukcija i daje procena konstrukcijskih elemenata. Indeks stanja mosta ulazni je parametar, jer se ne sračunava u GNWT sistemu upravljanja mostovima, tako da je kvantifikacija oštećenja i poređenje indeksa stanja mosta limitirano ovom verzijom.

Određivanje nosivosti i procena opterećenja ne sprovode se, ali za ranije ocenjene elemente podaci su dostupni u sistemu. Sigurnost i rizik (verovatnoća i posledice loma), čija je procena urađena izvan sistema upravljanja mogu biti unete u sistem upravljanja mostovima. Stanje elemenata sabira se i ponderiše sa dobijenim rizikom i opštim indeksom stanja. Pojedine stavke radova na održavanju evidentiraju se u svakoj konstrukciji sa svojim prioritetom.

Projektni nivo sastoji se od optimizovanih tretmana na nivou elemenata. Preporučene akcije, vreme i troškovi, razvijeni na nivou elementa, odabrani su na osnovu analize troškova životnog ciklusa. Funkcionalna poboljšanja, kao što je proširenje ili ojačanje mostovskih konstrukcija, takođe se procenjuju. Izvodljive strategije na nivou projekta (za sve tipove konstrukcija), porede se na mrežnom nivou na osnovu odnosa koristi i troškova. Prioritetni programi rada i troškovi napravljeni su da bi odgovarali korisnički specificiranom budžetu.

2.3.6. Danska - **DK**

Danska Direkcija za Puteve nadležna je za stanje autoputeva i mostova u sklopu putne mreže u Danskoj. Stanje putne mreže, a naročito mostova ima izuzetan značaj za nesmetano funkcionisanje drumskog saobraćaja, te se projektovanju, građenju, nadgledanju, održavanju i popravci mostovskih konstrukcija u Danskoj posvećuje ogromna pažnja. Opšta politika upravljanja, sprovodi se uz pomoć sistema za upravljanje mostovima pod nazivom DANBRO [57], a podrazumeva u najširem smislu sve aktivnosti pri projektovanju, građenju, nadgledanju, održavanju, popravkama, rekonstrukciji i zameni mosta. Sistem je razvijen na bazi već postojećeg informacionog sistema o mostovima koji je, sa periodičnim poboljšanjima u upotrebi od 1975. godine, a trenutna verzija je iz 2010. godine i sastoji se iz sledećih modula:

- inventar mostova,
- inspekcije (pregledi),
- održavanje,
- troškovi,
- katalog cena radova,
- optimizacija.

U bazi podataka sistema upravljanja mostovima DANBRO, nalazi se 2250 mostova [18].

Osnovni cilj sistema je da obezbedi najekonomičnije održavanje mostovskih konstrukcija, vodeći računa o sigurnosti korisnika, funkcionalnosti saobraćaja i aspektu operativnosti i ekonomičnosti.

Sistematsko nadgledanje mostovskih konstrukcija sprovodi se u pravilnim vremenskim intervalima u razmaku od 1 do 6 godina (obično 4 do 5), u zavisnosti od stanja objekta i procenjenih potrebnih aktivnosti. Podaci se prikupljaju od strane iskusnih i dobro obučanih inženjera, a registrovani podaci čuvaju se u bazi podataka sistema. Mostovske konstrukcije ocenjuju se po pojedinim konstitutivnim elementima, kojih ima 15. Ocena stanja elemenata mostovskih konstrukcija je na skali od 0 do 5 kako je prikazano u tabeli 2.13.

Tabela 2.13. Kategorije oštećenja u sistemu upravljanja mostovima DANBRO

Ocena	Opis
0	Bez oštećenja ili neznatno oštećenje
1	Malo oštećenje, bez potrebe za popravkama, izuzev redovnog održavanja
2	Oštećenje postoji, popravka nije hitna. Element funkcioniše kako je projektovan.
3	Značajno oštećenje, popravka potrebna u vrlo kratkom roku
4	Teško oštećenje, potrebna hitna popravka
5	Veliko oštećenje, totalni lom ili veliki rizik potpunog otkazivanja elementa

Ocena (0 - 5) je suma ocena samog oštećenja (0 - 3), upotrebljivosti (0 - 1) i ocene posledica (0 - 1).

Prioritet se određuje na osnovu sračunatih bodova stanja konstrukcije i bodova nosivosti konstrukcije prema jednačinama (8), (9) i (10).

$$PR = PC \times \gamma_c + PB \times \gamma_b \quad (8)$$

$$PC = C \times O \times E_{cw} \times S_w \quad (9)$$

$$PB = B \times O \times E_{bw} \times S_w \quad (10)$$

gde je:

- PR - prioritet,
- PC - bodovi stanja konstrukcije,
- γ_c - koeficijent stanja konstrukcije,
- PB - bodovi nosivosti konstrukcije,
- γ_b - koeficijent nosivosti konstrukcije,
- C - ocena stanja konstrukcije,
- O - napredovanje gubitka projektovanih svojstava konstrukcije,
- E_{cw} - važnost elementa za stanje čitave konstrukcije,
- S_w - važnost konstrukcije za čitavu deonicu saobraćajnice koju prevodi most,
- B - ocena nosivosti konstrukcije,
- E_{bw} - važnost elementa za nosivost čitave konstrukcije.

Planiranje vrste specijalnih pregleda, podrazumeva detaljna istraživanja i procenu uočenih oštećenja, usvajanje odgovarajuće metode ispitivanja, kao i određivanje delova mosta koje treba ispitati.

Na osnovu rezultata ispitivanja i odgovarajućih procena usvaja se relevantna strategija koja određuje neophodne aktivnosti u cilju otklanjanja uočenih oštećenja. U većini slučajeva postoje sledeće mogućnosti:

- kompletna popravka i rekonstrukcija mostovskih konstrukcija, kojom se objekat vraća u potrebno servisno stanje,
- delimična popravka, koja ima cilj da odloži kompletnu popravku ili rekonstrukciju mosta i istovremeno spreči napredovanje pogoršanja stanja elemenata mosta i dalji pad performansi objekta,
- prepuštanje objekta daljem pogoršanju stanja, razaranju i dotrajavanju, sve do potrebne totalne rekonstrukcije ili zamene mosta.

Kriterijum za postavljanje prioriteta rada na održavanju je minimiziranje troškova održavanja.

Modul za optimizaciju uzima u obzir troškove korisnika puteva i troškove putnih službi za realizaciju radova i na osnovu definisanih analiza omogućava dugoročno planiranje, za razne strategije popravki i za svaki most u mreži pojedinačno. Optimizacija strategija podrazumeva ne samo izbor odgovarajućih metoda i tehnika radova, nego i određivanje najpovoljnijeg vremenskog perioda za izvršenje tih radova, uz procenu i određivanje troškova održavanja i popravki. Izbor optimalne varijante za izvršenje radova na svim mostovima i određivanje budžeta, uz procenu posledica ograničenosti fondova je za period od 5 godina. Na osnovu rezultata određenih analiza, moguće je dugoročno planiranje za period od 25 godina.

Predviđanje budućih mogućih oštećenja, bazirano je na ekspertnom prosuđivanju, kao i sam izbor strategija popravki mostova.

Sistem optimizacije moguć je kako na pojedinačnom, tako i na nivou cele mreže. Optimizacija se sprovodi u dva koraka. Prvo, određuje se najekonomičnija strategija za svaki most, a selektuju se i rangiraju i sve moguće alternative. U drugom koraku, optimizacija se sprovodi tako da troškovi budu pokriveni petogodišnjim budžetom. Sistem ponovo analizira alternative popravki za one mostove za koje je brzina pogoršanja stanja najmanja.

Troškovi koji nastaju kao posledica odlaganja radova usled ograničenih fondova, mogu se koristiti u daljem procesu optimizacije. Na bazi procene ovih troškova, određuje se ekonomski optimalna varijanta u okviru ograničenih fondova. Optimizacija se sastoji u određivanju radova koje treba odmah izvršiti i radova koji se mogu odložiti za izvestan vremenski period. Sistem upravljanja mostovima daje strategije prioriteta održavanja grupe mostova kada budžet nije dovoljan za održavanje (urađeno samo za popravke) i izračunava ekonomske posledice ne obavljanja optimalne strategije održavanja. Na ovaj način, mogu se odrediti posledice nedovoljnog budžeta u ekonomiji neke zemlje.

Stanje neposredno pre i posle izvršenih radova održavanja beleži se u bazi podataka.

Proračun nosivosti, sigurnosti i rizika (verovatnoća i posledice) mogući su kako na nivou pojedinog elementa, tako i na nivou mostovskih konstrukcija.

DANBRO troškove nezgoda ne uzima u proračun.

Predviđanje pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija je na osnovu prikupljenih i grupisanih iskustvenih podataka o tipovima i faktorima oštećenja.

Edukacije inspektora i korisnika sistema se organizuju, ali bez izdavanja sertifikata. Nema provere predviđanja mogućnosti DANBRO sistema upravljanja mostovima.

2.3.7. Engleska - GB

Sistem upravljanja mostovima u Engleskoj primenjuje se od 1986. godine i ne koristi komercijalni softver za bazu podataka. Broj mostova kojima upravlja je 9500.

Sistem ima uputstvo za održavanje mostova kao proceduru za korišćenje sistema.

Inspeksijskim pregledima mostovskih konstrukcija daje se opšta ocena stanja konstrukcije na skali dobro, prosečno i loše. Ocena oštećenja i nedostataka je za svaki od 33 konstitutivna elementa mosta. U okviru ocenjivanja mostovskih konstrukcija u Velikoj Britaniji, pored procenjenih troškova, analiza obuhvata:

- Ocenu raširenosti oštećenja, prema tabeli 2.14.

Tabela 2.14. Ocena raširenosti oštećenja

Ocena	Opis
A	Nema značajnih oštećenja
B	Neznatna oštećenja, na manje od 5% dužine ili površine
C	Umerena oštećenja, na dužini ili površini od 5% do 20%
D	Velika oštećenja, na dužini ili površini većoj od 20%

- Stepenu oštećenja, prema tabeli 2.15.

Tabela 2.15. Ocena stepena oštećenja

Ocena	Opis
1	Nema značajnih oštećenja
2	Manja oštećenja za koja nije hitna popravka
3	Nedostaci na koje treba obratiti pažnju u planu održavanja za sledeću godinu
4	Ozbiljna oštećenja, za koja je potrebna hitna intervencija

- Ocena potrebnih radova održavanja, prema tabeli 2.16.

Tabela 2.16. Ocena potrebnih radova za održavanje

Ocena	Opis
A	Dodati novi deo (npr. hidroizolaciju)
B	Element konstrukcije nije pregledan
C	Zameniti element (npr. zamena oštećenog ležišta ili ograde)
P	Ofarbati
N	Nije potrebna nikakva aktivnost, samo praćenje
R	Popravke/redovno održavanje (npr. sanacija betona, čišćenje i sl.)
S	Impregnacija

- Ocena potrebnih istražnih radova, prema tabeli 2.17.

Tabela 2.17. Ocena potrebnih istražnih radova

Ocena	Opis
1	Alkalno - silikatna reakcija
2	Prodor hlorida
3	Karbonatizacija
4	Korozija armature / zatega
5	Premazi čelične konstrukcije
6	Oštećenja usled vanrednih delovanja
7	Ljuštenje kamena, opeke ili betona
8	Sadržaj hlorida u AB kolovoznoj ploči pre postavljanja ili nakon zamene hidroizol.

- Hitnost izvršenja potrebnih radova, prema tabeli 2.18.

Tabela 2.18. Ocena hitnosti izvršenja radova

Ocena	Opis
H	Velika; radove treba izvršiti tokom sledeće fiskalne godine da bi se očuvala nosivost konstrukcije ili osigurala sigurnost korisnika i izbegli veliki troškovi (penali).
M	Srednja; radove treba izvršiti tokom sledeće fiskalne godine. Odlaganje radova prouzrokuje određene troškove (penale).
L	Mala, radove treba izvršiti u roku od dve fiskalne godine

Sistem za određivanje strategije održavanja i popravki koristi *cost - benefit* analizu. Koja je najbolja opcija održavanja, zavisi od dostupnih rešenja i troškova upravljanja saobraćajem, kao i prekida saobraćaja. Sistem obračunava finansijske konsekvence prekida saobraćaja koje su uzrokovane radovima održavanja, koristeći program QUADRO.

Nema modul za generisanje optimalne strategije održavanja (minimalno koštanje), što je predmet određenih ograničenja kao što je najniži prihvatljivi nivo stanja mosta.

Sistem ne pokazuje strategije prioriteta održavanja grupe mostova u mreži, kada budžet nije dovoljan za održavanje. Uzima u obzir alternativne strategije održavanja.

Postavljanje prioriteta rada na održavanju je na osnovu sledećih kriterijuma:

- ukupni eksploatacioni troškovi,
- indeks sigurnosti (bezbednosti),
- politika održavanja.

Sistem upravljanja mostovima u Engleskoj ima dugoročno planiranje budžeta i nudi potrebna novčana sredstva za održavanje mostovskih konstrukcija. Primenjuje koštanje celokupnog životnog veka (*life costing*). Takođe, uzima putne troškove kašnjenja korisnika i ima bezbedonosne procene.

Sistem nema mogućnost predviđanja pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija.

2.3.8. Finska - FIN

Finska uprava za nacionalne puteve (*Finnra*), počela je razvoj sistema upravljanja mostovima 1986. godine [58]. Prve verzije sistema urađene su 1990. i 1995. godine. Na mrežnom nivou sistem je pokrenut 1996. godine kao prototip, dok je na nivou projekta uveden 1998. godine. Trenutna verzija je iz 2010. godine, a u bazi podataka ima 13787 mostova i 3078 propusta [18]. Vlasnik sistema je Finska transportna agencija (FTA) [59]. Sistem upravljanja mostovima Finske ima za cilj da obezbedi pouzdan alat za podršku u donošenju odluka, koje se odnose na preraspodelu neophodnih finansijskih sredstava za održavanje, rekonstrukciju i zamenu postojećih mostovskih konstrukcija. Primenom sistema, minimiziraju se troškovi održavanja, rekonstrukcije i zamene mosta, uz zadržavanje potrebnih nivoa sigurnosti i upotrebljivosti, a samim tim i pouzdanosti mostovskih konstrukcija. Krajnji cilj je da se pronađe dugoročno rešenje, kao kombinacija optimalnog stanja i optimalnih mera popravki. Sistem koristi Finska centralna administracija (*Finnra*) i njenih devet okruga, uglavnom za dugoročno planiranje i programiranje investicija za održavanje, rekonstrukciju i zamenu mostova, kao i za kratkoročne procene potreba popravki mostovskih konstrukcija i njihovih troškova. Programi obnove pripremaju se na nivou okruga.

Na osnovu popisa postojećih mostova planiraju se inspekcijski pregledi. Tokom inspekcije, snimaju se uočena oštećenja i pogoršanja stanja elemenata mosta, njihova tačna lokacija i obim.

Takođe, evidentiraju se informacije o uticaju štete na nosivost mosta, podaci o njenoj klasi hitnosti popravke, kao i predlog potrebnih mera i troškova koje daje inspektor. Sve informacije čuvaju se u bazi podataka mosta, zajedno sa konstrukcijskim, administrativnim i podacima o saobraćaju na mostu. Istorijski podaci i informacije o prethodnim popravkama (od 1985. godine) i njihovi realizovani troškovi, takođe se prikupljaju za dalja istraživanja i modeliranja ponašanja mostovskih konstrukcija. Stariji podaci o popravkama do 1985. godine nisu kompletni [18].

Sadašnje stanje mosta izračunava se na osnovu sačuvanih podataka aktuelnog posmatranog oštećenja mostovskih konstrukcija. Svako oštećenje odnosi se na određeni konstrukcijski deo, a svaki deo može imati nekoliko vrsta oštećenja. Za svako oštećenje, registruje se njegova težina (ozbiljnost), obim i lokacija štete, uz nekoliko drugih podataka o stanju elementa mostovskih konstrukcija. Ozbiljnost oštećenja klasifikovana je ocenom od 0 (bez oštećenja) do 4 (ozbiljno oštećenje), kao što je prikazano u tabeli 2.19.

Tabela 2.19. Klasifikacija pogoršanja stanja betonske površine i preporučene popravke[58]

Klasa oštećenja	Opis oštećenja	Tip konstrukcije					
		AB		PNB		Specij. napon	
		savijanje	drugo	savijanje	drugo	ivica grede	domet vode
1	Površina betona pokazuje mrežaste prsline, cementni malter se drobi, ali ne vidi se agregat.	A	A	A	A	-	-
2	Dubina pogoršanja ili habanja 0-10 mm	A,B	A	B,C	B	-	-
3	Dubina pogoršanja ili habanja 0-20 mm, cementni malter oko agregata ispada.	C	B	D	C	B	C
4	Dubina pogoršanja ili habanja prelazi 20 mm, krupni agregat ispada i vidi se armatura.	C,D	C	D	C,D	C,D	C,D

Preporučene procedure popravki [58], date su u tabeli 2.20.

Tabela 2.20. Preporučene procedure popravki [58]

A	Tretman površina. Utvrditi stepen korozije armature, koncentraciju hlorida i dubinu karbonizacije.
B	Sanacija je krpljenje malterom ili injektiranje. Veće površine se tretiraju kao u tački C.
C	Odstraniti oštećene delove betona i zaliti ili „gruntirati“ novim betonom. Specifikacija sastavljena.
D	Sav oštećen beton odstraniti i izbetonirati delove uz potrebna dodatna ojačanja (ili ograničenje usluge).

Uputstvo za inspekciju mostova u Finskoj (*The Finnish bridge inspection manual*) [60], preporučuje mere popravki za svaku klasu oštećenja i svaku vrstu mostovskih konstrukcija.

Da bi se organizovali mostovi po hitnosti naloga potrebnih radova, poštujući preporučene popravke, uveden je indeks popravki (*repair index* - RI). Ovaj indeks opisuje potrebe popravki pojedinih mostovskih konstrukcija i upotrebljava se na nivou projekta.

Indeks popravki je funkcija procenjenog stanja konstitutivnih elemenata mostovskih konstrukcija (*EC* - *estimated condition*), klase oštećenja (*DCL* - *damage class*) i klase hitnosti popravke (*UCL* - *repair urgency class*), a sračunava se prema jednačini (11) [58].

$$RI = \text{Max}_i(EC_i \times DCL_i \times UCL_i) + \gamma[\sum_{j,j \neq j_{\max}}(EC_j \times DCL_j \times UCL_j)] \quad (11)$$

Izračunava se ocena za svako registrovano oštećenje. Najozbiljnija šteta, sa maksimalnom ocenom, uzima se kao takva, dok se desetine drugih oštećenja množe sa faktorom smanjenja γ . Konačan broj bodova indeksa popravke, predstavlja zbir bodova dobijenih na ovaj način. Što je veća vrednost indeksa, veća je potreba za popravkama.

Za stanje elemenata mostovskih konstrukcija 1 (prilično dobro), klasu oštećenja 4 (ozbiljna šteta) i klasu hitnosti popravke 1 (mora da se popravi u narednih godinu dana), indeks popravke je 140 i predstavlja granicu, iznad koje se most potencijalno mora uvrstiti u hitno potrebne popravke. Razredi (klase) hitnosti popravki su: neodložna popravka, popravka u naredne 2 godine, popravka 4 godine kasnije i nema popravke.

Sistem upravljanja mostovima u Finskoj koristi i indeks rekonstrukcije (*Reconstruction Index*), za identifikaciju mostova koji imaju funkcionalne nedostatke, kao što je neadekvatna nosivost, mala širina ili mostovi koji su stigli do kraja svog ekonomskog i funkcionalnog veka.

Kombinovanjem indeksa popravki i indeksa rekonstrukcije, u programiranju potrebnih radova, pri godišnjoj analizi troškova životnog ciklusa, omogućeno je poređenje efekata različitih strategija upravljanja na preostalom ekonomskom i funkcionalnom veku mosta u okvirima datog budžeta za održavanje.

Kratkoročna analiza daje ekonomski optimalan način da se dođe do dugoročnih optimalnih uslova tokom narednih nekoliko godina. Izdvojena kratkoročna rešenja su pozitivna za svaku narednu godinu. Svako kratkoročno rešenje predstavlja korak ka dugoročnom optimumu. Odgovornost za prioritet mostova je na lokalnom ili regionalnom nivou.

Sistem upravljanja mostovima na nivou projekta, prvenstveno se odnosi na pojedine mostove i koristi rezultate iz sistema na mrežnom nivou da odluči o merama za pojedine popravke. On pomaže pri planiranju i programiranju projekata za popravku pojedinih mostova, na osnovu preporuka dobijenih iz kratkoročnog modela planiranja i podataka oštećenja koji su registrovani u bazi.

Analiza troškova životnog ciklusa na nivou projekta, prepoznaje najpovoljnije mere za popravke svakog pojedinačnog mosta i daje mogućnost da se inženjeri opredele za mere popravki koje dovode do minimalnih ukupnih optimalnih troškova tokom čitavog životnog veka mosta.

Svrha sistema na nivou mreže je da smanjuje ukupne godišnje troškove popravke mostova, sa datim ograničenjima za obavljanje prave popravke u pravom trenutku eksploatacionog veka pojedinih elemenata mostovskih konstrukcija. Za predviđanje pogoršanja stanja konstrukcijskih elemenata mosta koristi se probabilistički model Markovljevih lanaca na mrežnom nivou i determinističke modele na nivou projekta.

Zajedno sa podacima o mogućim merama za popravke i njihovim troškovima za oštećenja svake vrste, kao i minimalnih uslova stanja mosta i budžetskih ograničenja, može da se dobije preporučeno optimalno rešenje.

Optimalni dugoročni i kratkoročni modeli koriste se za proučavanje različitih strategija popravki, kao i da podrže odluke raspodele budžeta na nacionalnom i okružnom nivou. Sistem ne uzima troškove kašnjenja saobraćaja, indirektno troškove korisnika i troškove inspekcija. Programi popravki planiraju se za period od 6 godina. Obuka i sertifikacija inspektora i korisnika obavezna je i na godišnjem nivou vrše se tzv. „kalibracije“, inspektora.

2.3.9. Francuska - **F**

Nacionalna mreža puteva u Francuskoj značajno je proširena poslednjih 50 godina. Tokom ovog perioda, broj objekata na putevima (mostovi, potporni zidovi, tuneli itd.), značajno se povećao. Starenjem konstrukcijskih elemenata i povećanjem saobraćajnog opterećenja i intenziteta, problem upravljanja ovim objektima postao je veoma veliki, jer su oni najugroženiji deo mreže.

U Francuskoj, upravljanje nacionalnom saobraćajnom mrežom i objektima u toj mreži u nadležnosti je Ministarstva za objekte, saobraćaj i turizam Francuske (*Le Ministère de l'Équipement, des Transports et du Tourisme*). U okviru nadležnog ministarstva, neposredno upravljanje i sprovođenje aktivnosti povereno je Direkciji za puteve (*La Direction des Routes*).

Na lokalnom nivou, upravljanje je u nadležnosti lokalnih Uprava (odseka) Direkcija za puteve (*Les Directions Départementales de l'Équipement- DDE*). U okviru putne mreže nalazi se oko 22000 mostova.

Do 1976. godine mostovske konstrukcije bile su dovoljno mlade, pa je prioriteta bila izgradnja novih objekata. Budžeti za održavanje mostova bili su veoma mali i uključeni u budžete održavanja puteva. Između 1976. i 1978. godine, budžet je višestruko povećan posle pada Wilson mosta. Na nivou lokalnih odseka Direkcija za puteve je inicirala određena istraživanja i studije na temu sigurnosti korisnika i odgovornosti po pitanju održavanja mostova. Istraživanja su ukazala na potrebu definisanja globalne politike u domenu nadgledanja i održavanja objekata, uzimajući u obzir uslove eksploatacije, povećanu agresivnost sredine, kao i osetljivost pojedinih kategorija objekata. Na bazi tih istraživanja 1979. godine donete su prve tehničke preporuke za praćenje - nadgledanje i održavanje mostova (*Instruction Technique pour la Surveillance et l'Équipement des Ouvrages d'Art*).

Pomenuti dokumenti sadrže veoma precizno definisano i određeno polje primene, vrste i nivoa aktivnosti u domenu nadgledanja, održavanja i popravki, formiranje dosijea za svaki objekat, određujući sadržaj i formu dosijea. Oni predstavljaju osnovu za postavljanje i razvijanje dobro organizovanog i integrisanog sistema za upravljanje mostovima, jer sadrže standardizovana uputstva za sistematsko i plansko sprovođenje neophodnih aktivnosti u domenu nadgledanja i održavanja mostovskih konstrukcija.

Direkcija za puteve je 1994. godine inicirala novi program bodovanja stanja mostova pod nazivom IQOA (*Image Qualité des Ouvrages d'Art*) - "slika kvaliteta inženjerskih konstrukcija" u sklopu puteva, za procenu stanja u kojima se nalaze mostovske konstrukcije. Ovaj sistem bodovanja razvijen je da pruži sveobuhvatnu ocenu nacionalnog inventara mostovskih konstrukcija, ocenjujući mostove svake 3 godine na osnovu inspeksijskih pregleda.

Periodični i detaljni pregledi sprovode se na osnovu unapred utvrđenih lista objekata koji podležu obavezi potpunijeg nadgledanja (raspon ≥ 10 m) i imaju za cilj blagovremeno otkrivanje oštećenja i nepoželjnog ponašanja objekata, kao i zaštitu i očuvanje svih tipova konstrukcija. Na bazi podataka dobijenih u toku kontinuiranih pregleda, mogu se doneti odluke o vrsti i urgentnosti narednih aktivnosti.

Bilo je predviđeno da se za određivanje i procenu kvaliteta stanja objekata - IQOA iskoriste zapisnici o detaljnim pregledima svih objekata u sklopu putne mreže, ali zbog neblagovremeno ažuriranih zapisnika za objekte raspona manjeg od 10 m doneta je odluka da se izvrši dodatni inspeksijski pregled svih objekata raspona preko 2 m. Jedan od razloga neblagovremenog i korektnog ažuriranja inspeksijskih zapisnika je decentralizovano upravljanje mostovima u Francuskoj. Naime upravljanje mostovima obavlja se u okviru lokalnih odseka Direkcije za puteve, koji se u svom radu oslanjaju na pojedine organizacije specijalizovane za određeni tip problema kao što je SETRA (*Service d'Etudes Techniques des Routes et des Autoroutes*), LPCP (*Laboratoire Centrale des Ponts et Chaussées*) ili CETE (*Centre d'Etudes Technique de l'Équipement*). U cilju obezbeđenja tačnosti i homogenosti inspeksijskih pregleda, kao i zbog velike raznolikosti tipova objekata, pažljivo je isplaniran i propisan postupak pregleda [61].

Principi inspeksijskih pregleda kodirani su i dati u Tehničkom uputstvu za nadgledanje i održavanje mostova ITSEOA 2010¹³ (*Instruction Technique et l'Entretien des Ouvrages d'Art*).

Rezultati pregleda konkretizuju se klasifikacijom mostovskih konstrukcija u šest kategorija, u zavisnosti od stanja objekta i urgentnosti potrebnih radova popravki, vodeći računa o sigurnosti korisnika i trajnosti mostovskih konstrukcija. U tabeli 2.20 data je klasifikacija kategorija oštećenja IQOA.

Tabela 2.20. IQOA klasifikacija kategorija oštećenja

Kategorija	Definicija
1	Most u dobrom stanju i zahteva se samo redovno održavanje u skladu sa ITSEOA.
2	Most u dobrom stanju ili sa manjim oštećenjima koji zahtevaju posebno održavanje. Nije hitno.
2E	Nedostaci opreme mosta ili manja konstrukcijska oštećenja, potrebna hitna akcija.
3	Konstrukcijska oštećenja na mostu koja zahtevaju popravku. Nije hitna akcija.
3U	Ozbiljno konstrukcijsko pogoršanje koje zahteva hitnu popravku.
NA	Nije ocenjeno.

Ako uočena oštećenja i nedostaci mogu ugroziti sigurnost korisnika, potrebna je hitna intervencija, a uz jednu od pet gore navedenih kategorija dodaje se oznaka "S".

¹³ prvo izdanje 1979. godine, delimično revidirano 1995. godine, revidirano 2010. godine [61].

Ova klasifikacija praćena je vrlo preciznim definicijama korišćenih pojmova, kako bi se eliminisala mogućnost eventualnih grešaka i nesporazuma kod procene realnog stanja mostovskih konstrukcija.

Ocene se daju po pojedinim elementima mostovskih konstrukcija, prema tabeli 2.21.

Tabela 2.21. Ocena po pojedinim elementima

Deo mosta	1	2	3
Opis	Oprema mosta	Stubovi i ležišta	Gornji stroj mosta
Sastavni elementi	Kolovoz Pešačke staze Ograde Venci Sistem odvodnjavanja Dilatacione sprave	Stubovi Zidovi Temelji Ležišta	Ploća Nosači Poprečni nosači Konzole Hidroizolacija ...

Konaćna ocena je najviša odnosno najnepovoljnija ocena pojedinih oštećenja uoćenih na jednom delu mosta (npr. konstrukcijski element, odbojna ograda i sl.) i određuje ocenu stanja tog dela mosta. Ocena stanja celokupnog mosta određena je najvišom odnosno najnepovoljnijom ocenom svih delova mosta.

Na osnovu klasifikacije mostova u zavisnosti od njihovog stanja i analize koštanja očuvanja i/ili vraćanja potrebnog nivoa usluge, moguće je izvršiti globalnu procenu potrebnih finansijskih sredstava za rekonstrukciju oštećenih mostovskih konstrukcija, kao i budžet koji treba planirati za održavanje i popravke mostova u narednom periodu. Na bazi te procene određuje se politika za duži vremenski period u kome je potrebno vratiti željeni nivo usluge mostovskim konstrukcijama i obezbediti aktivnosti u domenu tekućeg održavanja. Sistem koristi softver ORACLE za globalnu evaluaciju stanja mostova (IQOA software), a ACCESS za prioritet sanacija mostovskih konstrukcija (**Edourad** i OA software).

Ovaj sistem koristi posebne baze podataka za menadžment pojedinih mostovskih konstrukcija i menadžment grupe mostova.

Podaci o izvršenim radovima, vreme, tip, koštanje i lokacija radova, čuvaju se samo za radove na održavanju koji koštaju više od 46000 Eura.

Za predviđanje pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija koristi rejtinge stanja u prošlosti.

Odluke za potrebne radove održavanja i popravke bazirane su na inženjerskom prosuđivanju.

Kriterijumi za postavljanje prioriteta rada na održavanju su:

- stanje mosta,
- značaj puteva,
- minimalna sredstva izdvojena za svaki lokalni okrug,

- mogućnost da svaki okrug završi (obavi) posao - studije i popravke,
- politika.

Sistem upravljanja mostovima nema modul za generisanje optimalne strategije održavanja (minimalno koštanje). Takođe ne pokazuje strategije prioriteta održavanja grupe mostova u mreži kada budžet nije dovoljan za održavanje. Nema dugoročno planiranje budžeta i bezbedonosne procene.

Ne uzima u obzir alternativne strategije održavanja i putne troškove kašnjenja korisnika.

2.3.10. Holandija - NL

Odeljenje za razvoj *Rijkswaterstaat*-a [62], Holandskog ministarstva za infrastrukturu i životnu sredinu, 1982. godine započelo je istraživanje eksploatacionog veka mostovskih konstrukcija, sa ciljem da racionalizuje njihovo održavanje. Istraživanje je usmereno na sigurnost mostova, inspeksijske preglede, održavanje i ekonomski aspekt ovih aktivnosti.

Nakon definisanja opšteg pristupa i strategije, Holandski institut za istraživanje TNO razvio je model za podršku pri odlučivanju kod procene stanja mostova.

Sistem upravljanja mostovima u Holandiji, naziva se DISK i ima korisničko uputstvo (*Users manual DISK 2006*) i administrativno uputstvo (*Administration manual*). Vlasnik i korisnik sistema je Ministarstvo za infrastrukturu i životnu sredinu Holandije [62].

Baza podataka DISK sistema upravljanja mostovima sadrži 3836 mostova, 681 propust, 34 tunela (uključujući 12 akvadukta), 261 hidrotehnički objekat (brane, ustave, prelive), zaštitnih konstrukcija 84 i 695 drugih konstrukcija (od toga je 544 podvožnjaka) [18].

Prva verzija programa urađena je 1985. godine a trenutna verzija je iz 2006. godine. Vizuelnim pregledima registruju se oštećenja i daje njihov detaljan opis, koji je osnova za ocenu stanja i procene rizika pregledanih konstrukcija. Podaci o inspeksijskim pregledima prikupljaju se na nivou elementa i daje njihova ocena stanja od 0 do 6 na osnovu vizuelnog pregleda, kako je dato u tabeli 2.22.

Tabela 2.22. Ocene stanja konstrukcijskih elemenata

Oznaka	Stanje	Opis
0	Izvršno	Nema oštećenja
1	Vrlo dobro	Početak oštećenja
2	Dobro	Mala oštećenja
3	Prihvatljivo	Višestruka oštećenja, mogu biti ozbiljna
4	Osrednje	Uznapredovala oštećenja, mogu biti teška
5	Loše	Oštećenja koja narušavaju sigurnost/funkcionalnost
6	Vrlo loše	Izuzetna opasnost

Iako u sistemu upravljanja mostovima DISK nije standardan, rizik kao posledica nedovoljne nosivosti konstrukcija može da se dodeli od strane korisnika. Rizik (RAMS) određuje se na osnovu ocene oštećenja. Nivo rizika klasifikovan je od 1 do 5 i zasniva se na mogućim efektima smanjenja funkcije konstrukcije.

Stanje na nivou elemenata ponderisano je sa dodeljenim rizikom svih elemenata i koristi se za automatsko izračunavanje indeksa kvaliteta konstrukcije. Ovaj indeks kvaliteta konstrukcije mešavina je ocene stanja i rizika, a ima rejting od 0 do 6.

Optimizacija održavanja objekata predmet je studije koju su TNO i "Rijkswaterstaat" uradili 1987. godine i usaglasili se da održavanje bude u zavisnosti od vrste i obima uočenih oštećenja i u zavisnosti od stanja objekta, tj. da preventivno održavanje bude nakon inspekcijskih pregleda.

Standardne intervencije za referentne strategije održavanja, predefinisane su po tipu elementa u smislu datih mera, jediničnih cena, intervala aktivnosti i dr. Korisnik može definisati i prilagođene intervencije.

Različite alternative održavanja porede se prema godišnjim troškovima. Studija je pokazala svu kompleksnost problema, zbog zavisnosti od stohastičkog karaktera velikog broja relevantnih parametara. Izabran je pristup optimizacije održavanja pojedinih komponenti objekata ponaosob, a strategija optimalnog održavanja kompletnog objekta može biti različita od ukupnog zbira optimalnih rešenja za pojedine komponente. Cilj je da se odredi tok oštećenja svih elemenata konstrukcije, kao i troškovi njihovog održavanja i da se na osnovu toga razradi plan održavanja, koji se zasniva na minimalnim troškovima održavanja u jedinici vremena. Pogoršanje stanja konstrukcijskih elemenata nije modelirano u sistemu upravljanja DISK. Takođe, poboljšanje objekata zbog intervencija, nije modelirano. Planiranje potrebnih radova je za period od jedne do deset godina. Troškovi intervencija dodeljuju se na nivou elementa.

Sistem ne uzima troškove kašnjenja saobraćaja, indirektno troškove korisnika, troškove inspekcija, troškove nezgoda i druge tipove troškova. Budžetska ograničenja tretiraju se u sistemu planiranja na mrežnom nivou.

Obuka i sertifikacija inspektora i korisnika je obavezna. Inspektori i drugi korisnici (najviše iz *Rijkswaterstaat*-a) raspravljaju o tekućim problemima i traže rešenja za poboljšanje kvaliteta sistema upravljanja mostovima.

2.3.11. Hrvatska - HR

U Hrvatskoj je 1995. godine započelo uvođenje sistema upravljanja mostovima, sa ciljem da se mostovi održavaju na optimalan način. Za održavanje sigurnosti saobraćaja, postizanje najboljih rezultata sa raspoloživim sredstvima, određivanje prioriteta popravki i izradu prognoze potrebnih proračuna za period od 5 godina, u Hrvatskoj su odlučili da primene Danski sistem upravljanja mostovima DANBRO. Sistem upravljanja mostovima u Hrvatskoj, pod imenom HRMOS, deo je kompleksnog sistema upravljanja građevinama SGG (*sustav gospodarenja građevinama*). Broj mostova kojima HRMOS upravlja je 1538 [63].

U osnovi HRMOS je identičan sistemu upravljanja DANBRO, čije su karakteristike već opisane, te se ovde navode samo neke specifičnosti HRMOS sistema upravljanja mostovima. Popis postojećih mostova osnova je za formiranje baze podataka o mostovima.

Inspekcijski pregledi se planiraju. Periodično nadgledanje mostovskih konstrukcija sprovodi se za svaki element mosta. Osnovni elementi mosta, kod inspekcijskog pregleda u sistemu upravljanja mostovima HRMOS su:

- 1 - površina kolovozna,
- 2 - dilatacione sprave,
- 3 - pešačke staze i razdelni pojas,
- 4 - ograde,
- 5 - glavni nosači,
- 6 - kolovozna ploča
- 7 - krajnji stubovi,
- 8 - stubovi,
- 9 - ležišta,
- 10 - kosine nasipa,
- 11 - krila,
- 12 - korito reke,
- 13 - drugi elementi,
- 14 - most opšte.

Ocena stanja mosta ($X_i, i = 1 - 14$), objektivan je parametar prema kome se određuju prioriteta kod planiranja popravaka. Registrovanjem uočenih oštećenja, ocenjuje se stanje pojedinih elemenata mosta, a konačno daje se ocena opšteg stanja cele građevine (X_{14}), odnosno njen rejting.

Klasifikacija oštećenja je u nekoliko kategorija, koje uključuju uporedive i slične pojave.

Ocena se daje na osnovu izvršenog pregleda i obavljenih ispitivanja od 0 (nema oštećenja) do 5 (uočena velika oštećenja). Kategorije 1 i 2 ocenjuju posledice nedostataka pri građenju, u kategoriji 3 su elementi na kojima je u toku proces pogoršanja stanja, dok 4 i 5 ocenjuju elemente sa znatnim oštećenjima.

Ocena opšteg stanja mosta u sistemu HRMOS sračunava se prema jednačini (12).

$$X_{14} = \max(X_{sr}, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9) \quad (12)$$

Sistem postavlja prioritete potrebnih radova na održavanju. Stanje neposredno pre i posle održavanja čuva se u sistemu HRMOS, ali ne i troškovi održavanja, popravki i inspeksijski troškovi. Takođe, sistem ne registruje detaljne informacije o troškovima za svaki zahvat.

Sistem upravljanja mostovima nema modul za generisanje optimalne strategije održavanja (minimalno koštanje), što je predmet određenih ograničenja kao što je najniži prihvatljivi nivo stanja mosta. Nudi potrebna novčana sredstva za održavanje (fond), ali nema dugoročno planiranje budžeta. HRMOS ne uzima putne troškove kašnjenja korisnika.

Sistem ne pokazuje strategije prioriteta održavanja grupe mostova, kada budžet nije dovoljan za održavanje. Takođe, ne uzima u obzir alternativne strategije održavanja.

Nema predviđanje pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija.

2.3.12. Irska - **IRL**

Irski sistem upravljanja mostovima "*Eirspan*", uveden je septembra 2001. godine, da koordiniše i integriše sve aktivnosti inspeksijskih pregleda, potrebnih radova popravki i rekonstrukcije, kako bi se osiguralo optimalno upravljanje konstrukcijama u okviru nacionalne putne mreže. U Irskoj su zaključili, da bi prilagođena verzija Danskog sistema upravljanja mostovima DANBRO najbolje ispunjavala zahteve regulatornih tela Irske. *Eirspan* se pokazao kao neprocenjiv alat koji pomaže u održavanju funkcionalnosti i sigurnosti mostova širom nacionalne putne mreže Irske. Broj mostova (raspona $\geq 2m$), kojima upravlja je 2997 [18]. Vlasnik sistema je saobraćajna infrastruktura Irske TII (*Transport Infrastructure Ireland*) [64]. *Eirspan* sadrži osnovne komponente sistema upravljanja mostovima, kao što je registar mostovskih konstrukcija, inspeksijski pregledi, rutinsko održavanje i rekonstrukcija mostova.

Niz priručnika urađen je da pomogne korisnicima u sprovođenju aktivnosti upravljanja mostovskim konstrukcijama.

Glavna inspekcija je sistematski vizuelni pregled svih pristupačnih delova konstrukcijskih elemenata mosta. Njegova svrha je da prati promene stanja elemenata mostova, proceni potrebe za popravkama i prati rutinsko održavanje mostova.

Ocenjuje se svaki od 13 standardnih elemenata mostovskih konstrukcija, a četrnaesta ocena se daje za mostovsku konstrukciju generalno. Ocena varira od 0 (nema ili neznatno oštećenje) do 5 (element nije za upotrebu). Vrsta i obim bilo kog značajnog oštećenja registruje se zajedno sa potrebom za posebne specijalne preglede. Opis oštećenja selektuje se iz standardne liste nedostataka i mogu biti predložena dva postupka popravki iz standardne liste popravki elemenata mostovskih konstrukcija. Količina potrebnih popravki, njihova procena troškova i godina izvršenja predloženih popravki, takođe se registruju.

Interval inspekcija može da varira od 1 do 6 godina, u zavisnosti od stanja i starosti konstrukcija, intenziteta saobraćaja koji se odvija na mostu i očekivanih stopa pogoršanja stanja mostova. Poseban inspekcijski pregled traži se, ako inspektor nije siguran koji je uzrok oštećenja, koliki je iznos štete ili koje metode popravki najviše odgovaraju datom oštećenju.

Rezultati se ocenjuju i predlaže se nekoliko relevantnih strategija popravki. Za svaku strategiju vrši se ekonomska analiza, uključujući direktne i indirektne troškove odlaganja strategije i izračunava optimalno rešenje zasnovano na neto sadašnjoj vrednosti troškova.

Sistem koristi iterativan postupak za ocenu odgovarajuće strategije za svaki most, tako da ukupni procenjeni troškovi budu u okviru budžeta i ekonomske posledice odlaganja radova svedene su na minimum.

Preliminarna rang lista popravki elemenata i konstrukcija data je u bazi podataka. Inženjersko prosuđivanje koristi se za određivanje prioriteta na nivou mreže.

Ocene stanja 4 ili 5 pokreću proceduru izveštavanja investitora i definisanja potrebnih aktivnosti za očuvanje sigurnosti mostovskih konstrukcija od moguće verovatnoće loma. Ne postoji nikakav formalni sistem rangiranja rizika, ali se rizik razmatra za vreme inspekcija.

Sistem ne uzima troškove kašnjenja saobraćaja, indirektne troškove korisnika, troškove inspekcija i troškove nezgoda. Budžetska ograničenja tretiraju se u sistemu planiranja na mrežnom nivou.

Obuka inspektora i korisnika je obavezna, ali ne i njihova sertifikacija.

2.3.13. Italia - I

Autonomna provincija Trento u Italiji, vlasnik je i korisnik sistema upravljanja mostovima APTBMS [65]. Sistem je razvijen na Univerzitetu Trento [66] i trenutno se koristi verzija iz 2013. godine, a prva verzija nastala je 2004. godine.

Baza podataka sadrži 1108 mostova [18]. Posедуje 4 uputstva za upotrebu i 9 priručnika sa procedurama [67].

Mostovi su razloženi na konstrukcijske jedinice SU (*Structural Units*), kao što su krajnji stubovi, srednji stubovi, temelji, glavni nosači, kolovozna ploča, koji se definišu kao konceptualni elementi okarakterisani zajedničkim atributima (tipologija, materijal, dužina ...). Prostorni raspored konstrukcijskih jedinica (SU), definisan je kroz logički označene veze elemenata (C). Svaki SU i C podrazumeva skup standardnih elemenata SE (*Standard Elements*) sa navedenom količinom i ocenom stanja. Kvantifikacija oštećenja je na osnovu AASHTO sistema "CoRe" elemenata. Na osnovu vizuelnog pregleda identifikuju se oštećenja i daje procena na nivou elementa AASHTO postupkom ocene stanja, prema tabeli 2.23.

Tabela 2.23. Ocene stanja elemenata u sistemu upravljanja mostovima Italije

Ocena	Opis
0	Nema značajnih oštećenja. Povratno se informacija dostavlja u svrhu rutinskog održavanja
1	Samo manji znakovi pogoršanja svojstava, bez razvoja oštećenja. Nije potrebna nikakva intervencija
2	Manji nedostaci, u početnoj fazi, koji mogu dalje napredovati. Nije potrebna nikakva intervencija
3	Nedostaci napreduju, ali nije potrebna nikakva intervencija
4	Nedostaci napreduju, ali intervencija nije hitna. Mere kojima bi se zaustavilo napredovanje oštećenja nisu potrebne u narednih 5 godina
5	Oštećenje je dostiglo nivo gde je potrebna popravka u narednih 5 godina, ali oštećenje ne utiče na sigurnost konstrukcije
6	Oštećenje ne dovodi u pitanje sigurnost konstrukcije, ali je potrebno intervenisati u naredne dve godine
7	Oštećenje utiče na smanjenje koeficijenta sigurnosti, intervencija je potrebna u naredne dve godine

Vlasnik (APT) vrši stalni nadzor i rutinske preglede jednom godišnje, a glavni inspeksijski pregledi su na 3 godine i obavljaju ih profesionalni inženjeri.

Stanje na nivou mosta izračunava se iz stanja pojedinih elemenata mosta. Nosivost se sračunava za svaku jedinicu mostovskih konstrukcija. Standardne intervencije unapred su definisane, a korisnik može definisati uticaj intervencija na mostu i prilagoditi interval održavanja i definisati troškove.

Sistem beleži troškove intervencija i inspeksijske troškove, ali ne i troškove kašnjenja saobraćaja, indirektno korisničke troškove i troškove životnog ciklusa.

Predviđanje efekata fizičkog stanja mostovskih konstrukcija zasniva se na Markovljevim modelima verovatnoće prelaza.

Kratkoročni scenario intervencija je za petogodišnji vremenski period, a strateško planiranje troškova životnog ciklusa je za period od 50 godina.

Sigurnost i rizik procenjuju se na nivou mosta, na osnovu procedura evaluacije. Rizik se analizira kroz pet faktora: otkaz glavnih elemenata, lom sekundarnih elemenata, kolaps stubova, nesreće zbog nestandardne ograde i gubitak života zbog zemljotresa.

Edukacija inspektora je obavezna kroz kurseve i obuke na Univerzitetu Trento.

2.3.14. Letonija - **LV**

Uprava za puteve Letonije [68] u saradnji sa Norveškom upravom za javne puteve [69], razvili su sistem upravljanja mostovima Letonije **Lat Brutus**, čiji je vlasnik i korisnik preduzeće za Državne puteve Letonije [70]. Baza podataka sadrži 934 mosta i 845 propusta.

Vizuelnim pregledom ustanovljavaju se oštećenja elemenata mostovskih konstrukcija i daje ocena stanja, procenjena sigurnost i ocena nosivosti od 1 do 4. Na nivou mosta ocena stanja dobija se prikupljanjem ocena svih elemenata u mostovskim konstrukcijama, a može biti dodeljena i od strane korisnika. Procena opasnosti od nedovoljnog kapaciteta nosivosti takođe može biti dodeljena od strane korisnika.

Standardne intervencije za referentne strategije na nivou elementa definisane su unapred, a mogu se modifikovati od strane korisnika i definisati prilagođene intervencije.

Na nivou mosta, nema predefinisanih standardnih intervencija i strategija, a korisnik ih sastavlja od potrebnih intervencija na nivou elemenata.

Sistem beleži troškove intervencija, ali ne i inspeksijske troškove, troškove kašnjenja saobraćaja, indirektno korisničke troškove i troškove životnog ciklusa.

Nema model predviđanja pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija, kao i planiranje vremenskih okvira, troškova i poboljšanja (popravke, sanacije, rekonstrukcije).

Sistem ima planiranje pripreme budžeta i usklađivanje izvora finansiranja.

Inspektori poseduju lični sertifikat, a edukacija inspektora je kroz organizovane treninge na Univerzitetu.

Korisnička grupa Letonije razmatra nastale probleme i traži rešenja za poboljšanje kvaliteta sistema upravljanja mostovima.

2.3.15. Mađarska -

Mađarska je od 1965. godine počela sa registracijom podataka o mostovima. Nacionalna banka podataka o putevima od 1980. godine sadrži i podatke o mostovima. U mađarskoj bazi podataka ima 6000 mostova [71].

U periodu između 1975. i 1995. godine, bilo je nekoliko istraživanja na polju obrade i evaluacije podataka o mostovima. Najznačajniji aspekti upravljanja mostovima, kao što su adekvatni standardi nosivosti mostova, jedinstvena registracija podataka o pregledu mostova, metode za određivanje efikasnih aktivnosti rekonstrukcija mostova, bruto i neto vrednovanje mostovskog inventara, strategija srednjeročnih i dugoročnih razvojnih programa na mrežnom nivou, programi održavanja na nivou projekta mosta, kao i programi održavanja, rekonstrukcije i poboljšanja mostova na mrežnom nivou, nisu rešeni ovim istraživanjima. Najbolje rešenje navedenog je razvoj sistema upravljanja mostovima, koji treba da integriše analizu i evaluaciju prikupljenih informacionih elemenata, uz kompleksnu analizu tehničkih i ekonomskih podataka. Nakon ocene i analize mogućih alternativa, u Mađarskoj su odlučili da prilagode Američki sistem PONTIS, koji se zasniva na matematičkoj optimizaciji.

Mađarska od 1996. godine za upravljanje mostovima koristi komercijalni paket PONTIS, koji je prilagođen specifičnostima održavanja mostova u Mađarskoj i koristi bazu podataka mostova u sistemu mađarskih nacionalnih autoputeva. Baza podataka Mađarske obuhvata tehničke i ekonomske podatke koji se kroz složene tehničke i ekonomske analize koriste da bi se postojeće mostovske konstrukcije u Mađarskoj sačuvale i poboljšalo njihovo stanje. Prilagođeni programski paket koji koristi nacionalnu bazu podataka Mađarske naziva se "PONTIS-H Bridge management System" [72]. PONTIS-H poseduje sve karakteristike koje su već navedene za osnovni programski paket PONTIS.

Mađarski PONTIS-H otkriva karakter procesa pogoršanja stanja mostova korišćenjem stvarnih podataka iz nacionalne baze podataka (kvazi vremenska serija): dugoročno stabilno stanje, sa minimalnim potrebnim troškovima, može se postići posle 20 - 25 godina [71]. Softver identifikuje konstrukcijske elemente mosta koji su od ključnog značaja za intervencije održavanja iz ugla isplativosti. Na osnovu analize osetljivosti predloženih strategija intervencija na mrežnom nivou, može da se dobije potrebna optimalna strategija i potrebni godišnji troškovi održavanja za postizanje konstantnog dobrog stanja mostovskih konstrukcija. Rezultati značajno doprinose pri ekonomskom i političkom odlučivanju za dobijanje potrebnih sredstava, kao i njihovu najefikasniju raspodelu i korišćenje.

2.3.16 Moskva - (RU)

Sistem upravljanja mostovima u Moskvi pod nazivom MOST, razvijen je 2001 i 2002. godine pod pokroviteljstvom Svetske banke u okviru sprovođenja "Moskva projekta". Sistem su razvile kompanije "Promos" iz Rusije i "AGA Inc.", iz SAD, sa učešćem "Cambridge Systematics, Inc." i "Ove Arup & Partners, Ltd." [73].

Sistem MOST nadgleda rad više od 850 objekata (mostova, nadvožnjaka, nadzemnih i podzemnih pešačkih prelaza, tunela, potpornih zidova i nasipa) [73].

Sistem upravljanja mostovima u Moskvi sadrži softver neophodan za vršenje inspeksijskog pregleda objekata, procenu stanja konstrukcijskih elemenata uzimajući u obzir i njihovo pogoršanje, za održavanje i servisiranje konstrukcija, kao i za planiranje optimalne strategije održavanja i popravki u okviru budžetskih ograničenja.

MOST je analitički sistem koji treba da pomogne inženjerima da dobiju objektivne podatke iz jedinstvenih kriterijuma za tehničko stanje mostova i drugih konstrukcija, kao i za predviđanje promena stanja objekata tokom vremena.

Takođe, MOST izračunava finansijske troškove za period održavanja konstrukcija, uzimajući u obzir budžetska ograničenja i daje proračun nosivosti konstrukcija, uz korišćenje optimalne tranzitne rute za specijalni transport (velika opterećenja).

U sistemu upravljanja mostovima MOST, posebno je razvijen proširivi katalog standardnih konstrukcijskih elemenata, sa odgovarajućim modelima pogoršanja stanja, skupom od nekoliko mogućih stanja, kao i setom standardnih procedura za popravke elemenata objekta. Katalog trenutno ima 209 standardnih konstrukcijskih elemenata i može da se proširi, a omogućava da se odredi adekvatna mera popravke za tačno određeno mesto, uz znatno veći nivo detalja u odnosu na druge sisteme upravljanja mostovima. Katalog omogućava da se tokom inspekcije definitivno odredi stanje svakog konstrukcijskog elementa mosta koristeći skalu sa pet nivoa, kako je to prikazano u tabeli 2.24 [74].

Tabela 2.24. Klasifikacija kategorija stanja u MOST sistemu upravljanja Moskve [74]

Stanje	Procena	Istrošenost	Vrsta potrebne popravke
1	Dobro	< 20%	Čišćenje, redovno održavanje
1,5	Nije vrlo dobro	20 - 40%	Preventivno održavanje
2	Loše	40 - 60%	Trenutna (lokalna) popravka
2,5	Veoma loše	60 - 80%	Glavna popravka
3	Neprihvatljivo	80 -100%	Zamena ili restauracija

Skala pokazuje procenjeni procenat istrošenosti i tip popravke, povezan za svako stanje.

Katalog aktivnosti popravki određuje nomenklaturu popravke i neophodne mere za dovođenje elemenata u bolje stanje.

Katalog cena aktivnosti popravki, određuje troškove popravki na osnovu troškova građevinskog materijala, troškova neophodnog mehanizma za obavljanje date popravke, troškova radne snage, uz primenu koeficijenata za složenost konstrukcija, teškoća u obavljanju posla i niza drugih faktora. Analizirani su i koeficijenti za inflaciju i refinansiranje. Katalog u softverskom paketu sistema MOST omogućava poređenja predviđenih i stvarnih troškova kompletnih radova tokom korisnički određenog vremenskog razmaka.

Ekonomski programski moduo sistema MOST sadrži osnovne komponente:

- izračunavanje indeksa stanja,
- predviđanje budućeg tehničkog stanja i
- proračun budžeta i optimizacija.

Aktivnosti održavanja, popravki i rekonstrukcija mostovskih konstrukcija, planiraju se i optimizuju s obzirom na budžet, na osnovu podataka koje su dobijene tokom standardnih inspeksijskih pregleda. Planovi se mogu uraditi za celu mrežu mostova, za nekoliko odabranih konstrukcija, pa čak i za određenu grupu standardnih konstrukcijskih elemenata.

Proračuni se vrše interaktivno, što omogućava korisniku da promeni kriterijume i koeficijente, prema datim specifičnim uslovima. Realizacijom MOST sistema upravljanja, Moskva može objektivno da proceni stanje objekata u gradu i izvrši optimizaciju planiranih dugoročnih i kratkoročnih aktivnosti održavanja i popravki.

U razvoju sistema, doneta je odluka da se instalira kontinuirano praćenje konstrukcija. Ovaj sistem, u realnom vremenu meri i snima određene parametre korišćenja mostovskih konstrukcija, kao što su deformacije, opterećenja i temperature. Oprema za sistem nadzora je instalirana na "*Большой Москворецкий*" mostu preko reke Moskve na raskrsnici Kutuzov sa trećim transportnim prstenom.

Opštinske vlasti Moskve stvorile su poseban dispečerski centar za korišćenje MOST sistema upravljanja. Centar je opremljen svom neophodnom opremom za efikasno funkcionisanje sistema i kontinuirani monitoring.

Kao rezultat MOST implementacije, u Moskvi mogu objektivno da procene aktuelno stanje objekata u gradu, promene stanja objekata tokom vremena, kao i potrebna finansijska sredstva za održavanje mostovskih konstrukcija i obavljanje ostalih aktivnosti funkcionisanja infrastrukturnih objekata u gradu.

2.3.17. Nemačka - **D**

Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i urbanizma Nemačke (BASt) i Nemačke savezne državne uprave koriste sistem upravljanja mostovima GBMS (*German Bridge Management System*), koji razvija PTV AG [75].

Sistem upravljanja mostovima nema specijalne dokumentacije kao proceduru za korišćenje. Koristi softver SQL ("*SIB-Bauwerke*") za beleženje podataka o konstrukciji, inspekcijama, održavanju i koštanju.

U bazi podataka "*SIB-Bauwerke*" nalazi se 34600 mostova kojima GBMS upravlja.

Osnova za izračunavanje indeksa stanja mostovskih konstrukcija su smernice "RI-EBW-PRÜF" za procenu štete/nedostataka elemenata mostova.

Konstrukcijski podaci i podaci o oštećenjima na nivou elementa, prikupljaju se planiranim inspekcijama prema DIN 1076. Na nivou mostovskih konstrukcija, podaci se prikupljaju sa nivoa elemenata. Most se opisuje sa 13 generičkih delova prema tabeli 2.25.

Tabela 2.25. Generički delovi mosta.

Deo mosta	Opis
1	Gornji stroj
2	Donji stroj
3	Prethodno napregnuti elementi
4	Temelji
5	Sidra
6	Zatege
7	Ležišta
8	Put
9	Dilatacione sprave
10	Površina kolovoza
11	Krila i prelazne ploče
12	Sigurnosni uređaji
13	Ostalo

Stanje svakog dela opisuje se ocenom, koja može imati vrednost u rasponu od 1,0 do 4,0 gde ocena 4,0 označava most koji ne zadovoljava.

Određuje se uticaj svakog uočenog oštećenja na stabilnost (S), sigurnost saobraćaja (V) i trajnost (D). Na osnovu uticaja svakog oštećenja određuje se ocena elementa (generičkog dela mosta) i na osnovu njih sračunava ocena čitavog mosta. Mostovske konstrukcije ocenjuju se na skali 0 - 4, kako je prikazano u tabeli 2.26. a prema opširnom katalogu oštećenja za svaki deo mosta.

Tabela 2.26. Ocena oštećenja mostovskih konstrukcija u Nemačkoj

Ocena	Kriterijum	Opis stanja
0	S	Nema uticaja
	V	Nema uticaja
	D	Nema uticaja
1	S	Utiče na nosivost elementa, ali ne i čitave konstrukcije. Uklanjanje oštećenja u okviru aktivnosti održavanja.
	V	Minimalno utiče na sigurnost saobraćaja, ali sigurnost postoji. Uklanjanje oštećenja u okviru aktivnosti održavanja.
	D	Utiče na trajnost, ali se ne očekuje povećanje oštećenja niti posledice na druge elemente. Uklanjanje oštećenja u okviru aktivnosti održavanja.
2	S	Utiče na nosivost elementa i u manjoj meri na nosivost konstrukcije. Odstupanja su u granicama tolerancije. Uklanjanje oštećenja u razumnom roku.
	V	Delomičan uticaj na sigurnost saobraćaja, ali sigurnost postoji. Uklanjanje oštećenja ili postavljanje znakova upozorenja.
	D	Utiče na trajnost elementa, a dugoročno i na trajnost čitave konstrukcije. Uklanjanje oštećenja u razumnom roku.
3	S	Utiče na nosivost elementa i čitave konstrukcije. Odstupanja prelaze granice tolerancije. Uklanjanje oštećenja odmah. Ograničenje saobraćaja.
	V	Utiče na sigurnost saobraćaja. Uklanjanje oštećenja ili postavljanje znakova upozorenja u kratkom roku.
	D	Utiče na trajnost elementa, a uskoro i na trajnost čitave konstrukcije. Uklanjanje oštećenja u kratkom roku.
4	S	Nosivost više ne postoji. Trenutno ograničenje saobraćaja i započinjanje popravki ili obnove.
	V	Sigurnost saobraćaja više ne postoji. Trenutno ograničenje saobraćaja i započinjanje popravki ili obnove.
	D	Trajnost više ne postoji. Trenutna popravka, ograničenje saobraćaja ili obnova.

Zbirna ocena uticaja oštećenja na nosivost, sigurnost saobraćaja i trajnost mostova, određuje se prema matricama datim u tabelama 2.27 - 2.31.

Ovoj se oceni, označenoj sa Z_1 , dodaje pozitivna ili negativna vrednost ΔZ_1 , kojom se uzima u obzir ukupna raširenost opterećenja, kako je prikazano u izrazu (13):

$$\begin{aligned}
 U = \text{«malo»} &\rightarrow \Delta Z_1 = -0,1 \\
 U = \text{«srednje»} &\rightarrow \Delta Z_1 = 0 \\
 U = \text{«veliko»} &\rightarrow \Delta Z_1 = +0,1
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

Tabela 2.27. $D=0$

		V				
		0	1	2	3	4
S	0	1,0	1,1	2,0	2,5	4,0
	1	1,2	1,3	2,1	2,6	4,0
	2	2,1	2,2	2,3	2,7	4,0
	3	3,0	3,2	3,4	3,6	4,0
	4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

Tabela 2.28. $D=1$

		V				
		0	1	2	3	4
S	0	1,1	1,3	2,1	2,6	4,0
	1	1,5	1,7	2,2	2,7	4,0
	2	2,2	2,3	2,4	2,8	4,0
	3	3,1	3,3	3,5	3,6	4,0
	4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

Tabela 2.29. **D=2**

		V				
		0	1	2	3	4
S	0	2,0	2,1	2,2	2,7	4,0
	1	2,2	2,3	2,4	2,8	4,0
	2	2,3	2,5	2,6	2,9	4,0
	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0
	4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

Tabela 2.30. **D=3**

		V				
		0	1	2	3	4
S	0	2,5	2,6	2,7	2,8	4,0
	1	2,7	2,8	2,9	3,0	4,0
	2	2,8	3,0	3,1	3,2	4,0
	3	3,3	3,5	3,7	3,9	4,0
	4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

Tabela 2.31. **D=4**

		V				
		0	1	2	3	4
S	0	3,0	3,1	3,2	3,3	4,0
	1	3,2	3,3	3,4	3,5	4,0
	2	3,3	3,5	3,6	3,7	4,0
	3	3,6	3,7	3,8	4,0	4,0
	4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

Ukupna ocena za svaki pojedini deo konstrukcije Z_{BG} biće maksimum odgovarajućih ocena Z_1 , uz dodavanje pozitivne ili negativne vrednosti ΔZ_2 , kojom se uzima u obzir broj pojavljivanja oštećenja unutar grupe elemenata koji čine jedan deo mosta, prema izrazu (14).

Za donji stroj mosta vrednosti ΔZ_2 određuju se:

$$\begin{aligned}
 n < 5 & \rightarrow \Delta Z_2 = -0,1, \\
 5 \leq n \leq 15 & \rightarrow \Delta Z_2 = 0, \\
 n > 15 & \rightarrow \Delta Z_2 = +0,1,
 \end{aligned} \tag{14}$$

dok za sve druge delove mosta važi:

$$\begin{aligned}
 n < 3 & \rightarrow \Delta Z_2 = -0,1, \\
 3 \leq n \leq 5 & \rightarrow \Delta Z_2 = 0, \\
 n > 5 & \rightarrow \Delta Z_2 = +0,1.
 \end{aligned} \tag{15}$$

Ocena stanja čitavog mosta Z_{ges} polazi od najviše ocene dela mosta $max Z_{BG}$, uz dodavanje pozitivne ili negativne vrednosti ΔZ_3 , koja uzima u obzir raširenost oštećenja na više delova mosta, kako je prikazano u izrazu (16):

$$\begin{aligned}
 1 - 3 \text{ oštećena dela mosta} & \rightarrow \Delta Z_3 = -0,1, \\
 3 - 7 \text{ oštećenih delova mosta} & \rightarrow \Delta Z_3 = 0, \\
 \text{više od 7 oštećenih delova mosta} & \rightarrow \Delta Z_3 = +0,1.
 \end{aligned} \tag{16}$$

Konačno ocena stanja čitavog mosta može se raspodeliti u šest kategorija kako je prikazano u tabeli 2.32.

Tabela 2.32. Konačna ocena stanja mosta

Ocena Z_{ges}	Opis stanja i potrebni radovi održavanja
1,0 - 1,4	Vrlo dobro stanje konstrukcije. Osigurana je nosivost, sigurnost saobraćaja i trajnost konstrukcije. Potrebno je rutinsko održavanje.
1,5 - 1,9	Dobro stanje konstrukcije. Osigurana je nosivost i sigurnost konstrukcije. Trajnost konstrukcije može biti dugoročno ugrožena u manjoj meri. Potrebno je rutinsko održavanje.
2,0 - 2,4	Zadovoljavajuće stanje konstrukcije. Osigurana je nosivost i sigurnost konstrukcije. Moguće je širenje postojećih oštećenja ili pojava daljih oštećenja kao posledica postojećih, koje dugoročno vodi znatnom smanjenju nosivosti i/ili sigurnosti saobraćaja ili povećanom habanju. Potrebno je rutinsko održavanje. Popravke su potrebne u srednjoročnom vremenskom razdoblju. Radovi na rekonstrukciji ili znakovi upozorenja za povećanje sigurnosti saobraćaja mogu biti potrebni u kratkom roku.
2,5 - 2,9	Privremeno zadovoljavajuće stanje konstrukcije. Osigurana je nosivost konstrukcije. Sigurnost saobraćaja može biti ugrožena. Očekivano je širenje postojećih oštećenja ili pojava daljih oštećenja kao posledica postojećih, koje dugoročno vodi znatnom smanjenju nosivosti i/ili sigurnosti ili povećanom habanju. Potrebno je rutinsko održavanje. Popravke su potrebne u kratkom roku. Radovi na rekonstrukciji ili znakovi upozorenja za povećanje sigurnosti saobraćaja mogu biti potrebni u kratkom roku.
3,0 - 3,4	Kritično stanje konstrukcije. Nosivost i/ili sigurnost konstrukcije mogu biti ugrožene. Moguće je da trajnost konstrukcije više nije osigurana. Širenje postojećih oštećenja ili pojava daljih oštećenja kao posledica postojećih, može u kratkom roku dovesti do nepostojanja nosivosti i/ili sigurnosti konstrukcije. Potrebno je rutinsko održavanje. Popravke su potrebne odmah. Radovi na rekonstrukciji, znakovi upozorenja za povećanje sigurnosti saobraćaja ili ograničenje upotrebe mogu biti hitno neophodni.
3,5 - 4,0	Nezadovoljavajuće stanje konstrukcije. Nosivost i/ili sigurnost konstrukcije su znatno ugrožene ili ne postoje. Moguće je da trajnost konstrukcije više nije osigurana. Širenje postojećih oštećenja ili pojava daljih oštećenja kao posledica postojećih, može u kratkom roku uzrokovati gubitak nosivosti i/ili sigurnosti saobraćaja, ili voditi nepovratnom oštećenju konstrukcije. Potrebno je rutinsko održavanje. Popravci ili zamena potrebni su odmah. Radovi na rekonstrukciji ili znakovi upozorenja za povećanje sigurnosti saobraćaja ili ograničenje upotrebe neophodni su odmah.

Sistem postavlja prioritet radova na održavanju prema sledećim kriterijumima:

- stanje mosta,
- stepen i posledice oštećenja,
- značaj puteva,
- slobodni profil - širina kolovoza,
- sigurnost u saobraćaju,
- dostupan personal.

Na osnovu ocene stanja ili vremena, za svaku grupu komponente mosta predefinisane su standardne intervencije na nivou elementa. Na osnovu procene na nivou grupe komponenti mosta određuju se potrebne intervencije na nivou konstrukcije, koristeći analizu troškova i dobiti. Na nivou mreže, optimizacija je moguća na osnovu kriterijuma kvaliteta ili finansija.

Sistem registruje detaljne informacije o troškovima za svaki zahvat (akciju), ali ne uzima troškove inspekcija. Troškovi se koriste za planiranje budžeta.

Planski period je 6 godina sa razmatranjem nastavka praćenja akcija 7 do 20 godina. Rezultati finansijskih scenarija mogu da se koriste za dostizanje budžetskih ograničenja.

Modeli pogoršanja stanja elemenata gornjeg i donjeg stroja mosta razvijeni su za prodor hlorida, karbonizaciju i koroziju. Sistem nema bezbedonosne procene.

Edukacija inspektora sprovodi se kroz obuku u udruženju inspektora mostova.

2.3.18. Norveška - N

Norveška administracija javnih puteva razvila je sistem upravljanja mostovima BRUTUS [76]. Prva verzija urađena je 1995. godine a trenutno se koristi verzija iz 2013. godine. Baza podataka sistema sadrži 11500 mostova (raspona $\geq 2,5$ m), 5200 propusta, 100 tunela, 700 morskih konstrukcija, 980 potpornih zidova i 1600 zaštitnih konstrukcija [18]. Vlasnik i korisnik sistema upravljanja mostovima je Norveška administracija javnih puteva (NPRA).

Vizuelnim pregledima, nedestruktivnim i destruktivnom inspekcijama procenjuje se stanje elemenata mostovskih konstrukcija. Osnovni elementi konstrukcija su: dilatacione sprave, ležišta, sistem za odvodnjavanje, ograde, kolovoz i hidroizolacija, noseće rasponske konstrukcije, krajnji stubovi i srednji stubovi.

Ocenjuje se stepen oštećenja prema tabeli 2.33 i uticaj oštećenja na mostovske konstrukcije prema tabeli 2.34. Konačna ocena stanja mosta definiše se na osnovu ocene pojedinačnih elemenata.

Tabela 2.33. Ocene stepena oštećenja

Ocena	Opis
1	Mala oštećenje / nedostaci; nije potrebna nikakva intervencija
2	Srednje oštećenje / nedostaci; intervencija u narednih 4-10 godina
3	Ozbiljno oštećenje / nedostatak; intervencija u narednih 1-3 godine
4	Kritično oštećenje / nedostatak; hitna intervencija, najkasnije u narednih 6 meseci
9	Nije pregledan

Tabela 2.34. Ocena uticaja oštećenja

Ocena	Opis
B	Oštećenje / nedostatak ugrožava nosivost
T	Oštećenje / nedostatak ugrožava sigurnost saobraćaja
V	Oštećenje / nedostatak može povećati troškove održavanja
M	Oštećenje / nedostatak može uticati na okolinu / izgled (estetika)

BRUTUS iz informacionog sistema putne mreže automatski uzima broj rute i lokaciju mosta. Ima korisničko uputstvo kao proceduru za korišćenje sistema upravljanja mostovima.

Nema modul za generisanje optimalne strategije održavanja i nema predviđanje pogoršanja stanja elemenata. Takođe, sistem se ne koristi za beleženje troškova održavanja, popravki i inspeksijskih troškova.

BRUTUS nema modul za generisanje optimalne strategije održavanja (minimalno koštanje). Takođe, ne pokazuje strategije prioriteta održavanja grupe mostova kada budžet nije dovoljan za održavanje.

Odgovornost za prioritet mostova je na lokalnom ili regionalnom nivou.

Kriterijumi za postavljanje prioriteta rada na održavanju su:

- stepen i posledice oštećenja,
- ispitivanje alternativnih strategija u pogledu tehničkih izbora i poređenja između troškova održavanja (direktnih i indirektnih).

Sistem ima dugoročno planiranje budžeta od 1 do 10 godina.

BRUTUS daje potrebna novčana sredstva za održavanje (fond).

Procena bezbednosti u saobraćaju, održavanje i zaštita životne sredine, ocenjuju se ocenama od 1 - 4 za svaku posledicu. Ako je potrebno nosivost može da proceni korisnik, kao i posledice ako dođe do bilo kakve vrste rizika.

2.3.19. Poljska - **PL**

U Poljskoj, trenutno se koriste dva sistema upravljanja mostovima SMOK čiji je vlasnik i korisnik PKP - Poljska železnica (*PKP Polish Railway Lines S. A.*) [77] i SZOK koji koriste regionalne i lokalne putne administracije i razvijeni su od strane "Wroclaw" Univerziteta [78].

Sistem upravljanja mostovima u Poljskoj sadrži skup modula sa određenim procedurama za rešavanje problema i pitanja tehničkog i administrativnog domena.

Procedure koje se koriste za podršku pri donošenju određenih odluka u okviru sistema, razmatraju se sa različitim kompetencijama u zavisnosti od nivoa na kome se izvršavaju.

Održavanje mostova u Poljskoj finansira se iz nekoliko izvora. Vrlo često potrebe premašuju raspoloživa sredstva iz budžeta i zbog toga se lista radova za svaki most mora korigovati. Konačna lista radova na mostu sa predviđenim troškovima održavanja, usvaja se na državnom nivou.

2.3.19.1. Poljski sistem upravljanja mostovima SMOK

Projekat SMOK prvi put je primenjen 1997. godine, a napredna verzija implementirana je 2001. godine. Sistem je razvijen od strane "Wroclaw" Univerziteta [78] i ima dva priručnika za korišćenje "Računarski inventar inženjerskih konstrukcija" (*Computer inventory of engineering structures*) i "Uputstvo za inspektora mosta" (*Manual of bridge inspector*).

Baza podataka sadrži 7902 mosta, 24189 propusta, 26 bušenih tunela, 388 useka i pokrivenih tunela i 771 potporni zid [18]. Nadgledanjem, inspektori direktno unose podatke pregleda u sistem i izveštaji se automatski generišu. Takođe, direktan je i unos podataka intervencija u sistem. Projektovana klasa opterećenja prilikom izgradnje, kao i trenutno prihvatljiva klasa opterećenja čuvaju se u sistemu upravljanja SMOK.

Nadgledanje i inspekcije sprovode se kroz osnovni (vizuelni) pregled, detaljni (bez razaranja) i posebni (specijalni) pregled koji se radi po potrebi (npr. test opterećenja, destruktivna ispitivanja i dr.). Identifikovane vrste nedostataka i njihov obim i intenzitet, na nivou elementa, beleže se u bazu podataka sistema upravljanja SMOK. Za nivo objekta, prikupljaju se informacije oštećenja sa svih elemenata, preko unapred definisanih formula.

Na osnovu vizuelnog pregleda i rezultata ispitivanja (testiranja), elementi dobijaju ocenu stanja od 0 do 5, gde je: 0 - stanje koje traži hitnu akciju, 1- pred interventno stanje,

2 - neodgovarajuće stanje, 3 - upozoravajuće stanje,

4 - zadovoljavajuće stanje i 5 - odgovarajuće stanje.

Procena stanja podržana je od strane ekspertskeg sistema BEEF (*Bridge Evaluation Expert Function*), na osnovu hibridne mrežne tehnologije. Ocena stanja čitavog mosta, prosečna je vrednost ocene stanja 12 elemenata konstrukcije. Nosivost je definisana na nivou konstrukcije, a sigurnost je delimično uključena u sistem ocene stanja.

Službeni katalog oštećenja nije uspostavljen, pa je ocena ozbiljnosti oštećenja i uticaja na sigurnost cele konstrukcije zavisna od iskustva osobe koja vrši pregled.

Sistem SMOK nema predefinisanih standarda potrebnih intervencija, već korisnik može definisati prilagođene intervencije, koristeći unapred definisane liste aktivnosti održavanja i rekonstrukcije. Na osnovu stanja konstrukcija, sistem kreira rang listu. Korisnik može definisati pravila rangiranja. Na osnovu rang liste konstrukcija i budžetskih ograničenja određuje se program rada za narednu godinu. U sistemu su definisani troškovi korisnički prilagođenih akcija održavanja i rekonstrukcije. Rizik se ne razmatra u ovom sistemu.

Sistem beleži troškove intervencija, ali ne i inspeksijske troškove, troškove nezgoda, troškove kašnjenja saobraćaja, indirektno korisničke troškove i troškove životnog ciklusa.

Pogoršanje stanja konstrukcija nije modelirano u sistemu SMOK. Takođe, nema modul planiranja vremenskih okvira i troškova popravke, sanacija i rekonstrukcija.

Poboljšanja zbog intervencija nisu direktno modelirana u sistemu. Uticaj intervencija procenjuje se tokom inspekcija tek nakon završetka radova na održavanju ili rekonstrukciji konstrukcija. Sistem ima planiranje pripreme budžeta i usklađivanje izvora finansiranja na nivou mreže.

Obavezna je obuka inspektora i ostalih korisnika koja se sprovodi na "Wroclaw" Univerzitetu, na osnovu koje se izdaju lični sertifikati za svaku vrstu inspekcije. Revizije sistema obavlja "Wroclaw" Univerzitet.

2.3.19.2. Sistem upravljanja mostovima SZOK

Regionalne i lokalne putne administracije od 1998. godine koriste sistem upravljanja mostovima SZOK, a verzija koja se trenutno koristi je iz 2010. godine. Sistem je razvijen od strane "Wroclaw" Univerziteta [78] i ima priručnik za korisnike (*Users Manual SZOK 2009*).

Broj objekata uključenih u sistem zavisi od lokalne putne administracije, odnosno pojedinih instalacija programa. U Poljskoj je do sada sistem instaliran u oko 20 regionalnih i lokalnih putnih administracija.

Podaci registra inventara i inspeksijski podaci prikupljaju se inspeksijskim pregledima pojedinačno za svaki osnovni element, a osnovne informacije o ukupnoj konstrukciji dobijaju se na osnovu podataka na nivou elementa.

Nadgledanje i inspekcije sprovode se kroz osnovni (vizuelni) pregled, detaljni (bez razaranja) i posebni (specijalni) pregled koji se radi po potrebi (npr. test opterećenja, destruktivna ispitivanja i dr.). Identifikovane vrste oštećenja i njihov obim i intenzitet na nivou elementa, beleže se u bazu podataka sistema upravljanja SZOK.

Na osnovu vizuelnog pregleda i rezultata ispitivanja (testiranja), elementi dobijaju ocenu stanja od 0 do 5. Za nivo objekta prikupljaju se informacije oštećenja sa svih elemenata, preko unapred zadatih formula. Procena stanja konstrukcije je na osnovu ocena stanja glavnih konstrukcijskih elemenata. Nosivost konstrukcija zasnovana je na individualnim proračunima.

Sigurnost je delimično uključena u sistem ocene stanja, dok se rizik ne razmatra. Sistem SZOK nema predefinisanih standarda potrebnih intervencija, već korisnik može definisati prilagođene intervencije, koristeći unapred definisane liste aktivnosti održavanja i rekonstrukcije. Pogoršanje stanja konstrukcija nije modelirano u sistemu SZOK.

Sistem ne uzima troškove intervencija, inspeksijske troškove, troškove nezgoda, troškove kašnjenja saobraćaja, indirektno korisničke troškove i troškove životnog ciklusa.

Informacije prikupljene u sistemu upravljanja SZOK, koriste se za planiranje u vremenskim okvirima od 1 do 10 godina. Poboljšanja zbog intervencija u sistemu nisu direktno modelirana. Uticaj intervencija procenjuje se tokom inspekcija tek nakon završetka radova na održavanju ili rekonstrukciji konstrukcija. Sistem nema planiranje pripreme budžeta i usklađivanje izvora finansiranja.

2.3.20. Portugal - P

Sistem upravljanja mostovima u Portugalu koristi se od 1998. godine. Broj mostova kojima se upravlja je 1400. Nadgledanje i inspeksijski pregledi mostovskih konstrukcija se planiraju. Na osnovu pregleda elemenata mostovskih konstrukcija izračunava se ocena stanja objekta (rejting). Ocena sigurnosti čitave konstrukcije mosta CR (*Condition Ratings*) određuje se korišćenjem izraza datog jednačinom (17).

$$CR = a_1 \times CR_{rasponske\ konstrukcije} + a_2 \times CR_{stubova} + a_3 \times CR_{oporaca} \quad (17)$$

gde je:

$$a_1 = 0,6$$
$$a_2 = 0,2$$
$$a_3 = 0,2$$

Ocnom CR pojedinih elemenata (rasponske konstrukcije, stubova i oporaca), obuhvaćen je niz različitih parametara: vrsta konstrukcije, okolna sredina, pogoršanje svojstava materijala i dr.

U sistemu upravljanja mostovima Portugalije, ocena sigurnosti mosta ima veći "težinski" faktor u postupku određivanja prioriteta nego ostala svojstva:

- bezbednost saobraćaja,
- upotrebljivost / funkcionalnost,
- značaj (važnost) mosta,
- ostali faktori.

Sistem upravljanja mostovima u Portugaliji koristi bazu podataka za menadžment grupe mostova. Međutim, nema modul za generisanje optimalne strategije održavanja (minimalno koštanje), što je predmet određenih ograničenja kao što je najniži prihvatljivi nivo stanja mosta, ali izračunava potrebna novčana sredstva za održavanje (fond).

Za postavljanje prioriteta rada na održavanju, sistem upravljanja mostovima u Portugalu koristi sledeće kriterijume:

- stanje mosta,
- obim i posledice oštećenja,
- bezbednost u saobraćaju,
- minimiziranje troškova održavanja.

Stanje neposredno pre i posle održavanja čuva se u bazi podataka sistema.

Sistem ne uzima u obzir alternativne strategije održavanja i ne pokazuje strategije prioriteta održavanja grupe mostova kada budžet nije dovoljan za održavanje. Takođe, ne registruje detaljne informacije o troškovima za svaki zahvat (akciju). U sistemu se ne beleže troškovi održavanja, popravki i inspekcijski troškovi. Nema dugoročno planiranje budžeta.

Ne uzima putne troškove kašnjenja korisnika i nema predviđanje pogoršanja stanja mostova.

2.3.21. Slovenija - SLO

Direkcija za puteve Republike Slovenije (ZAG) od 1996. godine koristi sistem upravljanja mostovima. Broj mostova kojima upravlja je 1760. Sistem nema oficijalne smernice i korisničko uputstvo [20], ali ima 3 izveštaja ZAG-a. Inspekcijski pregledi se planiraju i na osnovu njih određuje se stanje objekta (rejting).

Sistem određuje koja je najbolja opcija održavanja u zavisnosti od važnosti mosta. Kriterijumi za postavljanje prioriteta rada na održavanju su:

- rejting konstrukcija mosta,
- značaj puteva,
- nosivost mostova.

Kada su potrebni radovi održavanja odlučuje se na osnovu povećanih tokova saobraćaja i važnosti mosta u regionu. U sistemu se vreme, tip i lokacija radova beleže odvojeno od koštanja radova na održavanju. Sistem se ne koristi za čuvanje podataka troškova održavanja, popravki i inspekcijskih troškova. Nema modul za generisanje optimalne strategije održavanja (minimalno koštanje), što je predmet određenih ograničenja kao što je najniži prihvatljivi nivo stanja mosta. Sistem ne pokazuje strategije prioriteta održavanja grupe mostova kada budžet nije dovoljan za održavanje. U sistemu upravljanja mostovima Slovenije, za prognozu pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija koriste rejtinge stanja u prošlosti.

2.3.22. Švajcarska - CH

Upravljanje putnom mrežom u Švajcarskoj je u zajedničkoj nadležnosti kantona i federacije. Zadatak federalne službe je usaglašavanje potreba ovih kantona i određivanje prioriteta u finansiranju na nivou celokupne mreže.

Da bi što bolje i efikasnije obavili ove dužnosti, Švajcarski Federalni biro za puteve i IMC (*Infrastructure Management Consultants LLC*) [79] razvili su koncept i funkcionalni dizajn sistema upravljanja mostovima KUBA (*KUnstBAuten*), koji je realizovan 1989. godine. Trenutno se koristi verzija iz 2014. godine. Korisnici sistema su Švajcarski Federalni biro za puteve, 18 kantona i različiti gradovi i zajednice.

Sistem upravljanja KUBA ima brojne karakteristične osobine. Sastoji se od baze podataka inventara (KUBA-DB), alata za planiranje održavanja i čuvanja konstrukcija (KUBA-MS), modula za izveštavanje (KUBA-RP) i modula za procenu specijalnog i teškog transporta (KUBA-ST) [80].

Baza podataka sadrži 4635 mostova, 1309 propusta, 835 tunela, 2877 potpornih konstrukcija, 860 zaštitnih konstrukcija, 242 objekta kontrolnih centara i 173 galerija [18].

Sistem poseduje uputstvo za korisnike (*User Manual*), uputstvo za primenu i administriranje (*Administration and deployment manual*), smernice za bazu podataka (*Data Collection Guidelines*), inspeksijski priručnik (*Inspection Manual*) i tehničke kataloge (*Technical catalogues*) [81].

Konstrukcije se modeliraju kao hijerarhijsko stablo, sa proizvoljnim brojem nivoa. Najčešće su to konstrukcijski elementi, koji se dalje mogu razložiti na segmente zavisno od geometrije, veličine, konstrukcijske uloge i uslova sredine. Elementi se klasifikuju po svojoj vrsti i tipu konstrukcije, dok se segmenti razvrstavaju po svom obimu i izloženosti uticajima okolne sredine. Za svaki hijerarhijski nivo, prikupljaju se podaci o tipu, korišćenom materijalu, konstrukcijskom tipu, načinu građenja, dimenzijama i količinama.

Vizuelnim pregledima identifikuju se i kvantifikuju oštećenja. Na osnovu tehničkih kataloga i mera, daje se opis oštećenja u smislu njihovog obima i ozbiljnosti. Na osnovu utvrđenog fizičkog stanja inspeksijskim pregledom, određuje se ocena stanja od 1 (najbolje stanje - nema oštećenja) do 5 (najgore stanje - hitno rešavanje). Ocena stanja opisuje tip, ozbiljnost i stepen oštećenja. Vrsta oštećenja u tom kontekstu predstavlja proces pogoršanja stanja koji karakteriše izgled i razvoj određenog oštećenja. Tokom obavljanja inspeksijskih pregleda, inspektor mora da identifikuje oštećenja i klasifikuje ih na osnovu njihovog vizuelnog izgleda oštećenih zona. Pojedinačna oštećenja povezana istim procesom pogoršanja se grupišu.

Inspekcijski pregledi obavljaju se na 5 godina, mada u nekim slučajevima mogu biti potrebni pregledi i u kraćem vremenskom periodu. Za novoizgrađene objekte interval između puštanja u rad i prvog pregleda može biti i 10 godina.

Inspekcijski podaci kao što je klasa stanja, preporučena intervencija, obim oštećenja, detalji pojedinačnih oštećenja sakupljaju se za svaki nivo hijerarhije, a inspekcijski izveštaji se generišu za sve obavljene inspekcije.

Prognoza pogoršanja stanja proračunava se u okviru teorije verovatnoće uz pomoć Markovljevih lanaca, koji su definisani za svaki tip elemenata i vrstu oštećenja. Delovi istog elementa koji su podvrgnuti istom procesu pogoršanja stanja mogu se ponašati različito. U cilju sagledavanja ove razlike, svakom segmentu se pripisuje "indikator uticaja" (povoljan, prosečan i nepovoljan), zavisno da li segment ima sporo, umereno ili brzo pogoršanje stanja. Efekat indikatora uticaja uvodi se dodavanjem tzv. "matrice uticaja" u matricama verovatnoće prelaza Markovljevog lanca [82].

Za svako oštećenje određenog tipa, katalogom je predviđena odgovarajuća mera intervencija. Standardne intervencije predefinisane su na osnovu ocene stanja i procesa oštećenja (zamena, obnova, popravke itd). Program daje preporuke da li je potrebno sprovesti određene mere intervencija, ili ne treba preduzimati ništa. Takođe, vlasnik može po svom nahođenju da odluči na kojem nivou hijerarhije će se primenjivati određena standardna intervencija.

Podaci o izvršenim intervencijama (tip, obim i troškovi intervencija) beleže se za svaki hijerarhijski nivo.

Troškovi intervencija prikupljaju se za svaki element. Troškovi kontrole saobraćaja, troškovi dizajna i troškovi detaljnih inspekcija u KUBA sistemu upravljanja se obračunavaju. Ne uzimaju se troškovi nezgoda i indirektni korisnički troškovi.

Optimizacija koja treba da bude moguća na nivou kantona i na nivou celokupne putne mreže izvodi se kroz program optimizacije na tri nivoa: na nivou pojedinih elemenata, objekta pojedinačno i na nivou mreže objekata.

Optimalne i minimalne (samo za ocene stanja 5) strategije intervencija procenjuju se u sistemu upravljanja KUBA. Na nivou mreže, analizirani vremenski period je beskonačan, a na nivou objekta je do 25 godina (najčešće 3 - 10).

Troškovi izgradnje razmatraju se na nivou elementa na osnovu jediničnih troškova. Na nivou objekta korisnički troškovi, troškovi kontrole saobraćaja, troškovi dizajna i troškovi inspekcijskih procena uzimaju se u obzir.

Procedura optimizacije proračunava optimalnu strategiju na osnovu minimalnih troškova životnog ciklusa i minimizira dodatne troškove u slučaju ograničenih budžeta.

Analiza rizika uskoro treba da bude implementirana.

Na osnovu optimalne strategije određuje se program rada za vremenski period do 25 godina. Program se generiše kombinovanjem optimalnih strategija intervencija na nivou elementa i može se utvrditi za proizvoljna ograničenja budžeta.

Poseban mod omogućava brzu procenu kapaciteta nosivosti za zadato opterećenje. Edukacija inspektora i korisnika se sprovodi, a njihova sertifikacija je u pripremi.

2.3.23. Švedska - (S)

Švedska transportna administracija [83], razvila je sistem upravljanja mostovima i tunelima *BaTMan* [84]. Sistem upravljanja koristi se od 1987. godine, a trenutna verzija je iz 2011. godine. Baza podataka sistema sadrži 1090 tunela, 33000 mostova (raspona > 2,0 m), 1700 potpornih zidova, 370 konstrukcija keja i 4200 ostalih konstrukcija (vezovi za feribrodove, neki propusti $\leq 2,0$ m, barijere protiv buke itd).

Vlasnik sistema je Švedska transportna administracija, a osim nje sistem koristi Švedska asocijacija lokalnih vlasti (oko 70 od 290), grad Stokholm, Stokholm transport, luka Geteborg, konsultanti i operativa [18].

Korisnička uputstva i katalozi dostupni su u sistemu *BaTMan*. Baza podataka konstrukcijskog inventara sadrži osnovne podatke, tip izgradnje, materijal, rasponi, elementi i druge relevantne podatke.

Na nivou elementa, glavni inspekcijski pregledi su na maksimalnom vremenskom intervalu od 6 godina. Bazirani su na fokusu fizičkog stanja elemenata, uglavnom su vizuelni pregledi, uključujući i neke metode ispitivanja bez razaranja. Na nivou konstrukcije podaci se prikupljaju sa nivoa elementa i fokus je na funkcionalnosti objekta. Nema automatskog generisanja izveštaja, već se inspekcijski podaci u izveštaju unose ručno.

Inspekcijskim pregledima utvrđuje se fizičko i funkcionalno stanje objekata i obezbeđuje osnova za planiranje i sprovođenje mera u skladu sa navedenim zahtevima kratkoročnog i dugoročnog planiranja. Performanse mosta snimaju se koristeći tri tipova stanja:

- fizičko stanje bazirano na merenjima relativnog razvoja prethodnog ili novog oštećenja, procesa pogoršanja svojstava, procesa zagađenja itd. Fizičko stanje izražava se pomoću odgovarajuće mere promene svojstava koje su definisane za svaku vrstu ispitivanja. U sistemu *BaTMan* uvek se čuvaju rezultati merenja i ispitivanja.

- funkcionalna ocena stanja elemenata ima četiri kategorije stanja od 0 do 3, kako je prikazano u tabeli 2.33.

Tabela 2.33. Funkcionalne kategorije stanja elemenata u sistemu BaTMan

Kategorija stanja	Predvideni eksploatacioni vek
0	Neće zadovoljavati tek nakon više od 10 godina
1	Neće zadovoljavati u vremenskom okviru od 10 godina
2	Neće zadovoljavati u vremenskom okviru od 3 godine
3	Ne zadovoljava u trenutku pregleda

Kategorizacija se sprovodi samo za oštećene elemente i predstavlja predviđanje upotrebnog veka elemenata, na osnovu fizičkih merenja i iskustva inspektora koji vrše pregled.

- ekonomsko stanje opisuje količinu i koštanje aktivnosti (cena se sračunava automatski).

Sve konstrukcije u sistemu upravljanja *BaTMan* imaju klasifikaciju kapaciteta nosivosti i opterećenja za određeno referentno vozilo u skladu sa nacionalnim propisima.

Takođe, *BaTMan* daje opšte klase sigurnosti za sve konstrukcije i individualne indekse sigurnosti za neke objekte. Proces procena rizika je u fazi razvoja.

U Švedskoj održavanje je uvek na nacionalnom nivou, u okviru direkcije za puteve. Odgovornost za prioritet mostova je na lokalnom ili regionalnom nivou.

Kriterijumi za postavljanje prioriteta rada na održavanju su:

- Krajnji (marginalni) povratak iz izbora još skuplje strategije,
- Sračunavanje profitabilnosti i rentabilnosti aktivnosti zahvata za 1 godinu u poređenju sa akcijom godinu dana kasnije (i isti proces za 2, 3, 4 i 5 godina),
- Faktor profitabilnosti.

Sistem nema standardne predefinisane intervencije, ali za postojeće nedostatke potrebne korektivne aktivnosti povremeno se predlažu od strane inspektora. Strategije održavanja i poboljšanja konstrukcija zasnivaju se na predloženim aktivnostima popravki elemenata. *BaTMan* uzima u obzir alternativne strategije održavanja. Koja je najbolja opcija održavanja zavisi od dostupnih rešenja i troškova upravljanja saobraćajem, kao i koštanja prekida saobraćaja, sračunatih u analizi troškova čitavog životnog ciklusa objekta. Sistem registruje detaljne informacije o troškovima za svaki zahvat (akciju).

Sistem koristi modul za generisanje optimalne strategije održavanja i popravke, koristeći određena ograničenja kao što je najniži prihvatljivi nivo stanja objekta. Za izbor optimalnog održavanja i popravke koji se bira iz alternativnih strategija, *BaTMan* koristi opciju minimalnog koštanja odnosno najniže trenutne vrednosti (bazirane na 4% diskontnoj stopi).

Takođe izračunava ekonomske posledice ne obavljanja optimalne strategije održavanja.

Kratkoročno planiranje je na osnovu inženjerskih podataka intervencija za period 3 - 5 godina, uz razmatranje budžetskih ograničenja. Sistem daje strategije prioriteta održavanja grupe mostova kada budžet nije dovoljan za održavanje. Vršiti se godišnje prilagođavanje raspoloživim sredstvima uz pomoć društveno - ekonomske funkcije utvrđivanja prioriteta u BaTMan sistemu upravljanja mostovima.

Dugoročno planiranje radova za održavanje, poboljšanje i smanjenje rizika na nivou objekta, bazirano je delimično na inženjerskim podacima intervencija za prvih pet godina, a delimično na simulacijama intervencija za ostatak planiranog perioda do 20 godina.

Planski period za strategije je preostali funkcionalni eksploatacioni vek mreže puteva kojima konstrukcija pripada.

Kada se radi o godišnjim planovima rada u kratkoročnom planiranju, ponekad se razmatraju strategije intervencija za kombinaciju objekata (mostovi, pristupni putevi itd.).

Ove mrežne optimalne strategije određene su na osnovu strategija na nivou konstrukcija. Cilj je da se smanje ukupni društveno ekonomski troškovi.

Inspeksijski troškovi obračunavaju se pojedinačno, samo za velike objekte. Modul objektivnog planiranja uzima troškove intervencija na održavanju, poboljšanju i zameni objekata, putne troškove kašnjenja korisnika (troškove upravljanja vozilom i vremenske troškove), kao i troškove za planiranje i projektovanje potrebnih intervencija. Ne uzima troškove nezgoda i troškove životne sredine.

BaTMan ima predviđanje pogoršanja stanja konstrukcija, a za prognozu koristi podatke stanja u prošlosti i funkcije pogoršanja svojstava materijala sa vremenom. Jednostavni modeli za pogoršanje stanja su neki od ključnih indikatora učinka u modulu dugoročnog planiranja.

Sistem ima neke alate za kontrolu kvaliteta podataka. To su godišnji pregledi kvaliteta važnih podataka i povratnih informacija u organizaciji. Takođe ima i sigurnosne procene.

BaTMan ima i podsistem *TRIX* za administrativno upravljanje posebnim prevozom. Edukacija inspektora sprovodi se kroz godišnje kurseve raspoređene od strane administratora. Sertifikacije inspektora nema, ali se zahteva položen ispit iz teorijskog dela kursa.

Korisnička grupa sa predstavnicima svih korisnika (država, gradova, opština, vlasnika železnice itd.), razmatra o upravljanju i razvoju sistema i uvek koriste tehničke univerzitete i konstruktore kao konsultante.

2.3.24. Španija - E

Ministarstvo razvoja Španije od 2005. godine koristi SGP sistem upravljanja mostovima [85]. Sistem je razvila GEOCISA [86], a trenutno se koristi verzija iz 2013. godine. Sistem pored Ministarstva razvoja koriste i regionalne kancelarije za održavanje puteva.

Baza podataka sistema sadrži 24534 mostova i 13397 propusta [18].

Sistem poseduje nekoliko priručnika: uputstvo za popis (*Inventory Manual*), uputstvo za održavanje (*Maintenance Manual*) za osnovne inspekcije i glavne inspekcije, uputstvo za upotrebu (*User Manual*) i uputstvo za instalaciju (*Installation Manual*).

Stanje svakog elementa procenjuje se na osnovu vizuelnog pregleda, pomoćnih inspekcija i laboratorijskih analiza. Oštećenja se kvantifikuju na osnovu opisa i merenja datih oštećenja i ustanovljava se indeks oštećenja elementa. Inspekcijski podaci koriste se u algoritmu koji generiše indeks stanja mosta. Glavni inspekcijski pregledi planiraju se kao periodični ili redovni pregledi. To omogućava praćenje razvoja oštećenja svake konstrukcije.

Ocena stanja konstrukcije i konstrukcijskih elemenata dobija se u okviru opšteg glavnog pregleda i detaljnog glavnog pregleda koji se obavezno sprovode. Svako oštećenje procenjuje se sa četiri faktora:

- raširenost oštećenja (1 - 4),
- ozbiljnost i intenzitet oštećenja (0 - 2),
- predvidivo napredovanje oštećenja (0 - 2) i
- uticaj na druge elemente (0 - 2).

Postoje stalni kriterijumi da bi se izbegla subjektivnost prilikom procene. Na osnovu svih oštećenja elementa, dodeljuje im se indeks od 0 do 100 (Indeks elementa). Inspektor može promeniti ovaj indeks. Konstrukcija takođe dobija indeks od 0 do 100 na osnovu svih konstrukcijskih oštećenja i algoritma korišćenog u aplikaciji, kako je prikazano u tabeli 2.34.

Tabela 2.34. Ocene stanja konstrukcijskih elemenata u SGP sistemu upravljanja mostovima

Ocena stanja	Opis
0 – 20	Oštećenja nema ili postoji nekoliko beznačajnih oštećenja
20 – 40	Oštećenja se mogu razviti u budućnosti ili su oštećenja u početnoj fazi
40 – 60	Oštećenja su se već razvila. Potrebna je popravka u kratkoročnom ili srednjoročnom planskom periodu
60 – 80	Teška oštećenja koja mogu uticati na konstrukcijsko stanje. Potrebna je popravka u kratkoročnom planskom periodu
80 - 100	Prilično teško oštećenje. Most ili neki njegov deo je blizu granice nosivosti. Uvesti ograničenja i izvršiti hitnu popravku

Informacije o kapacitetu nosivosti objekta dostupne su samo u inventarskom modulu.

Sigurnost i rizik zavise od indeksa elementa i indeksa konstrukcije. Postoje kriterijumi za rangiranje indeksa. Najgore područje zahteva hitnu akciju.

Katalog preporučenih popravki dat je u bazi podataka. Svako oštećenje ima jedan ili više postupka popravke. Inspektor ili korisnik može da promeni bilo kakvu informaciju o potrebnoj intervenciji. Na nivou konstrukcije, primena prioriteta popravki u skladu je sa stanjem elemenata tj. stanjem oštećenja za jednu konstrukciju ili skup mostovskih konstrukcija.

Konstrukcije sa višim indeksom imaju viši prioritet. Postoje algoritmi za optimizaciju prioriteta rada na popravkama i održavanju konstrukcija.

Informacije o stanju konstrukcija koriste se za postavljanje standarda rada. Periodični pregledi obavljaju se na svim konstrukcijama, a popravke, ispitivanja i posebni pregledi obavljaju se na konstrukcijama koje imaju najgore stanje.

U bazi podataka sistema postoji katalog troškova, na osnovu kojeg aplikacija izračunava potreban budžet za popravke i daje prognozu troškova. Troškovi kašnjenja saobraćaja i indirektni troškovi korisnika mogu biti uključeni u analizu i koriste se za sračunavanje konačne cene. Inspeksijski troškovi i troškovi nezgoda se ne uzimaju u sistemu.

Nema predviđanje pogoršanja stanja konstrukcija.

U SGP sistemu upravljanja sačuvana je samo maksimalna nosivost konstrukcija i na osnovu ovog parametra izračunava se da li konstrukcija može da podnese specijalni transport.

Edukacija inspektora je putem kurseva, a sertifikovani inspektori moraju da prođu test. Edukacija korisnika je kroz priručnike.

2.3.25. Japan - J

Sistem upravljanja mostovima RPIBMS u Japanu razvijen je 2006. godine od strane "Kajima" korporacije [87], a trenutno se koristi verzija iz 2009. godine. Vlasnici sistema su Regionalni Zavod za urbanizam Osake [88] i "Kajima" korporacija. Korisnici sistema su vlade prefektura *Aomori* i *Ibaraki*, kao i drugi gradovi. Sistem upravlja bazom od 750 mostova.

Vizuelnim pregledom na nivou elementa ustanovljavaju se oštećenja, a opis, vrsta pogoršanja sa stepenom napredovanja pogoršanja snima se na sajt inspeksijskog pregleda mostova pomoću tablet računara.

Na osnovu vizuelnih inspekcija, za 35 različitih vrsta elemenata i njihovo pogoršanje, uspostavljeni su kriterijumi stanja skalom nivoa pogoršanja od I do V.

Stepen pogoršanja dat je vrednostima od 0 do 1, gde 1 predstavlja najkritičnije stanje. U tabeli 2.35 prikazani su kriterijumi stanja u sistemu upravljanja mostovima Japana.

Tabela 2.35. Japanski kriterijumi stanja [89]

Nivo pogoršanja	Stepen pogoršanja	Opis stanja
I	0,8-1,0	Potencijalno opasni
II	0,6-0,8	Očigledno pogoršanje i možda će morati detaljni inspeksijski pregled
III	0,4-0,6	Teška oštećenja i možda će morati dodatni pregled
IV	0,2-0,4	Manja pogoršanja
V	0,0-0,2	Kao nov

Na primeru armiranobetonske kolovozne ploče mosta kao jedne vrste elementa, pokazano je rangiranje oštećenja u sistemu upravljanja mostovima u Japanu.

Japansko istraživanje [90] predstavilo je metod evaluacije za stepen pogoršanja oštećenja armiranobetonskih mostova. Ocene oštećenja za armiranobetonske kolovozne ploče mogu se svrstati u pet kategorija koje odgovaraju veličini i gustini pukotina na površini kolovozne ploče. Gustina pukotina izražena je odnosom ukupne dužine pukotina po jedinici površine (m/m^2), kao što je prikazano u tabeli 2.36.

Tabela 2.36. Rangiranje oštećenja armiranobetonskih kolovoznih ploča [90]

Pogoršanje stanja armiranobetonskih kolovoznih ploča			Potreba za popravkama
Rang štete	Stepen pogoršanja (D_c)	Gustina prslina (C_d) (m/m^2)	
I	0,0 - 0,3	0 - 3	Uslovljena (ne rekonstrukcija)
II	0,3 - 0,6	3 - 6	Moguća rekonstrukcija
III	0,6 - 0,8	6 - 8	Rekonstrukcija ili dogradnja
IV	0,8 - 0,9	8 - 9	Rekonstrukcija, dogradnja ili zamena
V	0,9 -	9 -	Najozbiljnija (dogradnja ili zamena)

Stepen pogoršanja D_c armiranobetonskih kolovoznih ploča izražen je u funkciji gustine kao:

$$D_c = \frac{C_d}{10} \quad (18)$$

Na osnovu vizuelnog pregleda, prema stepenu pogoršanja oštećenja pronalaze se elementi koji zahtevaju brzu akciju iz razloga sigurnosti i bezbednosti mosta. Procena sigurnosti ne vrši se na nivou konstrukcije, ali sigurnost konstrukcije može se proceniti ako postoje teško oštećeni elementi u konstrukciji.

Sistem ima predodređene standardne intervencije za svaku vrstu elementa i pogoršanje stanja. Sprovode se nekoliko strategija intervencija. Korisnik može izabrati i zamenu konstrukcije. Za određeni tip oštećenja elemenata i konstrukcije zamena je unapred određena. Različite intervencije predodređene su prema ciljnim nivoima performansi mosta.

U modelu pogoršanja, određene su krive sa četiri brzine pogoršanja za svaku vrstu elementa i pogoršanja stanja. Nivo poboljšanja posle izvršene popravke, rekonstrukcije ili zamene obezbeđen je zajedno sa modelom krive pogoršanja za svaku vrstu elementa.

Korisnik može podesiti standardne performanse za svaki most, izborom odgovarajućeg scenarija održavanja koji daje performanse na nivou elementa.

Inspekcijski troškovi i troškovi kašnjenja saobraćaja nisu uključeni u sistem upravljanja mostovima Japana. Troškovi intervencija i indirektni troškovi korisnika uzimaju se pri analizi troškova životnog ciklusa. Planiranje se vrši za period do 100 godina.

Sistem upravljanja mostovima Japana ima funkciju simulacije budžeta, pomoću koje korisnik lako može pronaći najbolje odgovarajuće strategije intervencija za grupu mostova u okviru raspoloživih finansijskih sredstava.

Edukacija inspektora i korisnika je putem kurseva koje organizuje RPI i daje potvrdu o završetku kursa.

2.3.26. Republika Koreja - ROK

Korejsko ministarstvo agrara, infrastrukture i transporta [91], vlasnik je sistema upravljanja mostovima NBMS koji je razvio Korejski institut za građevinsku tehnologiju [92].

Osim Ministarstva, korisnik sistema je poslovni sistem održavanja puteva Koreje (*Korea Road Maintenance Business System*) i regionalne kancelarije uprave za upravljanje nacionalnim putevima. Prva verzija programa primenjena je 2005. godine, a trenutno je u upotrebi verzija iz 2012. godine. Nova verzija sistema upravljanja mostovima u Koreji (*Bridge Information Analysis System*) se razvija. Sistem NBMS ima uputstva za korisnike i administratore.

Sistem u bazi podataka ima 6192 mosta kojima upravlja.

Na nivou elementa, redovni vizuelni pregledi obavljaju se dva puta godišnje i u izveštajima sadrže opise oštećenja. Periodično se obavljaju detaljni pregledi i dijagnostika destruktivnim i nedestruktivnim metodama ispitivanja za veći broj mostova. Potreba za detaljnim pregledom i dijagnostikom je u zavisnosti od rezultata primarnog vizuelnog pregleda.

Na nivou konstrukcije pregledi su integrisani i izvedeni iz pregleda na nivou elementa. Ispitivanja probnim opterećenjem vrši se u skladu sa rezultatima redovnih pregleda.

Elementi dobijaju ocenu stanja od A (najbolje stanje) do E (najgore stanje), na osnovu vizuelnog pregleda. Ukoliko je potrebno procena sigurnosti određuje se deterministički na osnovu rezultata redovne kontrole.

Ocena stanja na nivou konstrukcije, izračunava se na osnovu ocene stanja elemenata i prethodno definisanih ponderisanih funkcija "težina" svakog elementa u konstrukciji.

Standardne intervencije prema ocenjenom stanju elementa unapred su definisane, a korisnik ih može modifikovati. Takođe, korisnik može definisati intervencije u sistemu koje su prilagođene konkretnom oštećenju. Neke intervencije za ojačanje predefinisane su na nivou konstrukcije, kao i na nivou grupe mostova.

Model za prognozu pogoršanja stanja zasnovan je na metodi regresije istorijata ocene stanja u sistemu upravljanja mostovima.

Model poboljšanja stanja zbog intervencija, ugrađen je u Korejskom sistemu upravljanja mostovima NBMS.

Optimalne strategije intervencija mogu se dobiti u odnosu na analize performansi i troškova životnog ciklusa, a na osnovu metode multiobjektivnog određivanja prioriteta.

Vremenski period analize određuje administrator ili korisnici sistema. Sračunavaju se očekivani troškovi intervencija prema različitim strategijama popravki i dodeljuju se na nivo elementa. Budžetska ograničenja u ovom sistemu razmatraju se na mrežnom nivou. Za donosiocima odluka i administraciju, sistem može obezbediti informacije za pripremu budžeta.

Takođe, donosioci odluka u sistemu mogu podesiti očekivani nivo performansi mostovskih konstrukcija.

Uklapanje sredstava izvora finansiranja određuju donosioci odluka na osnovu ukupnih rezultata analize u sistemu.

Inspekcijski troškovi obuhvataju sve troškove inspekcijskih pregleda, kao što su periodični pregledi, detaljni pregledi, dijagnoza i detaljna dijagnostika.

Troškovi intervencija navedeni su na nivou elementa za unapred definisane tretmane i strategije popravki. Troškovi kašnjenja saobraćaja i troškovi dužeg putovanja zbog zaobilazanja, uključeni su u procenu troškova puta korisnika.

Sistem ne uzima troškove nezgoda i indirektno korisničke troškove.

Sistem poseduje osnovne informacije o projektovanoj nosivosti mostovskih konstrukcija i rezultatima procene za prihvatanje saobraćaja sa prekomernom težinom. Koristeći ove informacije, promet specijalnih transporta tretira se u drugom sistemu.

Edukacija inspektora sprovodi se tako da inspektori specijalisti koji imaju zvaničnu dozvolu moraju da završe periodične kurseve i dobiju sertifikat.

Za krajnje korisnike edukacija se sprovodi jednom godišnje u trajanju od 2 dana. Revizija sistema je od strane profesora i stručnjaka iz oblasti upravljanja mostovima.

2.3.27. Vijetnam - VN

U Vijetnamu je do 2001. godine korišćen sistem upravljanja mostovima primenom softvera BRIDGEMAN, HDM-3 i ROSY, koji su bili do tada implementirani, kao i primenom Excel ili Access programa koje su sami razvijali i koristili uglavnom kao systemske baze podataka, te nisu imali širu upotrebu.

Nakon donacije Svetske banke, ovaj softver je napušten, a najaktuelniji program koji se koristi u Vijetnamu je projekat HDM-4 koga finansira Svetska banka.

Vlasnik sistema je Ministarstvo saobraćaja Vijetnama [93], program razvija HDM [94], a korisnici su Ministarstvo saobraćaja (MoT), Vijetnamska uprava za puteve (VRA) i njihove regionalne kancelarije.

Baza podataka HDM-4 sistema upravljanja mostovima ima 4239 mosta [18]. Vizuelni pregled obavlja se mesečno i daje izveštaj. Ako se pronađe ozbiljno oštećenje, neophodan je dodatni detaljni vizuelni pregled. Međutim njegov izveštaj nije uključen u bazu podataka sistema HDM-4, već je samo snimljeno u posebne (Excel, Word ili Access) datoteke.

Za ocenu stanja postoji inspeksijska specifikacija (standard) 22TCN 170-87, koji je preuzet iz knjige Ruskog sistema kodova i to je glavni pokazatelj za definisanje rizika.

Sigurnost se procenjuje samo kada i gde je to neophodno.

Predefinisanih standardnih intervencija nema. Korisnik može definisati intervencije u sistemu koje su prilagođene konkretnom oštećenju. Troškovi intervencija se uzimaju, ali nisu određene za sve tipove intervencija. Sistem ne uzima inspeksijske troškove, troškove nezgoda, indirektno korisničke troškove, troškove kašnjenja saobraćaja i troškove životne sredine.

HDM-4 samo beleži podatke o stanju konstrukcija i ne koristi ih za predviđanje budućeg stanja mosta.

Edukacija inspektora i korisnika sprovodi se i nakon završene obuke dobijaju se sertifikati.

2.3.28. Republika Južna Afrika - **ZA**

Odeljenje za transport i javne radove, kao ogranak putne infrastrukture pokrajinske vlade Zapadni Kejp¹⁴ (PGWC), u Južnoafričkoj Republici, odgovorno je za upravljanje putevima u pokrajini, na kojima se nalazi oko 850 mostova i 1450 većih propusta [95].

Pokrajinska vlada Zapadnog Kejpa (PGWC), za identifikaciju potrebnih aktivnosti po redosledu važnosti održavanja i rekonstrukcije mostovskih konstrukcija, koristi sistem upravljanja mostovima STRUMAN od 2000. godine. Sistem je razvila Uprava za puteve i transport Saveta za industrijska i naučna istraživanja (*Roads and Transport Division of the Council for Industrial and Scientific Research*) zajedno sa *Stewart Scoott International*.

Kao i kod većine sistema upravljanja mostovima, STRUMAN se sastoji od modula inventara, inspeksijskog modula, modula stanja i budžetskog modula. Za razliku od drugih sistema, inspeksijski modul fokusiran je na posmatranju oštećenja raznih konstrukcijskih elemenata, a ne opšteg stanja svakog elementa.

Prioritet mostova i propusta određuje se u skladu sa predefinisanim parametrima u modulu stanja konstrukcije kako bi se odredile potrebne aktivnosti za popravku ili rekonstrukciju objekata. Sve konstrukcije imaju podesive "težinske" faktore ugrađene u algoritam prioriteta, tako da važni elementi kao što su oporci, stubovi, ploče, koji imaju oštećenja sa visokim stepenom ocene (D), kombinovani sa ocenom velike važnosti (R), imaju veći uticaj na indeks prioriteta (PI) konstrukcije od drugih manjih elemenata (parapeti, zglobovi i ležišta). Indeks stanja (CI), koristi se za rangiranje konstrukcija u smislu ukupnog stanja za razliku od potrebnog održavanja. Indeks funkcionalnosti (FI), kombinuje se sa indeksom prioriteta (PI) da bi se odredio strateški značaj objekta.

Ukupan indeks prioriteta (OPI), ponderisana je kombinacija indeksa prioriteta (PI) i indeksa funkcionalnosti (FI).

Sistem STRUMAN koristi metodologiju ocenjivanja oštećenja baziranu na DERU sistemu ocenjivanja. Svako oštećenje elementa konstrukcije rangira se prema: stepenu D (*Degree*), obimu E (*Extent*), značaju R (*Relevancy*) i hitnosti U (*Urgency*).

Ocene se daju od 1 do 4 na sledeći način:

- D = stepen ozbiljnosti oštećenja (1 - mala, 4 - ozbiljna, 0 - bez oštećenja),
- E = obim oštećenja na elementu (1 - lokalno, 4 - opšte),
- R = značaj oštećenja na upotrebljivost elementa (1 - minimalni do 4 - kritičan).

¹⁴ Zapadni Kejp je jedna od devet pokrajina u Republici Južna Afrika.

Ocena značaja forsira inspektore da procenjuju posledice oštećenja u pogledu upotrebljivosti i sigurnosti mostovskih konstrukcija. Svaki od ovih parametara kombije se u modulu stanja za određivanje indeksa prioriteta svake konstrukcije. Lista aktivnosti popravki koristi se pri inspekcijskim pregledima za sumiranje elemenata koji zahtevaju popravku. U slučaju elemenata koji ne postoji ili nedostaje (npr. ograda), stepen ozbiljnosti (D) i obim oštećenja (E) ocenjuju se sa 4. Stoga nije potrebno da inspektori ocenjuju stanje svakog elementa konstrukcije, već samo oštećenja primećena na svakom elementu. Priručnik za vizuelnu procenu razvijen je da poboljša uniformnost standarda inspekcijskih ocenjivanja.

Inspektori su u obavezi ne samo da sprovedu glavne preglede, već i da dobiju sve relevantne informacije o inventaru i stanju svake konstrukcije. Najvažniji zadatak je da se utvrdi da su konstrukcije na vrhu liste prioriteta u stvari one kojima je potrebna popravka. Predviđeno je da se glavni inspekcijski pregledi rade na 5 do 7 godina, kao i po završetku radova na popravkama i sanaciji objekata. Pregledi su vizuelni a dijagnostička ispitivanja se obično koriste samo za detaljne inspekcije nakon identifikacije potrebnih popravki.

Za identifikovane potrebne popravke oštećenja, definisane inspekcijskom procenom, neophodni radovi povezani su sa jediničnim troškovima. Ovi troškovi koriste se u modulu budžeta za utvrđivanje procenjenih troškova popravke za pojedine objekte. Optimizacija se vrši koristeći relevantne odnose troškova za oštećenja i godišnja budžetska ograničenja. Planirani periodi za popravke su tekuća godina, za 2 - 3 godine, 5 - 10 godina i redovna kategorija na osnovu rejtinga urgentnosti (U). Sve popravke konstrukcija koje su identifikovane za popravku ili izabrane, dodeljuju se za tekuću godinu i budžet se reoptimizuje.

Predloženi model korišćen je da odredi isplative strategije sanacije (obnove) mosta i njihovo vreme izvršenja uz održavanje prihvatljivog rejtinga pod različitim ograničenjima budžeta.

2.4. Završne napomene

U ovom poglavlju disertacije dat je pregled različitih praksi značajnijih sistema upravljanja mostovima u svetu. Za svaku zemlju ukratko je dat koncept organizovanja i objašnjeni su postupci izbora i metode ocenjivanja, kao i određivanja prioriteta. Može se primetiti da su praktične aktivnosti sistema upravljanja mostovima u svetu značajno razvijene i unapređene od prve primene sistema upravljanja 1975. godine. Uspehi su vidljivi u povećanom stepenu saznanja o stanju mostova, uzrocima i posledicama oštećenja na njima i pravovremenom sprovođenju optimalnih aktivnosti u cilju očuvanja mostovskih konstrukcija u okvirima raspoloživih budžeta. Takođe, poboljšanja se permanentno implementiraju i mnoge zemlje se približavaju uspešnom rešenju svojih sistema upravljanja mostovima.

3. SISTEM UPRAVLJANJA MOSTOVIMA U SRBIJI

Putna mreža je jedna od najvećih kapitalnih vrednosti u Srbiji, a drumski saobraćaj predstavlja osnovni vid prevoza kod nas, tako da se danas putevima preveze oko 90% putnika. Putevi Republike Srbije deo su evropske mreže puteva, a multimodalni panevropski saobraćajni koridor X najvećim delom prolazi njenom teritorijom.

Putna mreža Republike Srbije (bez teritorije Kosova) ima oko 17100 km magistralnih i regionalnih puteva sa oko 3000 mostova, čija se vrednost procenjuje na preko 5 milijardi evra. Mostovi su različite starosti, najrazličitijih oblika i načina gradnje, od drveta, kamena, betona, prethodno napregnutog betona, čelika, kao i od spregnutih različitih materijala, te raznovrsnih statičkih sistema, raspona i dužina.

Usled dugogodišnjeg nedovoljnog ulaganja u održavanje i rekonstrukciju mostova, generalno posmatrano u našoj zemlji stanje mostova može se oceniti kao neprihvatljivo, naročito u odnosu na njihovu starost. Naime, prema podacima iz 1989. godine [96], preko 30% mostovskih konstrukcija bilo je u lošem stanju (u klasifikaciji dobro - srednje - loše), sa ozbiljnim oštećenjima rasponskih konstrukcija i stubova, dok je na skoro svim ostalim objektima uočena pojava oštećenja na sekundarnim elementima.

Ovakvo stanje posledica je nekoliko razloga [97], [98], [99], [102], [103], [104], a uzroci pojave oštećenja i ubrzanog ruiniranja mostovskih konstrukcija pre svega su nebriga i neodržavanje.

Nestabilni uslovi finansiranja, česte organizacione promene, neravnoteža između ulaganja u građenje i održavanje, doprineli su značajnom zaostatku Srbije u oblasti očuvanja mostovskih konstrukcija. Redovno održavanje je uglavnom primitivno, tako da se ubrzava starenje konstrukcijskih elemenata i pogoršava stanje mostova, a veće popravke i sanacije gotovo su jedini vid aktivnosti i obavljaju se u bezizlaznim situacijama.

Mora se međutim istaći, da deo uzroka za visok stepen oštećenosti mostova u Srbiji nije samo posledica nedostataka u sistemu upravljanja mostovima, nego i u oblastima koje ne pripadaju, strogo uzevši sistemu upravljanja, kao što su projektovanje i građenje, prevelika saobraćajna opterećenja i agresivno dejstvo okoline. S obzirom na situaciju u poslednjih nekoliko decenija, sa sigurnošću se može tvrditi da je procenat ozbiljno oštećenih i neadekvatnih mostovskih konstrukcija drastično povećan [102]. Često se govori da je upravljanje mostovima veština iznalaženja najboljeg odgovora na pitanja: Šta? (*what?*), gde? (*where?*), kada? (*when?*) i pošto? (*how much?*). Odgovore na prva dva pitanja daje baza podataka inventara mostova i zapisnik o pregledu mosta, ako je registrovao štete. Odgovor na druga dva pitanja daje sistem upravljanja, primenom inženjerskog prosuđivanja (*engineering judgment*) i ekonomske analize (*economic considerations*).

Kratak pregled razvoja sistema upravljanja mostovima u Srbiji dat je u ovom poglavlju.

3.1. Razvoj Sistema upravljanja mostovima u Srbiji

U Srbiji je u poslednjim decenijama došlo do značajnog povećanja interesovanja i intenzivnijeg istraživanja problematike upravljanja mostovima [100]. Potreba razvijanja i uspostavljanja dobro organizovanog sistema upravljanja mostovima najpre je rezultirala pojedinačnim pokušajima u vidu studija u kojima su prezentovana iskustva i dostignuća drugih zemalja u svetu [2].

Jedan od prvih pokušaja uvođenja sistema upravljanja mostovima u našoj zemlji je osnivanje banke podataka o mostovima grada Beograda (GSIZ) u periodu od 1985. do 1988. godine i njena primena za potrebe planiranja i programiranja radova [96].

Osnove savremenog sistema upravljanja mostovima u Srbiji [101], [104] postavljene su 1986. godine, a prikazane su u radu "Predlog postupka određivanja prioriteta u održavanju mostova", čiji je autor pokojni inženjer Dragan Bebić iz Instituta za puteve u Beogradu [105].

U toku 1986. i 1987. godine urađen je deo baze podataka za mostove u Beogradu [106]. Tokom 1988. godine radilo se na projektu baze podataka za mostove u Vojvodini i baza podataka za mostove u Kragujevcu, a u toku 1989. godine otpočeo je rad na formiranju baze podataka za mostove u centralnoj Srbiji.

U okviru "Pravilnika za beton i armirani beton" 1987. godine [107], prvi put su u našoj zemlji propisane obaveze vlasnika po pitanju održavanja mostovskih konstrukcija.

Potreba sagledavanja realnog stanja mostova i uvođenja racionalne i sistematske politike održavanja mostovskih konstrukcija u Srbiji istaknuta je donošenjem "Pravilnika o tehničkim normativima za eksploataciju i redovno održavanje mostova" 1992. godine [108].

Ovim Pravilnikom, predviđeno je da se u narednim godinama završi prikupljanje svih relevantnih podataka i uradi kompletan popis mostovskih konstrukcija u Srbiji. Takođe, pravilnikom su određeni nivoi i intervali pregleda za pojedine konstrukcijske elemente i određene celine mosta i data vrsta i specifikacija radova u okviru redovnog održavanja.

Pravilnikom iz 1992. godine [108], predviđena su četiri nivoa inspeksijskih pregleda:

- Kontrolni vizuelni pregledi obavljaju se najmanje dva puta godišnje, pre i posle zimskog perioda.
- Redovni pregledi mostova predviđeni su najmanje jednom u dve godine, uz obavezu sastavljanja zapisnika o pregledu.

- Glavni ili detaljni pregledi obavljaju se periodično po unapred utvrđenom planu u zavisnosti od veličine i značaja mosta, a najmanje jednom u šest godina.
- Vanredni pregledi su po potrebi, obično posle nekog incidenta na mostu (elementarne nepogode, velike vode, nakon prelaza ekstremno teških tereta i dr.), odnosno kada se ustanove značajna oštećenja i neposredno pre isteka garantnog roka.

Inspeksijske preglede obavlja stručni tim koga čine inženjeri, kompetentno osoblje i eksperti iz specijalizovanih institucija. Pravilnikom su precizirani predmeti pregleda i druge aktivnosti.

Procena realnog stanja mostovskih konstrukcija koristi se za rangiranje konstrukcija, a potom i za izradu finansijskog plana.

3.2. Rangiranje mostova i određivanje prioriteta

3.2.1. Predlog GP "Mostogradnja"

Rangiranje mostovskih konstrukcija u zavisnosti od stepena oštećenja, predložena od strane stručnjaka GP "Mostogradnja" iz Beograda prikazano je u tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Predlog GP "Mostogradnja" za rangiranje mostova u Srbiji

Kategorija	Opis
Ia	Veoma ugrožena stabilnost sistema kao celine. Odmah pristupiti izradi projekta sanacije u cilju dovođenja koeficijenta sigurnosti na potreban propisani nivo.
I	Ugrožena stabilnost sistema kao celine, odnosno dela konstrukcije. Odmah pristupiti izradi projekta sanacije u cilju dovođenja koeficijenta sigurnosti na potreban propisani nivo.
II	Smanjena stabilnost sistema kao celine, odnosno dela konstrukcije. Posle pregleda osnovne projektne dokumentacije pristupiti izradi projekta sanacije ili izradi programa neophodnih radova u okviru tekućeg održavanja, a u cilju vraćanja propisanog koeficijenta sigurnosti.
III	Stabilnost za sada nije ugrožena. Potrebno je izraditi program neophodnih radova u okviru tekućeg održavanja, a u cilju dovođenja koeficijenta sigurnosti na propisani nivo.

Nakon pregleda mostovskih konstrukcija i procene stanja, predviđene aktivnosti po vrsti i urgentnosti delovanja isključivo zavise od kategorije koja je dodeljena mostu. Prioriteti se određuju na osnovu naknadnih detaljnih pregleda najugroženijih mostova i inženjerskog prosuđivanja stručne komisije. Postupak se bazira na predlogu komisije od slučaja do slučaja i ne sadrži bilo koju vrstu optimizacije.

Za razliku od ovog klasičnog koncepta, u Institutu za puteve iz Beograda razvijena je metodologija koja podrazumeva savremeni pristup u upravljanju mostovskim konstrukcijama i predstavlja dobru osnovu za razvoj integralnog sistema upravljanja mostovima.

3.2.2. Predlog Instituta za puteve

Sistem Instituta za puteve zamišljen je kao originalno rešenje [105], jer su inženjeri koji su radili na njegovom razvoju smatrali da se strana iskustva ne mogu jednostavno implementirati i koristiti u našim uslovima.

U sistemu upravljanja mostovima Instituta za puteve, predviđeno je da se inspekcijskim pregledima mostovskih konstrukcija dobije:

- stanje mosta,
- stanje ostalih izabраниh (relevantnih) parametara,
- rangiranje mostova,
- predmer potrebnih radova.

Predviđeno je da sistem upravljanja mostovima koristi sledeće dokumente:

- uputstvo za formiranje baze podataka inventara mostova,
- uputstvo za pregled i utvrđivanje stanja mostova,
- pravilnik o redovnom održavanju mostova i uputstvo za njegovu primenu,
- uputstvo za utvrđivanje količina radova redovnog održavanja,
- uputstvo o utvrđivanju nosivosti mostova.

Dakle, reč je o sistematskom planiranju i praćenju rezultata upravljanja održavanjem mostovskih konstrukcija. Takođe, osnova celokupnog pristupa je kvalitetna i moderna baza podataka, na koju se oslanja lista prioriteta.

Za potrebe kvalitetnog upravljanja mostovima na teritoriji Republike Srbije, formirana je baza podataka o mostovima (BPM), koja u svakom trenutku pruža sve potrebne informacije o traženim mostovskim konstrukcijama na osnovu urađenih inspekcijskih pregleda.

Predloženi postupak polazi od toga da je most skup elemenata različite složenosti, namene i različitog značaja u pogledu stabilnosti i funkcionalnosti.

Mostovske konstrukcije, čak i najjednostavnije, uvek se sastoje od konstrukcija temelja, stubova (krajnjih i srednjih), kao i rasponskih konstrukcija. Sa složenošću konstrukcija raste i broj konstrukcijskih elemenata od kojih se one sastoje. Analize u Institutu za puteve su pokazale da se objekat mosta može svesti na 26 parametara konstrukcijskih elemenata koji se prate i vrednuju. Stanje mosta može se odrediti praćenjem sledećih grupa parametara:

- parametri konstrukcije (8 param.),
- dopunski parametri konstrukcije (1 param.),
- parametri od uticaja na konstrukciju (6 param.),
- parametri saobraćajnog profila (4 param.),

- parametri opreme mosta i bezbednosti saobraćaja (3 param.),
- parametri geometrije mosta (1 param.),
- parametri lokacije objekta (1 param.),
- parametri intenziteta saobraćaja (1 param.),
- parametri zaostalog održavanja i drugih nepovoljnih/povoljnih izbora (1 param.).

Značaj svih 26 parametara na ukupno stanje mosta nije isti. Ukoliko se želi da rejting stanja pojedinačnog mosta ukaže i na njegovo mesto na rang listi prioriteta u otklanjanju oštećenja na nivou mreže puteva kao celine, potrebno je odrediti kojim parametrima se pridaje koji značaj. To je prvi korak ka razvoju sistema upravljanja mostovima.

Polazeći od definicije mosta i njegovog najvažnijeg zadatka da prihvati saobraćajno opterećenje i prevede ga preko prepreke, parametri konstrukcije, odnosno stanje njihovih elemenata imaju najveći značaj u sistemu upravljanja Instituta za puteve iz Beograda. Osnovni razlozi za ovakav pristup je veoma skroman nivo nacionalnog dohotka i ograničenost fondova, kao i stanje mostova usled zapostavljenog održavanja, te je kao prioritetni cilj određeno kontinuirano odvijanje saobraćaja, bez obzira na režim kretanja vozila. Zbog toga su oštećenja konstrukcijskih elemenata mosta dobila najveći faktor značaja, jer imaju najveći uticaj na odvijanje saobraćaja.

Ostali elementi (parametri ocenjivanja), dobili su manji značaj u zavisnosti od njihovog uticaja na ostvarivanje višeg ili nižeg nivoa usluge. Iz praktičnih razloga, svi parametri su klasifikovani u šest grupa, pri čemu parametri grupe sa najmanjim faktorom značaja dobijaju faktor značaja "2". U tabeli 3.2. prikazana je klasifikacija po grupama faktora značaja.

Tabela 3.2. Klasifikacija faktora značaja po grupama

Grupa faktora značaja	Sadržaj
I	Temelji, stubovi, glavni nosači, poprečni nosači, spregovi, ploča, ležišta (Σ8)
II	Pojava korozije armature ili čeličnih konstrukcija (Σ1)
III	Hidroizolacija, dilatacione sprave, kolovoz, vodotok ili područje ispod mosta na širem potezu, položaj mosta u mreži, istorijski podaci i opšti utisak očuvanost(Σ6)
IV	Klinovi, prelazne ploče, kegle, ograde, ivičnjaci, pešačke staze, opšta geometrija mosta, sistem za odvod vode (Σ8)
V	Saobraćajno opterećenje deonice (Σ1)
VI	Instalacije na mostu, signalizacija na mostu (Σ2)

Od ovih 26 elemenata, nosivu konstrukciju opisuju svih 8 elemenata iz prve grupe, jedan element iz druge grupe i donekle jedan element iz treće grupe (istorijski podaci i opšti utisak).

Posmatrano na duži rok, svojom neadekvatnošću 4 elemenata iz treće grupe (hidroizolacija, dilatacione sprave, kolovoz i vodotok), mogu ugroziti nosivost mosta.

Svi elementi četvrte grupe, osim geometrije mosta, svojom neadekvatnošću mogu izuzetno ili ograničeno ugroziti konstrukciju ili neki njen element.

Elementi šeste grupe uglavnom nemaju uticaja na nosivost i stabilnost mosta ili nekog konstrukcijskog elementa.

Elementi koji nisu u vezi sa nosivošću i stabilnošću kao što je položaj mosta u mreži (III grupa), opšta geometrija mosta (IV grupa) i saobraćajno opterećenje deonice (V grupa), svojom ocenom stanja mogu uticati na prioritet.

Polazeći od toga da prva grupa ima najviši, a šesta grupa najniži rang, što je u skladu sa osnovnim stavom da je najbitnije prevesti saobraćajno opterećenje preko prepreke sa punom sigurnošću po saobraćaj i pouzdanost mostovskih konstrukcija, potrebno je izabrati funkciju faktora značaja koja bi odrazila takvo opredelenje na adekvatan način. U Institutu za puteve Beograd odredili su da funkcija faktora značaja bude koeficijent $\sqrt{2}$, tako da svaka naredna grupa ima svoj faktor značaja koji se dobija jednačinom (18).

$$FZ_{i+1} = FZ_i \times \sqrt{2} \quad (18)$$

Na ovaj način dobijen je najveći faktor značaja "11,3".

Iako najjednostavnija, ocena stanja elemenata na principu dobro - srednje - loše u ovom konceptu nije prihvatljiva. Ovom metodologijom ocenjivanja predložene su pet gradacije:

- dobro,
- prihvatljivo,
- nepovoljno,
- loše,
- nezadovoljavajuće,

koje se primenjuju prilikom procene stanja svih elemenata.

Kod elemenata gde se utvrđuje opšta geometrija mosta, položaj mosta u mreži i saobraćajno opterećenje, dati su adekvatni opisi.

Za sve elemente konstrukcija I grupe (temelji, srednji stubovi, krajnji stubovi, glavni nosači, poprečni nosači, ploča, ležišta i spregovi), usvojena je šesta kategorija gradacije "opasno" kao najviša. Za elemente koji mogu izostati (spregovi, dilatacione sprave i dr.) usvojena je "nulta" kategorija "ne postoji". Za elemente koji su nepristupačni i nisu mogli biti pregledani usvojena je kategorija "nepoznato". Posle više proba u Institutu za puteve usvojili su vrednovanje i ocene stanja elemenata mostovskih konstrukcija prema tabeli 3.3.

Tabela 3.3. Vrednovanje i ocene stanja elemenata mostovskih konstrukcija

Redni broj	Element	Faktor značaja	Opis stanja	Ocena stanja
1	2	3	4	5
1	Temelji	11,3	Opasno	100
2	Krajnji stubovi		Nezadovoljavajuće	20
3	Srednji stubovi		Loše	15
4	Ležišta		Nepovoljno	10
5	Glavni nosači		Prihvatljivo	5
6	Poprečni nosači		Dobro	1
7	Spregovi		Ne postoji	0
8	Ploča i konzole		Nepoznato	10
9	Pojava korozije armature ili čeličnih konstrukcija	8	Opasno	20
			Nezadovoljavajuće	12
			Loše	8
			Nepovoljno	5
			Prihvatljivo	3
			Dobro	1
10	Hidroizolacija	5,65	Ne postoji	20
			Nezadovoljavajuće	15
			Loše	10
			Nepovoljno	5
			Prihvatljivo	3
			Dobro	1
			Nepoznato	5
11	Dilatacione sprave	5,65	Neophodna zamena	20
			Nezadovoljavajuće	8
			Loše	6
			Nepovoljno	4
			Prihvatljivo	2
			Dobro	1
			Ne postoje	0
12	Kolovoz	5,65	Nezadovoljavajuće	5
			Loše	4
13	Vodotok ili područje ispod mosta		Nepovoljno	3
			Prihvatljivo	2
			Dobro	1
14	Istorijski podaci, opšti utisak, stepen očuvanosti mosta kao celine, procenjeni preostali vek mosta	5,65	Zapušten	10
			Nezadovoljavajuće	5
			Loše	4
			Nepovoljno	3
			Prihvatljivo	2
			Dobro	1

1	2	3	4	5
15	Klinovi	4	Ne postoji	10
16	Prelazne ploče		Nezadovoljavajuće	5
17	Kegle ili prepušten nasip		Loše	4
18	Ograde		Nepovoljno	3
19	Ivičnjaci		Prihvatljivo	2
20	Pešačke staze		Dobro	1
21	Sistem za odvod vode		Nepotrebno	0
22	Instalacije	2	Nezadovoljavajuće	5
23	Signalizacija		Loše	4
			Nepovoljno	3
			Prihvatljivo	2
			Dobro	1
		Ne postoji	0	
24	Položaj mosta u mreži	5,65	M, $l_d > 200\text{m}/l_a > 50\text{km}$	5
			M, $l_d < 200\text{m}/l_a \leq 50\text{km}$	4
			M/R, $l_d < 200\text{m}/l_a > 30\text{km}$	3
			M/R, $l_d < 100\text{m}/l_a < 30\text{km}$	2
			M/R, $l_d \leq 100\text{m}/l_a \leq 10\text{km}$	1
25	Geometrija mosta	4	Svojim položajem most izaziva diskontinuitet.	5
			Širina kolovoza na mostu manja za više od 1m.	4
			Širina kolovoza na mostu manja za manje od 1 m, pešačkih staza nema.	3
			Širina kolovoza odgovara, pešačkih staza nema.	2
			Geometrija usaglašena	1
26	Saobraćajno opterećenje deonice	2,82	PGDS	
			> 20 000	5
			> 10 000	4
			> 5 000	3
			> 2 500	2
			$\leq 2 500$	1

Primenom navedenog vrednovanja i ocenjivanja smatrali su da se dobijaju prihvatljivi rezultati.

Kada je ocenjeno stanje svih elemenata ocenama 1 (dobro) do 5 (loše), odnosno 0 (ne postoji) do 100 (opasno), može se odrediti prioritet na osnovu formule (19).

$$R = \sum_{i=1}^{26} FZ_i \times OS_i \quad (19)$$

gde je:

R = karakterističan broj (rejting) mosta,

FZ_i = faktor značaja parametra,

OS_i = ocena stanja (adekvatnost) elemenata.

Prema metodologiji Instituta za puteve, svaki element mosta i je parametar ocenjivanja, kome je dodeljen faktor značaja $FZ_i = a_i$ [105]. Svaki element prilikom pregleda ocenjen je opisno i bročano ocenom b_i prema tabeli 3.3. Ukoliko se formira njihov proizvod (20),

$$R_i = a_i \times b_i \quad (20)$$

dobija se karakterističan broj koji nazivamo "rejting" (*rating*) konstrukcijskog elementa mosta. Zbirom rejtinga svih elemenata na mostu (21) dobija se ukupni "rejting mosta".

$$R = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i \quad (21)$$

Karakteristični broj mosta R brojno izražava stanje mosta i od njegove veličine zavisi prioritet u održavanju datog mosta na rang listi održavanja mostovskih konstrukcija, za zadati odnosno posmatrani skup mostova. Kada se za sve posmatrane mostove zadate mreže odredi veličina R i formira lista prioriteta na bazi opadajućeg rejtinga R , dobija se podatak o stanju svih posmatranih mostova u mreži.

U vrhu rang liste nalaze se mostovi koji su u najgorem stanju i potrebno ih je sanirati, a pri dnu liste su mostovi za koje je potrebno i dovoljno redovno održavanje. U sredini liste su mostovi za koje je potrebno investiciono ili pojačano održavanje, koje se planira i izvodi u nekom optimalnom vremenskom roku, do narednog pregleda.

Ukoliko su finansijska sredstva za intervencije ograničena (što je česta pojava), potrebno je izvršiti selekciju, a to se postiže razdvajanjem karakterističnog broja prema izrazu (22) [105].

$$R = R1 + R2 + R3 + R4 \quad (22)$$

gde je:

$R1$ - karakterističan broj konstrukcijskih elemenata koji se izračunava jednačinom (23), a vezuje se za nosivost konstrukcije;

$$R1 = \sum_{i=1}^9 a_i \cdot b_i + a_{14} \cdot b_{14} \quad (23)$$

$R2$ - karakterističan broj dopunskih elemenata mosta koji se vezuje za nastajanje daljih oštećenja i pogoršanja stanja konstrukcija, a izračunava jednačinom (24);

$$R2 = \sum_{i=10}^{13} a_i \cdot b_i \quad (24)$$

$R3$ - karakterističan broj funkcionalnih elemenata mosta, sračunat jednačinom (25),

$$R3 = \sum_{i=15}^{23} a_i \cdot b_i \quad (25)$$

R_4 - karakterističan broj mosta vezan za prioritet, sračunat jednačinom (26).

$$R_4 = \sum_{i=24}^{26} a_i \cdot b_i \quad (26)$$

Minimalna vrednost rejtinga mostovskih konstrukcija R je 171,12 što odgovara minimalnoj oceni svih 26 elemenata, a maksimalna vrednost je 10484,85 i dobijena je maksimalnim ocenama svih elemenata mosta. Realno, maksimalna vrednost ne bi smela da se dostigne nikada, jer most sa tako visokim rejtingom bio bi u tako lošem stanju sa praktično onemogućenim odvijanjem saobraćaja.

Granične vrednosti parcijalnih rejtinga prikazane su u tabeli 3.4.

Tabela 3.4. Granične vrednosti parcijalnih rejtinga [105]

R_i	Min	Max
R1	104,05	9896,50
R2	22,6	226,0
R3	32,0	300,0
R4	12,47	62,35
R	171,12	10484,85

Zavisno od stanja mostovskih konstrukcija, ustanovljeni rejting klasifikuje se u neku od 6 klasa rejtinga, što je prikazano u tabeli 3.5.

Tabela 3.5. Vrste radova održavanja u zavisnosti od stanja mosta

Klasa rejtinga Tip održavanja	Stanje mosta	Opis radova
1	Ispravan	Redovna kontrola
2	Zanemaren	Redovna kontrola i redovno održavanje
3	Manje oštećen	Intenzivno održavanje
4	Oštećen	Vanredni pregled i investiciono održavanje
5	Vrlo oštećen	Specijalni pregled i planiranje sanacije
6	Preći rušenje	Neodložna sanacija ili rekonstrukcija

U zavisnosti od dobijene klase rejtinga, za svaki pojedini most moguće je ustanoviti koja vrsta radova i tip održavanja treba da budu primenjeni.

Tipovi održavanja određeni su formiranjem grupa prioriteta u održavanju, odnosno izdvajanjem mostova koji zahtevaju neodložnu rekonstrukciju ili sanaciju, zatim mostova koji zahtevaju povećan obim održavanja sa manjim popravkama i na kraju mostova kojima je potrebno samo redovno održavanje.

Tehnički uslovi i opisi radova redovnog održavanja prikazani su detaljno u [109] i [110].

Na osnovu ovog predloga Instituta za puteve iz Beograda, u Srbiji je 1990. godine formirana elektronska baza podataka o mostovima (BPM), koja je sada u nadležnosti JP "Putevi Srbije".

Formiranje baze podataka o mostovima imalo je za cilj da se prikupe raspoložive informacije o mostovskim konstrukcijama radi ustanovljavanja prioriteta u održavanju mostova i razvoja sistema upravljanja mostovima u Srbiji. Uspostavljanje prioriteta u aktivnostima održavanja mostovskih konstrukcija treba shvatiti kao odgovor na neadekvatna finansijska sredstva koja su izdvajana za održavanje mostova u uslovima opšte političke i ekonomske situacije u Srbiji poslednjih decenija.

Počev od 1990. godine, zapisi sa pregleda drumskih mostova na teritoriji Republike Srbije unošeni su u elektronsku bazu podataka o mostovima. Od 1991. godine primenjivana je verzija SR - 02 [111], koja sadrži inventarske podatke i podatke o stanju mostova u trenutku pregleda. Da bi se olakšao rad na unošenju podataka urađena su korisnička uputstva.

"Uputstvo za popunjavanje formulara inventarskog lista mosta" [112], sadrži sve potrebne detalje za pravilno unošenje podataka u bazu u skladu sa tadašnjim stepenom razvoja računarske tehnike. "Uputstvo za izradu zapisnika o pregledu mostova" [113], daje detaljna uputstva za vrednovanje stanja svakog elementa mosta prema predloženoj metodologiji Instituta za puteve iz Beograda.

Prateći dalji razvoj računarske tehnike, baza podataka o mostovima prošla je kroz više faza razvoja i od 1999. godine u upotrebi je verzija SR - 03 [114], a od 2003. godine koristi se verzija koja radi pod MS ACCESS-om.

Korišćenjem baze podataka o mostovima dugi niz godina u JP "Putevi Srbije", uočene su neke nelogičnosti u dobijenim listama prioriteta.

Na Građevinskom fakultetu u Beogradu analizirana je predložena metodologija Instituta za puteve iz Beograda. Za svaki konstrukcijski sistem mosta, određene su granične vrednosti pojedinih karakterističnih brojeva R , koje odgovaraju definisanim tipovima održavanja [115]. Utvrđeno je, da zbog uočenih nelogičnosti treba korigovati pristup i da su parcijalni karakteristični brojevi R_i bolji pristup.

Takođe, u verziji SR-03 baze podataka o mostovima, izvršene su izmene elemenata koji se vrednuju. U grupi glavnih nosećih elemenata koji imaju najveći faktor značaja (11,3) i utiču na nosivost mosta, temelji su razdvojeni na dve grupe:

- Temelji krajnjih stubova,
- Temelji srednjih stubova.

Krajnji stubovi sa krilnim zidovima u svom sastavu, ostali su u ovoj I grupi glavnih nosećih elemenata sa najvećim faktorom značaja, ali su slobodno noseća krila dodata u II grupu elemenata od posebnog značaja sa faktorom 8. Numeričke vrednosti ocena stanja slobodno nosećih krilnih zidova prikazane su u tabeli 3.6.

Tabela 3.6. Vrednovanje i ocena stanja slobodno nosećih krila

Opisna ocena stanja	Numerička vrednost ocene stanja
Nezadovoljavajuće	5
Loše	4
Nepovoljno	3
Prihvatljivo	2
Dobro	1
Ne postoji	0

Na taj način, broj elemenata koji se vrednuje povećan je sa 26 na 28.

Predlog Instituta za puteve iz Beograda daje i nivo usluge (*Level of Servis*) LS , korišćenjem postupka vrednovanja mostovskih konstrukcija. Nivo usluge može se definisati kao stepen adekvatnosti mosta u odnosu na projektovanu adekvatnost. Da bi most imao projektovani nivo usluge (maksimalni nivo), potrebno je da bude u dobrom stanju, odnosno ima minimalni rejting kakav je za potpuno nov objekat. Nivo usluge je odnos minimalnog rejtinga i rejtinga koji odgovara aktuelnom stanju mosta u nekom vremenu t , izraženo jednačinom (27).

$$LS_t = \frac{R_{min}}{R_t} \times 100\% \quad (27)$$

Vrednosti R_{min} zavise od konstitutivnih elemenata mosta, tj. da li most sadrži sve konstitutivne elemente ili ne. Prema tabeli 3.4. minimalni karakterističan broj je 171,12 za most sa svih 26 elemenata, dok je npr. za slobodno oslonjeni gredni most $R_{min} = 148,52$ a za pločasti ramovski most $R_{min} = 108,97$.

U različitim vremenskim presecima t_i , ($i=1, 2, \dots, n$) jednačinom (27) sračunava se odgovarajuća vrednost nivoa usluge LS_{t_i} i nivo usluge prati se kroz vreme. Predlog Instituta za puteve, razlikuje uticaj parametara funkcionalnosti od uticaja parametara nosivosti na promenu nivoa usluge, prema jednačini (28).

$$LS_t = LS_t^n + LS_t^f = \frac{R_{1min}}{R_{1t}} \times 100\% + \frac{R_{2min}}{R_{2t}} \times 100\% \quad (28)$$

Za razmatrane sledeće funkcije: $\frac{R_{1min}}{R_1} = e^{-at}$ i $\frac{R_{2min}}{R_2} = bt^k$ (29)

i vrednosti parametara a i b iz uslova: $t=100$; $e^{-at} = 0,35$; $bt^k = 0,15$; $k=3$ (30)
 odakle sledi: $a = 0,010$ i $b = 1,5 \times 10^{-7}$ dobijene su vrednosti funkcije LS date u tabeli 3.7.

Tabela 3.7. Vrednosti nivoa usluge LS .

t	10	20	50	80	100
LS	0,90	0,82	0,59	0,37	0,22

Kada se za mostove jednog putnog pravca ili mreže puteva odrede veličine rejtinga, formira se lista prioriteta potrebnih aktivnosti. Korišćenjem granica rejtinga, dobija se mogućnost planiranja tih aktivnosti u generalnom smislu.

Vrednost postupka Instituta za puteve iz Beograda je u detaljno određenim parametrima i njihovom značaju za stanje objekta. Ocene stanja koje se dodeljuju sadrže u sebi i željeni nivo usluge. Inspeksijskim pregledima elemenata mostovskih konstrukcija uočena oštećenja se određuju po tipu i uzroku, sagledavaju moguće posledice i donose odluke o potrebnim aktivnostima koje će imati najoptimalniji efekat.

U Institutu za puteve razvijali su i algoritam planiranja finansijskih sredstava za redovno održavanje i popravke mostova [116], dali predlog za određivanje nosivosti mostova, kao i svoje rešenje predviđanja budućeg stanja elemenata mostovskih konstrukcija [117].

Upravljanje putevima i mostovima u našoj zemlji u nadležnosti je Ministarstva građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture, koje tu funkciju ostvaruje preko JP "Putevi Srbije".

Na nivou JP "Putevi Srbije" usvaja se godišnji plan potreba u tehničkom i ekonomskom smislu, a obezbeđena sredstva se prema realnim potrebama raspoređuju na nivo sektora.

U okviru sektora za održavanje puteva I i II reda nalazi se Odeljenje održavanja i zaštite putnih objekata, koje je nadležno za redovno i periodično održavanje putnih objekata na državnim putevima I i II reda. Ovo Odeljenje ima Odsek održavanja i zaštite mostova i putnih objekata i Odsek za klizišta i potporne zidove.

Odsek održavanja i zaštite mostova i putnih objekata upravlja svim aktivnostima redovnog i periodičnog održavanja mostovskih konstrukcija i putnih objekata. Tu spadaju radovi na održavanju i otklanjanju svih oštećenja na objektima, kao i pregledi, praćenje i evidentiranje promena stanja objekta.

Redovnim održavanjem mostovskih konstrukcija obezbeđuje se trajnost i funkcionalnost mostova, otklanjaju manja oštećenja nastala tokom redovne eksploatacije objekta, sprečava se ili odlaže nastanak većih oštećenja i mostovske konstrukcije pripremaju za sezonske saobraćajne uslove. Radovi redovnog održavanja definišu se programom redovnog održavanja mostova. Pored radova na redovnom održavanju, odsek upravlja i radovima periodičnog održavanja (radovi na otklanjanju složenijih oštećenja - rekonstrukcije), kao i hitnim radovima usled poplava, zemljotresa, kada je direktno ugrožena bezbednost saobraćaja.

Planiranje se vrši na bazi utvrđenog stanja mostovskih konstrukcija koje je bazirano na informacijama i rezultatima inspeksijskih pregleda mostova. Podaci se prikupljaju tokom redovnih obilazaka i pregleda mostova. Na osnovu prikupljenih podataka može se izvršiti procena stanja mostova u kvantitativnom i kvalitativnom smislu.

4. PREDLOG OPTIMIZACIJE KRITERIJUMA VREDNOVANJA PRIORITETA U SISTEMU UPRAVLJANJA MOSTOVIMA SRBIJE

Korišćenjem aktuelne baze podataka o mostovima Srbije dugi niz godina, u JP "Putevi Srbije", uočene su neke nelogičnosti u dobijenim listama prioriteta¹⁵, što predstavlja ozbiljan nedostatak našeg sistema upravljanja mostovima.

Na Građevinskom fakultetu u Beogradu, analizirana je predložena metodologija Instituta za puteve iz Beograda [115]. Utvrđeno je, da zbog uočenih nelogičnosti treba korigovati pristup i da su parcijalni karakteristični brojevi R_i bolji pristup.

4.1. Realnost liste prioriteta postojećeg sistema upravljanja mostovima u Srbiji

Da bi lista prioriteta bila realna, ne sme se dogoditi da pri samo jednom uočenom oštećenju nosećih elemenata nekog mosta " n ", čije je stanje ocenjeno kao "nepovoljno", odnosno "loše", uz ostale ocene svih elemenata "dobro", ovaj zauzme niže mesto u listi prioriteta od mosta " k ", čiji su parametri konstrukcijskih elemenata nosivosti ocenjeni sa "dobro", a velika oštećenja su na funkcionalnim i dopunskim elementima mosta.

Primer slobodno oslonjenog pločastog mosta najbolje ilustruje navedene situacije. U tabeli 4.1 dat je primer sračunavanja rejtinga pločastog armiranobetonskog mosta " n ", kod koga je oštećeni glavni nosač (ploča) ocenjen opisnom ocenom "nepovoljno", dok su konzole pešačkih staza sa manjim oštećenjima dobile ocenu "prihvatljivo". Pojava korozije armature ocenjena je sa "loše". Stepen očuvanosti i procenjeni preostali vek mosta ocenjeni su opisnom ocenom "nezadovoljava". Sračunati rejting ovakvog pločastog mosta je $R_n = 356,72$.

U tabeli 4.2 dat je primer sračunavanja rejtinga drugog pločastog armiranobetonskog mosta " k " kod koga su konstrukcijski elementi od 1 do 9, koji se vezuju za nosivost mosta neoštećeni i ocenjeni sa "dobro", a zbog lošeg odvođenja vode, oštećenja su nastala erozijom dela prilaznih elemenata mosta (šljunčani klinovi, prelazne ploče, kegle, sužen kolovoz) i neophodna je zamena dilatacionih sprava. Sračunati rejting ovakvog pločastog mosta je $R_k = 372,47$.

Na ovom primeru mogu se uočiti nelogičnosti, da most " n " kome je ugrožena nosivost, ima manji rejting od mosta " k ", kod koga su noseći konstrukcijski elementi neoštećeni.

¹⁵ U razgovoru sa rukovodiocima i inženjerima Odeljenja održavanja i zaštite putnih objekata i Odseka održavanja i zaštite mostova JP "Putevi Srbije", autor ove doktorske disertacije je početkom 2007. godine dobio informacije da "Baza podataka o mostovima ne daje realnu listu prioriteta", čime su i u praksi potvrđene uočene nelogičnosti rang liste prioriteta.

Na rang listi, prema aktuelnom sistemu upravljanja mostovima u Srbiji prioritet ima most "k", kod koga je samo ugrožena funkcionalnost, što je nelogično.

Tabela 4.1. Rejting armiranobetonskog pločastog mosta "n"

Redni broj	Element	a_i	Opis	b_i	R
1	Temelji	11.3	Dobro	1	
2	Srednji stubovi	11.3	Ne postoji	0	
3	Krajnji stubovi	11.3	Dobro	1	
4	Ležišta	11.3	Ne postoji	0	
5	Glavni nosači	11.3	Nepovoljno	10	
6	Poprečni nosači	11.3	Ne postoji	0	
7	Spregovi	11.3	Ne postoji	0	
8	Ploča i konzole	11.3	Prihvatljivo	5	
9	Korozija	8	Loše	8	
10	Hidroizolacija	5.65	Prihvatljivo	3	
11	Dilatacione sprave	5.65	Dobro	1	
12	Kolovoz	5.65	Dobro	1	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	5.65	Dobro	1	R2= 33,9
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	5.65	Nezadovoljava	5	R1= 284,35
15	Klinovi	4	Dobro	1	
16	Prelazne ploče	4	Dobro	1	
17	Kegle ili prepušten nasip	4	Dobro	1	
18	Ograde	4	Dobro	1	
19	Ivičnjaci	4	Nepotrebno	0	
20	Pešačke staze	4	Dobro	1	
21	Sistem za odvod vode	4	Dobro	1	
22	Instalacije	2	Ne postoji	0	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	R3= 26,0
24	Položaj mosta u mreži	5.65		1	
25	Geometrija mosta	4	Dobro	1	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	2.82	Dobro	1	R4= 12,47

$R_n = 356,72$

Tabela 4.2. Rejting armiranobetonskog pločastog mosta "k"

Redni broj	Element	a_i	Opis	b_i	R
1	Temelji	11.3	Dobro	1	
2	Srednji stubovi	11.3	Ne postoji	0	
3	Krajnji stubovi	11.3	Dobro	1	
4	Ležišta	11.3	Ne postoji	0	
5	Glavni nosači	11.3	Dobro	1	
6	Poprečni nosači	11.3	Ne postoji	0	
7	Spregovi	11.3	Ne postoji	0	
8	Ploča i konzole	11.3	Dobro	1	
9	Korozija	8	Dobro	1	
10	Hidroizolacija	5.65	Prihvatljivo	3	
11	Dilatacione sprave	5.65	Neophodna zamena	20	
12	Kolovoz	5.65	Prihvatljivo	2	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	5.65	Prihvatljivo	2	R2= 152,55
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	5.65	Prihvatljivo	2	R1= 64,5
15	Klinovi	4	Nezadovoljava	5	
16	Prelazne ploče	4	Nezadovoljava	5	
17	Kegle ili prepušten nasip	4	Nezadovoljava	5	
18	Ograde	4	Loše	4	
19	Ivičnjaci	4	Nepotrebno	0	
20	Pešačke staze	4	Nepovoljno	3	
21	Sistem za odvod vode	4	Loše	4	
22	Instalacije	2	Ne postoji	0	
23	Signalizacija	2	Nezadovoljava	5	R3= 114,0
24	Položaj mosta u mreži	5.65		4	
25	Geometrija mosta	4	Širina kolovoza manja > 1 m	4	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	2.82	<2500	1	R4= 41,42

R_k= 372,47

Izloženi primer pločastog armiranobetonskog mosta ilustruje uočene nelogičnosti u određivanju prioriteta mostova u Srbiji. Da bi prema aktuelnom sistemu upravljanja mostovima u Srbiji most "n" dobio prednost na rang listi, morao bi da pokaže oštećenja bar na još dva konstrukcijska elementa iz grupe elemenata od 1 - 14 i time na sebe skrene pažnju.

To očigledno nosi sa sobom izvestan rizik, da mostovske konstrukcije kojima je neophodna intervencija ne budu prepoznate na rang listi prioriteta sistema upravljanja mostovima u Srbiji.

4.2. Analiza kriterijuma vrednovanja prioriteta

U cilju otklanjanja uočenih nelogičnosti, a samim tim i nedostatka aktuelnog sistema upravljanja mostovima u Srbiji, težište analize usmereno je na odnos faktora značaja, kao i na stepenovanje neadekvatnosti, jer je mnogo bitnije utvrditi adekvatnu vezu pojedinih konstrukcijskih elemenata mosta sa aspekta njihovog značaja po stabilnost mostovskih konstrukcija. Takođe, važno je i pravilno stepenovati adekvatnost pojave, odnosno uticaj neadekvatnosti na stabilnost i funkcionalnost mosta.

Analiza faktora značaja suštinsko je pitanje. U Institutu za puteve Beograd, razmatrano je više rešenja funkcije faktora značaja [105], prikazanih pod *a)*, *b)*, *c)* i *d)*:

$$a) \quad a_k = a_{k+1} + m \quad m = 1, 2, 3, \dots \quad (31)$$

$$\begin{aligned} \text{za } m = 1 \Rightarrow \quad & a_5 = a_6 + 1 \\ & a_4 = a_5 + 1 = a_6 + 2 \\ & \cdot \\ & \cdot \\ & a_1 = a_2 + 1 = a_6 + 5 \end{aligned} \quad (32)$$

$$b) \quad a_k = m \times a_{k+1} \quad m = 2, 3, 4, \dots \quad (33)$$

$$\begin{aligned} \text{za } m = 2 \Rightarrow \quad & a_5 = 2 \times a_6 \\ & a_4 = 2 \times a_5 = 4 \times a_6 \\ & \cdot \\ & \cdot \\ & a_1 = 2 \times a_2 = 32 \times a_6 \end{aligned} \quad (34)$$

$$c) \quad a_k = m \times (a_{k+1} + 1) \quad m = 2, 3, 4, \dots \quad (35)$$

$$\begin{aligned} \text{za } m = 2 \Rightarrow \quad & a_5 = 2 \times (a_6 + 1) = 2 \times a_6 + 2 \\ & a_4 = 2 \times (a_5 + 1) = 4 \times a_6 + 6 \\ & \cdot \\ & \cdot \\ & a_1 = 2 \times (a_2 + 1) = 32 \times a_6 + 62 \end{aligned} \quad (36)$$

$$d) \quad a_k = a_{k+1} \cdot \sqrt{2} \quad (37)$$

$$\text{za } a_6 = 2 \Rightarrow \quad a_5 = 2,82; \quad a_4 = 4,0; \quad a_3 = 5,65; \quad a_2 = 8,0; \quad a_1 = 11,3 \quad (38)$$

4.3. Optimizacija faktora značaja

Ukoliko u svim navedenim izrazima za funkciju faktora značaja datim jednačinama (31), (33), (35) i (37) uzmemo da je faktor $a_6 = 2$, dobijamo ostale faktore značaja a_5, \dots, a_1 . Ako bi se usvojili obrasci $b)$ ili $c)$, dobile bi se prevelike vrednosti. U Institutu za puteve analizirani su faktori značaja dobijeni izrazima $a)$ i $d)$ i odlučili su da primene jednačinu (37).

U ovoj doktorskoj disertaciji, optimizacijom faktora značaja dobijeno je rešenje oblika:

$$a_k = a_{k+1} \cdot \sqrt[4]{5} \quad (39)$$

Pregled faktora značaja za sve napred navedene oblike veze prikazan je u tabeli 4.3.

Tabela 4.3. Faktori značaja u zavisnosti od oblika veze

Oznaka	Oblik veze	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
$a)$	$a_k = a_{k+1} + 1$	7	6	5	4	3	2
$b)$	$a_k = m \times a_{k+1}$	64	32	16	8	4	2
$c)$	$a_k = m \cdot (a_{k+1} + 1)$	126	62	30	14	6	2
$d)$	$a_k = a_{k+1} \cdot \sqrt{2}$	11,3	8	5,65	4	2,82	2
Predlog	$a_k = a_{k+1} \cdot \sqrt[4]{5}$	15	10	6,7	4,48	3	2

4.4. Verifikacija kriterijuma vrednovanja prioriteta

Na primeru slobodno oslonjenog pločastog mosta "n" i "k", proveravani su predloženi faktori značaja vrednovanja prioriteta u sistemu upravljanja mostovima Srbije.

U tabeli 4.4 dat je primer sračunavanja rejtinga sa predloženim faktorima značaja za isti pločasti armiranobetonski most "n". Sračunati rejting pločastog mosta je $R_n = 451,76$.

U tabeli 4.5 dat je primer sračunavanja rejtinga drugog pločastog armiranobetonskog mosta "k". Sračunati rejting ovako oštećenog pločastog mosta je $R_k = 438,5$.

Na ovom primeru, pokazano je da predloženi faktori značaja eliminišu uočene nelogičnosti aktuelnog sistema upravljanja mostovima u Srbiji i samim tim otklanjaju značajan nedostatak našeg sistema upravljanja mostovima. Sada most "n" kome je ugrožena nosivost, ima rejting $R_n = 451,76$ koji je veći od rejtinga $R_k = 438,5$ mosta "k" kod koga su noseći konstrukcijski elementi neoštećeni, a oštećenja su na funkcionalnim elementima. Dakle, most "n" dobio je prednost na rang listi i time na sebe skrenuo pažnju da je neophodna intervencija.

Tabela 4.4. Rejting armiranobetonskog pločastog mosta "n"

Redni broj	Element	a_i	Opis	b_i	R
1	Temelji	15	Dobro	1	
2	Srednji stubovi	15	Ne postoji	0	
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	
4	Ležišta	15	Ne postoji	0	
5	Glavni nosači	15	Nepovoljno	10	
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	
9	Korozija	10	Loše	8	
10	Hidroizolacija	6.7	Prihvatljivo	3	
11	Dilatacione sprave	6.7	Dobro	1	
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Dobro	1	R2= 40,2
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nezadovoljava	5	R1= 368,5
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Dobro	1	
18	Ograde	4.48	Dobro	1	
19	Ivičnjaci	4.48	Nepotrebno	0	
20	Pešačke staze	4.48	Dobro	1	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Dobro	1	
22	Instalacije	2	Ne postoji	0	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	R3= 28,88
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	
25	Geometrija mosta	4.48	Dobro	1	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	Dobro	1	R4= 14,18

$R_n = 451,76$

Tabela 4.5. Rejting armiranobetonskog pločastog mosta "k"

Redni broj	Element	a_i	Opis	b_i	R
1	Temelji	15	Dobro	1	
2	Srednji stubovi	15	Ne postoji	0	
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	
4	Ležišta	15	Ne postoji	0	
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	
8	Ploča i konzole	15	Dobro	1	
9	Korozija	10	Dobro	1	
10	Hidroizolacija	6.7	Prihvatljivo	3	
11	Dilatacione sprave	6.7	Neophodna zamena	20	
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	R2= 180,9
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Prihvatljivo	2	R1= 83,4
15	Klinovi	4.48	Nezadovoljava	5	
16	Prelazne ploče	4.48	Nezadovoljava	5	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nezadovoljava	5	
18	Ograde	4.48	Loše	4	
19	Ivičnjaci	4.48	Nepotrebno	0	
20	Pešačke staze	4.48	Nepovoljno	3	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Loše	4	
22	Instalacije	2	Ne postoji	0	
23	Signalizacija	2	Nezadovoljava	5	R3= 126,48
24	Položaj mosta u mreži	6.7		4	
25	Geometrija mosta	4.48	Širina kolovoza manja > 1 m	4	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	<2500	1	R4= 47,72

R_k= 438,5

Sa predloženim faktorima značaja, minimalna vrednost rejtinga mostovskih konstrukcija R je 213,04 što odgovara minimalnoj oceni svih 26 elemenata, a maksimalna vrednost je 13739,5 i dobijena je maksimalnim ocenama svih elemenata mosta.

Granične vrednosti parcijalnih rejtinga primenom predloženih faktora značaja prikazane su u tabeli 4.6.

Tabela 4.6. Granične vrednosti parcijalnih rejtinga.

R_i	Min	Max
R1	136,7	13067,0
R2	26,8	268,0
R3	35,36	333,6
R4	14,18	70,9
R	213,04	13739,5

Za klasifikaciju kome tipu održavanja mostovske konstrukcije pripadaju, određene su granične vrednosti rejtinga prema ocenama stanja elemenata datim u [105].

Ukoliko je:

$$b_1 = 100,$$

$$b_3 = b_5 = b_8 = 5,$$

$$b_9 = 3 \text{ i } b_{14} = 10 \quad \Rightarrow R1 = 1822;$$

$$b_{10} = 3, b_{11} = b_{12} = 2, b_{13} = 4 \Rightarrow R2 = 73,7;$$

$$b_{15} = b_{16} = \dots = b_{22} = b_{23} = 2 \Rightarrow R3 = 70,72;$$

$$b_{24} = b_{25} = b_{26} = 1 \quad \Rightarrow R4 = 14,18$$

$$R = 1980,6$$

Ovim je definisan najviši rejting primenom predloženih faktora značaja, odnosno granica karakterističnog broja mosta za vrstu održavanja tipa 6 "Neodložna sanacija".

Ukoliko su sve ocene stanja minimalne $b_i = 1$, za napred definisane elemente mosta imamo:

$$\Rightarrow R1 = 76,7;$$

$$\Rightarrow R2 = 26,8;$$

$$\Rightarrow R3 = 35,36$$

$$\Rightarrow R4 = 14,18$$

$$R = 153,04$$

što je najniži rejting, odnosno granica karakterističnog broja mosta koja podrazumeva prelaz vrste održavanja sa tipa 1 "Redovno" održavanje, na tip 2 "Kontrola i redovno" održavanje.

Svi ostali tipovi održavanja nalaze se u području vrednosti karakterističnog broja:

$$153,04 < R < 1980,6$$

Ukoliko uzmemo:

$$\begin{aligned} b_1 = b_3 = b_5 = b_8 = 1, \\ b_9 = 1 \text{ i } b_{14} = 3 & \Rightarrow R1 = 90,1; \\ b_{10} = 3, b_{11} = b_{12} = b_{13} = 1 & \Rightarrow R2 = 40,2; \\ b_{15} = b_{16} = \dots = b_{22} = b_{23} = 1 & \Rightarrow R3 = 35,36; \\ b_{24} = b_{25} = b_{26} = 1 & \Rightarrow \underline{R4 = 14,18} \\ & R = 179,84 \end{aligned}$$

dobija se granična vrednost karakterističnog broja mosta koja podrazumeva vrstu održavanja za tip 3 "Intenzivno redovno" održavanje, odnosno klasu rejtinga 3.

Da bi se mostovske konstrukcije označile oštećenim, moguće su različite kombinacije.

Ukoliko uzmemo:

$$\begin{aligned} b_1 = b_3 = b_5 = b_8 = 1, \\ b_9 = 1 \text{ i } b_{14} = 5 & \Rightarrow R1 = 103,5; \\ b_{10} = b_{11} = b_{12} = b_{13} = 1 & \Rightarrow R2 = 26,8; \\ b_{15} = b_{16} = \dots = b_{22} = b_{23} = 3 & \Rightarrow R3 = 106,08; \\ b_{24} = b_{25} = b_{26} = 4 & \Rightarrow \underline{R4 = 56,72} \\ & R = 293,1 \end{aligned}$$

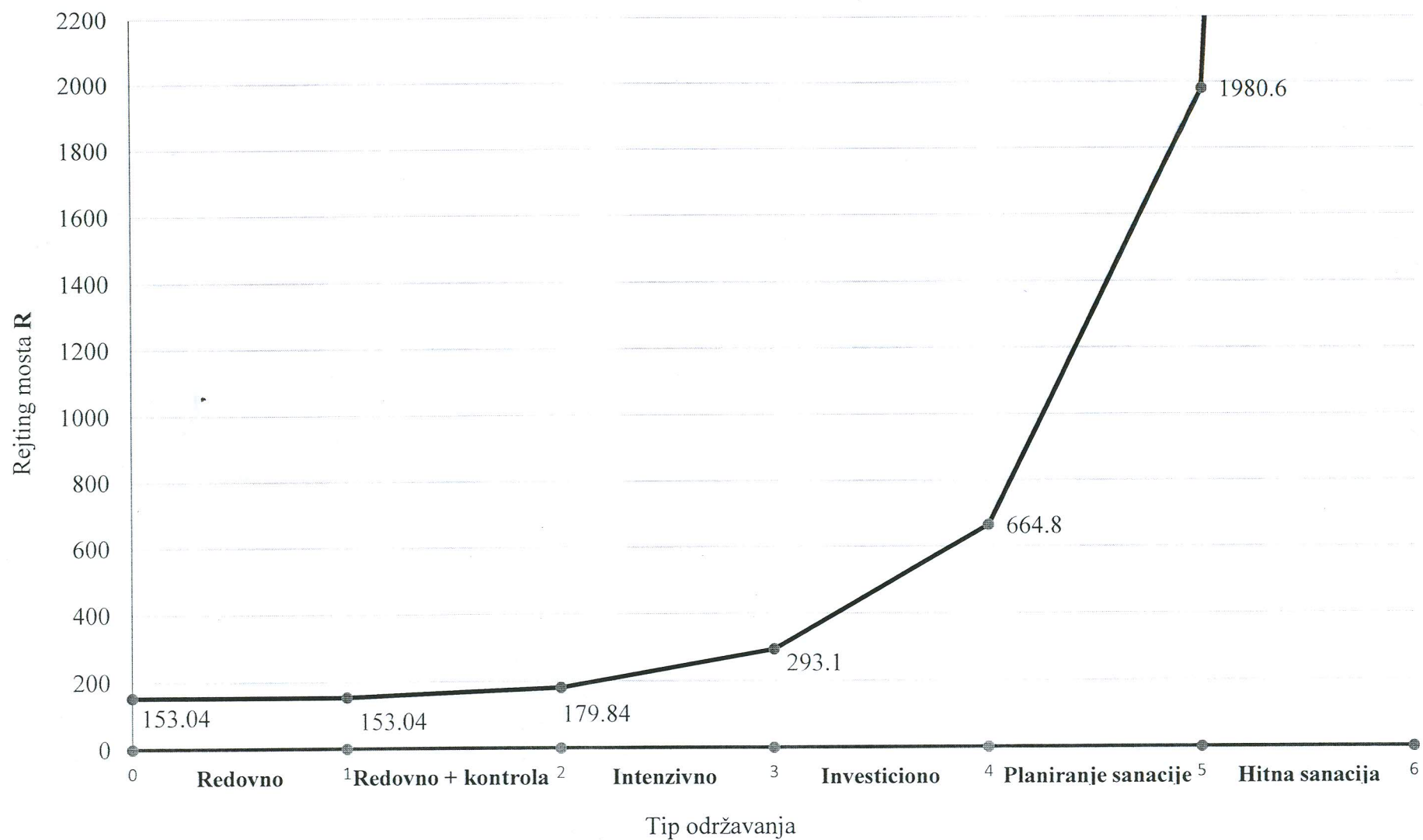
dobija se graničnu vrednost karakterističnog broja mosta koja podrazumeva vrstu održavanja za tip 4 "Investiciono" održavanje, odnosno sve mostovske konstrukcije koje imaju viši rejting od $R = 293,1$ smatraju se oštećenim.

Na kraju, razmotren je slučaj:

$$\begin{aligned} b_1 = b_3 = b_5 = b_8 = 5, \\ b_9 = 3 \text{ i } b_{14} = 4 & \Rightarrow R1 = 356,8; \\ b_{10} = 3, b_{11} = b_{12} = b_{13} = 2 & \Rightarrow R2 = 60,3; \\ b_{15} = b_{16} = \dots = b_{22} = b_{23} = 5 & \Rightarrow R3 = 176,8; \\ b_{24} = b_{25} = b_{26} = 5 & \Rightarrow \underline{R4 = 70,9} \\ & R = 664,8 \end{aligned}$$

Ovim se dobija granična vrednost karakterističnog broja mosta koja podrazumeva vrstu održavanja za tip 5 "Planiranje sanacije", odnosno klasu rejtinga 5.

Grafički prikaz odnosa rejtinga mostovskih konstrukcija i tipa održavanja primenom predloženih faktora značaja prikazan je na slici 38.



Slika 38. Grafički prikaz odnosa rejtinga mosta i tipa održavanja sa predloženim faktorima značaja

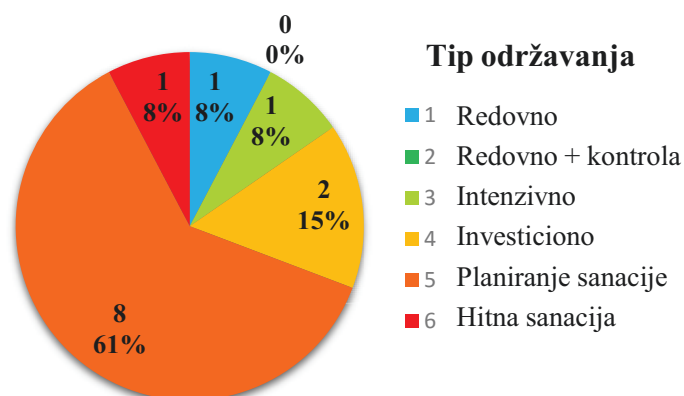
5. ANALIZA STANJA MOSTOVA NA GRADSKIM SAOBRAĆAJNICAMA NIŠA

Za potrebe ove doktorske disertacije njen autor je 1997. godine, nakon izrade Elaborata o stanju mostova [118], formirao bazu podataka za mostovske konstrukcije na gradskim saobraćajnicama Niša (prilog A). Od 1998. godine prati pogoršanje stanja ovih mostova vršeći kontrolne, redovne i glavne inspeksijske preglede mostovskih konstrukcija, prema "Pravilniku o tehničkim normativima za eksploataciju i redovno održavanje mostova" iz 1992. godine [108]. Na osnovu izvršenih periodičnih inspeksijskih pregleda ažurira se formirana baza podataka mostovskih konstrukcija na gradskim saobraćajnicama Niša. Nakon izgradnje dva nova mosta na reci Nišavi 2005. godine, u bazu podataka uneti su i novoizgrađeni mostovi.

Prema predloženoj metodologiji prezentovanoj u 4. poglavlju ove doktorske disertacije, posle svakog inspeksijskog pregleda sračunata je ocena stanja svih mostova iz baze podataka, tj. njihov "rejting", na osnovu koga su formirane rang liste prioriteta. Analizom dobijenih rang lista prioriteta uočeno je da u njima nema bitnijih promena između dva redovna inspeksijska pregleda (interval od 2 godine), ako u tom periodu nije bilo aktivnosti održavanja. Kako su sanacije i popravke nekih ugroženih mostova na gradskim saobraćajnicama Niša izvršene u periodu od 1999. godine do 2002. godine, odnosno pre drugog glavnog pregleda mostova iz 2003. godine, a kasnije nisu urađene, u ovoj doktorskoj disertaciji analiziran je rejting mostova nakon glavnih inspeksijskih pregleda. Iz tih razloga, u prilogu A ove doktorske disertacije dat je samo deo baze podataka o mostovima, tj. ocene stanja mostovskih konstrukcija na gradskim saobraćajnicama Niša koje su dobijene nakon izvršenih glavnih pregleda mostova.

Globalno stanje mostovskih konstrukcija nakon inspeksijskog pregleda 1997. godine prikazano je na slici 39.

Stanje mostova nakon pregleda 1997. godine



Slika 39. Broj i procenat mostova za svaki tip održavanja nakon pregleda 1997. godine

U tabeli 5.1. prikazana je dobijena rang lista prioriteta za pregledane mostove 1997. godine.

Tabela 5.1. Rang lista prioriteta prema predloženoj metodologiji nakon pregleda 1997. godine

Rang	Šifra mosta	Rejting mosta					Klasa rejtinga stanja mosta Tip održavanja
		R	R1	R2	R3	R4	
1	MG 12	2482,66	2238,5	93,8	110,08	40,28	6
2	MG 3	1315,98	1113,4	93,8	75,2	33,58	5
3	MG 7	1287,10	950,1	180,9	141,92	14,18	5
4	MG 2	1176,94	970,1	87,1	86,16	33,58	5
5	MG 1	1160,06	835,1	207,7	83,68	33,58	5
6	MG 8	1145,30	925,1	113,9	72,72	33,58	5
7	MG 14	810,8	500,1	67,0	225,04	18,66	5
8	MG 11	775,68	568,4	93,8	73,2	40,28	5
9	MG 5	752,92	568,4	60,3	90,64	33,58	5
10	MG 9	649,3	486,4	60,3	68,72	33,58	4
11	MG 10	591,48	418,4	60,3	79,2	33,58	4
12	MG 13	242,8	126,7	33,5	42,32	40,28	3
13	MG 15	178,56	106,7	26,8	30,88	14,18	1
14	MG 4*	/	/	/	/	/	/
15	MG 6*	/	/	/	/	/	/

* Planirana izgradnja

Prvi most na rang listi MG 12, imao je izuzetno visok rejting i zahtevao je hitnu sanaciju, jer je bila ugrožena njegova stabilnost usled erozije rečnog korita u zoni srednjeg stuba S2, na šta je ukazano u Elaboratu [118]. Takođe, elementi gornjeg stroja mosta bili su jako oštećeni [97], te je most saniran 2002. godine.

Most "Mladosti" (MG 3), nakon NATO agresije 1999. godine i rušenja mostova na autoputu u okolini Niša, primio je celokupni saobraćaj koridora X, što je dodatno pogoršalo stanje mosta [98], pa je zbog ugrožene stabilnosti urgentno rekonstruisan i ojačan prethodno napregnutim karbonskim trakama 2001. godine [101].

Most MG 1 kao peti na ovoj rang listi, bombardovan je 1999. godine i obnovljen iste godine [99]. Na taj način, najugroženiji mostovi sa vrha ove rang liste bili su popravljani do sledećeg glavnog pregleda mostova na gradskim saobraćajnicama Niša. Može se reći da je splet okolnosti značajno uticao da se najviše oštećeni mostovi poprave i ispoštuje data rang lista. Veliki doprinos pri izboru i adekvatnoj sanaciji ovih mostova dao je urađeni Elaborat [118]. Iako ne sadrži prikazanu rang listu prioriteta, elaborat ukazuje na najviše oštećene mostove.

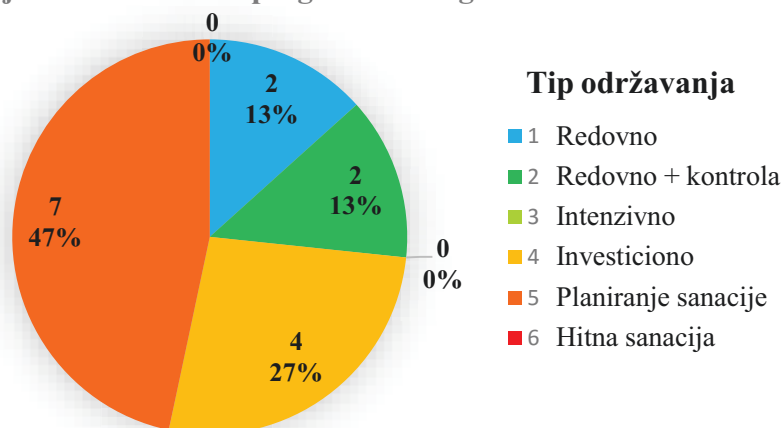
Most MG 7, koji se nalazi na perifernoj gradskoj saobraćajnici sa malim intenzitetom saobraćaja, ostavljen je da "čeka" svoju popravku u narednom periodu.

Most MG 2 četvrti je na ovoj rang listi i svojim rejtingom skreće na sebe pažnju jer je u samom centru grada neposredno ispred ulaza u Nišku tvrđavu.

Mostovi MG 4 i MG 6 izgrađeni su 2005. godine, kada je urađen njihov prvi pregled, koji je pridružen glavnom pregledu iz 2003. godine s obzirom da se radi o novim mostovima.

Globalno stanje mostovkih konstrukcija nakon inspekcijskog pregleda 2003. godine, sa novoizgrađenim mostovima iz 2005. godine prikazano je na slici 40.

Stanje mostova nakon pregleda 2003. godine



Slika 40. Broj i procenat mostova za svaki tip održavanja nakon pregleda 2003. godine

U tabeli 5.2. prikazana je dobijena rang lista prioriteta za pregledane mostove 2003. godine.

Tabela 5.2. Rang lista prioriteta prema predloženoj metodologiji nakon pregleda 2003. godine

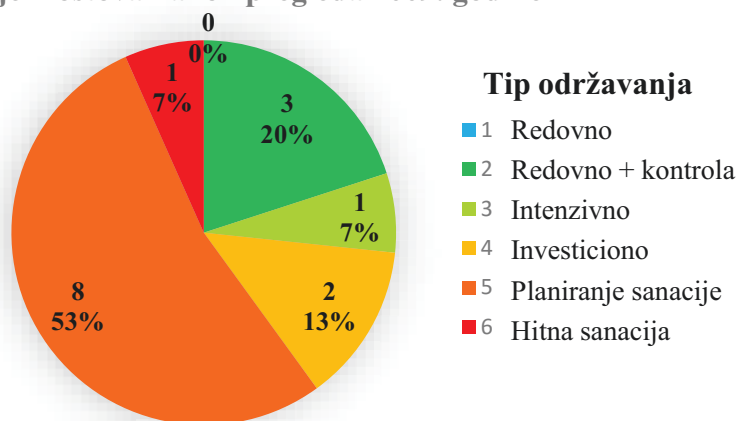
Rang	Šifra mosta	Rejting mosta					Klasa rejtinga stanja mosta Tip održavanja
		R	R1	R2	R3	R4	
1	MG 2	1531,52	1306,8	100,5	90,64	33,58	5
2	MG 7	1393,28	1045,1	187,6	146,40	14,18	5
3	MG 8	1256,06	1006,8	134	81,68	33,58	5
4	MG 14	919,24	595,1	67,0	238,48	18,66	5
5	MG 5	858,88	663,4	60,3	101,60	33,58	5
6	MG 11	784,64	568,4	93,8	82,16	40,28	5
7	MG 9	691,4	513,4	73,7	70,72	33,58	5
8	MG 12	643,94	508,4	33,5	61,76	40,28	4
9	MG 10	600,44	418,4	60,3	88,16	33,58	4
10	MG 1	593,02	468,4	26,8	64,24	33,58	4
11	MG 13	307,28	186,7	33,5	46,8	40,28	4
12	MG 3	219,44	121,7	26,8	37,36	33,58	2
13	MG 15	200,92	106,7	40,2	39,84	14,18	2
14	<i>MG 4</i>	<i>189,04</i>	<i>106,7</i>	<i>26,8</i>	<i>35,36</i>	<i>20,18</i>	<i>1</i>
15	<i>MG 6</i>	<i>189,04</i>	<i>106,7</i>	<i>26,8</i>	<i>35,36</i>	<i>20,18</i>	<i>1</i>

Rejting mostova sa šifrom MG 4 i MG 6 označen je italikom jer je sračunat na osnovu prvog pregleda iz 2005. godine.

Na vrhu rang liste iz 2003. godine, nalaze se dva izuzetno značajna mosta, već spomenuti Tvrđavski most MG 2 u centru grada i MG 8 kod "Ćele kule". Međutim u narednom periodu nisu preduzete nikakve aktivnosti u cilju popravke i održavanja mostova u gradu Nišu.

Globalno stanje mostovkih konstrukcija nakon inspekcijskog pregleda 2009. godine, prikazano je na slici 41.

Stanje mostova nakon pregleda 2009. godine



Slika 41. Broj i procenat mostova za svaki tip održavanja nakon pregleda 2009. godine

U tabeli 5.3. prikazana je dobijena rang lista prioriteta za pregledane mostove 2009. godine.

Tabela 5.3. Rang lista prioriteta prema predloženoj metodologiji nakon pregleda 2009. godine

Rang	Šifra mosta	Rejting mosta					Klasa rejtinga stanja mosta Tip održavanja
		R	R1	R2	R3	R4	
1	MG 2	2011,08	1728,5	147,4	101,60	33,58	6
2	MG 8	1654,12	1313,5	214,4	92,64	33,58	5
3	MG 7	1533,86	1156,8	187,6	175,28	14,18	5
4	MG 5	1050,06	850,1	60,3	106,08	33,58	5
5	MG 14	1005,20	670,1	67,0	249,44	18,66	5
6	MG 11	859,64	643,4	93,8	82,16	40,28	5
7	MG 9	845,88	663,4	73,7	75,2	33,58	5
8	MG 1	826,66	655,1	60,3	77,68	33,58	5
9	MG 12	823,40	643,4	67,0	77,2	40,28	5
10	MG 10	636,1	438,4	67,0	97,12	33,58	4
11	MG 13	376,24	246,7	33,5	55,76	40,28	4
12	MG 15	263,16	133,4	60,3	55,28	14,18	3
13	MG 4	238,14	126,7	33,5	57,76	20,18	2
14	MG 3	221,44	121,7	26,8	39,36	33,58	2
15	MG 6	200,22	106,7	33,5	39,84	20,18	2

Napredovanje procesa pogoršanja stanja mosta MG 2, naročito montažnih adheziono prethodno napregnutih betonskih talpi pešačkih staza, značajno je povećalo rejting čeličnog mosta ispred Tvrđave u Nišu, tako da most MG 2 ostaje na prvom mestu rang liste prioriteta.

Prvo incidentno urušavanje dela pešačke staze desilo se Juna 2008. godine [102], koje je "sanirano" zamenom oštećene adheziono prethodno napregnute talpe armiranobetonskom. I pored ove iznuđene intervencije, čelični most u centru Niša svojim izuzetno visokim rejtingom i prvim mestom na rang listi prioriteta nakon izvršenog glavnog pregleda mostova 2009. godine, zahtevao je hitnu i ozbiljnu popravku. Nažalost, to se nije desilo i 2014. godine dolazi do novog, znatno većeg urušavanja uzvodne pešačke staze. Krajem 2014. godine i početkom 2015. godine, montažne talpe zamenjene su livenim betonom armiranim čeličnim vlaknima. Već u proleće 2015. godine novoizgrađena pešačka staza pokazala je brojne prsline.

Iako su uočena oštećenja, glavnim inspeksijskim pregledom 2015. godine nove pešačke staze ocenjene su najboljom ocenom "Dobro", ali je pogoršanje stanja ostalih nosećih elemenata ovog mosta uticalo da njegov rejting 2015. godine bude izuzetno visok i most ostane na prvom mestu rang liste prioriteta.

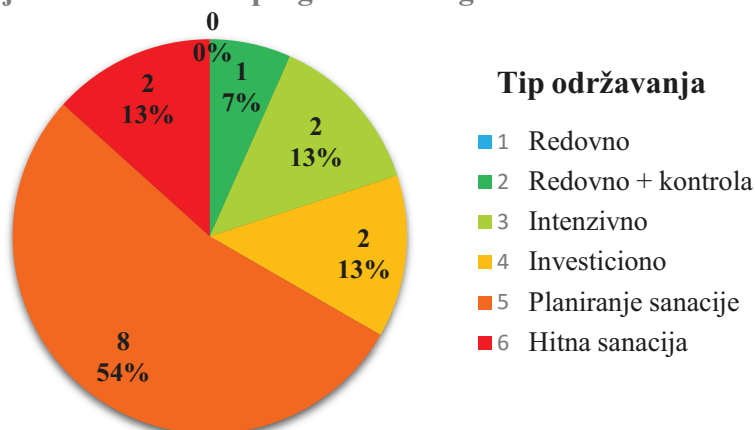
U periodu od 2009. godine do 2015. godine, nije bilo nikakvih drugih intervencija koje bi popravile stanje na ostalim mostovskim konstrukcijama iz baze podataka u gradu Nišu.

Upoređujući srednji deo rang lista iz 2003. godine i 2009. godine, uočava se da su mostovi MG 5 i MG 14 zamenili mesta na rang listi prioriteta, dok su mostovi MG 11 i MG 9 zadržali svoja mesta na rang listi prioriteta, a most MG 1 povećanjem rejtinga ide ka vrhu.

Takođe, most MG 4 kod "Nitekse" pokazuje veće povećanje rejtinga nakon inspeksijskog pregleda 2009. godine u odnosu na MG 6 most "Medijana", iako su projektovani u istom projektnom birou i izgrađeni u isto vreme u toku 2005. godine.

Globalno stanje mostovkih konstrukcija nakon inspeksijskog pregleda 2015. godine, prikazano je na slici 42.

Stanje mostova nakon pregleda 2015. godine



Slika 42. Broj i procenat mostova za svaki tip održavanja nakon pregleda 2015. godine

U tabeli 5.4. prikazana je dobijena rang lista prioriteta za pregledane mostove 2015. godine.

Tabela 5.4. Rang lista prioriteta prema predloženoj metodologiji nakon pregleda 2015. godine

Rang	Šifra mosta	Rejting mosta					Klasa rejtinga stanja mosta Tip održavanja
		R	R1	R2	R3	R4	
1	MG 2	2001,20	1743,5	147,4	76,72	33,58	6
2	MG 8	1992,10	1647,0	214,4	97,12	33,58	6
3	MG 7	1739,52	1353,5	187,6	184,24	14,18	5
4	MG 5	1242,52	1006,8	87,1	115,04	33,58	5
5	MG 14	1175,30	826,8	80,4	249,44	18,66	5
6	MG 1	1107,50	911,8	67,0	95,12	33,58	5
7	MG 9	990,86	768,4	107,2	81,68	33,58	5
8	MG 12	962,64	745,1	87,1	90,16	40,28	5
9	MG 11	954,74	725,1	107,2	82,16	40,28	5
10	MG 10	794,8	595,1	67,0	99,12	33,58	5
11	MG 13	520,2	381,7	33,5	64,72	40,28	4
12	MG 15	436,8	260,1	93,8	68,72	14,18	4
13	MG 4	378,52	213,4	60,3	84,64	20,18	3
14	MG 3	241,44	141,7	26,8	39,36	33,58	3
15	MG 6	213,66	106,7	33,5	53,28	20,18	2

I pored izvršenih radova na zameni betonskih ploča pešačkih staza na mostu MG 2 ispred ulaza u Nišku tvrđavu, on ostaje na prvom mestu rang liste prioriteta nakon pregleda 2015. godine, jer ima izuzetno veliki rejting (u klasi rejtinga stanja mosta **6**) i zahteva "hitnu sanaciju" nosećih konstrukcijskih elemenata, odnosno tip održavanja **6**.

Drugo mesto na rang listi prioriteta u 2015. godini zadržao je most MG 8 kod "Ćele kule", ali sa znatno većim rejtingom kojim ulazi u klasu rejtinga stanja mosta **6** i takođe zahteva "hitnu sanaciju" nosećih konstrukcijskih elemenata, odnosno tip održavanja **6**. Treba naglasiti da je ovaj most na rang listama prioriteta bio na drugom mestu još nakon pregleda 2009. godine, ali od tada nisu preduzete nikakve aktivnosti u cilju popravke mosta.

Na trećem mestu, na rang listama prioriteta 1997. godine, 2009. godine i 2015. godine, nalazi se most MG 7 kod Vrežinskog bazena, koji je sagrađen u "Karloš" sistemu i ima ugroženu stabilnost zbog velikog oštećenja donjeg stroja mosta.

Na četvrtom mestu na rang listi prioriteta u 2015. godini, ostao je most MG 5 u Proleterskoj ulici, na kome se nalazio i 2009. godine, dok je 2003. bio na petom mestu rang liste, uvek u klasi rejtinga stanja mosta 5, sa tipom održavanja "planiranje sanacije".

Formirane rang liste prioriteta daju najbolje odgovore na osnovna pitanja sistema upravljanja mostovima: šta? (*what?*), gde? (*where?*) i kada? (*when?*), ako su pregledi svih mostova neke rang liste urađeni "istovremeno", odnosno u što kraćem vremenskom periodu.

Mostovske konstrukcije na gradskim saobraćajnicama Niša redovno su pregledane u par dana iste nedelje u toku istog leta, tako da je komparacija njihovog rejtinga stanja realna.

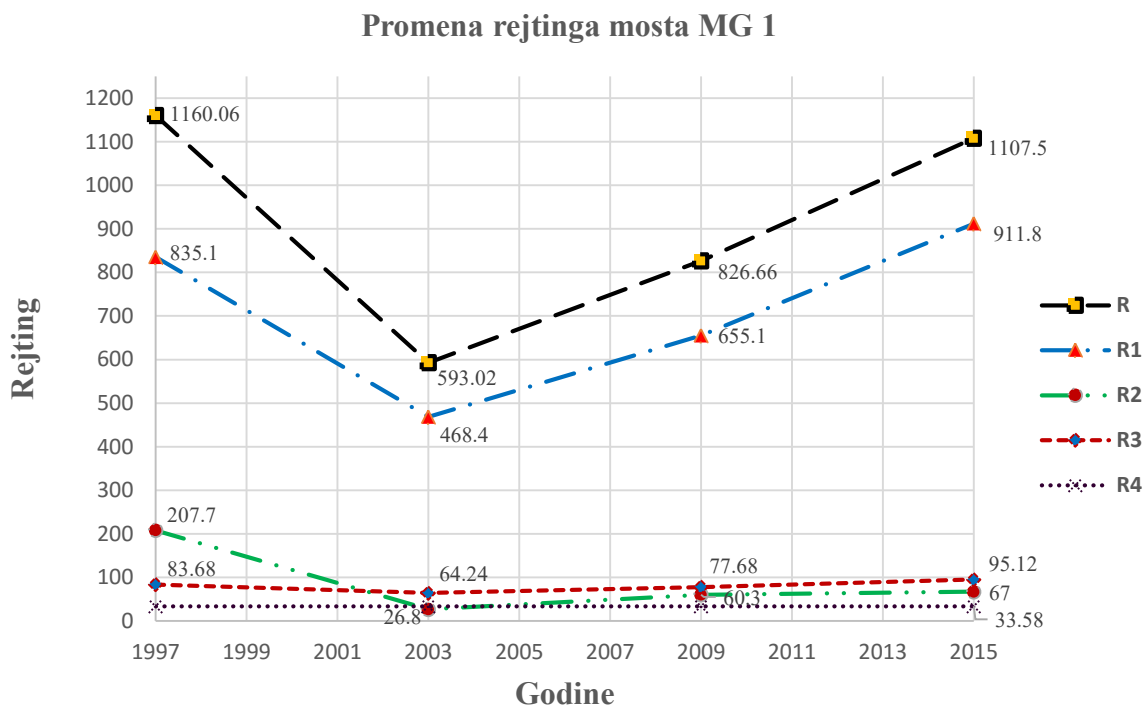
Takođe, rang lista prioriteta urađena prema ukupnom rejtingu R, nije identična i ne može se poistovetiti sa rang listom ustanovljenoj prema parcijalnom rejtingu R1 nosećih elemenata mostova. Primer mosta MG 1 na rang listi prioriteta nakon pregleda 1997. godine najbolje ilustruje ovu činjenicu. Naime prema ukupnom rejtingu R most MG 1 je na toj rang listi prioriteta na petom mestu, dok bi zauzeo šesto mesto ako bi se uradila rang lista prema parcijalnom rejtingu R1. Na osnovu snimljenog stanja dopunskih elemenata koji se vezuju za konstrukciju i koji mogu da utiču na dalje oštećenje konstrukcije, ustanovljeni parcijalni rejting R2 značajno povećava ukupni rejting R.

Sračunati parcijalni rejting R3 na osnovu snimljenog stanja funkcionalnih elemenata kod mosta MG 14, čini više od četvrtine ukupnog rejtinga R pri svakom pregledu mosta.

Parcijalni rejting R4, ustanovljen na osnovu snimljenog stanja dopunskih elemenata koji se vezuju za funkcionalnost i prioritet, kod mostovskih konstrukcija na gradskim saobraćajnicama Niša ima najmanje izraženu promenu.

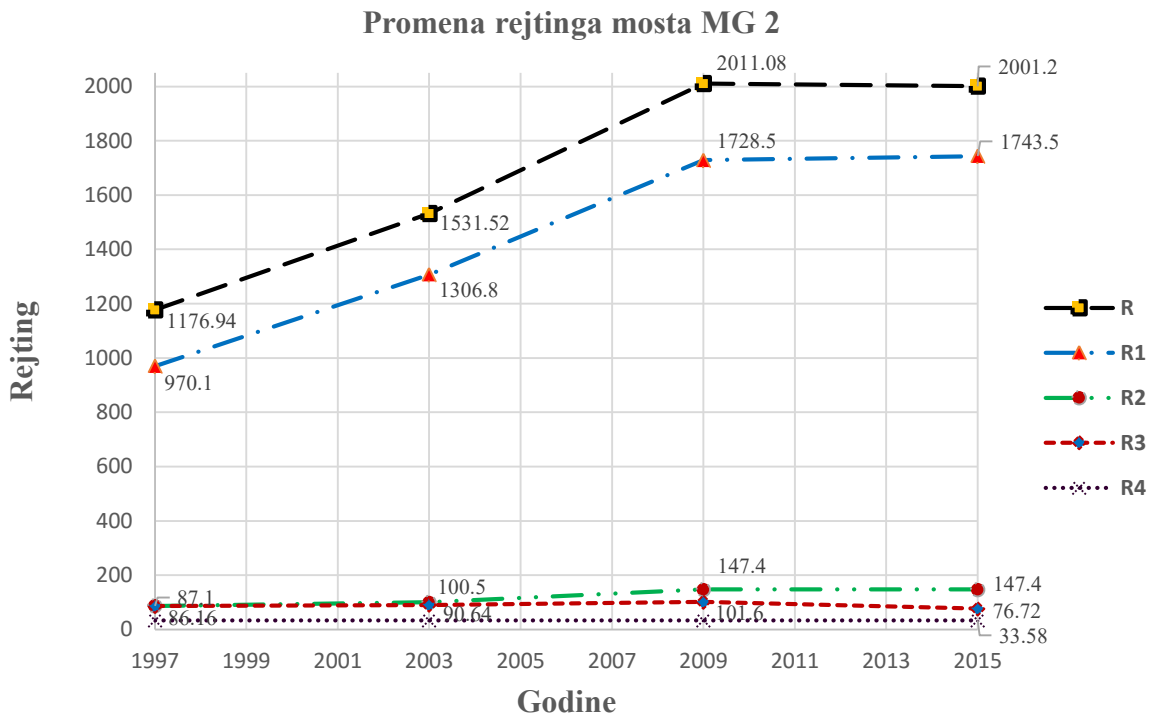
U cilju potpunije analize, urađen je grafički prikaz promene ukupnog i parcijalnih rejtinga svih mostova iz baze podataka za posmatrani vremenski period.

Na slici 43. prikazana je promena rejtinga mosta MG 1, gde je 1997. godine izražen parcijalni rejting R2.



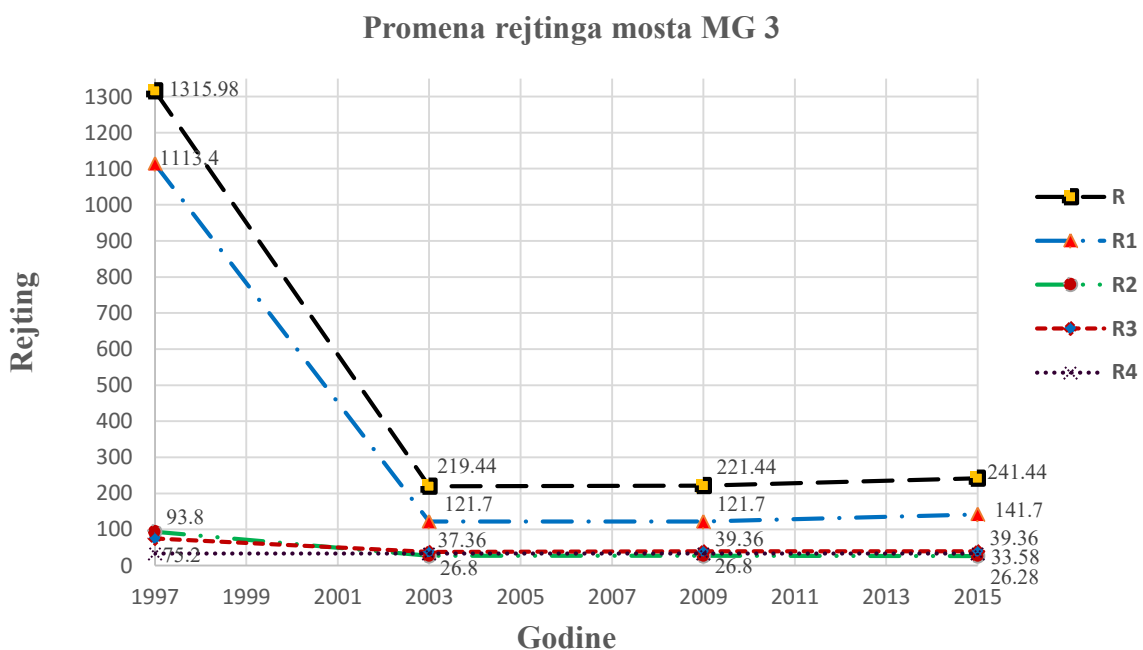
Slika 43. Rejting mosta MG 1 prema predloženoj metodologiji u intervalu monitoringa

Na slici 44. prikazana je promena rejtinga mosta MG 2. Pogoršanje stanja nosećih elemenata ovog mosta uticalo da njegov rejting 2015. godine ima neznatno smanjenje, iako su krajem 2014. godine i početkom 2015. godine popravljene pešačke staze.



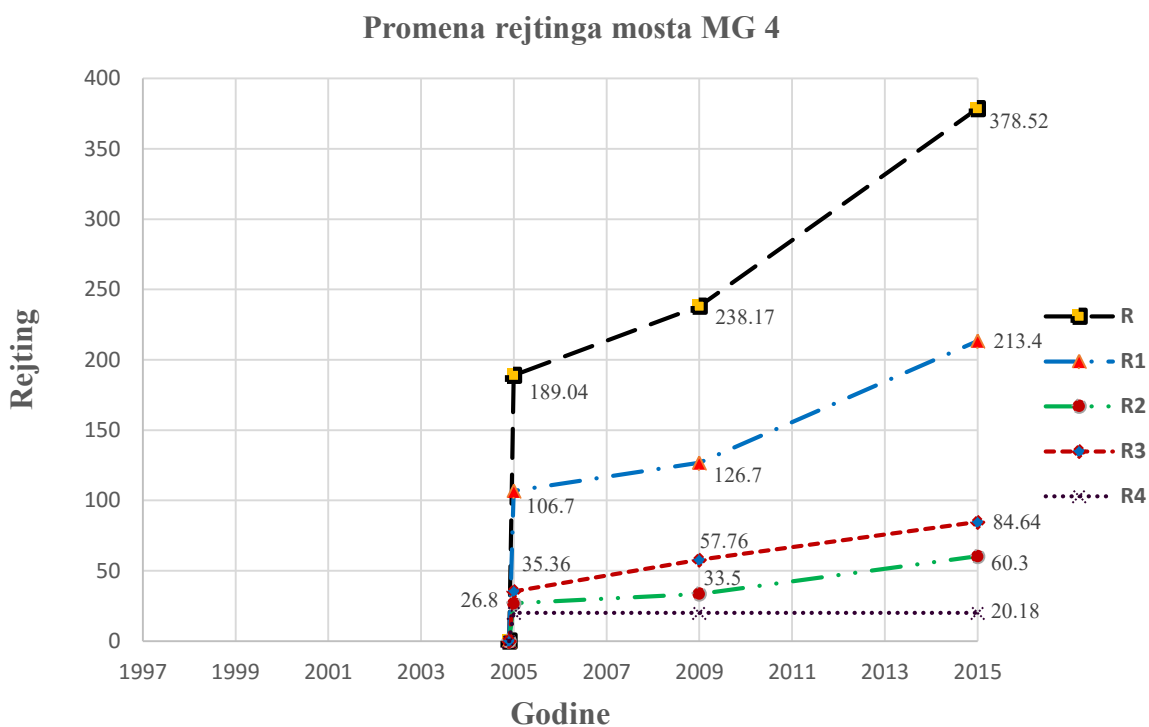
Slika 44. Rejting mosta MG 2 prema predloženoj metodologiji u intervalu monitoringa

Na slici 45. prikazana je promena rejtinga mosta MG 3.



Slika 45. Rejting mosta MG 3 prema predloženoj metodologiji u intervalu monitoringa

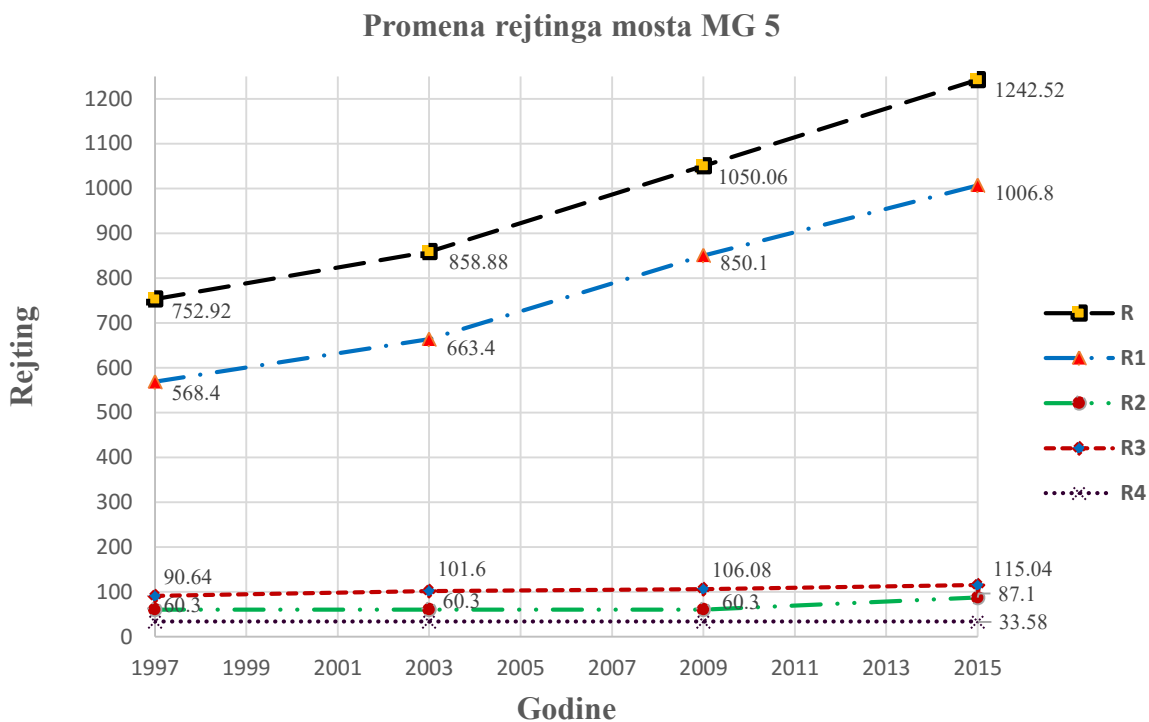
Na slici 46. prikazana je promena rejtinga mosta MG 4.



Slika 46. Rejting mosta MG 4 prema predloženoj metodologiji u intervalu monitoringa

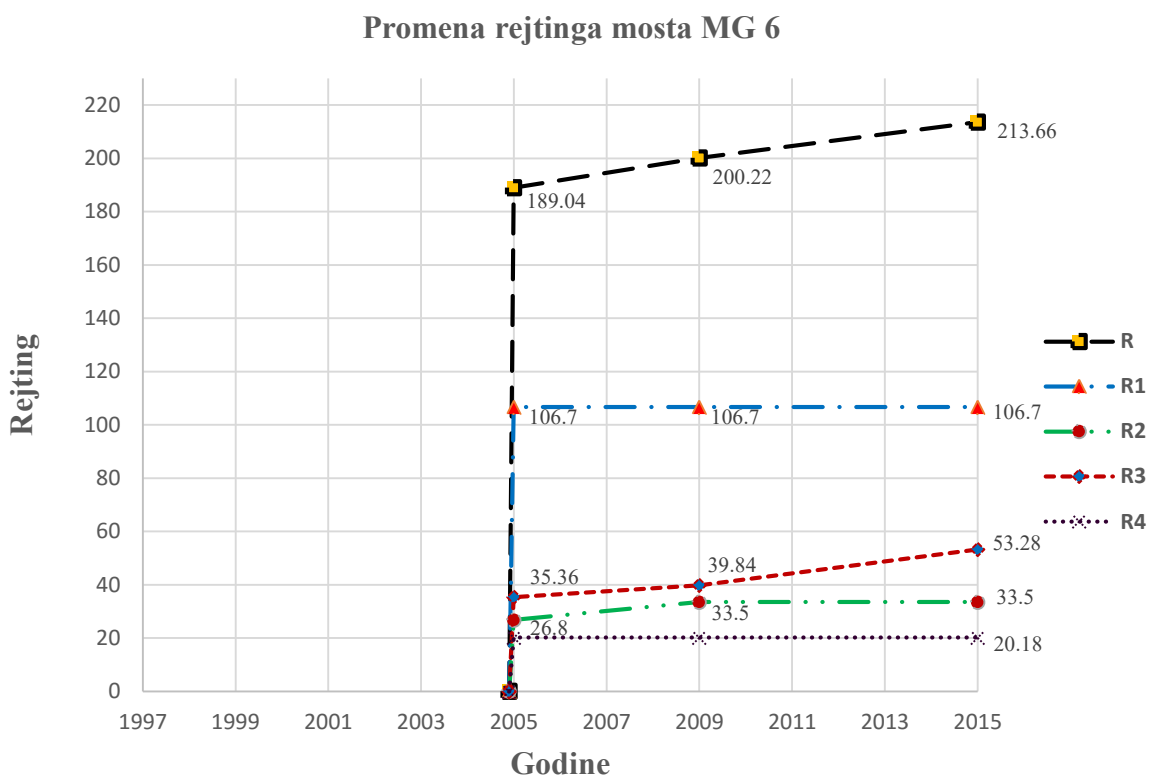
Kod mosta MG 4 uočava se veća stopa porasta rejtinga nakon pregleda 2015. godine.

Na slici 47. prikazana je promena rejtinga mosta MG 5.



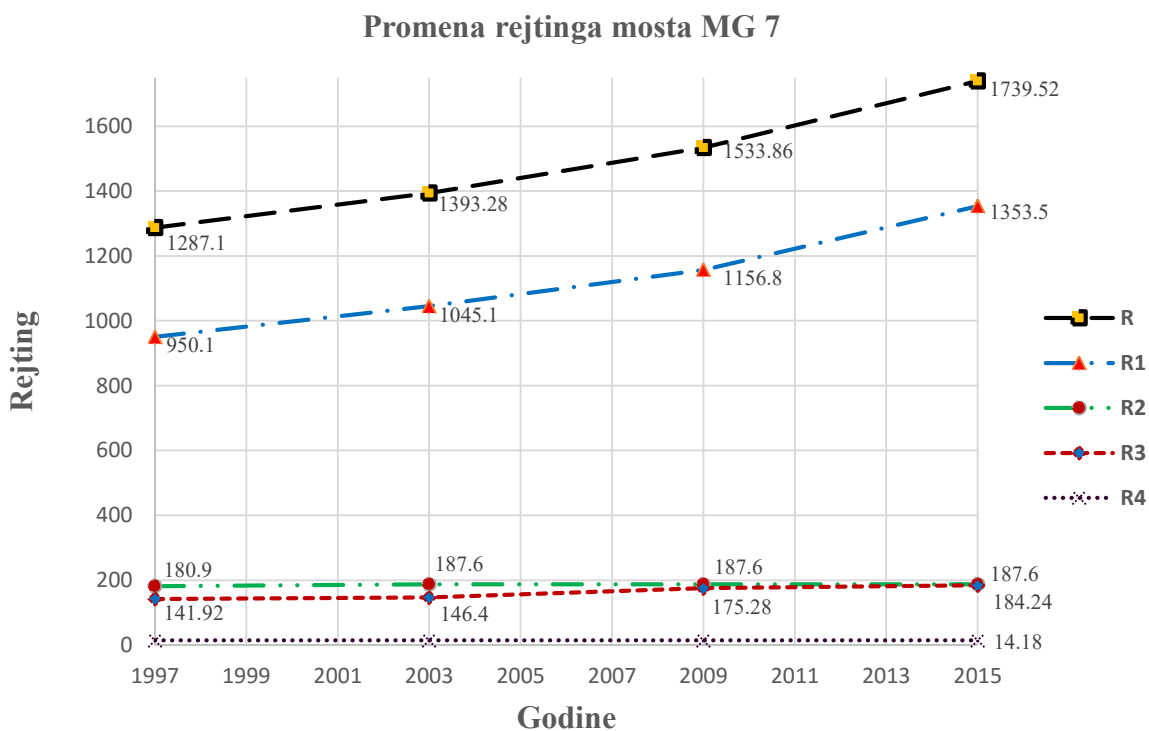
Slika 47. Rejting mosta MG 5 prema predloženoj metodologiji u intervalu monitoringa

Na slici 48. prikazana je promena rejtinga mosta MG 6.



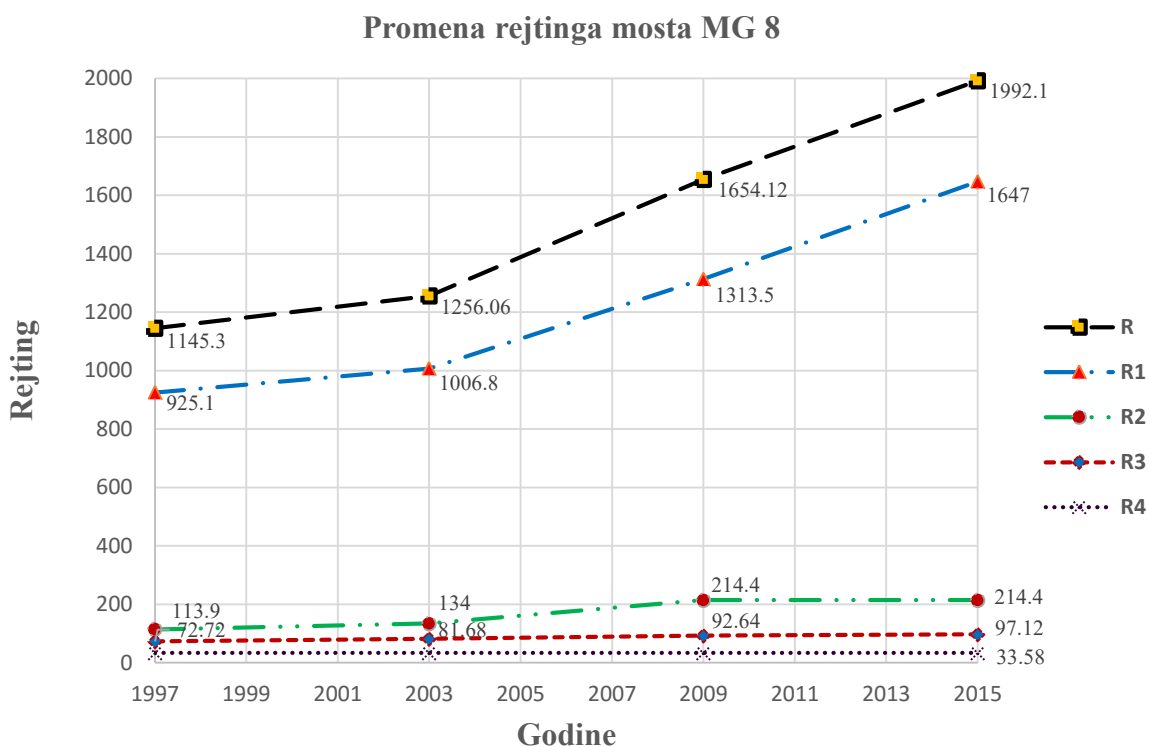
Slika 48. Rejting mosta MG 6 prema predloženoj metodologiji u intervalu monitoringa

Na slici 49. prikazana je promena rejtinga mosta MG 7.



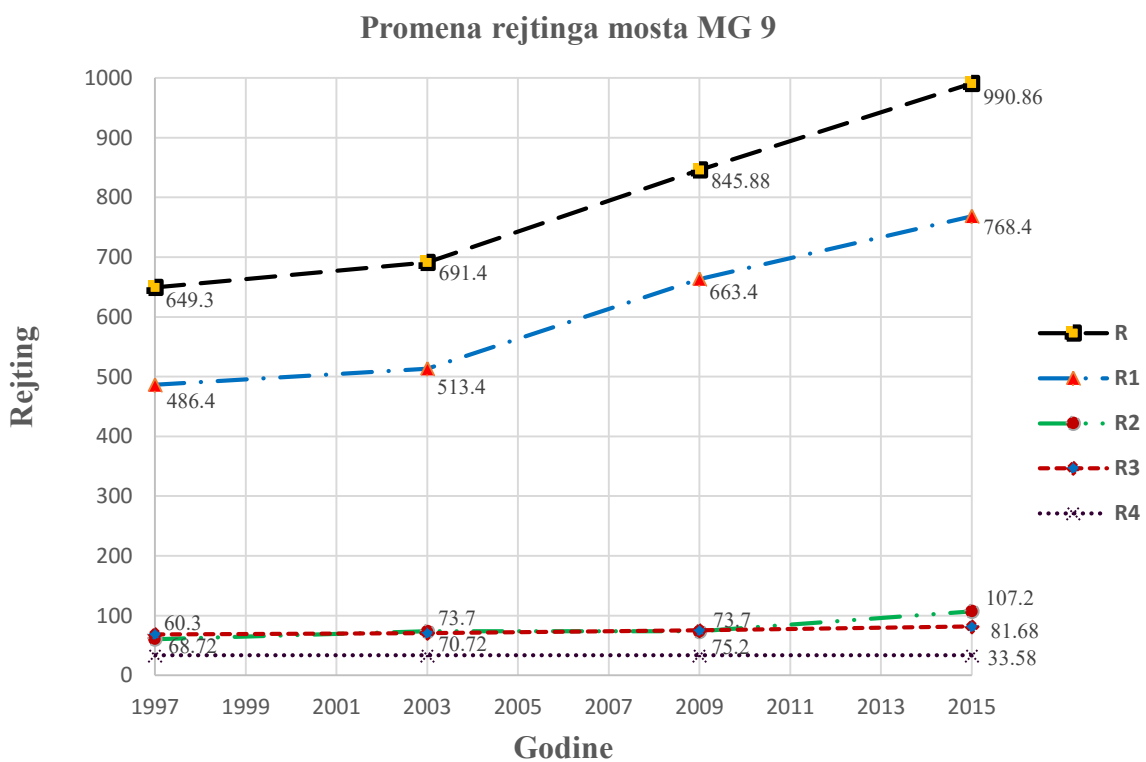
Slika 49. Rejting mosta MG 7 prema predloženoj metodologiji u intervalu monitoringa

Na slici 50. prikazana je promena rejtinga mosta MG 8.



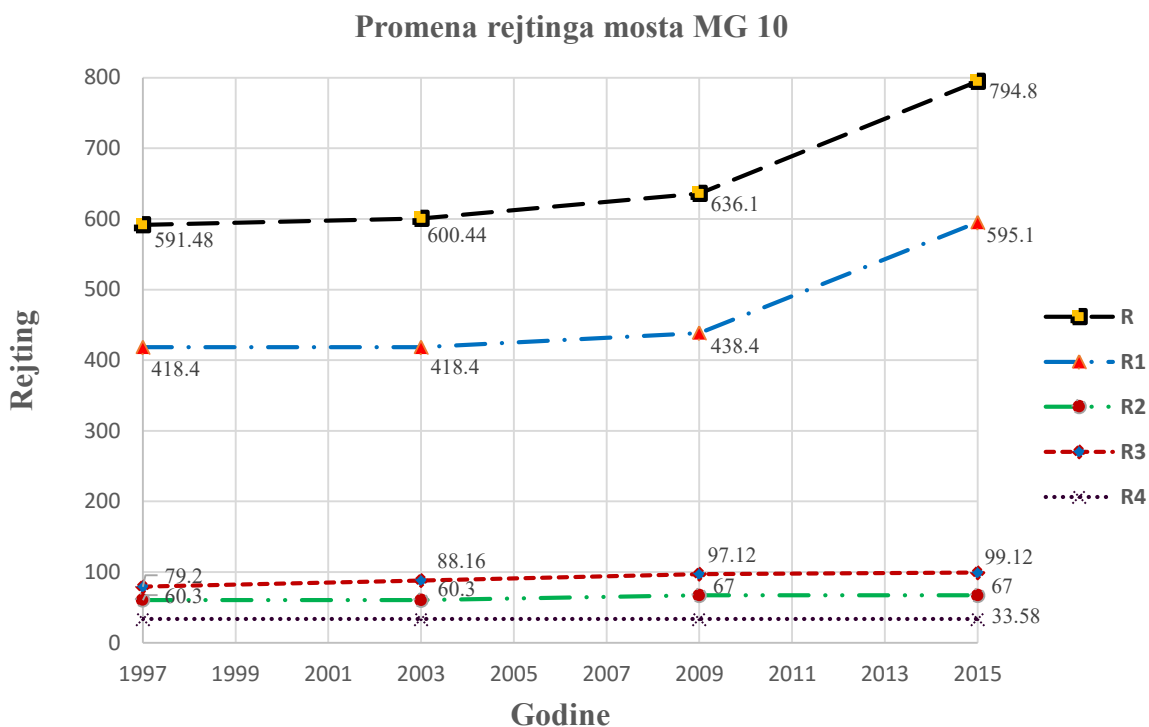
Slika 50. Rejting mosta MG 8 prema predloženoj metodologiji u intervalu monitoringa

Na slici 51. prikazana je promena rejtinga mosta MG 9.



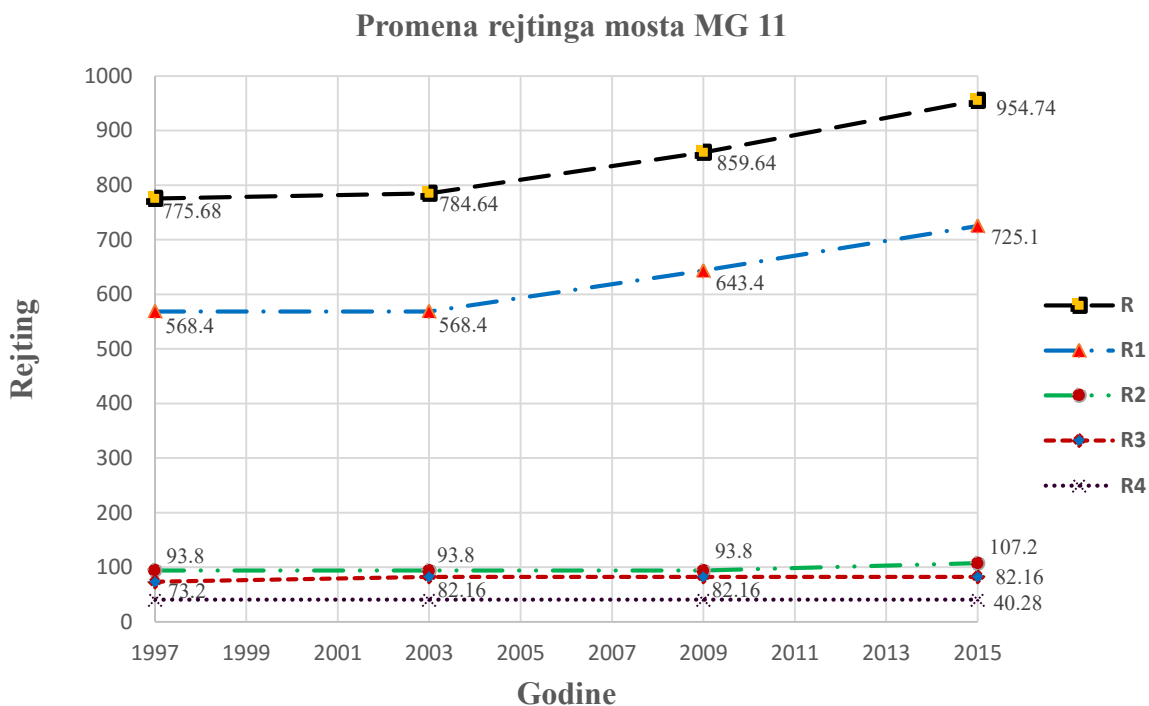
Slika 51. Rejting mosta MG 9 prema predloženoj metodologiji u intervalu monitoringa

Na slici 52. prikazana je promena rejtinga mosta MG 10.



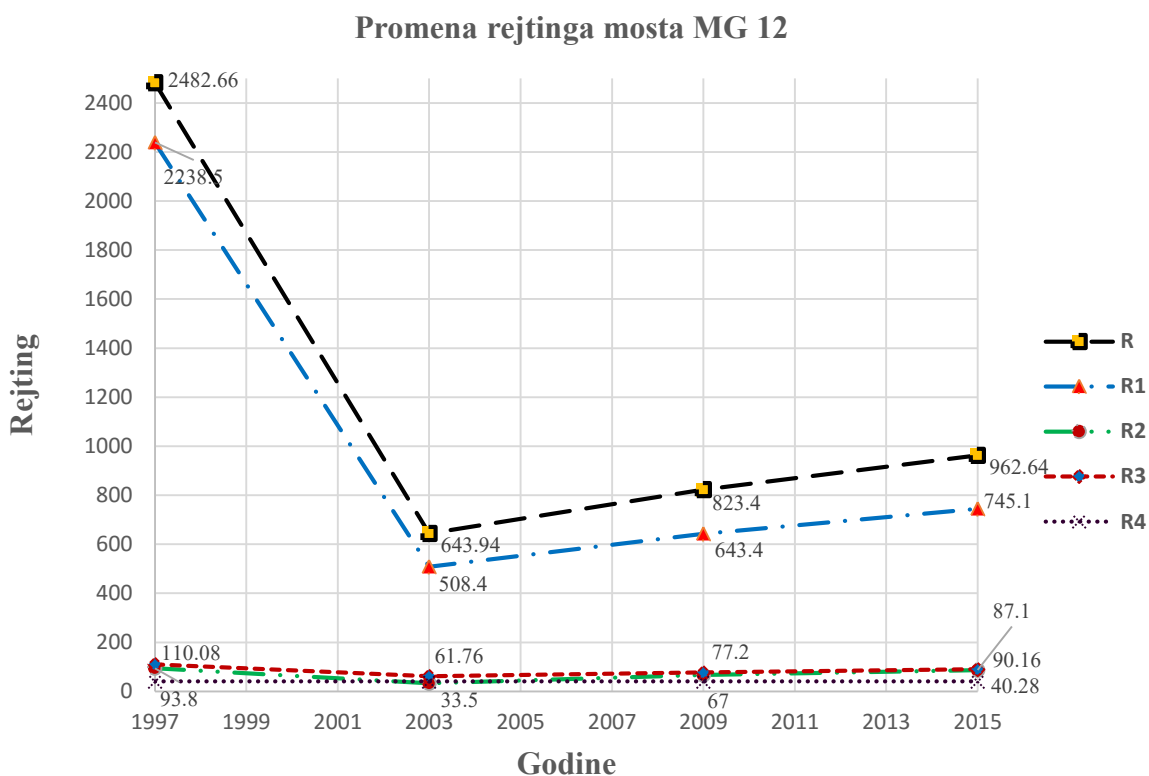
Slika 52. Rejting mosta MG 10 prema predloženoj metodologiji u intervalu monitoringa

Na slici 53. prikazana je promena rejtinga mosta MG 11.



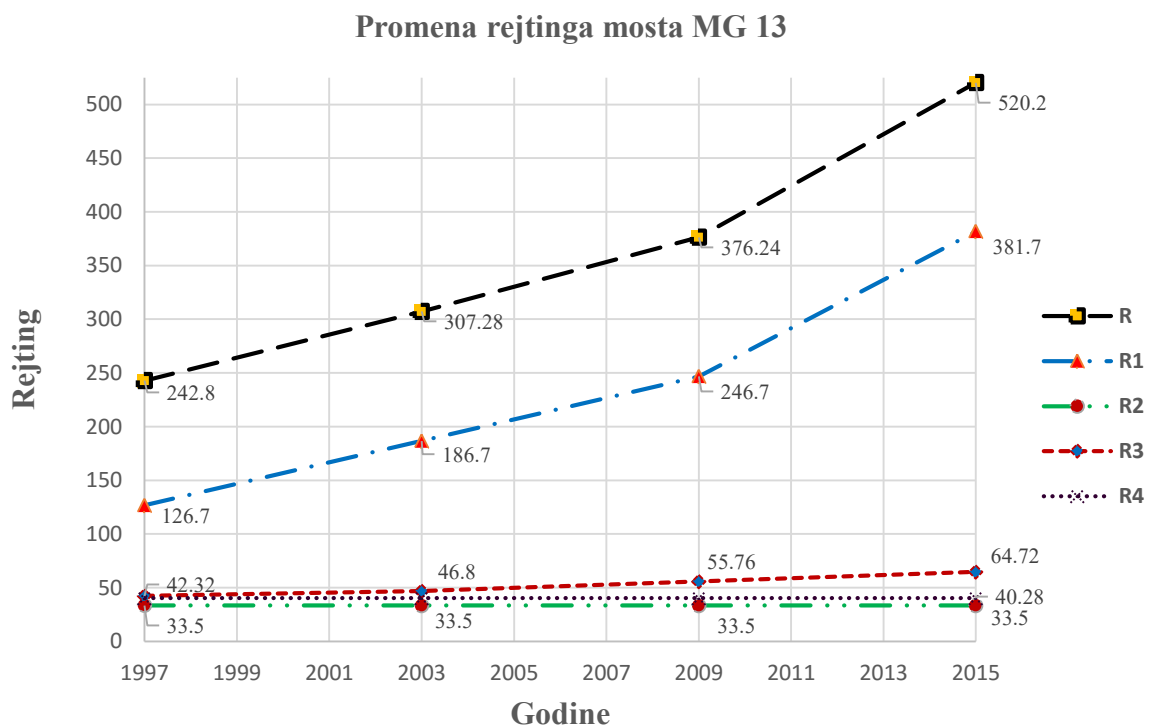
Slika 53. Rejting mosta MG 11 prema predloženoj metodologiji u intervalu monitoringa

Na slici 54. prikazana je promena rejtinga mosta MG 12.



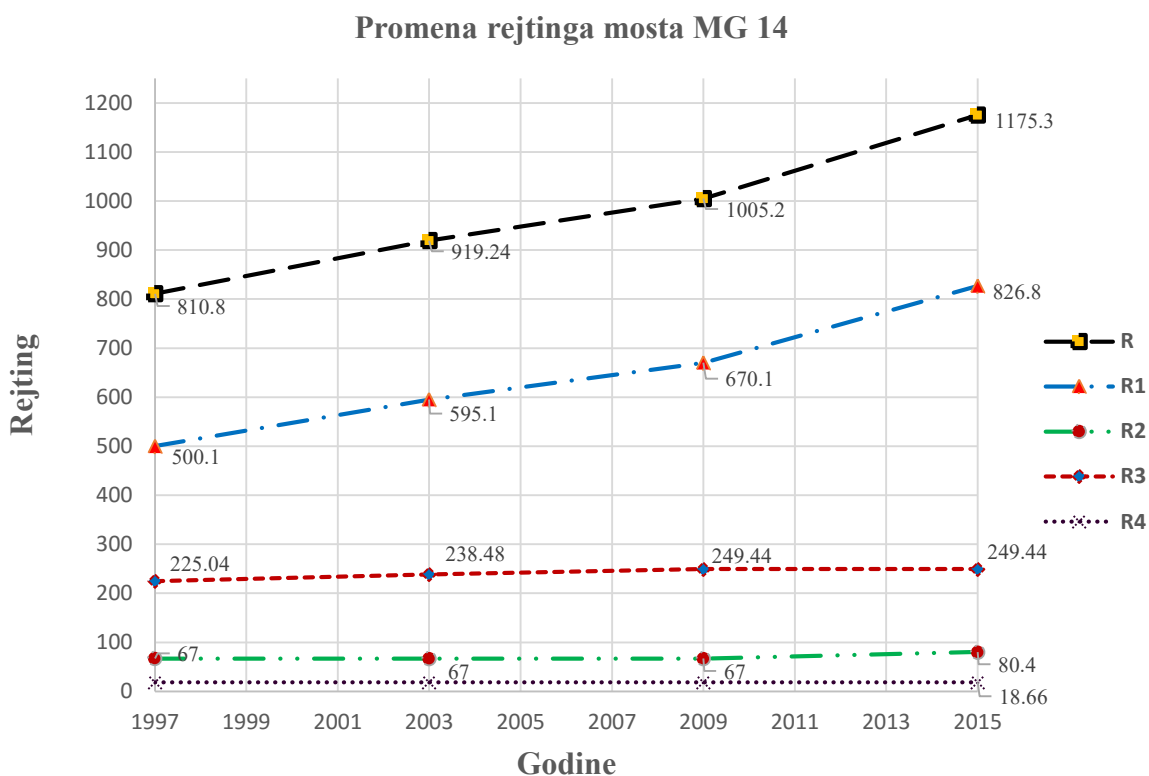
Slika 54. Rejting mosta MG 12 prema predloženoj metodologiji u intervalu monitoringa

Na slici 55. prikazana je promena rejtinga mosta MG 13.



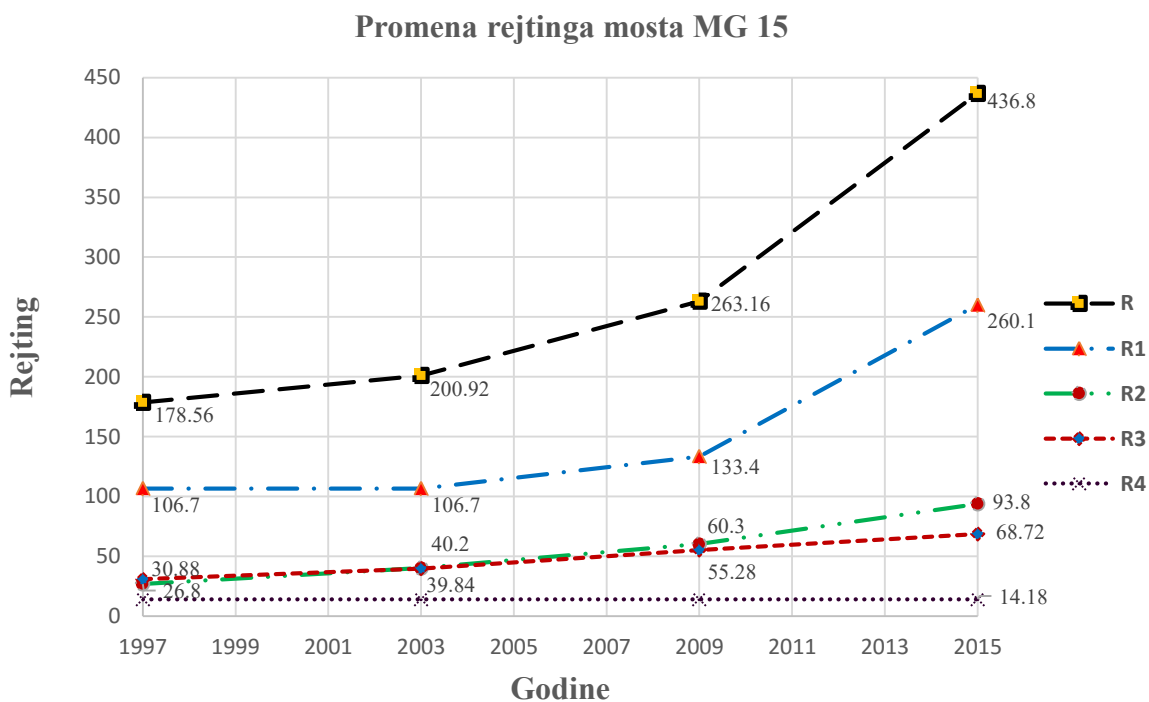
Slika 55. Rejting mosta MG 13 prema predloženoj metodologiji u intervalu monitoringa

Na slici 56. prikazana je promena rejtinga mosta MG 14.



Slika 56. Rejting mosta MG 14 prema predloženoj metodologiji u intervalu monitoringa

Na slici 57. prikazana je promena rejtinga mosta MG 15.



Slika 57. Rejting mosta MG 15 prema predloženoj metodologiji u intervalu monitoringa

Na osnovu izvršenih inspekcijskih pregleda mostovskih konstrukcija na gradskim saobraćajnicama Niša i sračunatog njihovog rejtinga prema predloženoj metodologiji, može se definisati vreme zadržavanja mostova u pojedinom stanju. U tabeli 5.5. dat je pregled promene klase rejtinga stanja mostovskih konstrukcija tokom vremena. Determinističkim modelom, na osnovu vremena zadržavanja mostova u određenoj klasi rejtinga stanja, može se odrediti trajektorija pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija i ustanoviti klasa rejtinga stanja mostova u budućnosti, pod uslovom da nije bilo nikakvih aktivnosti održavanja i popravki koje bi poboljšale stanje mostovskih konstrukcija u posmatranom vremenskom periodu.

Na osnovu zapisa sa poslednjeg inspekcijskog pregleda mostova 2015. godine i ustanovljene trajektorije pogoršanja njihovih stanja, u tabeli 5.5. takođe je prikazana očekivana klasa rejtinga mostovskih konstrukcija u narednom vremenskom intervalu.

Tabela 5.5. Promena klase rejtinga stanja mostova u posmatranom vremenskom periodu

Redni broj	Šifra mosta	Stanje mosta u proteklom vremenskom periodu				Stanje mosta u budućnosti (bez održavanja)
		1997	2003	2009	2015	2021
1	MG 1	5	4	5	5	5
2	MG 2	5	5	6	6	6
3	MG 3	5	2	2	3	4
4	MG 4	/	1	2	3	4
5	MG 5	5	5	5	5	6
6	MG 6	/	1	1	2	3
7	MG 7	5	5	5	5	6
8	MG 8	5	5	5	6	6
9	MG 9	4	4	5	5	5
10	MG 10	4	4	4	5	5
11	MG 11	5	5	5	5	5
12	MG 12	6	4	5	5	5
13	MG 13	3	4	4	4	5
14	MG 14	5	5	5	5	5
15	MG 15	1	2	3	4	4

U klasi "1" rejtinga stanja novi mostovi MG 4 i MG 15, zadržali su se do sledećeg glavnog pregleda, što je vremenski period od 6 godina. Most MG 6 bio je u klasi "1" rejtinga stanja do drugog inspekcijskog pregleda, što je vremenski period od 12 godina.

Mostovi MG 4, MG 6 i MG 15 bili su 6 godina u klasi "2" rejtinga stanja, dok se most "Mladosti", čija je šifra MG 3, nakon izvršene sanacije u klasi rejtinga "2" zadržao 12 godina.

Vreme zadržavanja mostova u stanju "3" je jedan vremenski interval, odnosno 6 godina.

U klasi rejtinga stanja "4", sanirani mostovi MG 1 i MG 12 bili su 6 godina, dok je vreme zadržavanja ostalih mostova u klasi rejtinga stanja "4" od 12 do 18 godina.

U klasi "5" rejtinga stanja, mostovi se zadržavaju 18 i više godina.

Na primeru Tvrđavskog mosta MG 2, vidljivo je da preduzete intervencije nisu imale efekta, odnosno most je i posle izvršenih sanacionih radova ostao u istoj nedopustivoj klasi rejtinga stanja "6". Jedino je pogoršanje stanja, odnosno povećanje rejtinga mosta nakratko zaustavljeno, što je ustanovljeno na slici 44, gde je grafički prikazana promena ukupnog i parcijalnih rejtinga mosta MG 2.

Klasa rejtinga "1" prolazno je stanje koje se kod postojećih mostova može postići samo zamenom mosta. Kvalitetnom i sveobuhvatnom sanacijom mosta "Mladosti" 2001. godine, klasa rejtinga stanja mosta MG 3 vraćena je na klasu rejtinga "2", dok su urađenom delimičnom sanacijom mostovi MG 1 i MG 12 vraćeni u klasu rejtinga stanja "4".

Kako se uočava, na svim rang listama dolazi do nagomilavanja broja mostova u klasi rejtinga stanja "5", što je očekivano pošto nikakve mere za poboljšanje stanja mostovskih konstrukcija na gradskim saobraćajnicama Niša nisu preduzete od 2003. do 2015. godine.

Na osnovu pregleda promene stanja mostova tokom vremena, datog u tabeli 5.5. ustanovljeno vreme zadržavanja mostova u pojedinoj klasi rejtinga prikazano je u tabeli 5.6.

Tabela 5.6. Vreme zadržavanja mostova u pojedinom stanju tokom vremena.

Klasa rejtinga stanja mosta - Tip održavanja	Vreme zadržavanja (godine)
1	6 - 12
2	6 - 12
3	6
4	6 - 18
5	18

Novе mostovske konstrukcije polaze od klase rejtinga stanja "1" i sukcesivno prolaze kroz svaku narednu klasu rejtinga stanja, dok ne dostignu najgore stanje. U tabeli 5.6. može se uočiti, da najkraće vreme potrebno da nov most od klase rejtinga stanja "1" stigne do nedopustivog rejtinga stanja "6", iznosi 42 godine, ukoliko se nikakva intervencija ne preduzima i ne ulaže u održavanje i popravke. Podrazumeva se da mostovske konstrukcije ne smeju da borave u klasi rejtinga stanja "6". Postavlja se pitanje koja društvena zajednica može sebi da dopusti da "zamenjuje" mostove svakih 40 godina.

Dakle, vođenjem ovakve "jeftine" strategije održavanja "ne radi ništa" (*do noting*), koja ne proizvodi nikakve direktne troškove, dobija se najkraći eksploatacioni vek mosta.

Iz tih razloga, nameće se potreba za planiranjem aktivnosti održavanja mostovskih konstrukcija, čime bi se produžio eksploatacioni vek postojećih mostova uz razumne troškove.

U slučaju da mostovske konstrukcije nisu pregledane u istom periodu, formirana rang lista prioriteta nije više realna.

Naime, ovako ustanovljeni prioriteti gube značaj pri neredovnom pregledu mostovskih konstrukcija, jer rejtinzi nisu ustanovljeni istovremeno za sve mostove, te ne daju odgovor koji su mostovi u datom trenutku u određenom stanju da bi se mogla rang lista prioriteta ažurirati.

Da bi komparacija rejtinga stanja mostovskih konstrukcija bila moguća, potrebno je ustanovljene rejtinge posmatrati u istom trenutku vremena, što znači da je neophodno razviti model pogoršanja stanja konstitutivnih elemenata mostova.

Iz rezultata prikazanih u tabeli 5.5 mogu se formulisati praktične preporuke za planiranje aktivnosti na održavanju i popravkama mostovskih konstrukcija na gradskim saobraćajnicama Niša.

Savremeni sistemi upravljanja mostovima, pored baze podataka o mostovima, sadrže i analitičke alate, pomoću kojih se na osnovu prikupljenih podataka uz primenu adekvatnog matematičkog modela prognozira pogoršanje stanja mostovskih konstrukcija, generiše optimalna politika održavanja mostova i određuju neophodna finansijska sredstva.

U cilju razvoja efikasnog sistema upravljanja mostovima, neophodno je što realnije predvideti pogoršanje stanja mostovskih konstrukcija.

6. MODELI POGORŠANJA STANJA MOSTOVSKIH KONSTRUKCIJA

Pogoršanje stanja elemenata mostovskih konstrukcija je proces smanjenja njihovih svojstava pri normalnim uslovima rada. Proces pogoršanja stanja pokazuje složene fenomene fizičkih i hemijskih promena koje se dešavaju u različitim komponentama mostovskih konstrukcija. Svaki element mosta ima svoju jedinstvenu stopu pogoršanja, što čini problem komplikovanijim. Pouzdano i precizno predviđanje brzine napredovanja procesa pogoršanja stanja, za svaki element mostovskih konstrukcija, od presudnog je značaja za uspeh bilo kog sistema upravljanja mostovima.

Za prognoziranje i predviđanje stanja konstitutivnih elemenata mostova u nekom budućem trenutku, neophodan je teorijski model procesa pogoršanja stanja - starenja mosta.

Modeli pogoršanja stanja elemenata mostovskih konstrukcija uvedeni su krajem 1980tih, kako bi se predvidelo buduće stanje infrastrukturne imovine u funkciji očekivanog nivoa usluge. U studiji sprovedenoj u centru transportnih sistema (*Transportation Systems Center - TSC*) [119] u Kembridžu, ispitivani su faktori koji utiču na pogoršanje stanja elemenata jednog mosta. Studija je zaključila, da su najuticajniji faktori koji utiču na pogoršanje stanja mostovskih konstrukcija starost, intenzitet saobraćajnog opterećenja, uslovi okolne sredine, parametri korišćeni pri projektovanju i proračunu konstrukcijskih elemenata mosta, kao i kvalitet korišćenih materijala i kvalitet same izgradnje. Prema izveštaju FHWA [120], većina istraživanja ukazala je da indeksi pogoršanja stanja pokazuju značajne promene u prvih nekoliko godina eksploatacije, a kasnije imaju tendenciju da predvide sporiji pad rejtinga stanja mostovskih konstrukcija.

Mogućnost predviđanja procesa pogoršanja stanja osnovnih tehničkih i funkcionalnih karakteristika mostova, kao i procena preostalog servisnog veka, izuzetno su važni ulazni podaci za sistem upravljanja mostovima. Modeli kojima se prognozira pogoršanje stanja mostovskih konstrukcija tokom vremena od ključnog su značaja za efikasno planiranje održavanja. To naročito dolazi do izražaja u procesu optimizacije i planiranja potrebnih aktivnosti i odgovarajućih finansijskih sredstava.

Modeliranje procesa pogoršanja stanja, veoma je kompleksno i složeno, jer je mnogo faktora koji utiču na ovu pojavu, zbog čega se u mnogim zemljama posvećuje velika pažnja tom problemu. Različite tehnike primenjuju se za predviđanje pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija. U principu, modeli za predviđanje pogoršanja stanja mostova mogu se svrstati u četiri kategorije: modeli fizičko - hemijskih procesa pogoršanja stanja, deterministički modeli, stohastički modeli i modeli veštačke inteligencije.

6.1. Modeli fizičko - hemijskih procesa pogoršanja stanja

Proces pogoršanja stanja pokazuje složene "fenomene" fizičkih i hemijskih promena koje se dešavaju u različitim komponentama mostovskih konstrukcija. Modeli fizičkih i hemijskih procesa zasnovani su na poznavanju fizičkih i hemijskih pojava koje uzrokuju procese pogoršanja stanja konstitutivnih elemenata mostova. To su matematički modeli koji detaljno opisuju specifične mehanizme fizičko - hemijskih procesa pogoršanja stanja elemenata mostovskih konstrukcija. Zbog matematičkog modeliranja specifičnih mehanizama pogoršanja stanja konstitutivnih materijala, u literaturi se može sresti i naziv "fenomenološki" modeli, kao i "mehanistički" modeli (*mechanistic models*). Ovi modeli obično su efikasni na nivou projekta, ali ne i na nivou mreže [121].

Sobanjo, u okviru svoje doktorske disertacije 1991. godine [122], razvio je model kojim modelira mehanizam procesa korozije za gornji stroj čeličnih mostova. Pogoršanje stanja predviđa se izrazom (40).

$$C = A \cdot t^B \quad (40)$$

Ovde je: C - prosečno prodiranje korozije,
 t - vreme u godinama,
 A i B – konstante.

Modelirani su i drugi mehanizmi razaranja konstitutivnih materijala elemenata mostovskih konstrukcija, od strane mnogih autora. Tako na primer, u Model Code 2010 dubina karbonizacije betona tokom vremena modelirana je jednačinom (41).

$$x_c(t) = \sqrt{2 \cdot k_e \cdot k_c \cdot R_{NAC,0}^{-1} \cdot C_s \cdot \sqrt{t} \cdot W(t)} \quad (41)$$

gde je:

$x_c(t)$ - dubina karbonizacije tokom vremena (mm),
 t - vreme (godine),
 k_e - parametar okolne sredine,
 k_c - parametar provodljivosti,
 C_s - koncentracija CO₂ u vazduhu (kg/m³),
 $W(t)$ - parametar vremena,
 $R_{NAC,0}^{-1}$ - inverzni efektivni otpor betona karbonizaciji [(mm²/god)/(kg/m³)].

Modeli fizičko - hemijskih procesa uzimaju u obzir vodeći mehanizam pogoršanja stanja elemenata mostovskih konstrukcija i predviđaju brzinu napredovanja procesa tokom vremena.

U matematičkim modelima bilo je primera gde se koristi nosivost i trajnost za predviđanje pogoršanja stanja mosta. U radu [123], nosivost je definisana kao performansa mosta zasnovana na kapacitetu nosivosti elemenata mosta, a trajnost se definiše kao sposobnost mostovskog elementa da se odupre promeni svojstava i pogoršanju stanja.

Kapacitet nosivosti i trajnost rangirani su na skali od 0 do 100. Novoizgrađeni most rangiran je sa 100, a kako napreduju oštećenja mosta rezultat se smanjuje i na kraju padne na 0, što znači da most ne treba više da bude u funkciji i zahteva hitnu intervenciju.

Razvoj modeliranja pogoršanja stanja elemenata mostovskih konstrukcija može se svrstati u dve faze. Dok su stariji modeli ocenjivali preostali eksploatacioni vek, odnosno razdoblje nakon kojeg mostovske konstrukcije dolaze u stanje u kojem više ne mogu vršiti svoju funkciju, noviji modeli razrađuju se tako, da prepoznaju specifične faze u procesu pogoršanja stanja i omogućće planiranje aktivnosti održavanja mostova.

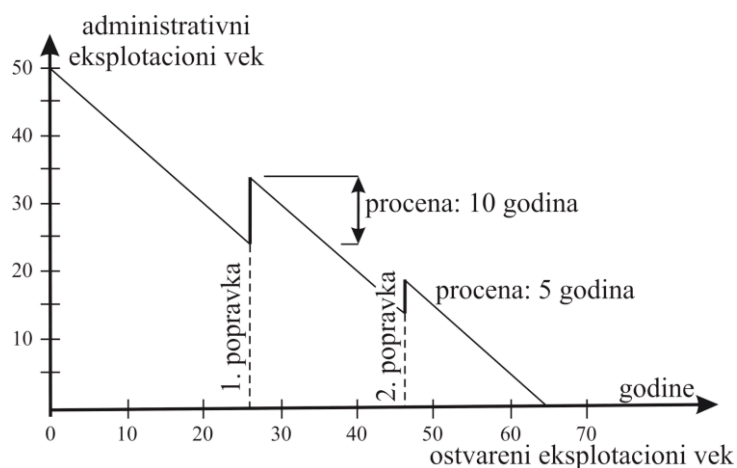
Ipak, većina ovih modela nije u potpunosti testirana u praksi. Pokušaji da se analitički modelira fizičko - hemijski proces pogoršanja stanja elemenata mostovskih konstrukcija, doveli su do suviše složenih matematičkih modela i nijedan sistem upravljanja mostovima ne koristi takve modele. Razlog za to je njihova nepouzdanost za razvoj sistema upravljanja mostovima, zbog poteškoća da se upotrebom ovih modela uključe različite promenljive koje utiču na procese pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija.

6.2. Deterministički modeli

Deterministički modeli zavisni su od matematičke ili statističke formule kojima se modelira odnos između faktora koji utiču na pogoršanje stanja elemenata mostovskih konstrukcija i ocenu stanja jednog mosta. Ukoliko postoje podaci o stanju mostova različite starosti, može se formulirati veza između starosti elemenata mostovskih konstrukcija i njihovog stanja, a iz ovih veza mogu se konstruisati funkcijske zakonitosti koje opisuju procese pogoršanja stanja mostova. Izlazni rezultati takvih modela izraženi su determinističkim vrednostima, gde nema uključene verovatnoće, što predstavlja procenu uslova predviđanja. Modeli mogu biti kategorisani korišćenjem pravolinijske ekstrapolacije, regresije i metode uklapanja krive [124].

6.2.1. Linearna ekstrapolacija

Najjednostavniji je model predviđanja stanja zasnovan na linearnoj ekstrapolaciji. Ovaj metod može se koristiti za predviđanje ocene stanja mostovskih konstrukcija imajući u vidu pretpostavku da saobraćajno opterećenje i istorija održavanja prate pravu liniju. Metod zahteva da se izvrši samo jedna ocena stanja nakon izgradnje. Početno stanje može se pretpostaviti za vreme građenja, a drugi uslov je određen za vreme inspekcijskog pregleda. Linearna ekstrapolacija koristi se zbog svoje jednostavnosti. Primer linearnog modela pogoršanja stanja prikazan je na slici 58.



Slika 58. Linearni model pogoršanja stanja

Ovaj jednostavni model koristi se za procenu preostalog eksploatacionog (životnog) veka u okviru upravljanja mostovima na nivou mreže. Mostu se dodeljuje administrativni životni vek od 50 godina. Svake godine preostali životni vek se umanjuje za 1 godinu. Ukoliko su izvršene neke popravke, preostali eksploatacioni vek se povećava na osnovu inženjerskog prosuđivanja.

Iako je ovaj metod dovoljno tačan za predviđanje kratkoročnih uslova, nije precizan za predviđanje na duže vremenske intervale. Pored toga, linearni model ne može predvideti stopu pogoršanja relativno novog mosta ili mosta koji je podvrgnut nekim aktivnostima održavanja.

6.2.2. Regresioni modeli

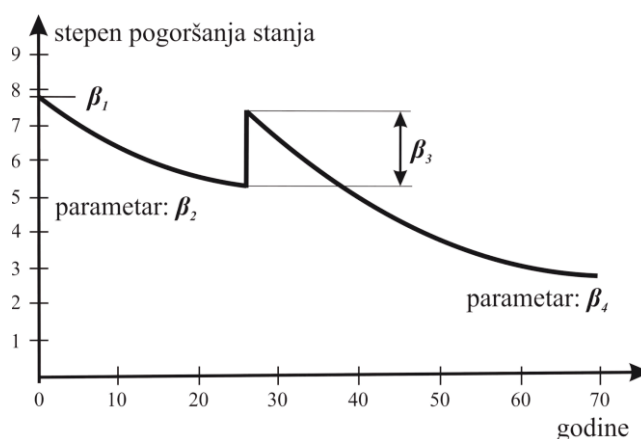
Regresioni modeli koriste se za uspostavljanje empirijskog odnosa između dve ili više promenljivih. Jedna promenljiva zavisi od jedne ili više nezavisno promenljivih. Svaka promenljiva opisana je u smislu srednje vrednosti i varijacija.

Postupci razrađeni u SAD zasnovani su na statističkoj obradi podataka iz Nacionalnog registra mostova (NBI), koji sadrži podatke za oko 650 hiljada objekata.

Regresioni modeli zasnivaju se na oceni opšteg stanja mostovskih konstrukcija, prema klasifikaciji stanja pojedinih elemenata od 0 do 9. Ocenjivanje je izvršeno na osnovu inspeksijskih pregleda koji se obavljaju svake dve godine. Izdvojene su grupe mostova sličnih karakteristika da bi na njima bila istražena veza ocene opšteg stanja mosta i starosti.

U SAD-u, razvijeni su regresijski modeli za pojedine elemente i mostovske konstrukcije različitih materijala, konstrukcijskih sistema, sa različitim saobraćajnim opterećenjem i za različite strukture vlasništva.

U literaturi je predstavljeno nekoliko oblika modela regresije, uključujući linearne i nelinearne modele. Primer regresionog modela pogoršanja stanja prikazan je na slici 59.



Slika 59. Nelinearni regresioni model pogoršanja stanja

Za regresiono modeliranje pogoršanja stanja statistički se posmatra niz rezultata i pretpostavlja oblik regresijske funkcije μ , koja je određena konačnim brojem parametara. Na osnovu regresijske funkcije dobija se regresijska kriva koja prikazuje "trend", tj. vremensku zavisnost posmatrane pojave. Na slici 59. prikazana je eksponencionalna regresijska funkcija data jednačinom (42), gde je predviđeno i poboljšanje stanja do kojeg dolazi pri popravkama mostovskih konstrukcija. Očekivano stanje mosta određuje se na osnovu jednačine (42).

$$\mu(t) = \begin{cases} \beta_1 e^{-\frac{t}{\beta_2}}, & \text{za } 0 \leq t < t_r \\ \left(\beta_1 e^{-\frac{t}{\beta_2}} + \beta_3 \right) e^{-\frac{(t-t_r)}{\beta_4}}, & \text{za } t \geq t_r \end{cases} \quad (42)$$

gde je: $\mu(t)$ - očekivano stanje mosta u trenutku t (0 – 9),

e - baza prirodnog logaritma,

t - starost mosta u godinama,

t_r - starost mosta u trenutku popravke,

β_1 - vrednost regresijske funkcije u trenutku $t = 0$,

β_2 i β_4 - koeficijenti pogoršanja stanja,

β_3 - koeficijent koji definiše poboljšanje stanja prilikom popravke.

6.3. Stohastički modeli

Teorija stohastičkih procesa sve više se koristi u primenjenom inženjerstvu i drugim primenjenim naukama. Upotreba stohastičkih modela značajno doprinosi na polju modeliranja pogoršanja stanja infrastrukture, zbog izuzetno visoke neizvesnosti i slučajnosti koje karakterišu proces pogoršanja stanja konstrukcija. Najčešće korišćena tehnika za predviđanje pogoršanja stanja infrastrukture je model Markovljevih¹⁶ lanaca.

6.3.1. Markovljevi lanci

Jedna od najpopularnijih stohastičkih tehnika dobijenih iz operacionih istraživanja je Markovljev proces odlučivanja. Ovaj proces koristi se za razvijanje stohastičkih modela pogoršanja stanja za različite infrastrukturne objekte.

Markovljevi modeli pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija zasnivaju se na konceptu definisanja stanja u smislu ocene stanja konstitutivnih elemenata mosta i dobijanja verovatnoće prelaza iz jednog stanja u drugo. Pomoću Markovljevog lanca računa se verovatnoća da se element mosta ili mostovska konstrukcija u određenom trenutku vremena nađe u određenom stanju. Stanja su diskretne kategorije. Broj stanja (stepena dotrajalosti) u kojima se Markovljev proces može naći je konačan (u našem slučaju 6). Između dva sukcesivna inspeksijska pregleda moguć je prelazak iz boljeg u lošije stanje najviše za jedan nivo ocene stanja. Kratak pregled definicije stohastičkih procesa i Markovljevog lanca dat je u nastavku.

Neka je X_t stanje bilo kog sistema u trenutku t . U većini slučajeva vrednost X_t ne znamo sigurno dok ne stigne trenutak t , pa se može posmatrati kao slučajno promenljiva. Generalno X_t zavisi od svih prethodnih stanja X_0, X_1, \dots, X_{t-1} . Diskretno vreme stohastičkog procesa opisano je odnosom između ovih slučajno promenljivih stanja X_0, X_1, \dots, X_t .

Stohastički proces definiše se kao opis promene stanja u sistemu u nekoj verovatnoći, na slučajnom intervalu vremena. To je proces u kome dosadašnje ponašanje utiče na ono buduće. Ponašanje sistema potpuno je opisano definisanim stanjima. Ako se pretpostavi da $X_{(t)}$ opisuje stanje sistema koje ima n vrednosti (matrica $n \times 1$), onda u svakom trenutku su $X_{1(t)}, X_{2(t)}, \dots, X_{n(t)}$ moguća stanja sistema. Sistem će se kretati od jednog stanja do drugog na slučajan način, gde postoji verovatnoća prelaza $p(t)$. Na primer $p_{11}(t)$ je verovatnoća prelaza sistema u stanje $X_{1(t)}$.

¹⁶ Андрей Андреевич Марков (14. 06. 1856. – 20. 07. 1922.) bio je Ruski matematičar i član Ruske akademije nauka. Najpoznatiji je po svojim istraživanjima u teoriji stohastičkih procesa, koja su posle postala poznata kao Markovljevi procesi.

Generalno, predviđanje distribucije za stanje $X_{(t)}$ koje predstavlja funkciju svih prethodnih promenljivih stanja $X_{(t-1)}, X_{(t-2)}$ je komplikovano. Međutim, ako verovatnoća prelaza $p(t)$ zavisi samo od prethodnog stanja onda se proces naziva "Markovljev proces".

Markovljev proces je jedan stohastički proces kod koga verovatnoća prelaza iz datog stanja $X_{(t)}$ u buduće stanje $X_{(t+1)}$, zavisi samo od sadašnjeg stanja, a ne od načina na koji je dostignuto trenutno stanje. Markovljevi procesi bi trebalo da ispunjavaju sledeće uslove [125]:

- sistem je definisan nizom konačnih stanja i može biti u jednom jedinom stanju u datom trenutku,
- poznato je početno stanje sistema i raspodela verovatnoće početnog stanja,
- pretpostavlja se da su verovatnoće prelaza stacionarne tokom vremena i nezavisne od načina kako je samo stanje bilo postignuto.

$$\text{Verovatnoća prelaza} \quad P_{ij} = P[X_t = i, X_{t+1} = j] \quad (43)$$

iz jednog stanja u drugo, predstavljena je matricom ($n \times n$) koja se naziva matrica verovatnoća prelaza \mathbf{P} , gde je n broj stanja. Oblik matrice verovatnoća prelaza je:

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & 0 & 0 & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & p_{22} & p_{23} & 0 & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & 0 & p_{33} & p_{34} & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & p_{n-1 \ n-1} & p_{n-1 \ n} & 0 \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (44)$$

U našem slučaju matrica verovatnoća prelaza \mathbf{P} je kvadratna matrica 6. reda sa elementima p_{ij} , gde je:

$$0 \leq p_{ij} \leq 1 \quad (45)$$

Svaki element u ovoj matrici p_{ij} , predstavlja verovatnoću da će komponenta sistema napraviti prelazak iz stanja "i" u trenutku t_n u stanje "j" u trenutku $t_{n+1} > t_n$ (tokom određenog prelaznog vremenskog perioda).

Pretpostavka da tokom jednog diskretnog vremenskog razdoblja (od t_n do t_{n+1}), proces može ili ostati u istom stanju ili preći u prvo naredno više stanje, daje konačan oblik matrice verovatnoća prelaza.

Elementi matrice verovatnoće prelaza p_{ij} , treba da zadovolje jednačinu (46).

$$\sum_{j=1}^n p_{ij} = 1 \quad (46)$$

Ako je sadašnje ili početno stanje poznato, tj. $\mathbf{p}(0) = [p_1(0) \ p_2(0) \ p_3(0) \ \dots \ p_n(0)]$, onda se buduće stanje može predvideti u svakom trenutku t .

Vektor verovatnoća početnog stanja formira se tokom prvog niza pregleda mostovskih konstrukcija. Vektor verovatnoća budućeg stanja dobija se množenjem vektora verovatnoća početnog stanja $\mathbf{p}(0)$ sa matricom verovatnoća prelaza \mathbf{P} na m -ti stepen, kao što je dato matričnom jednačinom (47).

$$\mathbf{p}(t_n) = \mathbf{p}(0) \times \mathbf{P}^m \quad (47)$$

gde je:

$$\mathbf{p}(t_n) = [p_1(t_n) \ p_2(t_n) \ p_3(t_n) \ \dots \ p_n(t_n)] \quad (48)$$

vektor verovatnoća budućeg stanja nakon m vremenskih intervala (godina).

Iako se Markovljevi modeli pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija primenjuju u mnogim naprednim sistemima upravljanja mostovima, jer je njihovom upotrebom postignut veliki napredak u modeliranju pogoršanja stanja, oni su i dalje zasnovani na pretpostavkama i imaju neka ograničenja:

- Markovljevi modeli pretpostavljaju da stanja iz prošlosti nemaju nikakav efekat na predviđena stanja.
- Markovljevi modeli pretpostavljaju diskretne prelaze vremenskih intervala, konstantnu populaciju mostova i stacionarne verovatnoće prelaza.
- prilično je teško da Markovljevi modeli uzmu u obzir interaktivne efekte između mehanizama pogoršanja stanja različitih komponenti mostova.
- verovatnoća prelaza procenjuje se na osnovu subjektivnog inženjerskog prosuđivanja i zahteva često ažuriranje kada su dobijeni novi podaci.

6.4. Modeli veštačke inteligencije

Oblast veštačke inteligencije sastoji se od nekoliko različitih tehnika koje su bile primenjivane u poslednjih nekoliko decenija. Veštačke neuronske mreže, slučaj zasnovan na rasuđivanju i učenju mašina, primeri su tehnika veštačkih inteligencija, koje su prepoznate kao moćni alati za rešavanje inženjerskih problema.

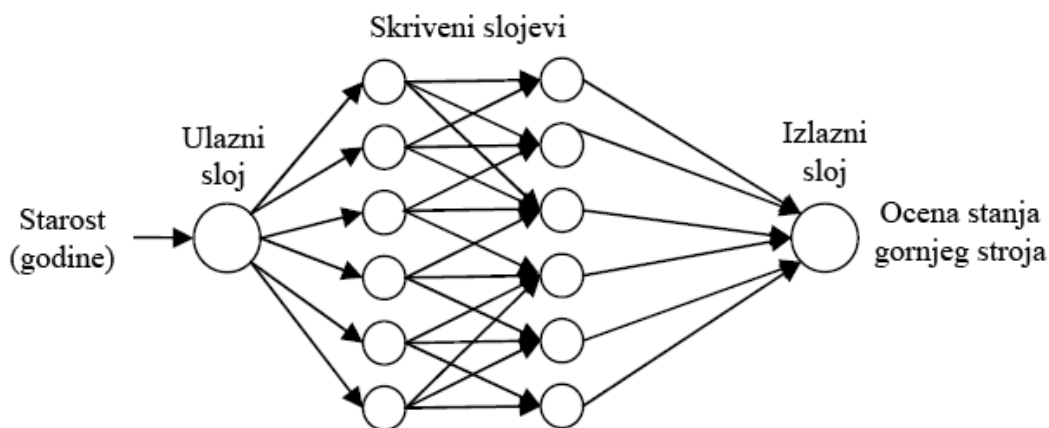
6.4.1. Modeli veštačke neuronske mreže

Veštačke neuronske mreže bazirane su na analogiji sa nervnim sistemom čoveka. Neuronsku mrežu formira veliki broj neurona međusobno povezanih u obliku mreže.

Veštački neuron imitira biološki neuron, koji na ulazu prima signale od prethodnog neurona, prerađuje ih i šalje narednom neuronu. Rad neuronske mreže moguće je simulirati na računarima, kreiranjem veštačke neuronske mreže.

Kako veštačke neuronske mreže nemaju um i iskustvo čoveka koje bi iskoristile u preradi ulaznih podataka i donošenju zaključaka, kod veštačkih neuronskih mreža um je zamenjen matematičkim funkcijama (koliko je to moguće), a iskustvo bazom podataka na kojoj se mreža obučava (trenira). Na taj način prave se prognozni modeli, koji za skup ulaznih parametara prognoziraju izlazne parametre, a na osnovu "prethodnog iskustva", tj. baze sa podacima za obuku mreže. Da bi mreža, odnosno prognozni model bio upotrebljiv i pouzdan, bitno je uspostaviti optimalan odnos između broja ulaznih parametara, broja izlaznih veličina, broja trening podataka i broja validacionih podataka.

Studije izvodljivosti upotrebe veštačkih neuronskih mreža u modeliranju pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija uradio je *Sobanjo* 1997. godine [126]. Multi sloj veštačkih neuronskih mreža iskorišćen je za odnos starosti gornjeg stroja mosta (u godinama) i njegove ocene stanja (numerička vrednost od 1 do 9). Konfiguracija veštačke neuronske mreže koja je korišćena u ovoj studiji prikazana je na slici 60.



Slika 60. Multi sloj veštačke neuronske mreže [126]

Za obuku i testiranje mreže iskorišćena je evidencija inspeksijskih pregleda 50 mostova, odnosno ocene stanja njihovog gornjeg stroja. Za obuku neuronske mreže korišćeno je 75% podataka, dok su preostali podaci upotrebljeni za testiranje mreže (validacioni skup).

Rezultat upotrebe ove veštačke neuronske mreže je da 79% predviđenih vrednosti je bilo sa greškom predviđanja od 15%.

Specifičnosti primene veštačkih neuronskih mreža u modeliranju pogoršanja stanja mostova mogu se videti u detaljnijem modelu [127]. U ovom istraživanju korišćena je starost, saobraćajno opterećenje, geometrijske i konstrukcijske osobine mostovskih konstrukcija kao promenljive za predviđanje potpunog indeksa u rasponu od 0 do 100.

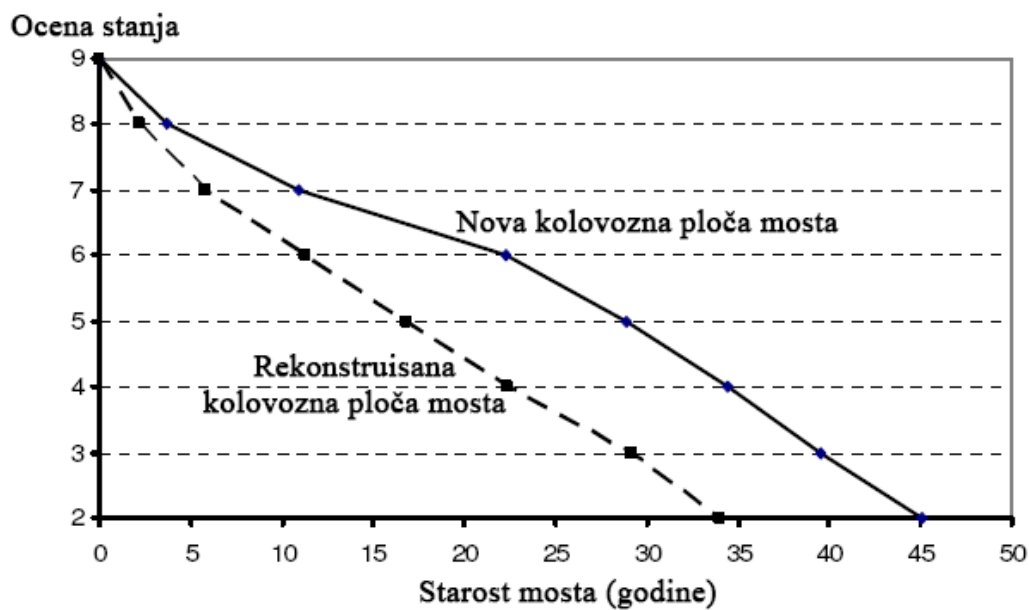
Testiranje performansi razvijenog modela veštačkih neuronskih mreža dalo je 33,5% korektnih rešenja sa greškom predviđanja od 3% i 62,5% ispravnih rešenja sa greškom predviđanja od 6%. Međutim, korišćenjem modela veštačkih neuronskih mreža uočeni su neki problemi:

- određivanje efikasne arhitekture veštačke neuronske mreže vrši se na "ad hoc" način i ne prati jasna pravila [128],
- veštačke neuronske mreže rade dobro kada su ulazne i izlazne promenljive numeričke vrednosti. Konverzija na brojeve može dovesti do gubitka informacija koje su sadržane u originalnom prikazu [129].

6.5. Pogoršanje stanja mostova nakon popravke

Procena budućeg stanja mostova posle izvršenih specifičnih popravki, veoma je važno za svaki sistem upravljanja mostovima. Zabeleženo je u literaturi, da je stepen pogoršanja stanja saniranih mostova veći nego kod novoizgrađenih mostova. Takođe, uočeno je da obnovljeni mostovi ne mogu vratiti svoje najbolje stanje [130].

Međutim, trenutno kod većine sistema upravljanja mostovima usvojena je pretpostavka da je stepen pogoršanja stanja posle popravke u stvari isti kao i kod novoizgrađenih mostovskih konstrukcija. Istraživanja koja su urađena u državi Illinois u SAD [131], ukazuju na značajne razlike u brzini pogoršanja stanja. Ispitivanjem čeličnih kolovoznih ploča mostova na auto putu u Illinoisu, došlo se do zaključka da rekonstruisana kolovozna ploča mosta ima najmanje 25% kraći eksploatacioni vek od nove kolovozne ploče. Na slici 61 pokazano je poređenje stepena pogoršanja stanja kolovoznih ploča za nove mostove i one rekonstruisane.



Slika 61. Pogoršanje stanja novih i rekonstruisanih mostova [131]

Iako autori ovog istraživanja kvantifikuju stepen pogoršanja stanja za mostove nakon izvršenih radova na poboljšanju mostovskih konstrukcija, oni uključuju samo jednu vrstu poboljšanja a to je zamena kolovozne ploče. Zbog toga buduće studije treba da budu proširene i usmerene i na druge vrste poboljšanja, kao i na ostale elemente mostovskih konstrukcija.

7. STANJE MOSTOVA U NAREDNOM VREMENSKOM PERIODU

U prethodnom 6. poglavlju ove doktorske disertacije, sistematizovano je prikazan pregled modela koji su do sada razvijeni i koriste se za prognoziranje i predviđanje stanja elemenata mostovskih konstrukcija u nekom budućem trenutku vremena.

Na osnovu obrade rezultata prethodnih pregleda mostovskih konstrukcija na gradskim saobraćajnicama Niša, ustanovljena su vremenska razdoblja tokom kojih mostovi ostaju u istom stanju tj. određena su vremena zadržavanja mostova u pojedinoj klasi rejtinga stanja. Takođe, ustanovljena su i vremenska razdoblja nakon kojih mostovske konstrukcije bez aktivnosti održavanja prelaze u višu klasu rejtinga stanja, odnosno u stanje većeg oštećenja.

Takvim postupkom, formirana je trajektorija pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija, koja opisuje vremenski tok procesa od najboljeg stanja nakon izgradnje mosta, do najlošijeg stanja u koje most dolazi ako nije održavan i popravljan nakon određenog vremenskog perioda.

Iako se promena stanja elemenata mostovskih konstrukcija usled njihovog pogoršanja odvija kontinuirano, inženjerska pretpostavka je da postoje diskretna stanja koja se povezuju sa klasom rejtinga stanja, odnosno tipom održavanja.

Na osnovu zapisa sa poslednjeg opažanja prilikom inspekcijskog pregleda mostova na gradskim saobraćajnicama Niša 2015. godine, korišćenjem ustanovljene trajektorije pogoršanja njihovog stanja bez održavanja, dobijena je očekivana klasa rejtinga stanja mostovskih konstrukcija u periodu posle 2015. godine. Očekivana klasa rejtinga stanja mostova u narednom periodu prikazana je u poslednjoj koloni tabele 5.5 ove doktorske disertacije.

U globalnom pregledu postojećih sistema upravljanja mostovima u svetu, datom u poglavlju 2.3 disertacije, može se videti da dominira primena stohastičkih metoda za prognozu budućeg stanja mostovskih konstrukcija. Kao matematički modeli pri opisivanju pogoršanja stanja nekog elementa mosta u stohastičkom procesu najčešće se koriste Markovljevi lanci. Njihova široka primena, zasnovana pre svega na jasnoći i jednostavnosti, ukazuje na velike mogućnosti pri planiranju budućih aktivnosti u sistemu upravljanja mostovima.

Pomoću Markovljevog lanca sračunava se verovatnoća da se most ili neki element mosta u datom trenutku vremena nađe u određenom stanju. Broj stanja u kojima se Markovljev proces može naći je konačan. U našem slučaju imamo 6 klasa rejtinga stanja mostovskih konstrukcija. Svaki most je nakon opažanja pri svakom inspekcijskom pregledu svrstan u odgovarajuću klasu rejtinga stanja mostovskih konstrukcija.

Između dva uzastopna pregleda mosta, mogući prelazak iz boljeg u lošije stanje je za jednu klasu rejtinga stanja mosta.

Za predviđanje pogoršanja stanja elemenata mostovskih konstrukcija na osnovu matematičkog modela Markovljevog lanca, neophodno je poznavati vektor početnih verovatnoća $\mathbf{p}(0)$ i matricu verovatnoće prelaza \mathbf{P} za jedan korak. Pretpostavka, da tokom jednog diskretnog vremenskog razdoblja most ili njegovi elementi mogu ili ostati u istom stanju ili preći u prvo naredno više (lošije) stanje, daje konačan oblik matrice prelaznih verovatnoća.

Matrica prelaznih verovatnoća u našem slučaju je matrica 6. reda (49):

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_{22} & p_{23} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_{33} & p_{34} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_{44} & p_{45} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p_{55} & p_{56} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (49)$$

Treba izračunati prelazne verovatnoće p_{ii} da most ostane u istoj klasi rejtinga stanja, prelazne verovatnoće p_{ij} da most pređe u višu klasu rejtinga stanja (lošije stanje) i treba poznavati vektor početnih verovatnoća $\mathbf{p}(0)$.

Matrica verovatnoća prelaza može se odrediti na osnovu ekspertskih procena ili statističkom obradom postojećih opaženih podataka sa zapisa o pregledima mostova.

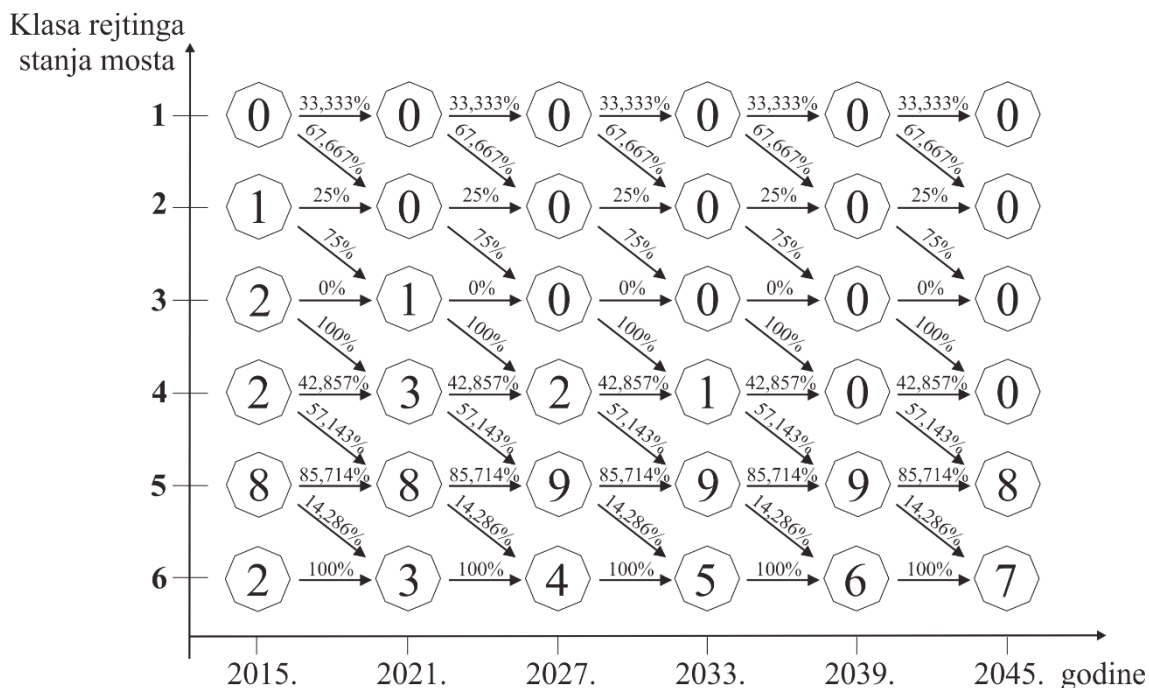
U ovoj analizi, prelazne verovatnoće sračunate su na osnovu relativnih frekvencija posmatranih događaja i dobijena matrica verovatnoća prelaza prikazana je u (50).

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} 0,3333 & 0,6667 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,25 & 0,75 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,4286 & 0,5714 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,8571 & 0,1429 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (50)$$

Sračunati vektor početnih verovatnoća je $\mathbf{p}(0) = [0 \ 0,0667 \ 0,1333 \ 0,1333 \ 0,5333 \ 0,1333 \ 1]$.

Na osnovu jednačine (47) date u poglavlju 6.3.1 ove disertacije, sračunate su verovatnoće da određeni broj mostova boravi u svakoj klasi rejtinga stanja za period do 2045. godine, ako bi se nastavila primenjivana "jeftina" strategija "ne preduzimati ništa" (*do noting*), odnosno "čekati".

Grafički prikaz broja mostova dobijenih modelom Markovljevog lanca pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija na gradskim saobraćajnicama Niša, za prognozirani vremenski period predstavljen je na slici 62.



Slika 62. Grafički prikaz Markovljevog lanca pogoršanja stanja

Matrica verovatnoća prelaza (50), sračunata je obradom postojećih opaženih podataka sa zapisa o pregledima mostova od 2003. godine do 2015. godine. Podaci sa inspeksijskog pregleda mostova na gradskim saobraćajnicama Niša iz 1997. godine, nisu uzeti pri sračunavanju relativnih frekvencija posmatranih događaja, jer je u periodu od 1999. godine do 2002. godine bilo radova na sanaciji i rekonstrukciji najugroženijih mostova. Stanje ovih mostovskih konstrukcija tada je popravljeno, a samim tim značajno je umanjena vrednost njihovog rejtinga.

Broj mostova u klasi rejtinga "6" treba shvatiti uslovno, jer bi verovatno mnogi od njih u tako dugom vremenskom periodu neodržavanja, izgubili potrebnu stabilnost i doživeli kolaps, uz napredovanje procesa raspadanja konstrukcija.

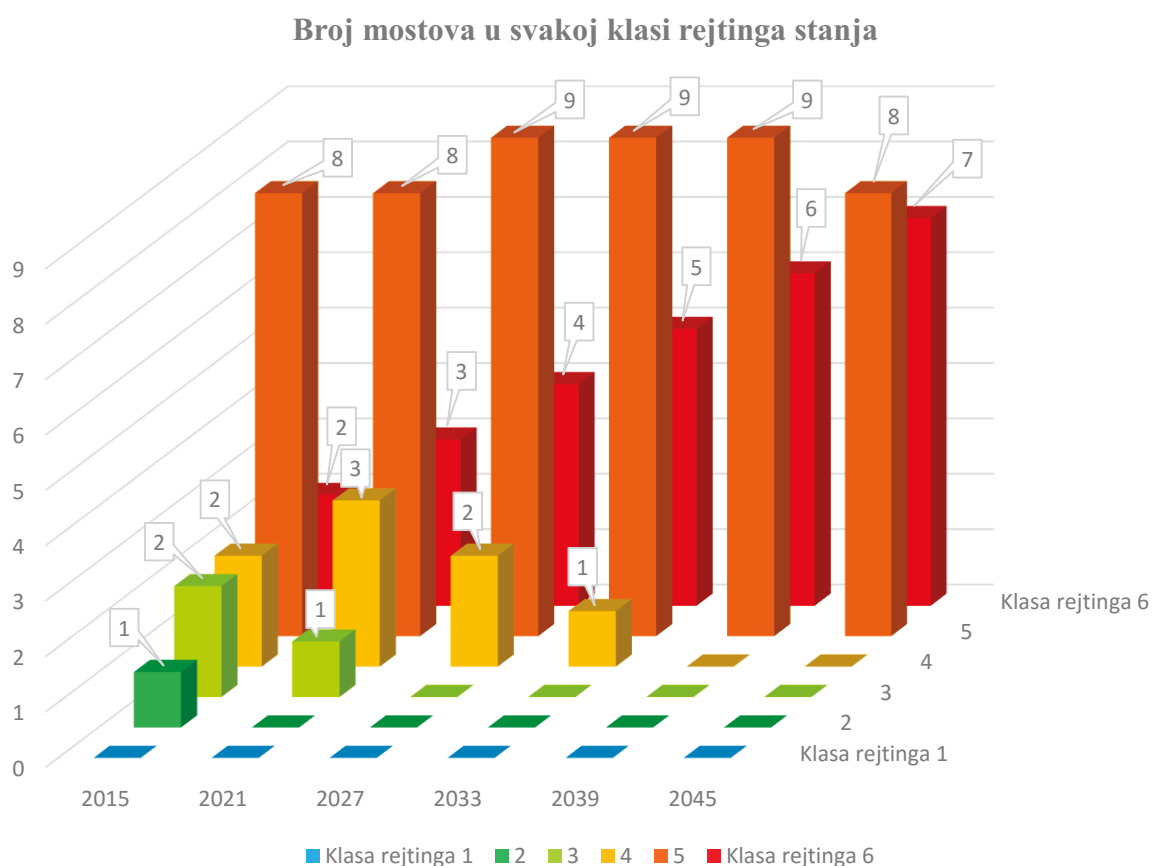
Primenom matrice verovatnoća prelaza sračunate na osnovu relativnih frekvencija posmatranih događaja, dobijena je prognoza pogoršanja stanja za fiksna prelazna razdoblja.

U tabeli 7.1. prikazana je sračunata očekivana prosečna vrednost klase rejtinga stanja mostova, odnosno prosečno stanje svih mostova u mreži u narednom periodu.

Tabela 7.1. Očekivana prosečna vrednost klase rejtinga stanja mostova u Nišu

Klasa rejtinga stanja mostova	Vektor broja mostova u klasi rejtinga po razdobljima					
	2015	2021	2027	2033	2039	2045
1	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0
3	2	1	0	0	0	0
4	2	3	2	1	0	0
5	8	8	9	9	9	8
6	2	3	4	5	6	7
Prosečna vrednost klase stanja	4,533	4,867	5,133	5,267	5,4	5,467

Na slici 63. prikazan je očekivani broj mostova u svakoj klasi rejtinga stanja bez intervencija popravki i održavanja za prognozirani vremenski period.



Slika 63. Očekivani broj mostova u svakoj klasi rejtinga stanja ako izostane održavanje

Korišćeni model zahteva kontinualno vršenje pregleda mostovskih konstrukcija u pravilnim vremenskim razmacima. Ovim modelom nije moguće predviđati šta će biti unutar jednog vremenskog perioda od 6 godina, jer su prelazna razdoblja fiksna. Takođe, ovakva analiza ne daje uvid u pogoršanje stanja pojedinih elemenata mostovskih konstrukcija u narednom vremenskom periodu.

Ovakvo stanje klasa rejtinga mostovskih konstrukcija na gradskim saobraćajnicama Niša ukazuje na neodložni predstojeći gubitak integriteta mostovskih konstrukcija, ali daje veoma malo informacija o vrsti i mestu mogućeg loma. Zbog toga je za pouzdano predviđanje pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija adekvatniji pristup sagledavanja svakog elementa mosta ponaosob. Kako je buduće stanje elemenata mostovskih konstrukcija uslovljeno različitim faktorima koji su u većoj ili manjoj meri neizvesni, najprikladnija je primena stohastičkih modela odnosno Markovljevih lanaca. Kao što je već prethodno izloženo, u modelu pogoršanja stanja nekog elementa mostovske konstrukcije Markovljev lanac polazi od najboljeg stanja elementa (nov most) i sukcesivno prolazi kroz svako naredno stanje, sve dok ne dostigne najgore stanje (u našem slučaju 6), koje se u matematici definiše kao apsorbujuće stanje. Na osnovu iskustva iz drugih zemalja u svetu, pre svega Švajcarske, prof. dr Snežana Mašović i prof. dr Rade Hajdin predložili su matematički model diskretnog Markovljevog lanca za predviđanje pogoršanja stanja elemenata mostovskih konstrukcija [132] [133], prema bazi podataka o mostovima Srbije. Izvršena je konverzija opisnih ocena stanja elemenata u klase stanja [134].

Usvojeni vremenski interval u ovom modelu je jedna kalendarska godina.

Kako je Markovljev lanac opisan matricom verovatnoća prelaza za jedan vremenski interval, za praktičnu primenu ovog modela neophodno je poznavanje matrice prelaza iz jedno u drugo diskretno stanje. Verovatnoća da u periodu od jedne godine element mosta ostaje u stanju u kome je zatečen je p_{ii} , a verovatnoća da element prelazi u sledeće lošije stanje iznosi $1 - p_{ii}$, čime matrica prelaza za period od jedne godine dobija oblik [133]:

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & 1 - p_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_{22} & 1 - p_{22} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_{33} & 1 - p_{33} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_{44} & 1 - p_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & p_{55} & 1 - p_{55} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (51)$$

Očekivano stanje elemenata pri starosti m određuje se jednačinom (52).

$$E(Q(m)) = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \cdot P^m \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{bmatrix} \quad (52)$$

Nepoznato je ukupno 5 parametara, odnosno godišnjih verovatnoća da će element mosta ostati u istom stanju u kome je zatečen.

U svom radu [135], profesori Građevinskog fakulteta u Beogradu dr Snežana Mašović i dr Rade Hajdin, promovisali su algoritam za određivanje godišnje matrice verovatnoća prelaza, na osnovu dostupnih podataka iz zapisnika sa inspekcijskih pregleda mostovskih konstrukcija. Za određivanje godišnje matrice verovatnoća prelaza prikazane u radu, prema bazi podataka o mostovima u Srbiji (BPMS), primenili su statističku metodu maksimalne verodostojnosti (Expectation Maximization algoritam) [136].

Primenom matematičkog modela diskretnog Markovljevog lanca, sa određenim očekivanim vremenima zadržavanja elemenata mostovskih konstrukcija u pojedinom stanju, prema bazi podataka o mostovima u Srbiji [137], u ovoj disertaciji urađena je prognoza rejtinga R_{BPMS} i $R1_{BPMS}$ mostovskih konstrukcija na gradskim saobraćajnicama Niša za 2020. godinu.

Statističkom obradom svojih postojećih opaženih podataka sa zapisa o pregledima mostova na gradskim saobraćajnicama Niša, određene su godišnje matrice verovatnoće prelaza za svaki element mosta i matričnom jednačinom (52) sračunata je očekivana klasa stanja svakog elementa u 2020. godini. Na osnovu toga, prema predloženoj metodologiji sračunati su očekivani ukupni rejting R , kao i parcijalni rejtingi $R1$, $R2$, $R3$ i $R4$ u 2020. godini.

Rang lista prioriteta mostova na osnovu proračunate prognoze rejtinga 2020. godine, prikazana je u tabeli 7.2. Rang lista formirana je prema rejtingu R , a dati su i R_{BPMS} i $R1_{BPMS}$.

Tabela 7.2. Rang lista prioriteta mostova u Nišu na osnovu proračunatog rejtinga 2020. godine

Rang	Šifra mosta	Prognozirani rejting mosta							Klasa rejtinga Tip održav.
		R_{BPMS}	$R1_{BPMS}$	R	$R1$	$R2$	$R3$	$R4$	
1	MG 8	4617,10	4272,0	4550,54	4192,0	214,4	110,56	33,58	6
2	MG 2	3791,60	3453,5	3655,56	3308,5	227,8	85,68	33,58	6
3	MG 5	2632,72	2397,0	2591,06	2325,5	100,5	128,48	33,58	6
4	MG 7	2114,52	1728,5	2093,68	1692,0	194,3	193,20	14,18	6
5	MG 14	1325,30	976,8	1558,90	1163,5	127,3	249,44	18,66	5
6	MG 1	1270,90	1061,8	1457,22	1223,5	87,1	113,04	33,58	5
7	MG 9	1154,26	918,4	1252,38	965,1	154,1	99,6	33,58	5
8	MG 11	1104,74	875,1	1209,66	901,8	167,5	100,08	40,28	5
9	MG 12	1187,64	970,1	1200,76	931,8	120,6	108,08	40,28	5
10	MG 10	944,80	745,1	1039,62	781,8	107,2	117,04	33,58	5
11	MG 13	683,60	531,7	717,04	551,7	46,9	78,16	40,28	5
12	MG 15	525,20	335,1	589,92	361,8	127,3	86,64	14,18	4
13	MG 4	453,52	288,4	548,38	325,1	87,1	116	20,18	4
14	MG 3	308,14	201,7	341,58	221,7	33,5	52,8	33,58	4
15	MG 6	280,36	166,7	289,32	166,7	40,2	62,24	20,18	3

U cilju testiranja modela, urađena je prognoza rejtinga mosta MG 2, na osnovu stanja iz 2009. godine. Prognozirani rejting najavljuje slom pešačke staze 2014. godine (tabela 7.3).

Tabela 7.3. Prognozirani rejting 2014. godine konstutivnih elemenata mosta MG 2, nakon pregleda 2009. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Loše	15	225		
2	Srednji stubovi	15	Loše	15	225		
3	Krajnji stubovi	15	Nezadovoljava	20	300		
4	Ležišta	15	Loše	15	225		
5	Glavni nosači	15	Nezadovoljava	20	300		
6	Poprečni nosači	15	Loše	15	225		
7	Spregovi	15	Prihvatljivo	5	75		
8	<i>Ploča i konzole</i>	15	<i>Opasno</i>	<i>100</i>	1500		
9	<i>Korozija</i>	10	<i>Opasno</i>	<i>20</i>	200		
10	Hidroizolacija	6.7	Nezadovoljava	15	100.5		
11	Dilataciono sprave	6.7	Nezadovoljava	8	53.6		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2=	180.9
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Zapušten	10	67	R1=	3342
15	Klinovi	4.48	Nepotrebno	0	0		
16	Prelazne ploče	4.48	Nepotrebno	0	0		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepotrebno	0	0		
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
19	Ivičnjaci	4.48	Loše	4	17.92		
20	Pešačke staze	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Ne postoji	10	44.8		
22	Instalacije	2	Loše	4	8		
23	Signalizacija	2	Nepovoljno	3	6	R3=	112.56
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	33.58
						R=	3669.04

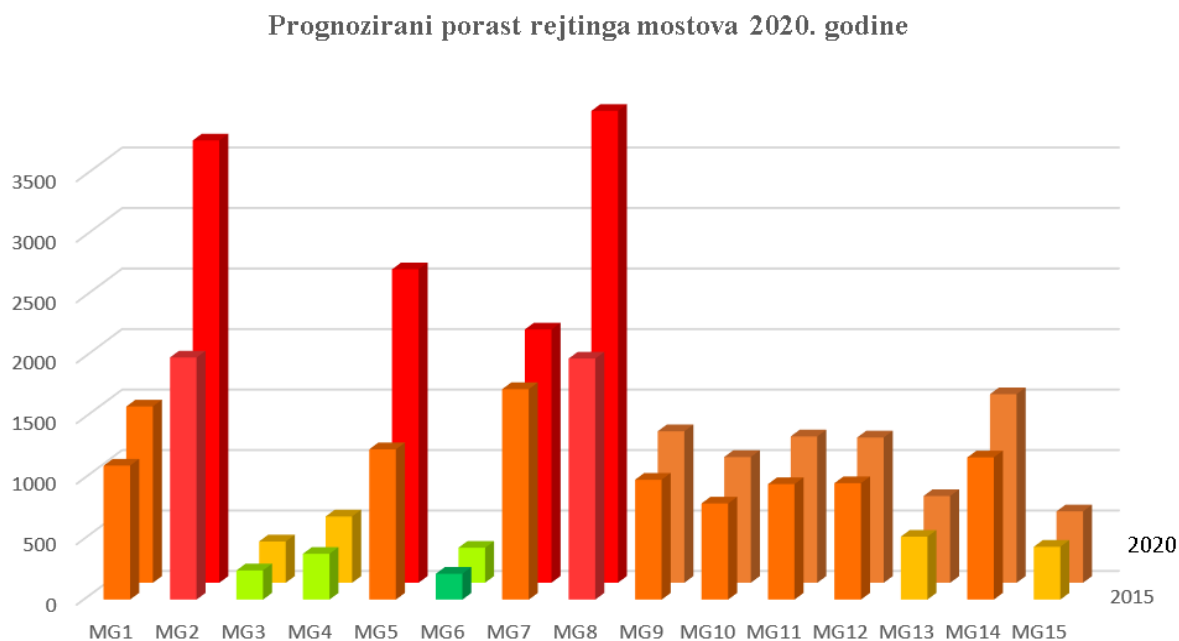
R = 3669,04 ⇨ ⑥ Hitna sanacija

Upoređujući rejtinge R i R1 sračunate na osnovu svojih opaženih podataka sa rejtingom R_{BPMS} i $R1_{BPMS}$ prema bazi podataka o mostovima u Srbiji (BPMS), može se konstatovati da se njihove vrednosti veoma malo razlikuju i da daju identičnu rang listu prve trećine najugroženijih mostovskih konstrukcija na gradskim saobraćajnicama Niša.

Komparacijom rejtinga u tabeli 7.2 za 2020. godinu, sa tabelom 7.1 odnosno grafikonom na slici 63 za 2021. godinu (približno isti vremenski presek), uočava se poklapanje očekivanog broja mostovskih konstrukcija u klasi rejtinga stanja "3" i "4". Smanjenje broja mostova u klasi rejtinga stanja "5", na račun je povećanja broja mostova kod kojih je neophodna hitna sanacija (klasa rejtinga 6). Pored mostova MG 2 i MG 8 koji su nakon inspeksijskog pregleda 2015. godine bili u klasi rejtinga stanja "6", mostovi MG 5 i MG 7 prelaze 2020. godine u klasu rejtinga stanja "6", koja zahteva hitnu sanaciju.

Na ovaj način, sagledavanjem svakog elementa mostovske konstrukcije ponaosob, dobijamo informacije o vrsti i mestu mogućeg loma odnosno otkaza elementa mosta.

Na slici 64. prikazan je prognozirani porast ukupnog rejtinga mostovskih konstrukcija na gradskim saobraćajnicama Niša 2020. godine.



Slika 64. Prognozirani porast ukupnog rejtinga mostova 2020. godine.

U tabelama 7.4 do 7.18, prikazan je proračun rejtinga konstitutivnih elemenata mostovskih konstrukcija na gradskim saobraćajnicama Niša u 2020. godini. Crvenom bojom označeni su elementi kod kojih se očekuje najlošije stanje, koje iziskuje neodložnu intervenciju.

Tabela 7.4. Prognozirani rejting 2020. godine konstutivnih elemenata mosta MG 1

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R										
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75	<table border="1"> <tr> <td>R2=</td> <td>87.1</td> </tr> <tr> <td>R1=</td> <td>1223.5</td> </tr> <tr> <td>R3=</td> <td>113.04</td> </tr> <tr> <td>R4=</td> <td>33.58</td> </tr> <tr> <td>R=</td> <td>1457.22</td> </tr> </table>	R2=	87.1	R1=	1223.5	R3=	113.04	R4=	33.58	R=	1457.22
R2=	87.1															
R1=	1223.5															
R3=	113.04															
R4=	33.58															
R=	1457.22															
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15											
3	Krajnji stubovi	15	Loše	15	225											
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75											
5	Glavni nosači	15	Loše	15	225											
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75											
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0											
8	Ploča i konzole	15	Nezadovoljava	20	300											
9	Korozija	10	Opasno	20	200											
10	Hidroizolacija	6.7	Prihvatljivo	3	20.1											
11	Dilatacione sprave	6.7	Nepovoljno	4	26.8											
12	Kolovoz	6.7	Loše	4	26.8											
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4											
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nazadovoljava	5	33.5											
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96											
16	Prelazne ploče	4.48	Nepovoljno	3	13.44											
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepovoljno	3	13.44											
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44											
19	Ivičnjaci	4.48	Loše	4	17.92											
20	Pešačke staze	4.48	Nezadovoljava	5	22.4											
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44											
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6											
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4											
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1											
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48											
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9											

R = 1457,22 ⇨ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela 7.5. Prognozirani rejting 2020. godine konstutivnih elemenata mosta MG 2

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Loše	15	225		
2	Srednji stubovi	15	Loše	15	225		
3	Krajnji stubovi	15	Nezadovoljava	20	300		
4	Ležišta	15	Loše	15	225		
5	<i>Glavni nosači</i>	15	<i>Opasno</i>	100	1500		
6	Poprečni nosači	15	Nezadovoljava	20	300		
7	Spregovi	15	Loše	15	225		
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75		
9	<i>Korozija</i>	10	<i>Opasno</i>	20	200		
10	Hidroizolacija	6.7	Loše	10	67		
11	<i>Dilatazione sprave</i>	6.7	<i>Neoph. zamena</i>	20	134		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2=	227.8
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nezadovoljava	5	33.5	R1=	3308.5
15	Klinovi	4.48	Nepotrebno	0	0		
16	Prelazne ploče	4.48	Nepotrebno	0	0		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepotrebno	0	0		
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48		
20	Pešačke staze	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Ne postoji	10	44.8		
22	Instalacije	2	Loše	4	8		
23	Signalizacija	2	Nepovoljno	3	6	R3=	85.68
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	33.58
						R=	3655.56

R = 3655,56 ⇒ ⑥ Hitna sanacija

Tabela 7.6. Prognozirani rejting 2020. godine konstutivnih elemenata mosta MG 3

Redni broj	Element	ai	opis	bi	Ri=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Dobro	1	15		
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15		
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15		
4	Ležišta	15	Dobro	1	15		
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15		
6	Poprečni nosači	15	Dobro	1	15		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75		
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50		
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7		
11	Dilatacione sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Dobro	1	6.7	R2=	33.5
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Dobro	1	6.7	R1=	221.7
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48		
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48		
20	Pešačke staze	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Dobro	1	4.48		
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3=	52.8
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	33.58
						R=	341.58

R = 341.58 ⇒ ④ Investicino održavanje

Tabela 7.7. Prognozirani rejting 2020. godine konstutivnih elemenata mosta MG 4

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Dobro	1	15	R =	
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15		
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15		
4	Ležišta	15	Dobro	1	15		
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150		
9	Korozija	10	Loše	8	80		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Loše	6	40.2		
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Dobro	1	6.7		R2= 87.1
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nepovoljno	3	20.1		R1= 325.1
15	Klinovi	4.48	Loše	4	17.92		
16	Prelazne ploče	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Loše	4	17.92		
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
19	Ivičnjaci	4.48	Loše	4	17.92		
20	Pešačke staze	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
22	Instalacije	2	Dobro	1	2		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2		R3= 116
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9		R4= 20.18
						R= 548.38	

R = 548.38 ⇒ ④ Investiciono održavanje

Tabela 7.8. Prognozirani rejting 2020. godine konstutivnih elemenata mosta MG 5

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
3	Krajnji stubovi	15	Nezadovoljava	20	300		
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75		
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	<i>Ploča i konzole</i>	15	<i>Opasno</i>	100	1500		
9	Korozija	10	Nezadovoljava	12	120		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Loše	6	40.2		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2=	100.5
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nezadovoljava	5	33.5	R1=	2328.5
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
18	Ograde	4.48	Loše	4	17.92		
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
20	Pešačke staze	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
22	Instalacije	2	Loše	4	8		
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3=	128.48
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	33.58
						R=	2591.06

R = 2591,06 ⇒ ⑥ Hitna sanacija

Tabela 7.9. Prognozirani rejting 2020. godine konstutivnih elemenata mosta MG 6

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Dobro	1	15	
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15	
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15	
4	Ležišta	15	Dobro	1	15	
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15	
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75	
9	Korozija	10	Prihvatljivo	1	10	
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7	
11	Dilatacion sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2= 40.2
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Dobro	1	6.7	R1= 166.7
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48	
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48	
20	Pešačke staze	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
22	Instalacije	2	Dobro	1	2	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3= 62.24
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 20.18
					R=	289.32

R = 289.32 ⇒ ③ Intenzivno održavanje

Tabela 7.10. Prognozirani rejting 2020. godine konstutivnih elemenata mosta MG 7

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Loše	15	225		
2	Srednji stubovi	15	Loše	15	225		
3	Krajnji stubovi	15	Loše	15	225		
4	Ležišta	15	Ne postoji	0	0		
5	Glavni nosači	15	Loše	15	225		
6	Poprečni nosači	15	Loše	15	225		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Nezadovoljava	20	300		
9	Korozija	10	Opasno	20	200		
10	Hidroizolacija	6.7	Ne postoji	20	134		
11	Dilatacione sprave	6.7	Ne postoje	0	0		
12	Kolovoz	6.7	Loše	4	26.8		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nezadovoljava	5	33.5	R2=	194.3
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Zapušten	10	67	R1=	1692
15	Klinovi	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
16	Prelazne ploče	4.48	Ne postoji	10	44.8		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
18	Ograde	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
19	Ivičnjaci	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
20	Pešačke staze	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
22	Instalacije	2	Loše	4	8		
23	Signalizacija	2	Nepovoljno	3	6	R3=	193.2
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	<2 500	1	3	R4=	14.18
						R=	2093.68

R = 2093.68 ⇒ ⑥ Hitna sanacija

Tabela 7.11. Prognozirani rejting 2020. godine konstutivnih elemenata mosta MG 8

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	2	30		
2	Srednji stubovi	15	Ne postoje	0	0		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Nezadovoljava	20	300		
5	<i>Glavni nosači</i>	15	<i>Opasno</i>	100	1500		
6	Poprečni nosači	15	Nezadovoljava	20	300		
7	Spregovi	15	Nezadovoljava	20	300		
8	<i>Ploča i konzole</i>	15	<i>Opasno</i>	100	1500		
9	Korozija	10	Nezadovoljava	12	120		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepoznato	5	33.5		
11	<i>Dilatacione sprave</i>	6.7	<i>Zamena</i>	20	134		
12	Kolovoz	6.7	Nezadovoljava	5	33.5		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2=	214.4
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Zapušten	10	67	R1=	4192
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepotrebno	0	0		
18	Ograde	4.48	Loše	4	17.92		
19	Ivičnjaci	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
20	Pešačke staze	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
22	Instalacije	2	Loše	4	8		
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3=	110.56
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	33.58
						R=	4550.54

R = 4550.54 ⇒ ⑥ Hitna sanacija

Tabela 7.12. Prognozirani rejting 2020. godine konstutivnih elemenata mosta MG 9

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Nepovoljno	10	150		
5	Glavni nosači	15	Loše	15	225		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Loše	15	225		
9	Korozija	10	Nezadovoljava	12	120		
10	Hidroizolacija	6.7	Nezadovoljava	15	100.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Nepovoljno	4	26.8		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		R2=
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nepovoljno	3	20.1		R1=
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
18	Ograde	4.48	Loše	4	17.92		
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
20	Pešačke staze	4.48	Loše	4	17.92		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
22	Instalacije	2	Loše	4	8		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2		R3=
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5000	3	9		R4=
						R=	
						1252.38	

R = 1252.38 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela 7.13. Prognozirani rejting 2020. godine konstutivnih elemenata mosta MG 10

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Ne postoje	0	0		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75		
5	Glavni nosači	15	Loše	15	225		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoje	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoje	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Loše	15	225		
9	Korozija	10	Loše	8	80		
10	Hidroizolacija	6.7	Loše	10	67		
11	Dilatacione sprave	6.7	Ne postoje	0	0		
12	Kolovoz	6.7	Loše	4	26.8		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2=	107.2
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Loše	4	26.8	R1=	781.8
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
18	Ograde	4.48	Loše	4	17.92		
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
20	Pešačke staze	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
22	Instalacije	2	Nezadovoljava	5	10		
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3=	117.04
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	33.58
						R=	1039.62

R = 1039.62 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela 7.14. Prognozirani rejting 2020. godine konstutivnih elemenata mosta MG 11

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75	
2	Srednji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75	
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75	
4	Ležišta	15	Nepovoljno	10	150	
5	Glavni nosači	15	Loše	15	225	
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Loše	15	225	
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50	
10	Hidroizolacija	6.7	Loše	10	67	
11	Dilatacione sprave	6.7	Loše	6	40.2	
12	Kolovoz	6.7	Loše	4	26.8	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nezadovoljava	5	33.5	R2= 167.5
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Loše	4	26.8	R1= 901.8
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
16	Prelazne ploče	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Loše	4	17.92	
18	Ograde	4.48	Loše	4	17.92	
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
20	Pešačke staze	4.48	Loše	4	17.92	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
22	Instalacije	2	Prihvatljivo	2	4	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3= 100.08
24	Položaj mosta u mreži	6.7		4	26.8	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 40.28
						R= 1209.66

R = 1209.66 ⇨ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela 7.15. Prognozirani rejting 2020. godine konstutivnih elemenata mosta MG 12

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Loše	15	225		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Nepovoljno	10	150		
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150		
9	Korozija	10	Loše	8	80		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Loše	6	40.2		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nezadovoljava	5	33.5	R2=	120.6
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Loše	4	26.8	R1=	931.8
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
18	Ograde	4.48	Loše	4	17.92		
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
20	Pešačke staze	4.48	Loše	4	17.92		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
22	Instalacije	2	Nezadovoljava	5	10		
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3=	108.08
24	Položaj mosta u mreži	6.7		4	26.8		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	40.28
						R=	1200.76

R = 1200.76 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela 7.16. Prognozirani rejting 2020. godine konstutivnih elemenata mosta MG 13

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Dobro	1	15	
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15	
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15	
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75	
5	Glavni nosači	15	Loše	15	225	
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150	
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50	
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7	
11	Dilatacione sprave	6.7	Nepovoljno	4	26.8	
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Dobro	1	6.7	R2= 46.9
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Dobro	1	6.7	R1= 551.7
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48	
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
18	Ograde	4.48	Nezadovoljava	5	22.4	
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48	
20	Pešačke staze	4.48	Nezadovoljava	5	22.4	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
22	Instalacije	2	Ne postoji	0	0	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3= 78.16
24	Položaj mosta u mreži	6.7		4	26.8	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 40.28
						R= 717.04

R = 717.04 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela 7.17. Prognozirani rejting 2020. godine konstutivnih elemenata mosta MG 14

Redni broj	Element	ai	opis	bi	Ri=ai*bi	R
1	Temelji	15	Loše	15	225	
2	Srednji stubovi	15	Ne postoje	0	0	
3	Krajnji stubovi	15	Loše	15	225	
4	Ležišta	15	Nepoznato	10	150	
5	Glavni nosači	15	Loše	15	225	
6	Poprečni nosači	15	Ne postoje	0	0	
7	Spregovi	15	Ne postoje	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Loše	15	225	
9	Korozija	10	Loše	8	80	
10	Hidroizolacija	6.7	Loše	10	67	
11	Dilatacione sprave	6.7	Ne postoje	0	0	
12	Kolovoz	6.7	Loše	4	26.8	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nezadovoljava	5	33.5	R2= 127.3
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nezadovoljava	5	33.5	R1= 1163.5
15	Klinovi	4.48	Ne postoje	10	44.8	
16	Prelazne ploče	4.48	Ne postoje	10	44.8	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nezadovoljava	5	22.4	
18	Ograde	4.48	Nezadovoljava	5	22.4	
19	Ivičnjaci	4.48	Ne postoje	10	44.8	
20	Pešačke staze	4.48	Ne postoje	10	44.8	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6	
23	Signalizacija	2	Nepovoljno	3	6	R3= 249.44
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7	
25	Geometrija mosta	4.48	PS nepropisna	2	8.96	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	<2 500	1	3	R4= 18.66
						R= 1558.9

R = 1558.9 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela 7.18. Prognozirani rejting 2020. godine konstitutivnih elemenata mosta MG 15

Redni broj	Element	ai	opis	bi	Rl=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Dobro	1	15		
2	Srednji stubovi	15	Ne postoji	0	0		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Dobro	1	15		
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15		
6	Poprečni nosači	15	Dobro	1	15		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150		
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Nezadovoljava	8	53.6		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Loše	4	26.8	R2=	127.3
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Loše	4	26.8	R1=	361.8
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48		
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
19	Ivičnjaci	4.48	Loše	4	17.92		
20	Pešačke staze	4.48	Loše	4	17.92		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Ne postoji	0	0		
22	Instalacije	2	Prihvatljivo	2	4		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3=	86.64
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	<500	1	3	R4=	14.18
						R=	589.92

R = 589.92 ⇒ ④ Investiciono održavanje

8. ZAKLJUČAK

Mostovske konstrukcije kao integralni deo saobraćajne infrastrukture, bitan su parametar ukupne razvijenosti neke zemlje i imaju veliki značaj u pogledu funkcionalnosti i obezbeđenja sveukupne društvene i ekonomske dobiti. S obzirom na tu činjenicu, mostovi predstavljaju objekte izuzetno velike kapitalne vrednosti.

Konstrukcije mostova omogućavaju vitalne veze u putnom i železničkom sistemu saobraćajne infrastrukture. Potpuni ili privremeni prekid saobraćaja usled oštećenosti mostovskih konstrukcija, može da izazove poremećaj sa ozbiljnim posledicama za normalno funkcionisanje privrednih i drugih tokova. Generalno, mostovi su suštinski važni i za obezbeđenje i očuvanje kvaliteta života uopšte. Istorijski značaj i estetske vrednosti većine ovih objekata, neprocenjivi su deo društvenog nasleđa.

Preventivnom održavanju ovih objekata, kao optimalnom rešenju sa tehničkog, organizacionog i ekonomskog aspekta mora se dati znatno veća uloga. Sadašnje okolnosti ne omogućavaju neograničena ulaganja i od vitalnog je značaja da se uvede efikasnije održavanje postojećih mostova, kako bi se izašlo u susret javnom interesu. S jedne strane, mostovi su podložni pogoršanju stanja, dok sa druge strane, njihovo duže isključivanje iz funkcije radi sanacije ili zamene, može da izazove veoma neprijatne poremećaje saobraćaja na putevima i prugama. U skladu sa tim, potrebno je raspolagati efikasnim sistemom upravljanja mostovima i na osnovu njega doći do razumnih i utemeljenih odluka o raspodeli sredstava sa tačke gledišta očuvanja saobraćajnih pravaca i okoline, uz poštovanje postojećih okolnosti. Savremeni procesi planiranja, projektovanja, izgradnje i eksploatacije mostova, danas se ne mogu zamisliti bez adekvatnog sistema upravljanja mostovima. Efikasnim sistemom upravljanja mostovima dolazi se do razumnih i utemeljenih odluka o raspodeli sredstava sa aspekta očuvanja saobraćajnih tokova i okoline, uz uvažavanje svih postojećih okolnosti.

Da bi se izašlo u susret tim potrebama, u svetu je ne tako davno počeo da se razvija koncept upravljanja mostovima. Kako upravljačke odluke ne mogu biti zasnovane na intuitivnom procenjivanju, one nužno moraju biti zasnovane na rezultatima ključnih elemenata celovitog upravljačkog sistema, sposobnog da aspektu široke društvene zajednice dugoročno proceni sve posledice odlaganja ili nepreduzimanja potrebnih mera održavanja mostovskih konstrukcija. Ispravno investiciono ulaganje, danas znači smanjenje ukupnih troškova i očuvanje investicione vrednosti na duži vremenski period.

Za normalno odvijanje saobraćajnog toka i potrebnu sigurnost korisnika, podjednako je značajna adekvatnost u konstrukcijskom i funkcionalnom pogledu.

Ova dva stava međusobno su povezana i uslovljena, te treba odrediti potrebne mere za istovremeno obezbeđenje svakog od njih. U tom kontekstu, u ovoj doktorskoj disertaciji izvršena je analiza značaja primene sistema upravljanja mostovima, kao i posledice neblagovremenog i neadekvatnog održavanja na ukupno stanje mostova.

Dosadašnji rezultati ukazuju na potrebu novih istraživanja i usvajanja adekvatne strategije održavanja, odnosno planskog i sistematskog pristupa u oblasti upravljanja mostovima. Način na koji se taj pristup ostvaruje, određen je razvojem sistema za upravljanje mostovima, a uspešnost upravljanja bitno zavisi od izbora i doslednog sprovođenja svih relevantnih aktivnosti koje čine taj sistem.

Predmet istraživanja u doktorskoj disertaciji je analiza globalnog pristupa problematici upravljanja mostovima, značaja njegove primene, zatim analiza struktura većine sistema upravljanja mostovima u svetu, kao i uticaj relevantnih parametara na efikasnost upravljanja.

Na osnovu izvršenih istraživanja, teorijskih analiza, višedecenijskog monitoringa i inspeksijskih pregleda mostovskih konstrukcija, kao i upoređivanjem rezultata prezentovanih u prethodnim poglavljima, mogu se formulisati sledeći zaključci:

- Stepen razvijenosti i implementacije sistema upravljanja mostovima u pojedinim državama u svetu veoma je različit, naročito u pristupu bogatih i siromašnih zemalja;
- Neke zemlje ne primenjuju sistem upravljanja mostovima, dok pojedine zemlje koriste više različitih sistema upravljanja mostovima u svojim regionima. U SAD je u primeni 7 sistema upravljanja mostovima, u Kanadi 5, a u Australiji i Poljskoj koriste 2 sistema;
- Mnoge zemlje nisu razvijale sopstveni sistem upravljanja mostovima, već su implementirale već razvijene postojeće sisteme upravljanja mostovima drugih zemalja,
- Svaki sistem upravljanja mostovima ima svoju metodologiju i kriterijume vrednovanja oštećenja mostovskih konstrukcija i određivanja optimalnih strategija održavanja;
- Popravnika mostovske konstrukcije mogu se vratiti u neko od prethodnih boljih stanja (zavisno od vrste i obima popravke), ali obnovljeni i rekonstruisani mostovi ne mogu se vratiti u svoje najbolje stanje. Jedino zamenom mosta dobija se početno, odnosno najbolje stanje mostovskih konstrukcija;
- Brzina napredovanja pogoršanja stanja novih mostovskih konstrukcija, pored mnogobrojnih uticajnih faktora, zavisi i od tehnologije i kvaliteta građenja, kao i stručnosti i iskustva graditelja;
- Rezultati ovog istraživanja mogu poslužiti prepoznavanju dobrih i/ili loših tendencija prakse u svetu i kod nas, te kao orijentacija u daljem razvoju i primeni sistema upravljanja mostovima koji pružaju značajne mogućnosti usavršavanja;

Ostvareni su sledeći ciljevi u okviru ove doktorske disertacije:

- Izvršena je analiza značaja primene sistema upravljanja mostovima, kao i posledice neblagovremenog i neadekvatnog održavanja na ukupno stanje mostova;
- Naučnim istraživanjem definisana je uzročna povezanost kompleksne problematike;
- Komparacijom različitih kriterijuma određivanja prioriteta u svetu, kako na individualnom nivou, tako i na nivou deonice ili mreže u celini, došlo se do određenih zaključaka i predloga za adekvatni model sistema upravljanja mostovima u našim uslovima;
- Predlogom optimizacije kriterijuma vrednovanja prioriteta u sistemu upravljanja mostovima Srbije, otklonjene su nelogičnosti i značajni nedostaci i time je ostvareno poboljšanje efikasnosti određivanja rang liste prioriteta mostovskih konstrukcija;
- Verifikovane su mogućnosti novorazvijenog kriterijuma vrednovanja prioriteta;
- Razvojem i implementacijom sopstvenog modela doprinelo se savremenom trendu poboljšanja globalnog stanja mostovskih konstrukcija, kao i smanjivanju osnovnih razlika u pristupu bogatih i siromašnih zemalja ovoj problematici;
- Analizom mostovskih konstrukcija na gradskim saobraćajnicama Niša formulisana su praktična pravila i definisane jasne smernice za neophodne dalje aktivnosti upravljanja;
- Specijalna pažnja posvećena je mogućnosti primene matematičkog modela Markovljevog lanca za prognoziranje pogoršanja stanja mostovskih konstrukcija, koristeći rezultate realizovanih i sopstvenih teorijskih i praktičnih istraživanja;
- Procenjene su kratkoročno i dugoročno sve posledice odlaganja ili nepreduzimanja potrebnih mera održavanja mostovskih konstrukcija na gradskim saobraćajnicama Niša;
- Ostvarena je mogućnost integracije sistema upravljanja mostovima u procese planiranja, projektovanja, izgradnje i eksploatacije saobraćajnih infrastruktura;
- Dobijeni rezultati naučno istraživačkog rada u doktorskoj disertaciji povećavaju efikasnost upravljanja planiranjem i koordinacijom relevantnih aktivnosti;
- Krajnji ostvareni cilj je poboljšanje ukupnog stanja u kome se nalaze mostovi i uvođenje savremenih trendova u oblasti upravljanja ovim objektima, zasnovanim na relevantnim pokazateljima matematičkog aparata po pitanju pojave mogućih oštećenja i eventualnog otkaza mostovskih konstrukcija, sa ciljem da se pronađe dugoročno rešenje, kao kombinacija optimalnog stanja i optimalnih mera popravki.

Na osnovu sprovedenih istraživanja i prezentovanih rezultata do kojih se došlo, kao i formiranih zaključaka, u cilju još boljeg i detaljnijeg sagledavanja kompleksne problematike sistema upravljanja mostovima i potpunije praktične primene, potrebno je istaći preporuke i pravce daljih istraživanja.

Prostor za buduća istraživanja sistema upravljanja mostovima postoji na više nivoa. Definišu se neke od preporuka koje bi bile značajne za buduća istraživanja:

- Potrebno je istražiti mogućnost primene matematičkih modela koji detaljno opisuju specifične mehanizme fizičko - hemijskih procesa pogoršanja stanja elemenata mostovskih konstrukcija za određivanje budućeg stanja konstrukcijskih elemenata mostova;
- Dalja istraživanja u ovoj oblasti treba organizovati na razvoju modela troškova jer određivanje svih relevantnih aktivnosti mora biti bazirano na ekonomskim analizama i rangirano po prioritetima. Ova istraživanja neophodna su kako bi se nedovoljna raspoloživa sredstva iskoristila na najefikasniji način, u uslovima veoma ograničenih fondova i budžeta. Konkretno, to znači da se uz minimalna ulaganja i optimalno određene aktivnosti, dobije strategija adekvatna stanju mostova u našoj zemlji i mogućnostima kojima u ovom trenutku raspolažemo;
- U narednim istraživanjima treba ispitati metode za identifikaciju optimalne politike zaštite i očuvanja mostovskih konstrukcija koja minimizira ukupne troškove životnog ciklusa, uzimajući u obzir i rezultate analiza iz modela pogoršanja stanja;
- Potrebno je sprovesti analizu rizika, troškova nezgoda i korisničkih troškova.
- Buduća istraživanja treba fokusirati na značaj rešavanja ukupnog stanja svih mostovskih konstrukcija na nivou mreže, prema raspoloživim sredstvima (mrežna optimizacija), umesto dosadašnjeg menadžment pristupa "prvi najgori", s obzirom da je nivo finansiranja daleko ispod potreba za rekonstrukcijom i revitalizacijom svih neadekvatnih mostovskih konstrukcija u zemlji, kod kojih su utvrđeni određeni kako konstrukcijski, tako i funkcionalni nedostaci.

Dobijeni rezultati u disertaciji i formirani zaključci imaju opšti karakter i mogu se praktično primeniti u oblasti upravljanja mostovskim konstrukcijama.

Rezultati ovog istraživanja mogu poslužiti prepoznavanju dobrih i/ili loših tendencija prakse u svetu i kod nas, te daljem razvoju i primeni sistema upravljanja mostovima.

Iz svega iznetog, očigledna je kompleksnost i multidisciplinarnost problematike upravljanja mostovskim konstrukcijama, ali sa druge strane ostvareni primeri primene jasno ukazuju na prednosti koje sistemi upravljanja mostovima pružaju u ovoj oblasti.

9. LITERATURA

- [1] Milan M. Gligorijević: "*Modeliranje spojeva susednih polja montažnih grednih mostova*", magistarski rad, Građevinski fakultet Niš, 1996.
- [2] Želimir J. Kovačević: "*Sistemi za upravljanje održavanjem betonskih mostova*", doktorska disertacija, Građevinski fakultet Beograd, 1997.
- [3] OECD: "*Bridge Management*", Road transport research, OECD, Paris, 1992.
- [4] Pakvor A.,
Darijević Ž.: "*Održavanje betonskih mostova*", Simpozijum «Trajnost konstrukcija», DGK Hrvatske, str. 167 - 183, Brioni, 1985.
- [5] Small E.P., et al.: "*Current Status of Bridge Management System Implementation in the United States*", in Eighth Transportation Research Board Conference on Bridge Management, *TRB* Transportation Research Circular 498. 1999: Washington D.C. p. A-1/1-16.
- [6] Swenson D.V.,
Ingraffea A.R.: "*The collapse of the Schoharie Creek Bridge: a case study in concrete fracture mechanics*". *International Journal of Fracture*, 1991. 51(1): p. 73-92.
- [7] Thompson P.D.,
Shepard R.W.: "*Pontis*, in *Transportation Research Circular 423: Characteristics of Bridge Management Systems*", Transportation Research Board. 1994.
- [8] Hawk H., Small P.E.: "*The BRIDGIT Bridge Management System*", *Structural Engineering International*, 1998. Vol 8, № 4: p. 309.
- [9] DRCR: "*Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art*", Direction des Routes et de la Circulation Routiere, Paris, 1979 - 90.
- [10] Pakvor A., Bajić D.,
Buđevac D., Darijević Ž.,
Stojanović N.: "*Sistem upravljanja mostovima - Tehnički, organizacioni i ekonomski aspekti održavanja sanacija i ojačanja*", Monografija, Građevinski Fakultet, Beograd, 2000.

- [11] West Virginia Historical Society Quarterly: *"The Collapse of the Silver Bridge"*. dostupno na <http://www.wvculture.org/history/disasters/silverbridge03.html>,
- [12] TRB: *"Bridge Management Systems"*, Transportation Research Board, National Research Council Washington, D.C., Decembar, 1987.
- [13] GAO: *"HIGHWAY BRIDGE PROGRAM: Clearer Goals and Performance Measures Needed for a More Focused and Sustainable Program"*, Report to Congressional Committees, in *GAO-08-1043*. 2008. Washington D. C.
- [14] Dornan D.L.: *"Asset management: remedy for addressing the fiscal challenges facing highway infrastructure"*, International Journal of Transport Management, 2002. 1 p. 41 - 54.
- [15] FHWA: *"Status of the Nation's Highways, Bridges, and Transit 2008: Condition and Performance, Report to the Congress"*, 2009. Washington D.C. p. 622.
- [16] National Transportation Safety Board: *"Highway Accident Report, Collapse of I-35W Highway Bridge Minneapolis, Minnesota August 1, 2007"*. 2008. Washington.
- [17] Malcolm T., Kerley P.E.: *"Oversight of the Highway Bridge Program and the National Bridge Inspection Program"*, Virginia Department of Transportation, on behalf of AASHTO, in Committee on Transportation and Infrastructure. 2010.
- [18] Mirzaei Z., Adey T., Klatter l., Thompson P.: *"The IABMAS Bridge Management Committee overview of existing Bridge Management Systems 2014"*
- [19] AASHTO: *"Guidelines for Bridge Management Systems"*, American Association of State Highway and Transportation Official, AASHTO, Washington, D.C. 2001.
- [20] Ryall M.: *"Bridge Management"*, Butterworth-Heinemann, ISBN (0-7506-5077), Oxford, UK, 2001.
- [21] Narasimban S., Wallbank J.: *"Inspection manuals for bridges and associated structures"*, The Management of Highway Structures, ICE, London. 1998.

- [22] Cambridge Systematics I., AASHTO: *"Pontis Bridge Management Release 4.4 User Manual"*, 2005., Washington D.C. p. 572.
- [23] Minor J., White K., Busch R.: *"Condition Survey of Concrete Bridge Components-User's Manual"*, Transportation Research Board, National research Cooperative Highway Research Program (NCHRP), 1988, Report (312), 84 pages.
- [24] FHWA: *"Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nations Bridges"*, B.D. Office of Engineering, Bridge Management Branch, 1995. Washington D.C.
- [25] Dogaki M., Furuta H., Tsukiyama I., Fraqngpool D.: *"Optimal Maintenance Planning of Reinforced Concrete Decks on Highway Network"*, Conference Proceedings, US169 Japan Workshop on Life-Cycle Cost Analysis and Design of Civil Infrastructure Systems, ASCE, Honolulu, Hawaii, 2000.
- [26] AASHTO: *"AASHTO Bridge Element Inspection Manual"*, 1. st Edition, 2010.
- [27] Aldemir-Bektas B., Smadi O.G.: *"A Discussion on the Efficiency of NBI Translator Algorithm"*, in Proceedings of the Tenth International Conference on Bridge and Structure Management, October 20 -22, Transportation Research Circular, Buffalo, New York, 2008.
- [28] Sobanjo J.O., Kerr R., Thompson P. D.: *"Element-to-Component Translation of Bridge Condition Ratings"*. Transportation Research Board Annual Meeting 2008 Compendium of Papers DVD, 2008. Paper #08-3149.
- [29] Al-Wazeer A.,B. Harris, C. Nutakor: *"Comparison of Neural Networks Method Versus National Bridge Inventory Translator in Predicting Bridge Condition Ratings"*. Presented at 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C. 2007.
- [30] Thompson P. D.: *"Pontis: The Maturing of Bridge Management Systems in The USA"*, Proceeding of the Second International conference on Bridge Management, Thomas Telford, London, p. 971 - 978, 1993.

- [31] Thompson P.D., et al.: "*The Pontis bridge management system*". Structural Engineering International, 1998. Vol 8, № 4: p. 303-308.
- [32] Milligan J., Nielsen R.J, "*Short- and Long-Term Effects of Element Costs and Failure Costs, in Pontis*". Journal of Bridge Engineering, 2006. 11(5): p. 626-632.
- [33] Johnson M.B.: "*Bridge Management Update*", AASHTO SCOB Meeting, Omaha Nebraska, 2008.
- [34] Patidar V., et al.: "*Multi-Objective Optimization for Bridge Management Systems*", in NCHRP Report 590, Project: NCHRP 12 - 67, 2007.
- [35] Mohamed H.: "*Development of Optimal Strategies for Bridge Management Systems*". Ph.D. thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Carleton University, Ottawa, Canada, 1995.
- [36] Hawk H.: "*BRIDGIT: User-Friendly Approach to Bridge Management*", Transportation Research Circular, 498, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1999., p. E-7/1 - E-7/15.
- [37] TRB, Wilkes W.J.: "*Bridge Management Systems*", NCHRP Report 300, Transportation Research Board, National Research Council Washington, D.C. 1987.
- [38] <http://www.dot.state.al.us>
- [39] Brito J., Branco F.A.: "*Bridge management systems*", Instituto Superior Technico Decivil, Lisabon, Septembar 1991.
- [40] Yanev B.: "*Life-Cycle Performance of Bridge Components in New York City*", in Recent advantages in Bridge Engineering, 1997. Editors U. Meier and R. Betti, p. 385 - 392.
- [41] Columbia University: "*Preventive Maintenance Management System for New York City Bridges*", Consortium of Civil Engineering Depts of New York City Colleges and Universities, Columbia Univ, NY, Report No. 90-1, 1990.

- [42] Radić J.: "Mostovi 3", predavanja 2011. godine, Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Hrvatska 2011.
- [43] MRWA: Main Roads Western Australia (www.mainroads.wa.gov.au)
- [44] NSW BMS: "*Bridge Information System User Guide*", version 2000.
- [45] Bauckland P.: "*Canada's advanced national standard of bridge evaluation*", Bridge Management Conference, Guilford, 1990.
- [46] Ministère des Transports du Québec: "*Manuel d'inspection des structures: Evaluation des dommages*", Bibliothèque Nationale du Québec, Gouvernement du Québec, Ottawa. 1995.
- [47] <http://www.mto.gov.on.ca/english/>
- [48] <http://www.stantec.com>
- [49] Thompson P., Ellis R., Hong, K., Merlo, T.: "*Implementation of Ontario Bridge Management System*", Ninth International Bridge Management Conference, Orlando, Florida, 2003. p. 112-127.
- [50] Thompson P. D.: "*Decision Support Analysis in Ontario's New Bridge Management System*", Proceedings of the 2001 Structural Congress and Exposition, ASCE, Washington, D.C. 2001.
- [51] http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/accueil_en
- [52] http://www1.mtq.gouv.qc.ca/en/pub_ligne/index.asp
- [53] <http://www.edmonton.ca/transportation.aspx>
- [54] <http://www.transportation.alberta.ca/>
- [55] <http://www.gov.pe.ca/tir/index.php3?lang=E>
- [56] http://www.dot.gov.nt.ca/_live/pages/wpPages/home.aspx
- [57] <http://www.vd.dk>
- [58] M. K. Söderqvist, M. Veijola: "*The Finnish Bridge Management System*", Structural Engineering International, 1998. Vol 8, № 4: p. 315-319.

- [59] "Liikennevirasto": www.liikennevirasto.fi, (The Finnish Transport Agency, FTA)
- [60] FINNRA: "*Bridge Inspection Manual*", The Directives for Bridge Inspection Procedures, FINNRA (Finnish National Road Administration), Helsinki, 1989.
- [61] SETRA: "*Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art - ITSEOA 2010*", Document 1: General framework; Document 2: Principles, Document 3: Auscultations, enhanced and close surveillance, SETRA press, Bagneux, France, 2011.
- [62] "Rijkswaterstaat": www.rijkswaterstaat.nl, (Ministry of Infrastructure and the Environment).
- [63] D. Tenžera, G. Puž, J. Radić : *mostova*", *Gradjevinar* 64 9/2012. p. 717 - 726.
- [64] www.tii.ie
- [65] APT: Provincia Autonoma di Trento : <http://www.bms.provincia.tn.it/>
- [66] University of Trento: <http://www.ing.unitn.it/dims>, Department of Mechanical and Structural Engineering
- [67] <http://www.bms.provincia.tn.it/bms/procedure/>
- [68] Latvian Road Administration, www.lvceli.lv
- [69] Norwegian Public Road Administration, www.vegvesen.no
- [70] State Joint Company LATVIAN STATE ROADS, www.lvceli.lv
- [71] L. Lubl6y, L. G6sp6r: "*Experiences and Results in Hungarian Bridge Management*", *Acta Technica Jaurinensis*, Vol 2, No 1, 2009. p. 81 - 95.
- [72] Lubl6y L., Ag6r6dy Gy., Moln6r, I.: "*The applicability of PONTIS bridge management system in Hungary*", *Revue for Highway Traffic and Civil Engineering*, 2. 1996. p. 83 - 90.

- [73] V. M. Kuznetsov: *"Bridge Management System for City of Moscow"* TRC, Number E-C049, 9th International Bridge Management Conference, Orlando, Florida, April, 2003. IBMC03-030, p. 96 - 101.
- [74] Brodsky G., Vlasova M., "Analysis of Parameters of Structure Deterioration Models
Yenyutin Yu. et al.: *within the Moscow Bridge Management System"*, Structure and Infrastructure Engineering, Taylor & Francis, 2(1), p. 13 - 21, 2006.
- [75] PTV AG: www.ptvgroup.com
- [76] NPRA: Norwegian Public Roads Administration, www.vegvesen.no
- [77] PKP Polish Railway Lines S.A., www.plk-sa.pl
- [78] Wrocław University of Technology, www.pwr.wroc.pl
- [79] IMC: Infrastructure Management Consultants LLC, Zurich
www.imc-ch.com
- [80] R. Hajdin: *"KUBA 4.0: The Swiss Road Structure Management System"*, IBSMC08-027, TRC № E-C128: "International Bridge and Structure Management", 10th International Conference, New York, 2008. p 47.
- [81] www.mobilityplatform.ch
- [82] Hajdin R., L. Peeters: *"Bridging Data Voids: Advanced Statistical Methods for Bridge Management in KUBA"*. 10th International Bridge and Structure Management Conference, Buffalo, New York, 2008. p. 90 - 104.
- [83] Swedish Transport Administration, www.trafikverket.se
- [84] <http://batman.vv.se>
- [85] Ministerio de Fomento:
http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/CARRETERAS/

- [86] GEOCISA: <http://www.geocisacarreteras.com/index.php/software-degestion/gestion-de-puentes/modulos>
- [87] Kajima Corporation <http://www.kajima.com>
- [88] Regional Planning Institute of Osaka <http://www.rpi.or.jp/>
- [89] Liu C., Hammad, A., Itoh, Y.: "*Multi-Objective Optimization of Bridge Deck Rehabilitation Using Genetic Algorithm*", *Microcomputers in Civil Engineering, Journal of Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 12 (6), 1997. p. 431 - 443.
- [90] Dogaki M., Furuta H., Tsukiyama I., Fraqngpool D.: "*Optimal Maintenance Planning of Reinforced Concrete Decks on Highway Network*", Conference Proceedings, US169 Japan Workshop on Life-Cycle Cost Analysis and Design of Civil Infrastructure Systems, ASCE, Honolulu, Hawaii, 2000.
- [91] Korean ministry of land, infrastructure and transportation, <http://www.molit.go.kr>
- [92] Korea Institute of Construction Technology, <http://www.kict.re.kr>
- [93] MoT: Ministry of Transport, <http://www.mt.gov.vn/eDefault.aspx?tabid=8>
- [94] HDM: <http://www.hdmglobal.com/>
- [95] Nell A. J., Newmark A., Nordengen P. A.: "*A Bridge Management System for the Western Cape Provincial Government, South Africa*", Implementation and Utilization, 10th International Bridge and Structure Management Conference, Buffalo, New York, 2008. p. 63 - 76.
- [96] D. Bebić: "*Unapređenje metoda upravljanja mostovima - Sistem upravljanja mostovima*" Institut za puteve, Beograd, 1989.
- [97] M. Gligorijević D. Petković: "*Oštećenja konstrukcija drumskog mosta preko reke Južne morave kod Niša i njihova sanacija*", R - 6, str. 51 - 56, JDGK, 11. Kongres, Vrnjačka Banja, septembar 2002.

- [98] M. Gligorijević: *"Prikaz oštećenja armiranobetonskih konstrukcija mosta Mladosti u Nišu"*, Zbornik radova Simpozijuma o istraživanjima i primeni savremenih dostignuća u našem građevinarstvu u oblasti materijala i konstrukcija, str. 349 - 354, JDIIMK, XXII Kongres, Niška Banja, Oktobar 2002.
- [99] M. Gligorijević
N. Spasojević: *"Oštećenja, sanacija i rekonstrukcija, armiranobetonskih konstrukcija drumskog mosta u ulici 12. Februar u Nišu"*, Zbornik radova Simpozijuma o istraživanjima i primeni savremenih dostignuća u našem građevinarstvu u oblasti materijala i konstrukcija, str. 355 -360, JDIIMK, XXII Kongres, Niška Banja, Oktobar 2002.
- [100] M. Gligorijević: *"Development of bridge management system in Serbia"*, Jubilee Scientific Conference of UACEG, p. 153 - 160, Sofia, May 2007.
- [101] M. Gligorijević: *"Application of the bridge management systems at the example of the »Mladost« bridge in Nis"*, Jubilee Scientific Conference of UACEG, p. 161 - 167, Sofia, May 2007.
- [102] M. Gligorijević: *"Sistem upravljanja mostovima na primeru čeličnog mosta u centru Niša"*, str. 123-128, UDK 624. 21. 014. 2. 059 (497. 11) Zbornik radova VI Naučno-stručnog savetovanja *"Ocena stanja, održavanje i sanacija građevinskih objekata i naselja"*, Divčibare, 19 - 22. maj 2009.
- [103] M. Gligorijević et al.: *"Ocena stanja i predlog mera sanacije za mostove na lokalnim putevima opštine Kraljevo"*, str. 111-116, UDK 624.21.059.014 (497.11); 625. 745. 12. 08 (497. 11) Zbornik radova VI Naučno-stručnog savetovanja *"Ocena stanja, održavanje i sanacija građevinskih objekata i naselja"*, Divčibare, 19 - 22. maj 2009.
- [104] M. Gligorijević: *"Sistem upravljanja mostovima i mostovi u centru Niša"*, Simpozijum Sinergija Arhitekture i Građevinarstva, Niš 02.-03. Novembar 2010. Zbornik radova № 25, str.73-78, ISSN 1452-2845, UDK: 624.2/.8:69.05(497.11NIŠ)(045)=163.41, GAF Niš, 2010.

- [105] D.Bebić: *"Predlog postupka određivanja prioriteta u održavanju mostova"*, Bilten Instituta za Puteve, Vol. 15, Issue 15, str. 45-56, UDK 625.7/8 Beograd, 1986.
- [106] D.Bebić: *"Planiranje održavanja mostova"*, časopis "Put i saobraćaj", br. 3 - 4, Beograd, 1987.
- [107] BAB 87: *"Pravilnik BAB 87"*, Službeni list SFRJ, br. 11/87, Beograd 1987.
- [108] *"Pravilnik o Tehničkim Normativima za eksploataciju i redovno održavanje mostova"*, Službeni list SRJ, Broj 20, 1992.
- [109] *"Tehnički uslovi i opisi radova redovnog održavanja"*, Mostprojekt Beograd, 1992.
- [110] D.Bebić: *"Predlog planiranja kapaciteta sredstava rada i kadrova na poslovima upravljanja mostovima u RO za puteve"*, Beograd, 1991.
- [111] *"Baza podataka o mostovima SR - 02"*, Institut za puteve, Beograd, 1991.
- [112] *"Inventarski list mosta - Uputstvo za popunjavanje formulara"*, Institut za puteve, Beograd, 1990.
- [113] *"Zapisnik o pregledu mosta - Uputstvo za izradu zapisnika"*, Institut za puteve, Beograd, 1990.
- [114] *"Tehničko rešenje Baze podataka o mostovima"*, Institut za puteve, Beograd, 1999.
- [115] R. Hajdin, S. Mašović: *"Određivanje rejtinga mosta"*, predavanja iz predmeta "Mostovi", Građevinski fakultet Beograd, 2015.
- [116] D.Bebić: *"Sistem upravljanja mostovima"*, Institut za puteve, Beograd, 1992.
- [117] D.Bebić: *"Predviđanje budućeg stanja elemenata mostova na putevima"*, Naučno - stručni skup "Rehabilitacija i rekonstrukcija puteva", Zlatibor, 2007.

- [118] M. Gligorijević et al.: *"Elaborat o stanju mostova na gradskim saobraćajnicama Niša"*, Odelenje za konstrukcije, 06 broj 26/2-17, 08.09.1997. Institut za građevinarstvo i arhitekturu, Građevinski fakultet, Niš.
- [119] Busa, G, Cassella, M, *"A National Bridge Deterioration Model"*, Report to the U.S. Gazadia, W, Horn, R.: Department of Transportation, Research and special Programs Administration, Transportation Systems Center Kendall Square, Cambridge, MA, 1985.
- [120] USDOT/FHWA: *"Transportation Alternative during highway reconstruction"*, Report FHWA-HI-89-027, National Level, Federal Highway Administration, U.S. DOT, Washington, D.C. 1989.
- [121] Kayser, J., Nowak, A.: *"Capacity Loss Due to Corrosion in Steel-Girder Bridges"*, Journal of Structural Engineering, ASCE, 115(6), 1989. p. 1525-1537.
- [122] Sobanjo, J.: *"A Decision Support Methodology for the Rehabilitation and Replacement of Highway Bridges"*, Ph.D. Thesis, Texas A&M University, 1991.
- [123] Maiyamoto, A., Kawamura, K., Nakamura, H.: *"Japan"*, Transportation Research Record, p. 14-25. 1999.
- [124] Morcous, G.: *"Case-Based Reasoning for Modeling Bridge Deterioration"*. Ph.D. thesis, Civil and Environmental Engineering, Concordia University, Canada, 2000.
- [125] Collines, L.: *"An introduction to Markov Chain Analysis"*, CATMOG, Geo Abstracts Ltd. University of East Anglia, Norwich, 1972.
- [126] Sobanjo, J.: *"A Neural Network Approach to modeling bridge deterioration"*, Proceeding of the 4th Congress on computing in Civil Engineering, ASCE, Philadelphia, PA, June, 1997. p. 623 - 626.

- [127] Tokdemir, O.B., Ayvalik, C., Mohammadi, J.: *"Prediction of Highway Bridge Performance by Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms"*, Proceeding of the 17th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC), September 2000. Taipei, Taiwan.
- [128] Boussabina, A.: *"The Use of Artificial Neural Networks in Construction Management: A Review"*, Construction Management and Economics, International journal of Construction Management & Technology, 14, p. 427 - 436, 1996.
- [129] Arditi, D., Tokdemir, O.: *"Comparison of Case Based Reasoning and Artificial Neural Networks"*, Journal of Computing In Civil Engineering, ASCE, 13(3), p. 162 - 169., 1999.
- [130] Yanev, B., Xiaomong, C.: *"Life Cycle Performance of the New York City Bridges"*, New York Department of Transportation: New York, 1993.
- [131] Bolukbasi, M., Arditi, D., Mohammadi, J.: *"Deterioration of Reconstructed Bridge decks"*, Structure and Infrastructure Engineering, 2 (2), p. 23 - 31., 2006.
- [132] S. Mašović, R. Hajdin: *"Procena propadanja kolovozne ploče betonskih mostova prema bazi podataka o mostovima"*, Zbornik radova Simpozijuma DGKS 2012. Vrnjačka Banja, str. 223-228.
- [133] S. Mašović, R. Hajdin: *"Modeliranje propadanja betonskih grednih mostova u Srbiji"*, XII međunarodni naučni skup "INDIS 2012 - Planiranje, projektovanje, građenje i obnova graditeljstva", ISBN 978-86-7892-452-1; 2012. str.55 - 62.
- [134] S. Mašović, R. Hajdin: *"Optimalna politika održavanja drumskih mostova u Srbiji"*, časopis "Put i saobraćaj", br. 2, Beograd 2015. str. 17 - 25.
- [135] S. Mašović, R. Hajdin: *"Modeling of bridge elements deterioration for Serbian bridge inventory"*, Structure and Infrastructure Engineering, 8; 2013. p. 976 - 987.

- [136] R. Hajdin, L. Peeters: Bridging Data Voids: "*Advanced Statistical Methods for Bridge Management in KUBA*". International Bridge and Structure Management: Tenth International Conference on Bridge and Structure Management, Buffalo, 2008. IBSMC08-027,p. 90-104.
- [137] S. Mašović, R. Hajdin: "*Planiranje održavanja putnih mostova*", Prvi Srpski kongres o putevima, Zbornik radova 136_T5, str. 1 - 10. 2014.

Prilog A

Stanje mostova na gradskim saobraćajnicama Niša

U ovom prilogu doktorske disertacije dat je prikaz mostova na gradskim saobraćajnicama Niša za koje je autor disertacije formirao bazu podataka o mostovima 1997. godine i uradio višedecenijski monitoring kroz kontrolne, redovne i glavne inspeksijske preglede do kraja 2015. godine. U tabeli A.1 prikazane su šifre mostova, kao i naziv i lokacija mostovskih konstrukcija ove baze podataka.

Tabela A.1. Spisak objekata u bazi podataka mostova na gradskim saobraćajnicama Niša

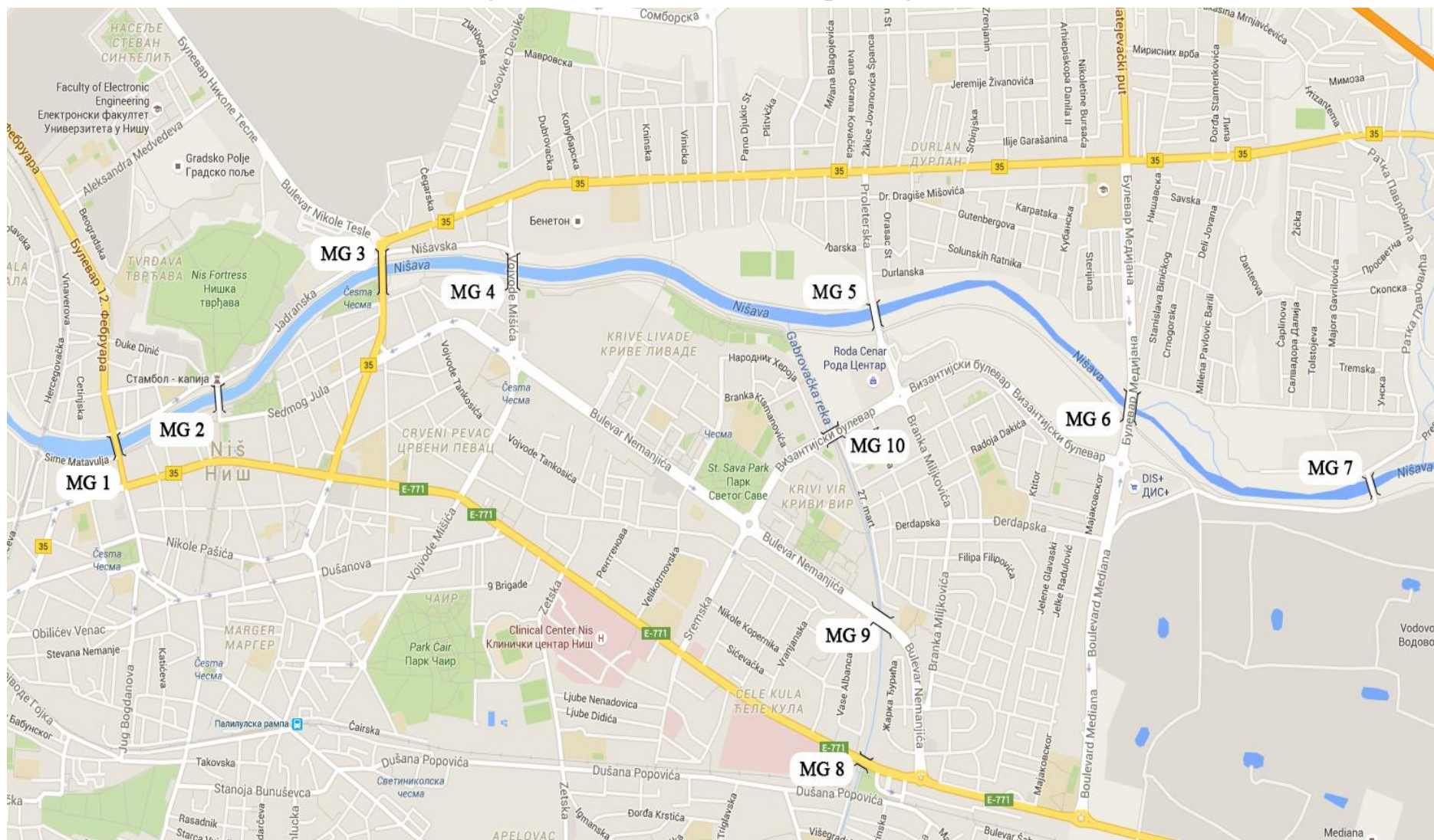
Redni broj	Šifra mosta	Naziv mosta	Lokacija
1	MG 1	"Kameni" most	ul. "12. Februar", Niš
2	MG 2	"Tvrđavski" most	Trg kralja Milana, Niš
3	MG 3	Most "Mladosti"	ul. Kralja Stefana Prvovenčanog, Niš
4	MG 4	Most "kod Niteksa"	ul. Vojvode Mišića, Niš
5	MG 5	"Most u Proleterskoj"	ul. Proleterska, Niš
6	MG 6	Most "Medijana"	Bulevar Medijana, Niš
7	MG 7	Most "kod bazena"	ul. Ratka Pavlovića, naselje Donja Vrežina
8	MG 8	Most "kod Čele Kule"	Bulevar Svetog Cara Konstantina, Niš
9	MG 9	"Bulevarski" most	Bulevar Nemanjića, Niš
10	MG 10	Most "kod Merkatora"	Vizantijski bulevar, Niš
11	MG 11	"Kutinski" most	Bulevar Veljka Vlahovića, Niš
12	MG 12	Most "Mramor"	Magistralni put M-25, naselje Mramor
13	MG 13	Nadvožnjak	Naselje Novo selo, Niš
14	MG 14	Most "Mašinac"	ul. Lj. Nikolića, naselje Gabrovačka reka, Niš
15	MG 15	Most u Gabrovcu	na putu za Vukmanovo, selo Gabrovac, Niš

U prilogu su prikazani opšti podaci za svaki most, opis konstrukcijskih elemenata datih mostova, način njihovog fundiranja, kao i stanje najugroženijih mostovskih konstrukcija.

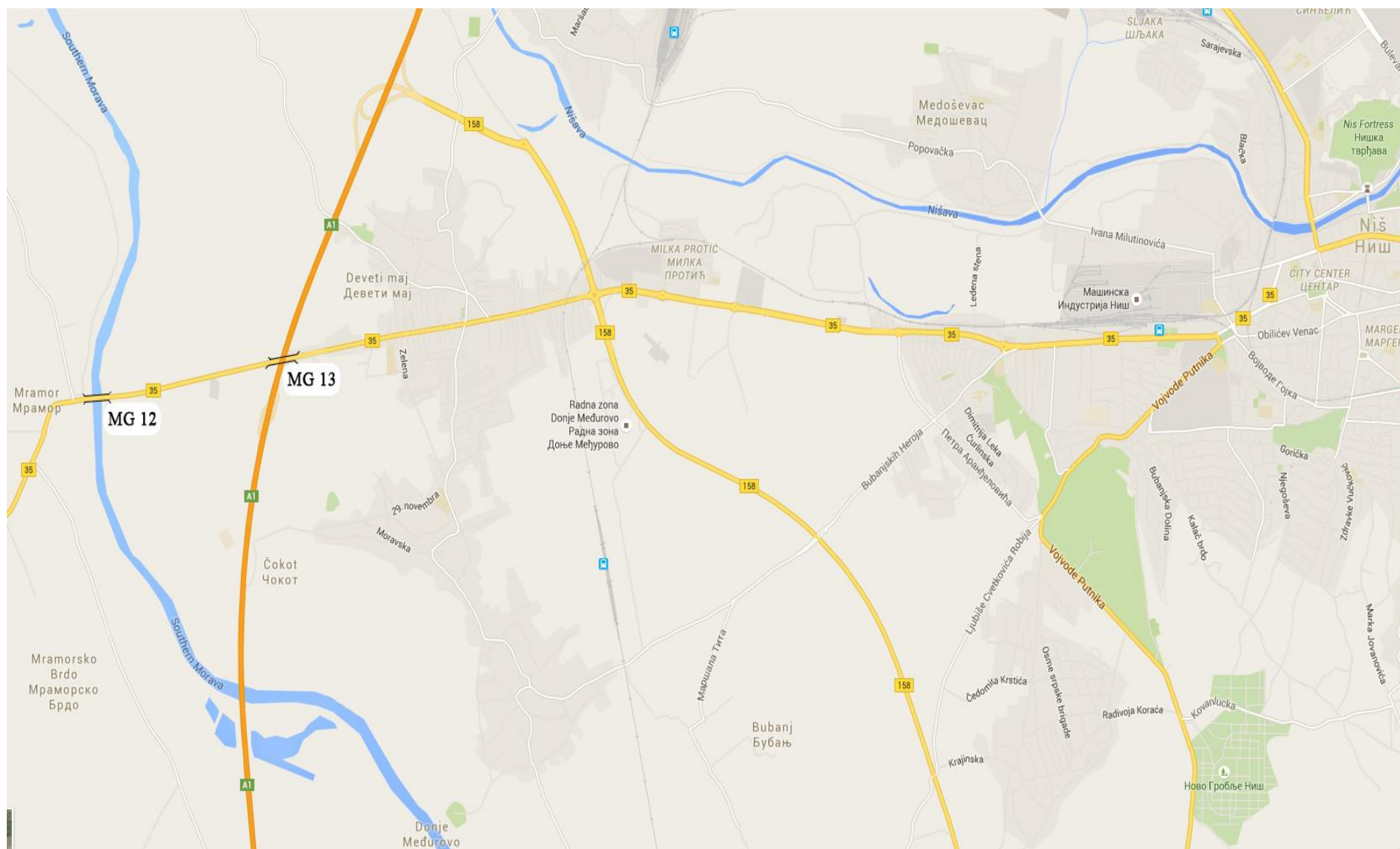
Takođe, tabelarno je prikazan sračunati rejting mostova nakon glavnih pregleda, prema predloženoj metodologiji sistema upravljanja mostovima.

Položaj analiziranih mostovskih konstrukcija iz baze podataka mostova na gradskim saobraćajnicama Niša u planu grada Niša prikazan je na stranama 203 - 205.

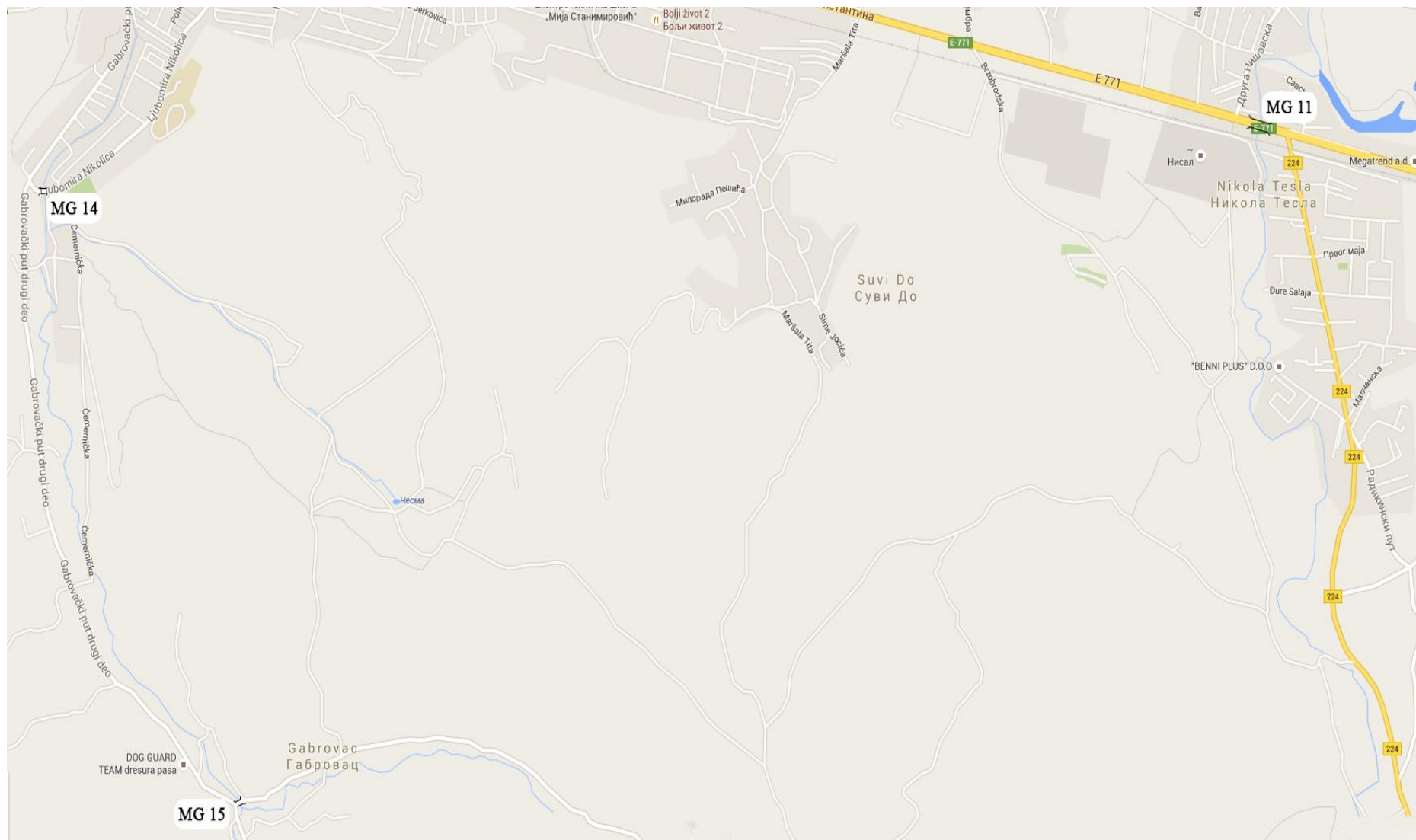
Položaj mostova MG 1 - MG 10 u planu grada Niša



Položaj mostova MG 12 i MG 13 u planu grada Niša



Položaj mostova MG 11, MG 14 i MG 15 u planu grada Niša



A.1. Most preko reke Nišave u ulici 12. Februar u Nišu - MG 1



Slika A.1. Izgled mosta

A.1.1. Opšti podaci o mostu

Mostovske konstrukcije spajaju ulicu 12 Februar sa ulicom Kneginje Ljubice, prevodeći drumski i pešački saobraćaj preko reke Nišave. Most je sagrađen od armiranog betona 1947. godine i ima 3 otvora.

Gornji stroj mosta rešen je kao kontinualna roštiljna konstrukcija na tri polja, raspona 18,30+24,80+18,30 m, sa niveletom u dvostranom nagibu od 0,50% i osom mosta u pravcu. Dužina rasponskih konstrukcija je 62,30 m, a ukupna dužina mosta iznosi 67,50 m.

Fundiranje mosta izvršeno je direktno, izradom temeljnih stopa.

Od dana puštanja u saobraćaj do 8. maja 1999. godine most je bio permanentno u funkciji. U bombardovanju 8. maja 1999. godine, porušeni su nizvodni glavni nosači u zoni srednjeg levog stuba, a sam stub bio je znatno oštećen, te je most zatvoren za saobraćaj. Most je saniran u toku leta i jeseni iste godine i od tada je ponovo u funkciji.

A.1.2. Opis konstrukcija mosta

A.1.2.1. Gornji stroj mosta

Kontinualni AB roštilj na tri polja, sastoji se od 8 glavnih podužnih i 11 poprečnih nosača. Širine konstrukcijskih mostovskih elemenata su: kolovoz 11,00 m, pešačke staze 2x3,00 m, venci sa ogradom 2x0,42 m, što čini ukupnu širinu mosta od 17,84 m.

Zbog estetskog poboljšanja izgleda mosta, spoljašnji (ivični) glavni nosači su sa paraboličnim vutama, dok unutrašnji nosači imaju pravolinijske vute.

Poprečni nosači (4 kom.) iznad oslonaca - stubova imaju širinu 50 cm, dok poprečni nosači u polju postavljeni na ekvidistantnom rastojanju od 6,20 m imaju širinu od 25 cm.

Kolovoz na mostu, prvobitno projektovan i sagrađen od kamene kocke u sloju peska, zamenjen je usled dotrajalosti izravnavajućim slojem betona i kolovozom od asfalt betona. Sanacijom mostovkih konstrukcija 1999. godine, autor ove disertacije je sa stručnim timom Instituta za građevinarstvo i arhitekturu GAF-a projektovao uklanjanje izravnavajućeg sloja betona na kolovozu kao „mrtvog tereta“ i ojačanje konstrukcija mosta sprežanjem nove armiranobetonske ploče sa postojećom.

Na taj način povećana je nosivost mosta. Poprečni nagib kolovoza mosta ostao je u dvostranom nagibu.

Pešačke staze odvojene su od kolovozne površine denivelacijom i pokrivene livenim asfaltom. Ispod njih, smeštene su PTT i elektro instalacije.

Ograda na mostu od čeličnih cevi koja nije bila po propisu (visine 94 cm i sa otvorima većim od 15 cm), zamenjena je projektom sanacije mosta kao i dilatacione konstrukcije.

Opterećenje od konstrukcija gornjeg stroja mosta prenosi se na krajnje - obalne stubove preko armiranobetonskih kratkih pendela, dok se na srednje stubove konstrukcija oslanja direktno.

A.1.2.2. Donji stroj mosta

Donji stroj mosta formiraju dva obalna i dva srednja stuba sa svojim fundamentima. Srednji stubovi su od nabijenog betona, čiji su krajevi (vrh i dno) u visini od 50 cm urađeni od AB betona. Na spoju sa temeljom levi srednji stub ima AB zglob.

Temelji su od nearmiranog betona. Nije bilo moguće utvrditi način oslanjanja temelja na tlo: direktno ili indirektno preko šipova ili bunara.

Čela stubova obložena su kamenom, a vidljive površine srednjih delova podužnih strana stubova imaju fugovani beton kao imitaciju kamene obloge.

Srednji stubovi zaštićeni su od podlokavanja kamenim nabačajem ispred stuba sa uzvodne strane.

Obalni stubovi takođe su od betona, fundirani na plitkim temeljima. Zaštita od podlokavanja na levom obalnom stubu je od betona, a na desnom, regulacijom rečnog korita, postojeći kameni nabačaj zamenjen je betonom.

A.1.3. Izveštaj o stanju mosta

U tabelama A1.1 do A1.4 prikazan je rejting stanja mosta nakon glavnih inspekcijskih pregleda po elementima.

Tabela A1.1. Rejting mosta MG 1 nakon pregleda 1997. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Nepovoljno	10	150	
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15	
3	Krajnji stubovi	15	Nepovoljno	10	150	
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75	
5	Glavni nosači	15	Nepovoljno	10	150	
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150	
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50	
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5	
11	Dilatacione sprave	6.7	Zamena	20	134	
12	Kolovoz	6.7	Nepovoljno	3	20.1	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R2= 207.7
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R1= 835.1
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
19	Ivičnjaci	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
20	Pešačke staze	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
22	Instalacije	2	Loše	4	8	
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3= 83.68
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 33.58
						R= 1160.06

R = 1160,06 ⇨ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A1.2. Rejting mosta MG 1 nakon pregleda 2003 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Dobro	1	15	
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15	
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75	
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75	
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75	
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50	
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7	
11	Dilatacione sprave	6.7	Dobro	1	6.7	
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Dobro	1	6.7	R2= 26.8
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R1= 468.4
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
18	Ograde	4.48	Dobro	1	4.48	
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48	
20	Pešačke staze	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
22	Instalacije	2	Prihvatljivo	2	4	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3= 64.24
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 33.58
						R= 593.02

R = 593,02 ⇒ ④ Investiciono održavanje

Tabela A1.3. Rejting mosta MG 1 nakon pregleda 2009 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	Ri=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Dobro	1	15		
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75		
5	Glavni nosači	15	Nepovoljno	10	150		
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150		
9	Korozija	10	Loše	8	80		
10	Hidroizolacija	6.7	Prihvatljivo	3	20.1		
11	Dilatacione sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2=	60.3
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R1=	655.1
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48		
20	Pešačke staze	4.48	Loše	4	17.92		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
22	Instalacije	2	Prihvatljivo	2	4		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3=	77.68
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	33.58
						R=	826.66

R = 826.66 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A1.4. Rejting mosta MG 1 nakon pregleda 2015. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75	
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15	
3	Krajnji stubovi	15	Nepovoljno	10	150	
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75	
5	Glavni nosači	15	Nepovoljno	10	150	
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Loše	15	225	
9	Korozija	10	Nezadovoljava	12	120	
10	Hidroizolacija	6.7	Prihvatljivo	3	20.1	
11	Dilatacione sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
12	Kolovoz	6.7	Nepovoljno	3	20.1	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2= 67
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Loše	4	26.8	R1= 911.8
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
19	Ivičnjaci	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
20	Pešačke staze	4.48	Nezadovoljava	5	22.4	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6	
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3= 95.12
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 33.58
						R= 1107.5

R = 1107,5 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

A.2. Most preko reke Nišave ispred Tvrdave u Nišu - MG 2



Slika A.2. Izgled mosta

A.2.1. Opšti podaci o mostu

Most prevodi drumski i pešački saobraćaj preko reke Nišave, a sagrađen je 1962. godine od strane Mašinske industrije iz Niša, na mestu starog čeličnog lučnog mosta ispred glavnog ulaza Tvrdave u Nišu.

Gornji stroj mosta rešen je kao prostorni kontinualni nosač na tri polja, raspona 8,0+64,0+8,0 m, sa ortotropnom kolovoznom pločom, osom mosta u pravcu i niveletom u dvostranom nagibu od sredine ka obalama. Most ima jedan otvor i dva sakrivena polja na obalama. Dužina rasponske konstrukcije je 80,0 m što je i ukupna dužina mosta.

Fundiranje mosta izvršeno je direktno, izradom temeljnih stopa.

Projekat mosta uradio je prof. Jovan Canić u RO "12. Februar-Inženjering" Mašinske industrije Niš 1959-1960. godine. Objekat je izgradila Mašinska industrija iz Niša 1962. godine.

Od dana puštanja u saobraćaj do danas most je permanentno u funkciji. Sanacija mosta izvršena je 1991. godine, a interventne parcijalne popravke na pešačkim stazama urađene su 2008. godine. Rekonstrukcija pešačkih staza urađena je 2014 i 2015. godine.

A.2.2. Opis konstrukcija mosta

A.2.2.1. Gornji stroj mosta

Konstrukciju gornjeg stroja mosta u poprečnom pravcu sačinjavaju dva sandučasta nosača sa ortotropnom pločom između njih i konzola za pešačku stazu na krajevima.

Ortotropna ploča i konzole pešačkih staza, samo su na delu srednjeg raspona mosta.

Dispozicija mosta u podužnom pravcu rešena je kao prostorna kontinualna gredna konstrukcija na tri polja raspona 8,0 m + 64,0 m + 8,0 m, gde su krajnji otvori sakriveni i uvlače se u ulice levo i desno od mosta u specijalno za to izgrađene kanale. To stvara vizualni utisak mosta sa jednim rasponom.

Kolovoz na mostu je od asfalt betona, širine 9,0 m, a širina pešačkih staza je 2x3,0 m i odvojene su od površine kolovoza denivelacijom i čeličnim ivičnjacima. Ukupna širina mosta je 15,4 m.

Linija ekstradosa glavnog nosača u vertikalnoj je krivini poluprečnika $R=1280,0$ m, a linija intradosa složena je kriva sastavljena od elipse u srednjoj trećini raspona nosača i kvadratne parabole na krajevima mosta. Poprečni nosači projektovani su na međusobnom rastojanju od 1,60 m i svaki drugi nosač je ojačan.

Vodovodne, PTT i elektro instalacije koje se prevode preko reke Nišave gornjim strojem mosta, smeštene su ispod pešačkih staza i po sredini mosta.

Oslanjanje mosta rešeno je preko čeličnih ležišta. Postavljena su dva nepokretna čelična oslonca na čep na desnom obalnom stubu, dva pokretna ležišta sa četiri valjaka na levom obalnom stubu i četiri pokretna kontra ležišta sa dva valjka na krajnjim stubovima.

Dilatiranje mostovskih konstrukcija posle sanacije, rešeno je TRANSFLEKS MT dilatacionim konstrukcijama iznad srednjih (obalnih) stubova.

Ograda na mostu je čelična, od kutijastih profila visine 1,10 m, a slivnici su tipski.

A.2.2.2. Donji stroj mosta

Donji stroj mosta formiraju dva krajnja i dva srednja stuba sa svojim fundamentima. Srednji stubovi predstavljaju obalne stubove i u sklopu su kejskog zida.

Krajnji stubovi su anker stubovi i svojom težinom sprečavaju odizanje mosta.

Kako nema rečnih stubova, ima se utisak da je most u jednom rasponu premostio reku.

Temelji su od nearmiranog betona. Nije bilo moguće utvrditi način oslanjanja temelja na tlo: direktno ili indirektno preko šipova ili bunara.

A.2.3. Izveštaj o stanju mosta

Na srednjem delu sandučastih nosača raspona od 64,0 m spoljne ivice vertikalnog rebra sanduka na spoju sa donjom pločom zahvaćene su korozijom (slika A.2.14 i slika A.2.15). Ova korozija posledica je kondenzovane vode u sanduku.

Na mestima kontakta zidova i cevi za odvod vode sa kolovoza pokazuje se korozija.

Poprečni nosač iznad nepokretnog ležišta zahvaćen je površinskom korozijom. Povremeno, donja flanša na delovima uz sanduk izložena je direktnom uticaju vode.

Pregledom nepokretnih ležišta ustanovljeno je da se nizvodno ležište nalazi u celosti potopljeno u vodi (slika A.2.1). Uzvodno ležište pokazuje tragove korozije.



Slika A.2.1. Nepokretno ležište



Slika A.2.2. Pokretno ležište

Izvršen je pregled nizvodnog i uzvodnog pokretnog ležišta. Mogućnost kretanja nizvodnog ležišta smanjena je usled površinske korozije valjaka i ploče ležišta (slika A.2.2).

Sva četiri krajnja pokretna kontra ležišta zahvaćena su korozijom. Valjci su manje korodirali. Stanje poprečnih i podužnih ukrućenja je prihvatljivo. Varovi su u dobrom stanju, jedino na podužnim ukrućenjima donje ploče a u spoju sa donjom pločom primećuje se zahvaćenost površinskom korozijom.

Kod svih poprečnih ukrućenja iznad ležišta donji deo i spoj sa donjom pločom sanduka zahvaćeni su znatnom površinskom korozijom (slika A.2.3).



Slika A.2.3. Korodirali čelični nosači



Slika A.2.4. Oštećenja montažnih betonskih talpi

Čelični nosači pešačke staze sa gornje strane delimično su jako korodirali od uticaja soli i atmosferskih padavina. Sa donje strane mestimično postoje tragovi prodora vode i soli na atheziono predhodno napregnutim montažnim betonskim talpama (slika A.2.4). Potrebno je ta mesta očistiti i ponovo zaštititi. Poklopci šahtova za instalacije, sa donje strane nedostaju.

Konzolni nosači pešačkih staza na spoju sa vertikalnim limom sanduka - vezni (čvorni) limovi mestimično su korodirali. Same konzole pešačkih staza delimično su nagrižene korozijom, naročito mesta koja su u kontaktu sa instalacijama.

Stanje ortotropne ploče je prihvatljivo. Nosači instalacija vodovoda i sama vodovodna cev jako su zahvaćeni korozijom. Gornja površina ortotropne ploče nije mogla da bude pregledana.

Dilataciona konstrukcija iznad nepokretnog ležišta je u lošem stanju. Na kraju dilatacije, kod ograde, nedostaje ploča i na tom mestu prodire voda sa prljavštinom i štetnim reagensima i pada na čeličnu konstrukciju, uništavajući pri tom i sve konstrukcije ispod. Neophodna je hitna intervencija (slika A.2.5). Stanje druge dilatacije prikazano je na slici 2.6.



Slika A.2.5. Dilatacione sprave



Slika A.2.6. Oštećenja dilatacije

Transfleks dilataciona sprava nepravilno je i nestručno ugrađena iznad pokretnog ležišta. Tepisi armirane gume stalno su naborani, tako da vozila uvek sa udarom nailaze na srednji raspon mosta, povećavajući na taj način dinamičke uticaje (slika A.2.6). Neophodna je hitna intervencija oslobađanja "blokade" ove dilatacione sprave i njeno pravilno ugrađivanje i centrisanje od strane odgovarajućih stručnjaka.

Na desnoj obali, kroz nizvodni šaht naknadno je provedena instalacija vodovoda. Na spoju dve cevi sa mufom teče voda. Ta voda pada u šaht i preko poda kanala direktno se sliva na nepokretno ležište. Odvodne cevi - "barbakane" zapušene su te se voda zadržava. Nepokretno ležište do nivoa donje ploče sanduka stalno je u vodi (slika A.2.1). Hitno treba zatvoriti vodu, a prilikom uklanjanja kolovozne konstrukcije na desnoj obali potrebno je izmestiti vodovodnu cev iz tog šahta na bezbednije mesto za konstrukcije mosta. Vodovodna instalacija (cev), postavljena u podužnoj osovini mosta, jako je nagrižena korozijom.

Instalacije na konzolama pešačke staze (elektro i PTT) takođe su u lošem stanju. Kablovi bez zaštitnih cevi, položeni su na konzolne nosače pešačkih staza i gornju ploču sanduka. Kablovi u kontaktu sa čeličnim delovima konstrukcije izazivaju koroziju konstrukcija na tim mestima, tako da je potrebno prilikom zamene postaviti cevi koje su neaktivne na koroziju.

Kod donjeg stroja mosta, na oblozi desnog obalnog stuba, jasno se uočava prisustvo vode iza stuba celom širinom. Iz jedine nezapušene cevi "barbakane" teče voda, a kod nizvodnog nepokretnog ležišta voda teče i iz spojnica kamene obloge. Cevi ostalih "barbakana" zapušene su, tako da se voda zadržava iza stuba i nepovoljno deluje kako na stub tako i na konstrukcije gornjeg stroja mosta.

Pregledom unutrašnjosti mosta, u sva četiri revizionna šahta, gde se nalaze krajnja ležišta za oba glavna nosača mosta, dolazi do prodora vode i nečistoća (mulja) i njihovo zadržavanje. Usled ovoga, u zoni oslonačkih površina, posebno ležišnih ploča i veza oslonačkih elemenata sa spojnim sredstvima na njima, nastupila je izrazita koroziona aktivnost. Kontaktne površine između ležišnih ploča i valjaka su suve i ne podmazane kod svih ležišta na mostu. U zonama srednjih ležišta, do Tvrđave, na dužinama od po četiri polja, ograničena poprečnim ukrucenjima, na donjim nožicama glavnih nosača nije izvršena antikorozivna zaštita. Uočene su lokalne prsline na betonskim površinama na donjim nožicama u zonama srednjih oslonaca na oba glavna nosača mosta. Na nizvodnom glavnom nosaču, u šahti pored krajnjeg ležišta ispred Tvrđave, duže vreme obilno curi voda iz vodovodne mreže, što deluje vrlo nepovoljno na konstrukcije mosta. Elementi spoja konstrukcija mosta sa obalnim delovima jako su zahvaćeni korozijom (slika A.2.7).



Slika A.2.7. Korozija čelika na spoju



Slika A.2.8. Oštećenje pešačke staze

A.2.4. Pogoršanje stanja konstrukcijskih elemenata mosta

Redovni pregledi mosta koji su predviđeni prema Pravilniku [108] da se obavljaju svake druge godine, od 1997. godine nisu urađeni na mostovima u Nišu. Enormno povećanje saobraćajnog opterećenja na ovom mostu, rezultovalo je ogromnu degradaciju i ekstremno pogoršanje stanja svih mostovskih konstrukcija. Usled nebrige i neodržavanja došlo je do incidentnog urušavanja konstrukcijskih elemenata konzolne ploče (slika A.2.8).

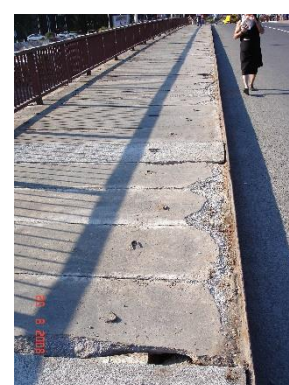
Atheziona prethodno napregnute montažne betonske ploče - talpe uzvodne pešačke staze mosta, prilikom poslednjeg inspeksijskog pregleda 1997. godine bile su zahvaćene korozijom u manjem obimu (slika A.2.4). Tragovi prodora površinskih voda, soli i ostalih štetnih reagenasa na donjim površinama montažnih betonskih talpi, jasno su ukazivali na mogućnost njihovog ubrzanog propadanja usled nesprečene korozije betona i armature. U Izveštaju o stanju čeličnog mosta kod Tvrđave u Nišu [118], autor ovoga rada je u predlogu mera, posebno naglasio da je potrebno ta mesta dobro očistiti i ponovo zaštititi, kao i onemogućiti dalji prodor površinskih voda sa kolovoza, popravkom ostalih oštećenih elemenata mosta. Na mostu nije ništa urađeno i više od jedne decenije, mostovske konstrukcije prepuštene su permanentnom pogoršanju stanja. Izuzetno agresivna sredina i zub vremena najpre su se manifestovali na konstrukcijskim elementima montažnih betonskih talpi. Prekriven tankim slojem ispucalog livenog asfalta, beton ovih prefabrikovanih elemenata godinama je nesmetano korodirao i otpadao, da bi se meseca juna 2008. godine, sa prvim porastom dnevne temperature, na uzvodnoj pešačkoj stazi otvorila ogromna rupa, kroz koju je razgrejani liveni asfalt počeo da slobodno "teče" u rečno korito Nišave (slike A.2.9 i A.2.10).



Slika A.2.9. Detalj oštećenja



Slika A.2.10. Oštećena pešačka staza



Slika A.2.11. "Pešačka staza"

Neprekinute žice armature za atheziona prednaprezanje, sprečile su da neko od mnogobrojnih prolaznika propadne u Nišavu. Tek krajem avgusta 2008. godine skinut je ispucali liveni asfalt na celoj površini uzvodne pešačke staze. Pokazalo se, da ima mnogo potpuno degradiranih montažnih betonskih talpi (slika A.2.11), čijim urušavanjem bi se

formirali ovakvi ili još veći krateri. Nažalost, samo par najoštećenijih je zamenjeno i to klasično armiranim betonskim pločama koje imaju manju nosivost i pouzdanost. Većina njih, iako su dosta oštećene i polomljene (slika A.2.11), ostavljene su tako ogoljene nekoliko meseci, da bi tek krajem 2008. godine preko tih ploča bila "razmazana" bitumenska smesa.

I pored ove iznuđene intervencije, čelični most u centru Niša svojim izuzetno visokim rejtingom i prvim mestom na rang listi prioriteta, nakon izvršenog glavnog pregleda mostova 2009. godine, zahtevao je hitnu i ozbiljnu popravku. Nažalost, to se nije desilo i 2014. godine dolazi do novog, znatno većeg urušavanja uzvodne pešačke staze. Krajem 2014. godine i početkom 2015. godine, montažne talpe zamenjene su livenim betonom armiranim čeličnim vlaknima (slika A.2.12). Već u proleće 2015. godine novoizgrađena pešačka staza pokazala je brojne prsline (slika A.2.13).



Slika A.2.12. Nova pešačka staza

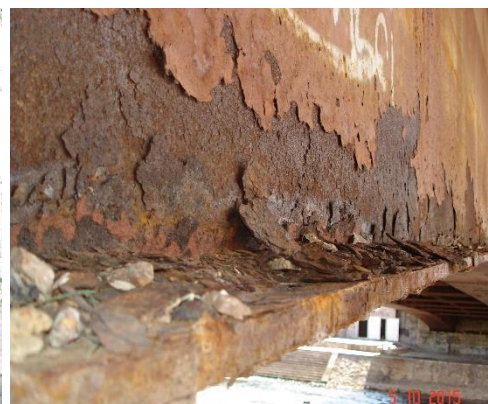


Slika A.2.13. Prsline na pešačkoj stazi

Napredovanje procesa pogoršanja stanja mosta MG 2, naročito korozija elemenata glavnih nosača (slika A.2.14 i A.2.15), značajno je povećalo rejting čeličnog mosta ispred Tvrđave u Nišu, tako da most MG 2 ostaje na prvom mestu rang liste prioriteta za sanaciju.



Slika A.2.14. Korozija glavnog nosača



Slika A.2.15. Detalj korozije

U tabelama A2.1 do A2.4 daje se rejting stanja mosta nakon glavnih pregleda po elementima.

Tabela A2.1. Rejting mosta MG 2 nakon pregleda 1997. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75	
2	Srednji stubovi	15	Nepovoljno	10	150	
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75	
4	Ležišta	15	Loše	15	225	
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
7	Spregovi	15	Prihvatljivo	5	75	
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150	
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50	
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5	
11	Dilatacione sprave	6.7	Nepovoljno	4	26.8	
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2= 87.1
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R1= 970.1
15	Klinovi	4.48	Nepotrebno	0	0	
16	Prelazne ploče	4.48	Nepotrebno	0	0	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepotrebno	0	0	
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
20	Pešačke staze	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Ne postoji	10	44.8	
22	Instalacije	2	Loše	4	8	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3= 86.16
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 33.58
						R= 1176.94

R = 1176,94 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A2.2. Rejting mosta MG 2 nakon pregleda 2003 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	Ri=ai*bi	R
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75	
2	Srednji stubovi	15	Loše	15	225	
3	Krajnji stubovi	15	Nepovoljno	10	150	
4	Ležišta	15	Loše	15	225	
5	Glavni nosači	15	Nepovoljno	10	150	
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
7	Spregovi	15	Prihvatljivo	5	75	
8	Ploča i konzole	15	Loše	15	225	
9	Korozija	10	Loše	8	80	
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5	
11	Dilatacione sprave	6.7	Loše	6	40.2	
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2= 100.5
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Loše	4	26.8	R1= 1306.8
15	Klinovi	4.48	Nepotrebno	0	0	
16	Prelazne ploče	4.48	Nepotrebno	0	0	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepotrebno	0	0	
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
20	Pešačke staze	4.48	Loše	4	17.92	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Ne postoji	10	44.8	
22	Instalacije	2	Loše	4	8	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3= 90.64
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 33.58
						R= 1531.52

R = 1531,52 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A2.3. Rejting mosta MG 2 nakon pregleda 2009 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	Rl=ai*bi	R
1	Temelji	15	Nepovoljno	10	150	
2	Srednji stubovi	15	Loše	15	225	
3	Krajnji stubovi	15	Loše	15	225	
4	Ležišta	15	Loše	15	225	
5	Glavni nosači	15	Loše	15	225	
6	Poprečni nosači	15	Nepovoljno	10	150	
7	Spregovi	15	Prihvatljivo	5	75	
8	Ploča i konzole	15	Nezadovoljava	20	300	
9	Korozija	10	Nezadovoljava	12	120	
10	Hidroizolacija	6.7	Loše	10	67	
11	Dilatacione sprave	6.7	Nezadovoljava	8	53.6	
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2= 147.4
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nezadovoljava	5	33.5	R1= 1728.5
15	Klinovi	4.48	Nepotrebno	0	0	
16	Prelazne ploče	4.48	Nepotrebno	0	0	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepotrebno	0	0	
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
19	Ivičnjaci	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
20	Pešačke staze	4.48	Nezadovoljava	5	22.4	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Ne postoji	10	44.8	
22	Instalacije	2	Loše	4	8	
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3= 101.6
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 33.58
						R= 2011.08

R = 2011,08 ⇒ ⑥ Hitna sanacija

Tabela A2.4. Rejting mosta MG 2 nakon pregleda 2015. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Nepovoljno	10	150	
2	Srednji stubovi	15	Loše	15	225	
3	Krajnji stubovi	15	Nezadovoljava	20	300	
4	Ležišta	15	Loše	15	225	
5	Glavni nosači	15	Nezadovoljava	20	300	
6	Poprečni nosači	15	Loše	15	225	
7	Spregovi	15	Nepovoljno	10	150	
8	Ploča i konzole	15	Dobro	1	15	
9	Korozija	10	Nezadovoljava	12	120	
10	Hidroizolacija	6.7	Loše	10	67	
11	Dilatacione sprave	6.7	Nezadovoljava	8	53.6	
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2= 147.4
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nezadovoljava	5	33.5	R1= 1743.5
15	Klinovi	4.48	Nepotrebno	0	0	
16	Prelazne ploče	4.48	Nepotrebno	0	0	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepotrebno	0	0	
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48	
20	Pešačke staze	4.48	Dobro	1	4.48	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Ne postoji	10	44.8	
22	Instalacije	2	Loše	4	8	
23	Signalizacija	2	Nepovoljno	3	6	R3= 76.72
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 33.58
						R= 2001.2

R = 2001,2 ⇨ ⑥ Hitna sanacija

A. 3. Most Mladosti - MG 3



Slika A.3. Izgled mosta

A.3.1. Opšti podaci o mostu

Most prevodi drumski i pešački saobraćaj ulice Kralja Stefana Prvovenčanog preko reke Nišave. Osovina mosta je u pravcu sa zakošenjem $14^{\circ}10'$ u odnosu na tok reke, a niveleta u jednostranom nagibu 1%. Most ima 3 + 2 otvora i sastoji se od tri građevinske celine: glavne rasponske konstrukcije na tri polja, prilazne konstrukcije na levoj obali dužine 6,90 m i prilazne konstrukcije na desnoj obali dužine 13,70 m.

Gornji stroj mosta rešen je uz statički tretman u ravni kao greda sa prepustima sa fiksnom kosom reakcijom za stalni teret, odnosno kontinualni nosač za korisno opterećenje. Rasponi glavnog nosača iznose $14,0+68,0+14,0$ metara, što daje dužinu rasponske konstrukcije od 96,0 m, a ukupna dužina glavne konstrukcije je 102,20 m.

Ukupna dužina svih mostovskih konstrukcija je 122,80 m.

Fundiranje mosta je direktno na temeljnim stopama, a srednji stubovi na AB šipovima.

Projektna dokumentacija urađena je u Preduzeću za projektovanje Niš, januara 1955. godine. Mostovske konstrukcije projektovao je akademik profesor Dr hc Đorđe Lazarević sa saradnicima prof. dr M. Ivković, prof. dr Ž. Radosavljević i inž. D. Stojadinović.

Objekat je izgradila GRO Mostogradnja iz Beograda 1958. i 1959. god. Konačna regulacija sila u zategama i ispitivanje mosta izvršeno je decembra 1960. godine.

Od dana puštanja u saobraćaj do sada most je permanentno u funkciji.

A.3.2. Opis konstrukcija mosta

A.3.2.1. Gornji stroj mosta

Poprečni presek gornjeg stroja mosta rešen je sa 5 podužnih, glavnih nosača "T" odnosno "I" preseka, na međusobnom osovinskom razmaku od 4,0 m.

Glavni nosači u srednjoj polovini ($l_{sr} = 2 \times 17 \text{ m} = 34 \text{ m}$) glavnog raspona od 68 m su nosači "T" preseka debljine rebra 22 cm sa gornjom flanšom angažovane širine 220 cm i debljine 16 cm. Donja flanša je ojačano rebro 47 + 25 cm. Glavni nosači u krajnjim četvrtinama ($l_{kr} = 17 \text{ m}$) glavnog raspona su nosači "I" preseka debljine rebra 22 cm sa gornjom flanšom angažovane širine 210 cm i debljine 16 cm i donjom flanšom promenljive angažovane širine 222 - 252 cm i debljine 20 - 30 cm. Oslonački presek glavnog nosača je "I" presek, debljine rebra 30 cm. Gornja flanša ima angažovanu širinu 218 cm i debljinu 18 cm, a donja flanša ima 290 cm angažovanu širinu i debljinu od 30 cm.

Glavni nosači na prepustima, tj. u krajnjim rasponima su nosači "I" preseka, gornja flanša $b/d = 218/16 \text{ cm}$ a donja flanša $b/d = 230/20 \text{ cm}$. Debljina rebara je 30 cm. Visina glavnih nosača promenljiva je od 175 cm u sredini raspona do 380 cm nad osloncem odnosno 210 cm na kraju prepusta. Podužni nosači međusobno su povezani sistemom poprečnih nosača sa rebrom debljine 20 cm. Poprečni nosači su na međusobnom osovinskom rastojanju od 4,0 m. U srednjoj polovini glavnog raspona visina poprečnih nosača je 1,0 m i 1,5 m naizmenično. Na delu konstrukcije mosta sa donjom pločom, visina poprečnih nosača je 1,0 m i imaju vertikalne vute promenljive visine uz rebra podužnih nosača. Zakošenost konstrukcije u osnovi prate samo poprečni nosači nad osloncima, dok su svi ostali upravni na osovini mosta.

Kolovozna konstrukcija je krstasto armirana ploča raspona 4,0 x 4,0 m, debljine 16 cm, MB 30 i MB 40. Marka betona donje ploče (u krajnjim četvrtinama glavnog raspona i na krajnjim prepustima) je MB 30, a debljina je usklađena sa debljinama donjih flanši rebara glavnih nosača. U oslonačkim presecima formirani su odgovarajući ležišni AB nosači MB 30. Celokupan konstrukcijski čelik je kvaliteta Č-52.

Širine elemenata mosta su: kolovoz 12 m; pešačke staze 2 x 3 m; venci 2 x 0,18 m.

Ukupna širina mosta je 18,36 m.

Razmak spoljašnjih površina rebara ivičnih podužnih nosača je 16,22 m a širina konzole ispod pešačke staze iznosi 1,07 m. Kolovoz na mostu je asfalt beton projektovane debljine 5 cm, postavljen preko hidroizolacije i sloja cementnog maltera za formiranje dvostranog nagiba od 1%. Na pešačkim stazama je liveni asfalt debljine 2,5 cm postavljen preko montažnih ploča.

Odvodnjavanje površinske vode sa kolovoza mosta vrši se sistemom slivnika.

Ograda na mostu je čelična.

Sprave za dilatiranje od čeličnih su elemenata, posebne konstrukcije, čiji detalji su dati u projektnoj dokumentaciji. Sa uzvodne strane, a ispod konzole pešačke staze montirana je vodovodna cev. Konzolni nosači ove cevi ankerisani su u vertikalno rebro glavnog nosača.

Sa nizvodne strane a kroz samu mostovsku konstrukciju sprovedena je vodovodna cev koja prolazi kroz poprečne nosače u srednjem delu glavnog raspona, a obešena je o gornju ploču ispod pešačke staze u zoni srednjih oslonaca i krajnjih raspona mosta.

A.3.2.2. Donji stroj mosta

Donji stroj mosta čine srednji i krajnji stubovi. Srednji stubovi su konstrukcijski prilagođeni za prihvatanje kosih reakcija. Na levoj obali je stub sa nepokretnim ležištem koje je formirano od olovo-antimon ploče $d = 3$ cm i AB serklaža MB 30. Masivno telo stuba je od nearmiranog betona MB 16. Stub je preko baterije AB šipova 35/35 cm fundiran u tlo. Na desnoj obali stub je sa pokretnim ležištem. Pokretno ležište mosta formira 5 AB pendela zakošenih i usmerenih prema zahtevima statičkog proračuna. Telo stuba je kasetirano i izrađeno od AB MB 30. Ploča stope urađena je od nearmiranog betona MB 16 a fundiranje je direktno. Krajnji stubovi posebne su konstrukcijske celine i služe kao kontra teret. Telo stuba od nearmiranog je betona MB 16, sa libaržnim slojem od AB MB 30.

U sklopu krajnjih stubova specijalno su konstruisane AB zatege za prihvatanje i prenošenje negativnih vrednosti reakcija na krajevima raspona. Svakom od pet glavnih nosača pripada po par zatega, oblikovane tako da mogu da prate temperaturne deformacije krajeva konstrukcije. Dužine su 3,3 m na levoj i 8,5 m na desnoj obali. Cela konstrukcija zatega urađena je od betona MB 30 i svaka zatega ima po 18 šipki $\varnothing 18$ mm od Č 52. Zatege prolaze kroz bunare prečnika $\varnothing 1,2$ m i ankeruju se preko ankernih AB «pogača» u donji deo stubova. Na levoj obali, krajnji stub fundiran je na šipovima, dok je na desnoj obali fundiranje direktno.

Na desnoj obali, a između opisanih oporaca formirane su AB raspinjače od MB 30. Pet raspinjača nalazi se u podužnoj osovini glavnih nosača, odnosno u pravcu podužnih osa oslonačkih elemenata.

Most je u pravcu i zakošen. Ugao zakošenja iznosi $14^{\circ}10'$ i predstavlja ugao između vodotoka reke Nišave i normale na podužnu osu mosta.

Na desnoj obali, umesto projektom predviđenih prelaznih ploča, izrađeno je dodatno polje dužine 10,1 m sa svetlim otvorom 9,3 m kao nadvožnjak iznad ulice sa slobodnom visinom od 4,4 m. U konstrukcijskom pogledu to je pločasti nosač slobodno oslonjen na krajnji oporac glavne mostovske konstrukcije umesto projektovane prelazne ploče. Širina naleganja je 22 cm. Na drugom kraju raspona, pločasti nosač dodatne konstrukcije prosto je oslanjen na novoformirani klasični betonski krajnji stub sa krilnim zidovima. Vidljive površine ovih krilnih zidova obložene su kamenom. Širina naleganja konstrukcije pločastog nosača na ovom kraju je 50 cm.

Svi elementi saobraćajnog profila mosta (širina kolovoza, širina pešačkih staza kao i visina i tip ograde, visina venca, oblik i širina konzole ispod pešačkih staza) usklađeni su sa odgovarajućim elementima osnovne konstrukcije mosta.

Debljina ploče je 70 cm. Tačna debljina kolovozne ploče nije utvrđena (moguće je i da je "olakšana ploča"), jer je za to potrebno bušenje postojeće kolovozne konstrukcije.

I na levoj obali urađeno je dodatno polje umesto projektom predviđenih prelaznih ploča. Noseća konstrukcija slobodno je oslonjena AB ploča dužine 6,9 m sa svetlim otvorom od 6,0 m i slobodnom visinom 2 m. Ploča se oslanja na kameni zid širine 40 cm koji je izveden uz betonsku površinu krajnjeg oporca osnovne mostovske konstrukcije. Na drugom kraju raspona ploča se širinom 50 cm oslanja na kameni obložni zid. Debljina ploče iznosi 30 cm i precizno bi se utvrdila bušenjem kolovozne ploče.

Opisani elementi sa naznačenim dimenzijama utvrđeni su merenjem na licu mesta ili su uzeti iz odgovarajuće raspoložive projektne dokumentacije.

Konstruktivski elementi mosta i njihovo dimenzionisanje obuhvaćeni su statičkim proračunom. Pokretno opterećenje uzeto je prema PTP5 uz uvođenje vojnog vozila M - 25. Uticaji od pokretnog opterećenja u kolovoznoj ploči računati su korišćenjem uticajnih površina (polja). Poprečni nosači tretirani su kao kontinualni nosači čiji su oslonci glavni podužni nosači. Glavni nosač računat je uz statički tretman u ravni kao linijski sistem i to:

- Za stalno opterećenje kao greda sa prepustima i fiksnom kosom reakcijom;
- Za korisno opterećenje kao kontinualna greda na tri polja raspona 14 + 68 + 14 m i pokretnim ležištem u kosoj ravni (nagnuto klatno), sa elastično pomerljivim krajnjim osloncima.

Preraspodela uticaja od stalnog opterećenja usled roštiljnog dejstva dobijena je izjednačavanjem ugiba pojedinih podužnih nosača pod stalnim opterećenjem.

Oslobađanje mosta od skele i prva faza regulisanja sila u zategama izvršena je novembra 1959. godine. Decembra 1960. godine izvršena je konačna regulacija zatega i ispitivanje konstrukcija mosta.

A.3.3. Izveštaj o stanju mosta

A.3.3.1. Globalno stanje mosta

U okviru redovnog periodičnog pregleda stanja mostova na gradskim saobraćajnicama Niša, autor ovoga rada je u okviru stručnog tima Instituta za građevinarstvo i arhitekturu Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu izvršio vizuelni pregled ovog mosta jula meseca

1997. godine, bez provere i ispitivanja nosivosti mosta kao celine ili nekih elemenata mostovskih konstrukcija. Zaključak o stanju mosta tada dat u Izveštaju je sledeći:

A.3.3.2. Glavni nosači

Na vertikalnim rebrima glavnih nosača uočene su prsline u zoni srednjih oslonaca i na delu srednjeg otvora nosača. Širina otvora prslina kreće se od 0,1-0,6 mm. U zoni srednjih oslonaca, tj. na mestu maksimalnih negativnih momenata, otvori prslina su 0,30-0,60 mm dok su širine otvora prslina na ostalim delovima glavnog nosača od 0,10-0,30 mm i znatno su gušće nego u zoni srednjih oslonaca. Uočene prsline mogu se pripisati naponima zatezanja u gornjoj zoni obzirom na “negativne” momente savijanja iznad srednjih oslonaca i u krajnjim poljima. Vizuelnim pregledom srednjeg dela glavnog otvora sa zemlje, pomoću dvogleda nisu uočena neka veća oštećenja na glavnim nosačima. Eventualne prsline nosača u zoni sredine glavnog raspona kao posledica pozitivnih momenata savijanja nije bilo moguće evidentirati bez upotrebe specijalne skele odnosno specijalnog vozila.

A.3.3.3. Poprečni nosači

Na skoro svim pregledanim poprečnim nosačima konstatovane su prsline u sredini raspona i na mestu spoja poprečnog nosača sa vertikalnom vutom. Na nekim nosačima širina otvora prslina dostiže vrednost od 0,80 mm. Na izvesnom broju nosača došlo je do oštećenja donje ivice odnosno zaštitnog sloja betona, te je ogoljena armatura zahvaćena korozijom.

A.3.3.4. Kolovozna ploča

Na donjoj površini gornje (kolovozne) ploče uočava se znatan broj poprečnih prslina. Na izraženijim prslinama, sa većom širinom otvora vidljivi su tragovi prodiranja vode i soli sa kolovoza. Pored toga, na znatnom delu površine gornje ploče konstatovani su tragovi prodiranja vode i soli kroz samu kolovoznu ploču.

A.3.3.5 Donja ploča

I na donjoj ploči uočene su podužne prsline na mestu prelaza donje ploče u vutu donjeg nosača i na polukružnim i trougaonim završecima donje ploče. Mestimično se na donjoj ploči vide tragovi prokapavanja gornje ploče.

A.3.3.6. Srednji oslonci

Vizuelnim pregledom srednjeg nepokretnog oslonca na levoj obali reke nisu ustanovljena nikakva oštećenja. Međutim, čelične ležišne ploče na krajevima pendela nisu zaštićene prema detaljima iz glavnog projekta. Tokom vremena došlo je do oštećenja zaštitne boje čeličnih ležišnih ploča, tako da se na površini pojavljuju tragovi korozije. Donje ležišne ploče su nezaštićene i tako izložene uticaju vode, blata i druge prljavštine, čime je ugrožena osnovna funkcija pendela.

A.3.3.7. Krajnji oslonci

Vizuelnim pregledom krajnjeg oporca na levoj obali uočene su prsline na nearmiranom delu ispod armiranog libaržnog sloja a u zoni "prodora" rebra glavnih nosača kroz telo stuba. Kolovozna ploča nadvožnjaka naleže na stub samo 22 cm. Prema raspoloživim podacima, telo stuba u zoni oslanjanja ploče nije armirano. Prsline na vertikalnoj površini lako su uočljive i imaju tendenciju širenja i zbog prodora vode kroz spoj između nove AB kolovozne ploče i oporca. Veličine prsline ukazuju da je došlo do isklinjavanja betonske mase pod dejstvom sila reakcije kolovozne ploče i kao posledica male širine oslanjanja (naleganja) nove kolovozne ploče na nearmirani deo krajnjeg oporca. Takođe, uočeni su tragovi prodora vode i soli kroz prsline na delu tela stuba ispod armiranog libaržnog sloja. Na osnovu svega izloženog može se zaključiti da bi daljim isklinjavanjem betona kod oslonca bila direktno ugrožena stabilnost AB rasponske ploče nadvožnjaka. Kod dodatnog otvora na levoj obali uočena je podužna prsline na donjoj površini AB kolovozne ploče. Pored toga uočljivi su i tragovi proceđivanja vode kroz beton.

A.3.3.8. Kolovoz i pešačke staze

Asfaltni zastor na kolovoznoj površini se deformisao, pojavili su se "talasi" i nabori koji povećavaju dinamički uticaj saobraćajnog opterećenja. Asfaltni zastor na pešačkim stazama je neravnomerno nanešen, a na pojedinim mestima pojavile su se podužne i poprečne prsline. Usled prevelike debljine asfaltnog sloja na kolovozu (8-16 cm), denivelacija pešačkih staza je znatno manja od projektovanih 20 cm. Pored toga ima dosta oštećenih ivičnjaka, a na pojedinim mestima ivičnjaka nema.

Nije bilo moguće utvrditi stanje dilatacionih sprava jer su iste prekrivene novim slojem asfalta kako na kolovozu, tako i na pešačkim stazama. Međutim na mestima dilatacionih konstrukcija kolovozni zastor je ispucao i voda sa ostalim štetnim reagensima nesmetano prodire u prostor dilatacionih sprava i konstrukcija ispod njih, pa se može pretpostaviti da su sprave za dilatiranje u znatnoj meri zahvaćene korozijom.

A.3.3.9. Odvođenje površinske vode

Na srednjem delu glavnog otvora mosta ugrađeno je $2 \times 4 = 8$ kom. slivnika i isto toliko na delu srednje rasponske konstrukcije gde postoji donja ploča. Kod prvih slivnika ugrađen je samo okvir slivnika sa rešetkom, tako da prikupljena voda prolazi kroz slivnik i dalje nošena vetrom pada na rebro i donju flanšu glavnih nosača. Kod slivnika, na delu mosta sa donjom pločom predviđena je još i vertikalna odvodna cev koja prodire kroz donju ploču.

I pored izvršenih interventnih radova sanacije slivnika, pojedini slivnici nisu u projektovanoj funkciji. Gore navedeno može da ima za posledicu prodiranje vode, soli i prljavštine sa kolovoza u unutrašnjost komora mosta. Otvori Ø5 cm u donjoj ploči u zoni poprečne ležišne grede su zapušeni. Na taj način može da dođe do taloženja mulja i skupljanja velike vodene mase u krajnjim komorama i to od poprečnih ležišnih nosača prema sredini srednjeg raspona. Odvodne cevi u zoni oslonaca koje prodiru kroz donju ploču ne odvođe vodu van zone mosta nego natapaju temeljno tlo.

A.3.3.10. Instalacije

Na uzvodnoj strani desnog krajnjeg oporca neispravan je nastavak cevi tako da se voda slobodno sliva u zonu oko krajnjeg oporca. Nosači vodovodne cevi, koja je sprovedena kroz mostovsku konstrukciju, znatno su zahvaćeni korozijom.

A.3.4. Stanje mosta neposredno pre sanacije

Na osnovu poređenja podataka o stepenu oštećenja obalnog stuba na desnoj obali, u zoni oslanjanja prilazne konstrukcije, zaključuje se da je došlo do značajnog pogoršanja stanja i da je stabilnost tog dela mosta ugrožena. Poređenjem stanja u novembru 2000. god. sa stanjem u martu iste godine i sa stanjem u 1997. godini, uočeno je da su se otvori prslina i pukotina povećali za 2 cm i da preti opasnost od proklizavanja cele oslonačke zone. Zato je i predloženo da se navedena zona obezbedi jarmom.

A.3.5. Sanacija mosta

Drumski AB most preko reke Nišave u Nišu u ulici Kralja Stefana Prvovenčanog - most Mladosti saniran je u toku leta 2001. godine. Jedini način da se narušena granična stanja nosivosti i upotrebljivosti svedu u dozvoljene granice je podužno prednaprezanje konstrukcija gornjeg stroja mosta. Kako je geometrija mosta dosta složena, odlučeno je da se navedene zone mosta saniraju ugradnjom prethodno napregnutih karbonskih traka, što je i estetski najprihvatljivije rešenje.

U tabelama A3.1 do A3.4 prikazan je rejting stanja mosta nakon glavnih inspekcijskih pregleda po elementima.

Tabela A3.1. Rejting mosta MG 3 nakon pregleda 1997. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Nepovoljno	10	150		
3	Krajnji stubovi	15	Nepovoljno	10	150		
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75		
5	Glavni nosači	15	Loše	15	225		
6	Poprečni nosači	15	Loše	15	225		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150		
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Nepovoljno	4	26.8		
12	Kolovoz	6.7	Nepovoljno	3	20.1		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2=	93.8
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R1=	1113.4
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
20	Pešačke staze	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3=	75.2
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	33.58
						R=	1315.98

R = 1315,98 ⇨ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A3.2. Rejting mosta MG 3 nakon pregleda 2003 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	Ri=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Dobro	1	15		
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15		
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15		
4	Ležišta	15	Dobro	1	15		
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15		
6	Poprečni nosači	15	Dobro	1	15		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Dobro	1	15		
9	Korozija	10	Dobro	1	10		
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7		
11	Dilatacione sprave	6.7	Dobro	1	6.7		
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Dobro	1	6.7	R2=	26.8
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Dobro	1	6.7	R1=	121.7
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48		
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Dobro	1	4.48		
18	Ograde	4.48	Dobro	1	4.48		
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48		
20	Pešačke staze	4.48	Dobro	1	4.48		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Dobro	1	4.48		
22	Instalacije	2	Prihvatljivo	2	4		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3=	37.36
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	33.58
						R=	219.44

R = 219,44 ⇒ ② Redovno + kontrola

Tabela A3.3. Rejting mosta MG 3 nakon pregleda 2009 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Dobro	1	15	
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15	
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15	
4	Ležišta	15	Dobro	1	15	
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15	
6	Poprečni nosači	15	Dobro	1	15	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Dobro	1	15	
9	Korozija	10	Dobro	1	10	
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7	
11	Dilatacione sprave	6.7	Dobro	1	6.7	
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Dobro	1	6.7	R2= 26.8
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Dobro	1	6.7	R1= 121.7
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48	
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Dobro	1	4.48	
18	Ograde	4.48	Dobro	1	4.48	
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48	
20	Pešačke staze	4.48	Dobro	1	4.48	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Dobro	1	4.48	
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3= 39.36
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 33.58
					R=	221.44

R = 221,44 ⇒ ② Redovno + kontrola

Tabela A3.4. Rejting mosta MG 3 nakon pregleda 2015. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	Rl=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Dobro	1	15		
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15		
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15		
4	Ležišta	15	Dobro	1	15		
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15		
6	Poprečni nosači	15	Dobro	1	15		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Dobro	1	15		
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30		
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7		
11	Dilatacione sprave	6.7	Dobro	1	6.7		
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Dobro	1	6.7	R2=	26.8
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Dobro	1	6.7	R1=	141.7
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48		
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Dobro	1	4.48		
18	Ograde	4.48	Dobro	1	4.48		
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48		
20	Pešačke staze	4.48	Dobro	1	4.48		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Dobro	1	4.48		
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3=	39.36
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	33.58
						R=	241.44

R = 241,44 ⇒ ③ Intenzivno održavanje

A.4. Most preko reke Nišave kod Nitekisa - MG 4



Slika A.4. Izgled mosta

A.4.1. Opšti podaci o mostu

Most prevodi drumski i pešački saobraćaj preko reke Nišave, a sagrađen je 2005. godine od strane GP Ratko Mitrović iz Beograda.

Gornji stroj mosta rešen je kao prostorni kontinualni nosač na tri polja, raspona 19,0+50,0+15,0 m, sa sandučastim glavnim nosačima povezanih AB kolovoznom pločom. Osovina mosta je u pravcu, a niveleta u dvostranom nagibu od sredine ka obalama.

Dužina rasponske konstrukcije je 84,0 m, a ukupna dužina mosta iznosi 95,43 m.

Fundiranje mosta je na armiranobetonskim bušenim šipovima, ispod svakog srednjeg stuba 2 Ø 150 cm, a kod obalnih 6 Ø 90 cm.

Projekat mosta uradio je Mostprojekt iz Beograda, a odgovorni projektanti su dipl. inženjeri Vukan Njagulj, Z. Canić i S. Soko. Objekat je sagradilo GP Ratko Mitrović iz Beograda 2005. godine.

Od dana puštanja u saobraćaj do danas most je permanentno u funkciji.

A.4.2. Opis konstrukcija mosta

A.4.2.1. Gornji stroj mosta

Konstrukciju gornjeg stroja mosta u poprečnom pravcu sačinjavaju tri sandučasta nosača sa armiranobetonskom kolovoznom pločom između njih i konzole za pešačke staze na krajevima. Kolovoz na mostu je od asfalt betona, širine 6,0 + 9,0 m, sa razdelnim pojasom od 1,5 m, a širina pešačkih staza je 2x3,75 m i odvojene su od površine kolovoza denivelacijom i armiranobetonskim ivičnjacima. Ukupna širina mosta je 24,6m.

Poprečni pad na pešačkim stazama projektovan je jednostran od 1,5% ka kolovozu, a poprečni pad kolovoza je dvostran i iznosi 2% odnosno 2,4%.

Linija ekstradosa glavnog nosača u vertikalnoj je krivini, a linija intradosa složena je kriva višeg reda.

Glavni sandučasti nosači projektovani su na međusobnom rastojanju od 8,0 m.

Vodovodne, PTT i elektro instalacije koje se prevode preko reke Nišave gornjim strojem mosta, smeštene su ispod pešačkih staza mosta.

Oslanjanje mosta rešeno je preko armiranobetonskih zglobova na srednjim stubovima i neoprenskih ležišta na krajnjim stubovima. Postavljena su dva nepokretna NGa 200 neoprenska ležišta ispod srednjeg sandučastog nosača i po dva pokretna ležišta NGe 200 na ivičnim sandučastim nosačima na krajnjim stubovima.

Dilatiranje mostovskih konstrukcija posle sanacije, rešeno je TRANSFLEKS MT dilatacionim konstrukcijama iznad krajnjih (obalnih) stubova.

Ograda na mostu je čelična od profila visine 1,10 m sa armiranobetonskim rukohvatom, a slivnici su tipski S6.

A.4.2.2. Donji stroj mosta

Donji stroj mosta formiraju dva krajnja i dva srednja stuba sa svojim fundamentima. Srednji stubovi vizuelno su lepo oblikovani i predstavljaju nastavak kosine rebra ispod svakog sandučastog nosača. Krajnji stubovi su u sklopu nasipa kejskog zida.

A.4.3. Izveštaj o stanju mosta

U tabelama A4.1 do A4.4 prikazan je rejting stanja mosta nakon glavnih inspeksijskih pregleda po elementima.

Tabela A4.2. Rejting mosta MG 4 nakon pregleda 2005 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Dobro	1	15		
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15		
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15		
4	Ležišta	15	Dobro	1	15		
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Dobro	1	15		
9	Korozija	10	Dobro	1	10		
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7		
11	Dilatacione sprave	6.7	Dobro	1	6.7		
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Dobro	1	6.7	R2=	26.8
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Dobro	1	6.7	R1=	106.7
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48		
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Dobro	1	4.48		
18	Ograde	4.48	Dobro	1	4.48		
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48		
20	Pešačke staze	4.48	Dobro	1	4.48		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Dobro	1	4.48		
22	Instalacije	2	Dobro	1	2		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3=	35.36
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	20.18
						R=	189.04

R = 189,04 → ① Redovno

Tabela A4.3. Rejting mosta MG 4 nakon pregleda 2009 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Dobro	1	15	
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15	
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15	
4	Ležišta	15	Dobro	1	15	
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15	
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Dobro	1	15	
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30	
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7	
11	Dilatacione sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Dobro	1	6.7	R2= 33.5
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Dobro	1	6.7	R1= 126.7
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
18	Ograde	4.48	Dobro	1	4.48	
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
20	Pešačke staze	4.48	Dobro	1	4.48	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
22	Instalacije	2	Dobro	1	2	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3= 57.76
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 20.18
					R=	238.14

R = 238,14



Redovno + kontrola

Tabela A4.4. Rejting mosta MG 4 nakon pregleda 2015. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Dobro	1	15	
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15	
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15	
4	Ležišta	15	Dobro	1	15	
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15	
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75	
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50	
10	Hidroizolacija	6.7	Prihvatljivo	3	20.1	
11	Dilatacione sprave	6.7	Nepovoljno	4	26.8	
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Dobro	1	6.7	R2= 60.3
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R1= 213.4
15	Klinovi	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
16	Prelazne ploče	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
18	Ograde	4.48	Dobro	1	4.48	
19	Ivičnjaci	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
20	Pešačke staze	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
22	Instalacije	2	Dobro	1	2	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3= 84.64
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 20.18
						R= 378.52

R = 378,52 ⇒ ③ Intenzivno održavanje

A. 5. Most preko reke Nišave u ulici Proleterska u Nišu - MG 5



Slika A.5. Izgled mosta

A.5.1. Opšti podaci o mostu

Mostovske konstrukcije povezuju ulicu Branka Miljkovića sa ulicom Proleterska, prevodeći drumski i pešački saobraćaj preko reke Nišave. Most je sagrađen od armiranog betona 1980. godine i ima 3 otvora sa zakrivljenim intradosom u oba pravca.

Osovina mosta je u blagoj horizontalnoj krivini $R = 600$ m, a niveleta u promenljivom nagibu sa padom prema levoj obali reke Nišave.

Gornji stroj mosta rešen je kao sandučasta kontinualna konstrukcija na tri polja, raspona $36,0+62,0+36,0$ m, sa kolovozom širine 13,0 m u jednostranom poprečnom nagibu od 2,0%. Dužina rasponskih konstrukcija je 144,0 m a ukupna dužina mosta iznosi 154,0 m.

Obalni stubovi klasične su armiranobetonske konstrukcije, dok su rečni promenljivog poprečnog preseka i skladno arhitektonski oblikovani.

Fundiranje rečnih stubova mosta izvršeno je izradom bunara.

Projekat mosta uradio je Institut za građevinarstvo i arhitekturu Građevinskog fakulteta u Nišu 1978. godine, a mostovske konstrukcije sagradilo je GP „Partizanski put“ iz Beograda 1980 godine.

Na mostu su 1984. - 1985. godine izvršeni sanacioni radovi na ojačanju rasponske konstrukcije injektiranjem prslina, naknadnim utezanjem kablovima i lepljenjem čeličnih lamela uz sanaciju ležišta i zamenu dilatacionih spojnica, hidroizolacije i asfalta na kolovozu i pešačkim stazama.

Od dana puštanja u saobraćaj, nakon izvršene sanacije 1985. godine most je permanentno u funkciji.

A.5.2. Opis konstrukcija mosta

A.5.2.1. Gornji stroj mosta

Gornji stroj mosta rešen je kao sandučasta kontinualna konstrukcija na tri polja, raspona 36,0+62,0+36,0 m sa zakrivljenim intradosom u oba pravca. Ukupna širina mosta je 17,5 m sa kolovozom širine 13,0 m od asfalt betona, u jednostranom nagibu od 2% i obostranim pešačkim stazama širine po 2,0 m, koje su visoko izdignute i odvojene od kolovoza betonskim elementima oblikovanim kao *New Jersey* ograde. Pešačke staze presvučene su livenim asfaltom, sa padom od 1% ka kolovozu. Ograda na pešačkim stazama je od čeličnih kutijastih profila obostrana i standardna.

Prema glavnom projektu, rasponska konstrukcija izvedena je kao klasična armiranobetonska konstrukcija, sa pokretnim ležištima (armiranobetonska klatna) nad desnim obalnim i rečnim stubovima i nepokretnim ležištem (AB zglob) nad levim obalnim stubom.

Dilataciona sprava od armiranih neoprenskih elemenata tipa TRANSFLEKS postavljena je nad levim obalnim stubom, dok je nad desnim obalnim stubom ugrađena metalna česljasta dilataciona spojnica. Izvršeni radovi na sanaciji mosta obuhvatili su:

- Injektiranje prslina na podužnim i poprečnim rebrima i kolovoznoj ploči, odgovarajućim smešama na bazi epoksidnih smola;
- Sanaciju ležišta;
- Lepljenje čeličnih lamela i predhodno naprezanje kablovima (72 kabla 16Ø7 mm sistema IMS), vođenim po poligonalnoj trasi kroz unutrašnjost noseće konstrukcije, čime je aplicirana podužna normalna sila $N_{k_{trajno}} = 47100 \text{ KN}$;
- Zamenu dilatacionih sprava;
- Zamenu hidroizolacije i asfalta na kolovozu i pešačkim stazama.

A.5.2.2. Donji stroj mosta

Donji stroj mosta formiraju dva obalna i dva srednja stuba sa svojim fundamentima. Obalni stubovi su armiranobetonske konstrukcije klasičnog tipa, dok su srednji stubovi promenljivog poprečnog preseka i skladno arhitektonski oblikovani.

Temelji su armiranobetonski, a fundiranje srednjih stubova izvršeno je na bunarima.

Prelazne ploče, šljunčani klinovi i viseći krilni zidovi ostvaruju vezu konstrukcija mosta sa trupom puta. Na desnoj obali kegle su obložene kamenim pločama, a na levoj su humuzirane.

Srednji - rečni stubovi nalaze se na inundacijama i zaštićeni su od podlokavanja regulacijom rečnog korita i izradom keja.

A.5.3. Izveštaj o stanju mosta

Na slikama A5.1 i A5.2 prikazano je stanje obalnih stubova nakon glavnog pregleda 2015. g.

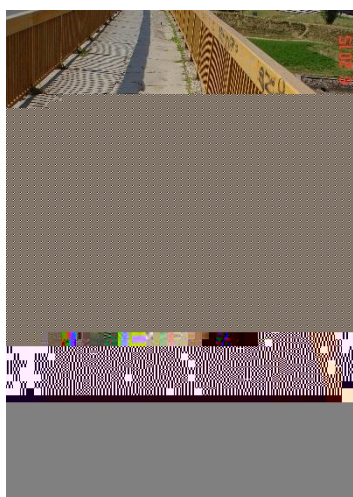


Slika A.5.1. Levi obalni stub



Slika A.5.2. Desni obalni stub

Stanje pešačkih staza nakon glavnog pregleda 2015. g. prikazano je na slikama 5.3 , 5.4 i 5.5.



Slika A.5.3, slika A.5.4 i slika A.5.5. Stanje pešačkih staza mosta u Proleterskoj ulici
Posledica prodora vode kroz pešačke staze je pogoršanje stanja glavnog sandučastog nosača.



Slika A.5.6. Oštećenje glavnog nosača



Slika A.5.7. Detalj oštećenja

U tabelama A5.1 do A5.4 prikazan je rejting stanja mosta pregleda po elementima.

Tabela A5.1. Rejting mosta MG 5 nakon pregleda 1997. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75		
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75		
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30		
10	Hidroizolacija	6.7	Prihvatljivo	3	20.1		
11	Dilatacione sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2=	60.3
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R1=	568.4
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
20	Pešačke staze	4.48	Loše	4	17.92		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6		
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3=	90.64
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	33.58
						R=	752.92

R = 752,92 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A5.2. Rejting mosta MG 5 nakon pregleda 2003 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75		
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150		
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50		
10	Hidroizolacija	6.7	Prihvatljivo	3	20.1		
11	Dilatacione sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2=	60.3
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R1=	663.4
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
20	Pešačke staze	4.48	Loše	4	17.92		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Loše	4	17.92		
22	Instalacije	2	Loše	4	8		
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3=	101.6
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	33.58
						R=	858.88

R = 858,88 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A5.3. Rejting mosta MG 5 nakon pregleda 2009 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75	R = 1050.06	
2	Srednji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
3	Krajnji stubovi	15	Nepovoljno	10	150		
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75		
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Loše	15	225		
9	Korozija	10	Loše	8	80		
10	Hidroizolacija	6.7	Prihvatljivo	3	20.1		
11	Dilatacione sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		R2= 60.3
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nepovoljno	3	20.1		R1= 850.1
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Loše	4	17.92		
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
20	Pešačke staze	4.48	Loše	4	17.92		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Loše	4	17.92		
22	Instalacije	2	Loše	4	8		
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4		R3= 106.08
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9		R4= 33.58
						R= 1050.06	

R = 1050,06 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A5.4. Rejting mosta MG 5 nakon pregleda 2015. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
3	Krajnji stubovi	15	Loše	15	225		
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75		
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Nezadovoljava	20	300		
9	Korozija	10	Loše	8	80		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Nepovoljno	4	26.8		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		R2=
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Loše	4	26.8		R1=
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		87.1
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		1006.8
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Loše	4	17.92		
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
20	Pešačke staze	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
22	Instalacije	2	Loše	4	8		
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4		R3=
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		115.04
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9		R4=
						R=	
						1242.52	

R = 1242,52 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

A.6. Most preko reke Nišave na Bulevaru Medijana - MG 6



Slika A.6. Izgled mosta

A.6.1. Opšti podaci o mostu

Most prevodi drumski i pešački saobraćaj preko reke Nišave, a sagrađen je 2005. godine od strane GP Mostogradnja iz Beograda.

Gornji stroj mosta rešen je kao prostorni kontinualni nosač na tri polja, raspona 25,0+49,20+25,0 m, sa sandučastim glavnim nosačima povezanih AB kolovoznom pločom. Osovina mosta je u pravcu, a niveleta u jednostranom nagibu od desne obale ka levoj.

Dužina rasponske konstrukcije je 99,20 m, a ukupna dužina mosta iznosi 103,60 m.

Fundiranje mosta je na armiranobetonskim bušenim šipovima.

Projekat mosta uradio je Mostprojekt iz Beograda, a odgovorni projektant je dipl. inž. Vukan Njagulj. Objekat je sagradilo GP Mostogradnja iz Beograda 2005. godine.

Od dana puštanja u saobraćaj do danas most je permanentno u funkciji.

A.6.2. Opis konstrukcija mosta

A.6.2.1. Gornji stroj mosta

Konstrukciju gornjeg stroja mosta u poprečnom pravcu sačinjavaju tri sandučasta nosača konstantne visine od 1,60 m ($L/30,8$), na osovinskom rastojanju od 9,25 m sa armiranobetonskom kolovoznom pločom između njih. Kolovoz na mostu je od asfalt betona, širine 7,0 m, odnosno 9,0 m na delu sa trećom saobraćajnom trakom za skretanje. Razdelni pojas širok je 2,5 m, a na delu sa trećom saobraćajnom trakom njegova širina je 0,5 m.

Širina nizvodne pešačke staze je 3,75 m, a na uzvodnoj sa biciklističkim stazama širina iznosi 7,15 m i odvojene su od površine kolovoza denivelacijom i armiranobetonskim ivičnjacima. Ukupna širina mosta je 28,1m.

Poprečni pad na pešačkim stazama projektovan je jednostran od 1,5% ka kolovozu, a poprečni pad kolovoza je dvostran i iznosi 2%.

Glavni sandučasti nosači postavljeni na međusobnom rastojanju od 9,25 m, po dužini mosta međusobno su povezani samo armiranobetonskom kolovoznom pločom.

Vodovodne, PTT i elektro instalacije koje se prevode preko reke Nišave gornjim strojem mosta, smeštene su ispod pešačkih staza mosta.

Oslanjanje mosta rešeno je preko sfernih ležišta na srednjim stubovima i neoprenskih ležišta na krajnjim stubovima.

Dilatiranje mostovskih konstrukcija posle sanacije, rešeno je TRANSFLEKS MT dilatacionim konstrukcijama iznad krajnjih (obalnih) stubova.

Ograda na mostu je čelična od profila visine 1,10 m sa armiranobetonskim rukohvatom, a slivnici su tipski S6.

A.6.2.2. Donji stroj mosta

Donji stroj mosta formiraju dva krajnja i dva srednja stuba sa svojim fundamentima. Srednji (rečni) stubovi mosta sastoje se od tri pojedinačna stuba na svakoj liniji oslanjanja, ispod svakog sandučastog glavnog nosača po jedan. Rečni stubovi vizuelno su lepo oblikovani i imaju promenljiv poprečni presek po visini ispod svakog sandučastog nosača. Svaki stub se preko naglavnice šipova oslanja na po dva bušena HW šipa prečnika 150 cm.

Krajnji stubovi u sklopu su nasipa i fundirani su na po 6 bušenih HW šipova prečnika 150 cm i 120 cm.

A.6.3. Izveštaj o stanju mosta

U tabelama A6.1 do A6.4 prikazan je rejting stanja mosta nakon glavnih inspeksijskih pregleda po elementima.

Tabela A6.2. Rejting mosta MG 6 nakon pregleda 2005 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Dobro	1	15		
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15		
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15		
4	Ležišta	15	Dobro	1	15		
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Dobro	1	15		
9	Korozija	10	Dobro	1	10		
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7		
11	Dilatacione sprave	6.7	Dobro	1	6.7		
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Dobro	1	6.7	R2=	26.8
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Dobro	1	6.7	R1=	106.7
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48		
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Dobro	1	4.48		
18	Ograde	4.48	Dobro	1	4.48		
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48		
20	Pešačke staze	4.48	Dobro	1	4.48		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Dobro	1	4.48		
22	Instalacije	2	Dobro	1	2		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3=	35.36
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	20.18
						R=	189.04

R = 189,04



①

Redovno održavanje

Tabela A6.3. Rejting mosta MG 6 nakon pregleda 2009 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Dobro	1	15		
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15		
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15		
4	Ležišta	15	Dobro	1	15		
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Dobro	1	15		
9	Korozija	10	Dobro	1	10		
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7		
11	Dilatacione sprave	6.7	Dobro	1	6.7		
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		R2= 33.5
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Dobro	1	6.7		R1= 106.7
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48		
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
18	Ograde	4.48	Dobro	1	4.48		
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48		
20	Pešačke staze	4.48	Dobro	1	4.48		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Dobro	1	4.48		
22	Instalacije	2	Dobro	1	2		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2		R3= 39.84
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9		R4= 20.18
						R= 200.22	

R = 200,22



Redovno + kontrola

Tabela A6.4. Rejting mosta MG 6 nakon pregleda 2015. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Dobro	1	15		
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15		
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15		
4	Ležišta	15	Dobro	1	15		
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Dobro	1	15		
9	Korozija	10	Dobro	1	10		
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7		
11	Dilatacione sprave	6.7	Dobro	1	6.7		
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2=	33.5
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Dobro	1	6.7	R1=	106.7
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48		
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48		
20	Pešačke staze	4.48	Dobro	1	4.48		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
22	Instalacije	2	Dobro	1	2		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3=	53.28
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	20.18
						R=	213.66

R = 213,66



Redovno + kontrola

A.7. Most preko reke Nišave kod bazena u Donjoj Vrežini - MG 7



Slika A.7. Izgled mosta

A.7.1. Opšti podaci o mostu

Mostovske konstrukcije prevode drumski i pešački saobraćaj ulice Ratka Pavlovića u Donjoj Vrežini preko reke Nišave. Most je sagrađen od armiranog betona 1972. godine.

Most je zajedno sa podizvođačima, sagradilo G.P. "Radnik" iz Niša, a nadzor vodila Direkcija za urbanizam Niš.

Gornji stroj mosta rešen je kao niz montažnih prosto oslonjenih roštiljnih armiranobetonskih konstrukcija, raspona $5 \times 12,0 + 10,0$ m, sastavljenih od prefabrikovanih elemenata sistema "Karpoš". Niveleta mosta je horizontalna, a osa mosta u pravcu sa upravnim prelazom rečnog toka. Dužina rasponskih konstrukcija je 70,0 m, a ukupna dužina mostovskih konstrukcija 80,0 m.

Fundiranje mosta je izvršeno direktno, izradom betonskih šipova tipa "Karpoš".

Rečno korito nije regulisano.

Od dana puštanja u saobraćaj do sada most je permanentno u funkciji.

A.7.2. Opis konstrukcija mosta

A.7.2.1. Gornji stroj mosta

Armiranobetonska roštiljna konstrukcija visine 0,70 m, slobodno je oslonjena na stubove, formirajući pet raspona od 12,0 m i krajni raspon 10,0 m. Montažni glavni nosači sistema "Karpoš" imaju T presek sa gornjom flanšom 50/10 cm i rebrima debljine 16 cm.

U svakom polju, 13 glavnih montažnih nosača formira poprečni presek mosta. Širine mostovskih elemenata su: kolovoz 5,0 m, pešačke staze i venci sa ogradom 2x1,0 m, što čini ukupnu širinu mosta od 7,0 m.

Poprečni nosači - ukrućenja, liveni su na licu mesta i nalaze se u četvrtinama raspona svakog polja. Visina poprečnih nosača je 60 cm u poljima raspona 12 m, a 50 cm u polju raspona 10 m. Dilatacione konstrukcije na mostu ne postoje.

Asfalt na kolovozu debljine je oko 5 cm i direktno je postavljen preko minimalnog sloja betona za poprečni dvostrani nagib $i_p = 1\%$.

Pešačke staze na mostu, izdignute su iznad kolovoza za 20 cm i završavaju se betonskim ivičnjacima livenim na licu mesta. Na pešačkim stazama postavljen je liveni asfalt debljine 2 cm, preko lakih montažnih betonskih ploča debljine 7 cm.

Ograda na mostu je nepropisna, od čeličnih bezšavnih cevi visine 100 cm, nedovoljne dužine i sa otvorima većim od 25 cm.

Gornji stroj mosta, sa uzvodne strane, prevodi instalacije i vodovodnu cev većeg prečnika.

A.7.2.2. Donji stroj mosta

Donji stroj mosta formiraju dva obalna armiranobetonska stuba širine 7,0 m sa svojim krilima i fundamentima, kao i rečni stubovi - jarmovi od šipova.

Krilni zidovi su kosi i masivni. Regulacija rečnog korita nije urađena, te su obale zarasle u šiblje i korov.

Rečni stubovi (jarmovi) izgrađeni su od baterije armiranobetonskih šipova sistema "Karpoš". U svakom od pet jarmova ima po sedam AB šipova kružnog poprečnog preseka, sa promenljivom debljinom po visini. Vrhovi šipova svakog jarma, povezani su naglavnom armiranobetonskom gredom pravougaonog poprečnog preseka 60/45 cm, livenoj na licu mesta. Projektovana dužina šipova je 10,0 m a nosivost određena za dužinu pobijanja od 5,0m.

Jarmovi sa uzvodne strane obezbeđeni su od udara leda odvojenim kosim gredama na stubovima - ledobranima.

A.7.3. Izveštaj o stanju mosta

U tabelama A7.1 do A7.4 prikazan je rejting stanja mosta nakon glavnih inspeksijskih pregleda po elementima.

Tabela A7.1. Rejting mosta MG 7 nakon pregleda 1997. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Loše	15	225		
2	Srednji stubovi	15	Loše	15	225		
3	Krajnji stubovi	15	Loše	15	225		
4	Ležišta	15	Ne postoji	0	0		
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75		
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30		
10	Hidroizolacija	6.7	Ne postoji	20	134		
11	Dilatacione sprave	6.7	Ne postoje	0	0		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nezadovoljava	5	33.5	R2=	180.9
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R1=	950.1
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Ne postoji	10	44.8		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
18	Ograde	4.48	Loše	4	17.92		
19	Ivičnjaci	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
20	Pešačke staze	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Loše	4	17.92		
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6		
23	Signalizacija	2	Nepovoljno	3	6	R3=	141.92
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	<2 500	1	3	R4=	14.18
						R=	1287.1

R = 1287,1 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A7.2. Rejting mosta MG 7 nakon pregleda 2003 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Loše	15	225	
2	Srednji stubovi	15	Loše	15	225	
3	Krajnji stubovi	15	Loše	15	225	
4	Ležišta	15	Ne postoji	0	0	
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150	
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50	
10	Hidroizolacija	6.7	Ne postoji	20	134	
11	Dilatacione sprave	6.7	Ne postoje	0	0	
12	Kolovoz	6.7	Nepovoljno	3	20.1	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nezadovoljava	5	33.5	R2= 187.6
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R1= 1045.1
15	Klinovi	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
16	Prelazne ploče	4.48	Ne postoji	10	44.8	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
18	Ograde	4.48	Loše	4	17.92	
19	Ivičnjaci	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
20	Pešačke staze	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Loše	4	17.92	
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6	
23	Signalizacija	2	Nepovoljno	3	6	R3= 146.4
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	<2 500	1	3	R4= 14.18
						R= 1393.28

R = 1393,28 ⇨ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A7.3. Rejting mosta MG 7 nakon pregleda 2009 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Loše	15	225	
2	Srednji stubovi	15	Loše	15	225	
3	Krajnji stubovi	15	Loše	15	225	
4	Ležišta	15	Ne postoji	0	0	
5	Glavni nosači	15	Nepovoljno	10	150	
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150	
9	Korozija	10	Loše	8	80	
10	Hidroizolacija	6.7	Ne postoji	20	134	
11	Dilatacione sprave	6.7	Ne postoje	0	0	
12	Kolovoz	6.7	Nepovoljno	3	20.1	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nezadovoljava	5	33.5	R2= 187.6
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Loše	4	26.8	R1= 1156.8
15	Klinovi	4.48	Loše	4	17.92	
16	Prelazne ploče	4.48	Ne postoji	10	44.8	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Loše	4	17.92	
18	Ograde	4.48	Nezadovoljava	5	22.4	
19	Ivičnjaci	4.48	Loše	4	17.92	
20	Pešačke staze	4.48	Loše	4	17.92	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nezadovoljava	5	22.4	
22	Instalacije	2	Loše	4	8	
23	Signalizacija	2	Nepovoljno	3	6	R3= 175.28
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	<2 500	1	3	R4= 14.18
					R=	1533.86

R = 1533,86 → ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A7.4. Rejting mosta MG 7 nakon pregleda 2015. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Loše	15	225		
2	Srednji stubovi	15	Loše	15	225		
3	Krajnji stubovi	15	Loše	15	225		
4	Ležišta	15	Ne postoji	0	0		
5	Glavni nosači	15	Nepovoljno	10	150		
6	Poprečni nosači	15	Nepovoljno	10	150		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Loše	15	225		
9	Korozija	10	Nezadovoljava	12	120		
10	Hidroizolacija	6.7	Ne postoji	20	134		
11	Dilatacione sprave	6.7	Ne postoje	0	0		
12	Kolovoz	6.7	Nepovoljno	3	20.1		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nezadovoljava	5	33.5	R2=	187.6
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nezadovoljava	5	33.5	R1=	1353.5
15	Klinovi	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
16	Prelazne ploče	4.48	Ne postoji	10	44.8		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
18	Ograde	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
19	Ivičnjaci	4.48	Loše	4	17.92		
20	Pešačke staze	4.48	Loše	4	17.92		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
22	Instalacije	2	Loše	4	8		
23	Signalizacija	2	Nepovoljno	3	6	R3=	184.24
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	<2 500	1	3	R4=	14.18
						R=	1739.52

R = 1739,52 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

A.8. Most preko Gabrovačke reke kod Čele Kule u Nišu - MG 8



Slika A.8. Izgled mosta

A.8.1. Opšti podaci o mostu

Most prevodi drumski i pešački saobraćaj gradskog bulevara Svetog Cara Konstantina preko Gabrovačke reke u Nišu u neposrednoj blizini Čele Kule.

Gornji stroj mosta, za svaki smer vožnje, rešen je kao prosto oslonjeni čelični sandučasti nosač, raspona 14,0 m, sa ortotropnom kolovoznom pločom, osom mosta u pravcu i niveletom u jednostranom nagibu. Most ima jedan otvor.

Dužina rasponske konstrukcije je 14,4 m a ukupna dužina mostovskih konstrukcija je 15,0 m.

Širina kolovoza za svaki smer vožnje je po 7 m, a razdelni pojas širine 1,6 m izdignut je za svega 8 cm od kolovoza i odvojen čeličnim ivičnjacima.

Pešačke staze, nalaze se na posebnim mostovskim konstrukcijama, imaju širinu 3,5 m sa uzvodne i 4,5 m sa nizvodne strane i izdignute su od kolovoza za svega 8 cm.

Obalni stubovi su klasični betonski, a fundiranje mosta je izvršeno direktno, izradom temeljnih stopa. Svetli otvor mosta je 13,2 m, a rečno korito je regulisano.

Slobodna visina ispod mosta je oko 1 m, mereno od intradosa do inundacije, odnosno 2 m do dna regulisanog rečnog korita.

Mostovskim konstrukcijama se prevode elektro i PTT instalacije, koje su smeštene ispod konzole uzvodne pešačke staze i kabl smešten oko sredine mosta u nivou intradosa.

Od dana puštanja u saobraćaj do danas most je permanentno u funkciji.

A.8.2. Opis konstrukcija mosta

A.8.2.1. Gornji stroj mosta

Gornji stroj mosta formiraju četiri nezavisne rasponske konstrukcije, za svaki smer i vrstu saobraćaja (drumski, pešački), koje su oslonjene na zajedničke obalne stubove.

Rasponsku konstrukciju, za svaki smer drumskog saobraćaja, u poprečnom pravcu formiraju dva čelična sandučasta nosača sa ortotropnom pločom. Za pešački saobraćaj rasponske konstrukcije su spregnute - čelični I nosači i armiranobetonska ploča mosta.

Dispozicija mosta u podužnom pravcu rešena je kao četiri nezavisne prosto oslonjene čelične gredne konstrukcije raspona 14,0 m, sa svetlim otvorom od 13,2 m.

Niveleta mosta je horizontalna i u pravcu. Kolovoz na mostu je od asfalt betona, širine 7,0 m, a razdelni pojas, koji je izdignut za svega 8 cm od kolovoza, ima širinu 1,6 m.

Pešačke staze takođe su izdignute iznad kolovoza za svega 8 cm, a imaju širinu 3,5 m sa uzvodne i 4,5 m sa nizvodne strane. Ivičnjaci su od čeličnih profila.

Pešačke staze su presvučene livenim asfaltom, sa padom oko 1% ka kolovozu.

Ograda na pešačkim stazama je od čeličnih profila i to rukohvat i stubovi od kutijastih, a ispuna od cevastih profila.

Ukupna širina mosta, sa tri podužne dilatacije od po 3 cm iznosi 23,9 m.

Poprečni nosači projektovani su na međusobnom rastojanju od 4,67 m na uzvodnoj mostovskoj konstrukciji pešačke staze i 3,5 m na nizvodnoj konstrukciji.

PTT i elektro instalacije koje se prevode preko Gabrovačke reke gornjim strojem mosta, smeštene su ispod konzole uzvodne pešačke staze i po sredini mosta.

Oslanjanje mosta rešeno je preko čeličnih ležišta. Pokretna ležišta su klizna tangencijalnog tipa. Čeličnim kliznim dilatacionim konstrukcijama rešeno je dilatiranje mosta.

A.8.2.2. Donji stroj mosta

Donji stroj mosta formiraju dva krajnja stuba sa svojim fundamentima.

Dužina obalnih stubova je 25,0 m i u sklopu su kejskog zida.

Ležišta rasponskih konstrukcija postavljena su na armiranobetonske kvadere, dimenzija 50/60/18 cm.

Podaci o šljunčanim klinovima, kao i eventualnim prelaznim pločama nisu poznati.

Krilni zidovi sa uzvodne strane građeni su od tesanog kamena.

Na levoj obali krilo je upravno na rečni tok, a na desnoj krilo je paralelno. Sa nizvodne strane, krila su betonska i istog položaja kao i odgovarajuća uzvodna krila.

Temelji su trakasti od nearmiranog betona.

A.8.3. Izveštaj o stanju mosta

U tabelama A8.1 do A8.4 prikazan je rejting stanja mosta nakon glavnih inspekcijskih pregleda po elementima.

Tabela A8.1. Rejting mosta MG 8 nakon pregleda 1997. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Ne postoje	0	0		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Nepovoljno	10	150		
5	Glavni nosači	15	Nepovoljno	10	150		
6	Poprečni nosači	15	Nepovoljno	10	150		
7	Spregovi	15	Nepovoljno	10	150		
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75		
9	Korozija	10	Loše	8	80		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Loše	6	40.2		
12	Kolovoz	6.7	Loše	4	26.8		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2= 113.9	
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R1= 925.1	
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepotrebno	0	0		
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
19	Ivičnjaci	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
20	Pešačke staze	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6		
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4		R3= 72.72
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9		R4= 33.58
						R= 1145.3	

R = 1145,3 ⇨ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A8.2. Rejting mosta MG 8 nakon pregleda 2003 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Ne postoje	0	0		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Nepovoljno	10	150		
5	Glavni nosači	15	Nepovoljno	10	150		
6	Poprečni nosači	15	Nepovoljno	10	150		
7	Spregovi	15	Nepovoljno	10	150		
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150		
9	Korozija	10	Loše	8	80		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Nezadovoljava	8	53.6		
12	Kolovoz	6.7	Nezadovoljava	5	33.5		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2=	134
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Loše	4	26.8	R1=	1006.8
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepotrebno	0	0		
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
19	Ivičnjaci	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
20	Pešačke staze	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6		
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3=	81.68
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Sabračajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	33.58
						R=	1256.06

R = 1256.06 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A8.3. Rejting mosta MG 8 nakon pregleda 2009 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Ne postoje	0	0		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Loše	15	225		
5	Glavni nosači	15	Loše	15	225		
6	Poprečni nosači	15	Nepovoljno	10	150		
7	Spregovi	15	Loše	15	225		
8	Ploča i konzole	15	Loše	15	225		
9	Korozija	10	Loše	8	80		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Zamena	20	134		
12	Kolovoz	6.7	Nezadovoljava	5	33.5		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2=	214.4
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nezadovoljava	5	33.5	R1=	1313.5
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepotrebno	0	0		
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
19	Ivičnjaci	4.48	Loše	4	17.92		
20	Pešačke staze	4.48	Loše	4	17.92		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
22	Instalacije	2	Loše	4	8		
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3=	92.64
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	33.58
						R=	1654.12

R = 1654,12 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A8.4. Rejting mosta MG 8 nakon pregleda 2015. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	Ri=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Ne postoje	0	0		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Nezadovoljava	20	300		
5	Glavni nosači	15	Nezadovoljava	20	300		
6	Poprečni nosači	15	Loše	15	225		
7	Spregovi	15	Loše	15	225		
8	Ploča i konzole	15	Nezadovoljava	20	300		
9	Korozija	10	Loše	8	80		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Zamena	20	134		
12	Kolovoz	6.7	Nezadovoljava	5	33.5		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		R2= 214.4
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Zapušten	10	67		R1= 1647
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepotrebno	0	0		
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
19	Ivičnjaci	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
20	Pešačke staze	4.48	Loše	4	17.92		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
22	Instalacije	2	Loše	4	8		
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4		R3= 97.12
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9		R4= 33.58
					R=	1992.1	

R = 1992,1 ⇒ ⑥ Hitna sanacija

A.9. Most preko Gabrovačke reke na Bulevaru Nemanjića - MG 9



Slika A.9. Izgled mosta

A.9.1. Opšti podaci o mostu

Mostovske konstrukcije prevode drumski i pešački saobraćaj Bulevara Nemanjića preko Gabrovačke reke. Most je sagrađen od armiranog betona i ima 3 otvora sa konstantnom visinom glavnog nosača.

Osovina mosta je delom u prelaznoj krivini $L_p=80$ m, radijusa $R_p=200$ m, a delom u pravcu. Niveleta mosta je u nesimetričnoj konkavnoj krivini sa radijusom $R_v=500$ m i podužnim nagibima $i_1=1,86\%$ i $i_2=2,06\%$. Prelom je u sredini mosta sa kotom 201,96 m i kotom nivelete u sredini 201,00 m.

Bulevar Nemanjića u Nišu prelazi Gabrovačku reku pod uglom $55^{\circ}18'16''$ u odnosu na osovину regulisanog korita reke, što znači da je most zakošen pod uglom od $34^{\circ}41'44''$ u odnosu na pravu upravnu na osovinu mosta prema glavnom projektu puta - Bulevara.

Osnovni elementi konstrukcijskog rešenja gornjeg stroja su dva paralelna nezavisna mosta, sistema kontinualne pločaste konstrukcije, raspona 10,0+15,0+10,0 m.

Obalni stubovi su klasične armiranobetonske konstrukcije, dok su srednji stubovi u obliku platna promenljive visine i arhitektonski prikladno oblikovani.

Fundiranje svih stubova mosta izvršeno je direktno izradom temeljnih stopa. Projekat mosta uradio je Institut za puteve - Zavod za projektovanje "Trasa" iz Beograda 1987. godine. Od dana puštanja u saobraćaj do sada most je permanentno u funkciji.

A.9.2. Opis konstrukcija mosta

A.9.2.1. Gornji stroj mosta

Gornji stroj mosta sagrađen je kao kontinualna pločasta konstrukcija na tri polja (puna ploča), raspona 10,0+15,0+10,0 m sa niveletom u vertikalnoj krivini radijusa $R_v=500$ m.

Mostovske konstrukcije projektovane su i sagrađene kao dva posebna objekta za svaki smer vožnje, potpuno nezavisna jedan od drugog.

Ukupna širina mosta usledila je iz zahteva projektnog zadatka i elemenata saobraćajnog profila Bulevara Nemanjića ispred i iza mosta. Mostovske konstrukcije leve saobraćajne trake široke su ukupno 15,0 m, sa kolovozom širine $3 \times 3,0 = 9,0$ m, pešačkom stazom širine 4,0 m i polovina razdelne trake 2,0 m. Desna saobraćajna traka pored ovog sadrži i biciklističku stazu širine 3,5 m tako da je njena ukupna širina 18,5 m. Ukupna širina mostova je 33,5 m. Kolovoz na mostu je od asfalt betona debljine 6 + 4 cm, u jednostranom nagibu od 1,5% i postavljen je preko hidroizolacije na bazi sintetičkih polimera debljine 5 mm.

Pešačka staza i razdelni pojas na levoj traci odvojeni su od kolovoza betonskim ivičnjacima 24/24 cm i visinskom denivelacijom od 20 cm. Kolovoz na desnoj saobraćajnoj traci odvojen je od razdelne trake betonskim ivičnjacima 24/24 cm i denivelacijom od 20 cm, a od biciklističke i pešačke staze betonskim ivičnjacima 18/24 cm.

Pešačka staza odvojena je od površine kolovoza i visinskom denivelacijom od 12 cm, a biciklistička staza je izdignuta 6 cm.

Ukupna širina kolovoza između ivičnjaka kod obe saobraćajne trake pokrivena je asfalt betonom. Na biciklističkoj stazi urađen je asfalt beton debljine 4 cm na širini 3,25 m. Pešačke staze presvučene su livenim asfaltom debljine 2 cm, na širini 3,45 m za svaku stazu i sa padom od 1,5% ka kolovozu. Ispod pešačkih staza prolaze PTT i elektro instalacije smeštene unutar juvidur cevi Ø20 cm, koje su pokrivene betonskim izravnavajućim slojem. Ispod konzole pešačke staze na levoj saobraćajnoj traci prevode se instalacije toplovoda.

Izravnavajući sloj od lakog betona (keramzita) urađen je na pešačkoj stazi u cilju postizanja projektovanog poprečnog pada.

Ograda na pešačkim stazama visine 1,10 m urađena je od gotovih čeličnih kutijastih profila proizvođača RIK Aleksinac.

Prema glavnom projektu, rasponske konstrukcije gornjeg stroja izgrađene su kao klasične armiranobetonske konstrukcije, na prethodno postavljenoj skeli od MB 30 sa glavnom armaturom od RA 400/500-2. Betoniranje konstrukcija izvršeno je u fazama sa prekidima.

Na srednjim stubovima pločasti nosač zglobovno je vezan za armiranobetonska platna. Za oslanjanje konstrukcija gornjeg stroja mosta na krajnjim stubovima ugrađena su neoprenska ležišta NAL-P-3Ø300.72

Kontinuitet prelaza sa konstrukcije nasipa na mostovske konstrukcije, kao i njeno dilatiranje rešeno je dilatacionim spravama.

Dilatacione sprave od čeličnih i armiranih neoprenskih elemenata tipa MT-50 proizvodnje "Mostogradnja" Beograd, postavljene su iznad krajnjih stubova u za to ostavljena mesta u glavnoj nosećoj konstrukciji i parapetu obalnih stubova.

Odvodnjavanje gornjih površina mostovskih konstrukcija obavlja se pomoću slivnika.

A.9.2.2. Donji stroj mosta

Konstrukcije donjeg stroja mosta koncipirane su kao jednostavne i racionalne armiranobetonske konstrukcije koje su građene betoniranjem na licu mesta, a pri tom ostavljaju izuzetno prijatan vizuelni efekat.

Donji stroj mosta formiraju dva krajnja i dva srednja stuba sa svojim fundamentima. Izbor položaja stubova uslovljen je rasponima konstrukcija i regulacijom rečnog korita Gabrovačke reke. Zakošenje osovine stuba iznosi $34^{\circ}41'44''$ tj. osovine stubova su paralelne osovini regulisanog korita Gabrovačke reke.

Krajnji stubovi su armiranobetonske konstrukcije klasičnog tipa, dok su srednji stubovi u obliku platna debljine 50 cm i skladno arhitektonski oblikovani.

Krajnji stubovi fundirani su direktno na betonske temeljne stope MB 20. Fundiranje je u slojevima braon tamno - peskovite ilovače van pojave i nivoa podzemnih voda. Naglavna greda postavljena je na armiranobetonsko platno MB 30, debljine 60 cm koje je uklješteno u AB jastuke temelja MB 25. Ovi stubovi sadrže i konstrukcije "anđeoskih"- visećih krila debljine 40 cm i prelazne ploče dužine 4 m na šljunčanim klinovima.

Prelazne ploče, šljunčani klinovi i viseći krilni zidovi ostvaruju vezu konstrukcija mosta sa trupom puta.

Kegle uz obalne stubove obložene su kamenim pločama, tj. lomljenim kamenom istog kvaliteta kakav je upotrebljen za oblaganje regulisanog korita Gabrovačke reke.

Srednji stubovi MB 30, takođe su fundirani direktno na nearmiranim temeljnim stopama MB 20 i armiranobetonskim jastucima MB 25. Iz betonskog jastuka iznad temeljne stope izlazi armiranobetonsko platno debljine 50 cm.

Na obalnim stubovima urađene su stepenice, za spuštanje na reku, na sve četiri strane.

A.9.3. Izveštaj o stanju mosta

U tabelama A9.1 do A9.4 prikazan je rejting stanja mosta nakon glavnih inspeksijskih pregleda po elementima.

Tabela A9.1. Rejting mosta MG 9 nakon pregleda 1997. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75		
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75		
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30		
10	Hidroizolacija	6.7	Prihvatljivo	3	20.1		
11	Dilatacione sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2=	60.3
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Dobro	1	6.7	R1=	486.7
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
20	Pešačke staze	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
22	Instalacije	2	Prihvatljivo	2	4		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3=	68.72
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5000	3	9	R4=	33.58
						R=	649.3

R = 649,3

⇒ ④ Investiciono održavanje

Tabela A9.2. Rejting mosta MG 9 nakon pregleda 2003 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75	
2	Srednji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75	
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75	
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75	
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75	
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50	
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5	
11	Dilatacione sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2= 73.7
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R1= 513.4
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
20	Pešačke staze	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3= 70.72
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5000	3	9	R4= 33.58
						R= 691.4

R = 691,4 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A9.3. Rejting mosta MG 9 nakon pregleda 2009 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75		
5	Glavni nosači	15	Nepovoljno	10	150		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150		
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		R2=
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		R1=
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		73.7
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		663.4
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
20	Pešačke staze	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2		R3=
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		75.2
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5000	3	9		R4=
						R=	
						845.88	

R = 845,88 ⇨ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A9.4. Rejting mosta MG 9 nakon pregleda 2015. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75	
2	Srednji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75	
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75	
4	Ležišta	15	Nepovoljno	10	150	
5	Glavni nosači	15	Nepovoljno	10	150	
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150	
9	Korozija	10	Loše	8	80	
10	Hidroizolacija	6.7	Loše	10	67	
11	Dilatacione sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2= 107.2
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R1= 768.4
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
20	Pešačke staze	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
22	Instalacije	2	Loše	4	8	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3= 81.68
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5000	3	9	R4= 33.58
						R= 990.86

R = 990,86 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

A.10. Most preko Gabrovačke reke na Vizantijskom Bulevaru - MG 10



Slika A.10. Izgled mosta

A.10.1. Opšti podaci o mostu

Mostovske konstrukcije prevode drumski i pešački saobraćaj Vizantijskog bulevara preko Gabrovačke reke. Most je sagrađen od armiranog betona.

Gornji stroj mosta rešen je kao armiranobetonski ram na dva zgloba, raspona 16,5m, sa niveletom u blagoj vertikalnoj konveksnoj krivini sa dvostranim padom od 0,50 % i osom mosta u pravcu. Prelaz reke je upravan. Ukupna dužina mostovskih konstrukcija je 23,6 m.

Fundiranje mosta izvršeno je direktno, izradom temeljnih stopa.

Rečno korito je regulisano. Slobodna visina ispod mosta, mereno od intradosa do inundacije je oko 2,50 m, a do dna rečnog korita 4,00 m.

Od dana puštanja u saobraćaj 1979. godine most je permanentno u funkciji.

A.10.2. Opis konstrukcija mosta

A.10.2.1. Gornji stroj mosta

Armiranobetonska pločasta konstrukcija rigle rama ima debljinu 0,50 m na polovini raspona mosta, odnosno 0,80 m u uklještenju sa stubom, tako da je intrados mosta paraboličan i formira sa zglobno oslonjenim stubovima svetli otvor od 16,0 m. Raspon armiranobetonskog rama na dva zgloba je 16,50 m. Slobodna visina ispod mosta je oko 2,50 m.

Širine mostovskih elemenata su: kolovoz sa uzvodne strane 6,0 m (dve saobraćajne trake) i sa nizvodne strane 9,0 m (tri saobraćajne trake), razdelna traka širine 1,50 m izdignuta za 20 cm od površine kolovoza i odvojena betonskim ivičnjacima kao i pešačke staze 2x3,0 m, venci sa ogradom 2x0,30 m, što čini ukupnu širinu mosta od 23,10 m.

Kolovoz na mostu je od asfalt betona, sa jednostranim poprečnim padom prema pešačkim stazama, dok su pešačke staze presvučene livenim asfaltom, sa poprečnim padom oko 1% ka kolovozu.

Prelaz reke je kos, sa uglom zakošenja oko 15 stepeni, dok konstrukcije mosta nisu zakošene.

Niveleta mosta je u pravcu i nagibu <0,3%.

Dilatacione konstrukcije na mostu ne postoje.

Ograda na mostu je standardna, od čeličnih kutijastih profila.

Gornji stroj mosta prevodi i instalacije gradskog toplovoda kao i vodovodne cevi.

Opterećenje od konstrukcija gornjeg stroja mosta prenosi se na krajnje - obalne stubove (platna) visine oko 5,00 m koji su zglobno povezani sa temeljima.

A.10.2.2. Donji stroj mosta

Donji stroj mosta formiraju dva obalna zglobno oslonjena armiranobetonska platna širine 20,6 m sa svojim fundamentima. Trakasti temelji su od armiranog betona.

Veza sa trupom puta ostvarena je preko šljunčanog klina sa prelaznim pločama.

Krilni zidovi su paralelni sa zatavljenim keglama.

Regulacija rečnog korita je urađena.

A.10.3. Izveštaj o stanju mosta

U tabelama A10.1 do A10.4 prikazan je rejting stanja mosta nakon glavnih inspekcijskih pregleda po elementima.

Tabela A10.1. Rejting mosta MG 10 nakon pregleda 1997. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Ne postoje	0	0		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75		
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoje	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoje	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75		
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Ne postoje	0	0		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		R2= 60.3
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R1= 418.4	
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
20	Pešačke staze	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
22	Instalacije	2	Loše	4	8		
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4		R3= 79.2
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9		R4= 33.58
						R= 591.48	

R = 591,48

⇒ ④ Investiciono održavanje

Tabela A10.2. Rejting mosta MG 10 nakon pregleda 2003 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Ne postoje	0	0		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75		
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoje	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoje	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75		
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Ne postoje	0	0		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2=	60.3
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R1=	418.4
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
20	Pešačke staze	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
22	Instalacije	2	Loše	4	8		
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3=	88.16
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	33.58
						R=	600.44

R = 600,44



④

Investiciono održavanje

Tabela A10.3. Rejting mosta MG 10 nakon pregleda 2009 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Ne postoje	0	0		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75		
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoje	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoje	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75		
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5		
11	Dilatazione sprave	6.7	Ne postoje	0	0		
12	Kolovoz	6.7	Nepovoljno	3	20.1		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2=	67
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R1=	438.4
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Loše	4	17.92		
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
20	Pešačke staze	4.48	Loše	4	17.92		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
22	Instalacije	2	Loše	4	8		
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3=	97.12
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	33.58
						R=	636.1

R = 636,1 ⇒ ④ Investiciono održavanje

Tabela A10.4. Rejting mosta MG 10 nakon pregleda 2015. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Ne postoje	0	0		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75		
5	Glavni nosači	15	Nepovoljno	10	150		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoje	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoje	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150		
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Ne postoje	0	0		
12	Kolovoz	6.7	Nepovoljno	3	20.1		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2=	67
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R1=	595.1
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Loše	4	17.92		
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
20	Pešačke staze	4.48	Loše	4	17.92		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
22	Instalacije	2	Nezadovoljava	5	10		
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3=	99.12
24	Položaj mosta u mreži	6.7		3	20.1		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	33.58
						R=	794.8

R = 794,8 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

A.11. Most preko Kutinske reke na Bulevaru Veljka Vlahovića - MG 11



Slika A.11. Izgled mosta

A.11.1. Opšti podaci o mostu

Mostovske konstrukcije prevode drumski i pešački saobraćaj bulevara Veljka Vlahovića odnosno puta Niš - Niška banja, preko Kutinske reke kod naselja "Nikola Tesla".

Most je sagrađen od armiranog betona 1970. godine, odnosno 1976. godine.

Osovina mosta je u pravcu sa upravnim prelazom rečnog toka, a niveleta u jednostranom nagibu sa padom 0,8% prema Niškoj banji. Most ima tri otvora.

Gornji stroj mosta rešen je kao kontinualna pločasta armiranobetonska konstrukcija, raspona 7,0+14,0+7,0 m. Armiranobetonska ploča je puna, debljine 60 cm. Dužina rasponskih konstrukcija mosta je 28,70 m, a ukupna dužina mostovskih konstrukcija je 37,48 m.

Fundiranje mosta je izvršeno direktno, izradom armiranobetonskih temeljnih stopa. Rečno korito nije regulisano.

Projekat mosta je uradio "Kosovoprojekt" Beograd OOUR "Konstruktivni sektor" 1970. godine za desnu kolovoznu traku (I faza), odnosno 1975. godine za drugi deo mosta, za levu kolovoznu traku (II faza).

Most je sagradilo Preduzeće za puteve "Niš" iz Niša, 1970. odnosno 1976. godine, a nadzor vodila Direkcija za urbanizam Niš.

Od dana puštanja u saobraćaj do sada most je o permanentno u funkciji.

A.11.2. Opis konstrukcija mosta

A.11.2.1. Gornji stroj mosta

Glavnim projektom saobraćajnice Niš - Niška banja definisana je u potpunosti trasa i niveleta objekta, tako da su izvršene korekcije na niveleti postojećeg mosta, čime je uklopljen u jedinstvenu celinu celog objekta na tom delu saobraćajnice. Zbog toga, proizašlo je logično rešenje, da drugi most treba da bude istih otvora i konstrukcijskih oblika iz estetskih i hidrauličkih razloga.

Gornji stroj mosta rešen je kao kontinualna pločasta armiranobetonska konstrukcija, raspona 7,0 + 14,0 + 7,0 m. Pločasti nosač nije olakšan i debljina pune ploče je 60 cm.

Osovina mosta je u pravcu sa upravnim prelazom rečnog toka, a niveleta u vertikalnoj krivini radijusa $R=4000$ m i jednostranom nagibu sa padom 0,8% prema Niškoj banji.

Poprečni pad na postojećem objektu prepravljen je i od dvostrukog urađen je jednostrani sa padom $i_p=1\%$.

Širina kolovoza na mostu je 7,0 m, razdelna traka je kao i na putu širine 1,5 m dok je širina pešačke staze zajedno sa ogradom i vencem na novoprojektovanom mostu 2,5 m.

Pešačke staze na mostu u nagibu su 1% prema kolovozu, izdignute su iznad kolovoza za 20 cm i završavaju se montažnim betonskim ivičnjacima 18/24 cm.

Asfalt beton na kolovozu projektovan je debljine 6 cm, dok se na delovima pešačkih staza nalazi liveni asfalt debljine 2 cm.

Ograda na mostu je od čeličnih bezšavnih cevi sa ispunom od šipki glatkog čelika.

Glavni armiranobetonski pločasti nosači su od MB 30 i slobodno su oslonjeni na ležišta. Konstrukciju ležišta čini čelična cev $\varnothing 150$ mm ispunjena betonom i postavljena između čeličnih ploča debljine 20 mm, koje su ugrađene u konstrukciju pločastog nosača i konstrukciju ležišne grede obalnog stuba.

Spojevi susednih polja rešeni su dilatacionim konstrukcijama na mostu od bakarnog lima, koji je prekriven asfaltnim zastorom.

A.11.2.2. Donji stroj mosta

Donji stroj mosta sagrađen je kao jednostavna i racionalna armiranobetonska konstrukcija betoniranjem na licu mesta. Donji stroj ovog mosta formiraju dva obalna armiranobetonska stuba širine 9,40 m sa svojim krilima i fundamentima, kao i srednji rečni stubovi. U osam srednjih stubova nalazi se po par armiranobetonskih platana debljine 40 cm i širine 1,5 m, na međusobnom svetlom odstojanju od 4,0 m. Platna su MB 30 i oslanjaju se na armiranobetonski jastuk MB 20 i betonsku stopu visine 1,0 m od MB 15.

Krajnji stubovi postavljeni su na betonsku stopu debljine 1,2 m i MB 15. Telo krajnjeg stuba je od armiranog betona MB 20.

Krilni zidovi su viseći i između njih nalaze se prelazne ploče na šljunčanom klinu. Prelazne ploče i anđeoska krila takođe su urađeni od MB 20.

Regulacija rečnog korita nije urađena, te su obale zarasle u šiblje i korov.

A.11.3. Izveštaj o stanju mosta

U tabelama A11.1 do A11.4 prikazan je rejting stanja mosta nakon pregleda po elementima.

Tabela A11.1. Rejting mosta MG 11 nakon pregleda 1997. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75	
2	Srednji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75	
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75	
4	Ležišta	15	Nepovoljno	10	150	
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75	
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30	
10	Hidroizolacija	6.7	Nepoznato	5	33.5	
11	Dilatacione sprave	6.7	Nepovoljno	4	26.8	
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R2= 93.8
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R1= 568.4
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
20	Pešačke staze	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
22	Instalacije	2	Prihvatljivo	2	4	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3= 73.2
24	Položaj mosta u mreži	6.7		4	26.8	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 40.28
						R= 775.68

R = 775,68 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A11.2. Rejting mosta MG 11 nakon pregleda 2003 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75	
2	Srednji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75	
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75	
4	Ležišta	15	Nepovoljno	10	150	
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75	
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30	
10	Hidroizolacija	6.7	Nepoznato	5	33.5	
11	Dilatacione sprave	6.7	Nepovoljno	4	26.8	
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R2= 93.8
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R1= 568.4
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
20	Pešačke staze	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
22	Instalacije	2	Prihvatljivo	2	4	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3= 82.16
24	Položaj mosta u mreži	6.7		4	26.8	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 40.28
					R=	784.64

R = 784,64 ⇨ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A11.3. Rejting mosta MG 11 nakon pregleda 2009 godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Nepovoljno	10	150		
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150		
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepoznato	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Nepovoljno	4	26.8		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R2=	93.8
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R1=	643.4
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
20	Pešačke staze	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
22	Instalacije	2	Prihvatljivo	2	4		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3=	82.16
24	Položaj mosta u mreži	6.7		4	26.8		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	40.28
						R=	859.64

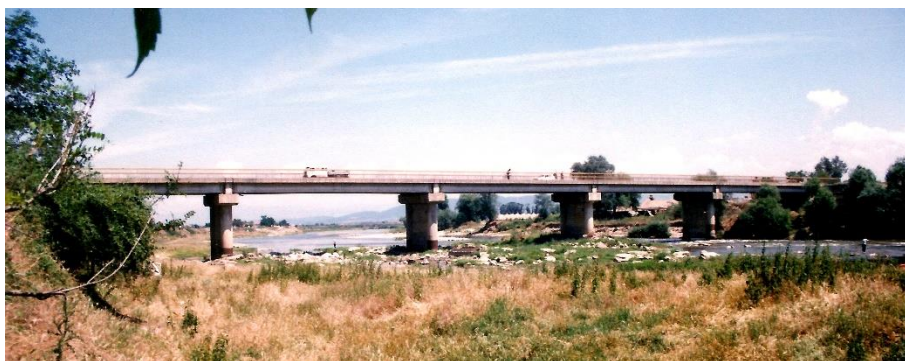
R = 859,64 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A11.4. Rejting mosta MG 11 nakon pregleda 2015. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Nepovoljno	10	150		
5	Glavni nosači	15	Nepovoljno	10	150		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150		
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepoznato	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Nepovoljno	4	26.8		
12	Kolovoz	6.7	Nepovoljno	3	20.1		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Loše	4	26.8	R2=	107.2
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R1=	725.1
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
20	Pešačke staze	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
22	Instalacije	2	Prihvatljivo	2	4		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3=	82.16
24	Položaj mosta u mreži	6.7		4	26.8		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	40.28
						R=	954.74

R = 954,74 ⇨ ⑤ Planiranje sanacije

A.12. Most preko reke Južne Morave kod Mramora - MG 12



Slika A.2. Izgled mosta

A.12.1. Opšti podaci o mostu

Most prevodi drumski i pešački saobraćaj puta M-25 (Niš - Prokuplje) preko reke Južne Morave kod naselja Mramor. Osovina mosta je u pravcu a niveleta u jednostranom nagibu sa padom 0,3%. Most ima 5 otvora.

Gornji stroj rešen je kao sistem slobodno oslonjenih roštiljnih rasponskih konstrukcija nad svakim otvorom. Raspon glavnih nosača svakog polja iznosi 26,0 m.

Dužina rasponske konstrukcije je 137,1 m, a ukupna dužina mosta iznosi 154,4 m.

Fundiranje mosta je izvršeno na bušenim šipovima sistema "HW".

Projekat mosta je uradio 1979. godine Institut za puteve - Zavod za projektovanje "Trasa" iz Beograda, interventno nakon katastrofe - rušenja starog mosta.

Objekat je izgradila G.R.O. "Mostogradnja" iz Beograda iste godine.

Od dana puštanja u saobraćaj do sada most je permanentno u funkciji.

A.12.2. Opis konstrukcija mosta

A.12.2.1. Gornji stroj mosta

Gornji stroj mosta izveden je kao serija od pet slobodno oslonjenih rasponskih roštiljnih konstrukcija pojedinih polja, međusobno razdvojenih dilatacionim konstrukcijama.

Poprečni presek gornjeg stroja rešen je sa 6 glavnih prefabrikovanih prethodno napregnutih montažnih nosača dužine 26,7 m. Nosači su postavljeni u poprečnom pravcu na osovinskom razmaku od 174 cm. Prefabrikovani nosači su nesimetričnog "T" preseka. Gornja flanša montažnog glavnog nosača široka je 120 cm i 16 cm debela. Visina glavnog nosača je 140 cm, a debljina vertikalnih rebara 18 cm. Donja flanša je 40 cm široka, 15 cm debela sa vutom od 15 cm. Na delu oslonca širina donje flanše je isto što i debljina rebara tako da je glavni nosač na ovom delu "T" preseka. Gornja flanša montažnog nosača u isto vreme je i deo kolovozne ploče koja se formira betoniranjem podužnih traka na licu mesta u širini od 54 cm.

Svi montažni nosači su prethodno napregnuti kablovima 16Ø7 mm.

Kolovoz na mostu širine 7,5 m u jednostranom je nagibu od 2,5%. Pešačke staze široke su 1,0 m sa nagibom od 2,0% prema kolovozu i odvojene su od površine kolovoza denivelacijom (20 cm), odnosno betonskim ivičnjacima 18/24 cm. Asfalt beton na kolovozu je projektovan debljine 6,0 cm, dok se na delovima pešačkih staza nalazi liveni asfalt debljine 2,0 cm.

Radi prevođenja instalacija preko mosta, na delu pešačkih staza ostavljene su komore pokrivene montažnim pločama. Ograda na mostu je od kutijastih profila visine 1,10 m sa ispunom od "šparinga" \neq 30.10. ..710.

Projektom je predviđeno da ivični montažni nosači imaju profil okapnice sa vencem, ali su na licu mesta izvedene montažne maske.

Poprečni nosači su projektovani samo iznad ležišta i prethodno napregnuti sa po dva kabla 6Ø7 mm. Nosači su slobodno oslonjeni na neoprenska ležišta (pokretno i nepokretno).

Spojevi susednih polja rešeni su dilatacionim konstrukcijama «bakarušama» koje su prekrivene asfaltnim zastorom. Slivnici su tipski, S6 proizvođača "Mostogradnja".

A.12.2.2. Donji stroj mosta

Donji stroj mosta koncipiran je kao jednostavna i racionalna armiranobetonska konstrukcija koja se izvodi betoniranjem na licu mesta.

U osama srednjih stubova (S_2 i S_5) fundiranje je izvršeno na po dva armiranobetonska šipa, koji su postavljeni na osovinskom razmaku od 6,0 m. Šipovi su bušeni sistema *Hochstrasser Weise* (HW) prečnika Ø150 cm, dužine 13,0 m.

Obalni stubovi (S_1 , S_6) fundirani su na bateriji od 5 HW šipova.

Srednji (rečni) stubovi čine nastavak HW šipova (po dva šipa u svakoj osi stuba na razmaku od 6,0 m) formiranjem tzv. "šip - stub" prečnika Ø140 cm, koji su međusobno spojeni AB platnom debljine 60 cm, i visine 8,0 m. Srednji stubovi se završavaju naglavnom gredom $b/d = 240/120$ cm sa kvaderima za ležišta nosača.

Krajnji stubovi (S_1 , S_6) postavljeni su na AB stopu debljine 1,5 m koja čini glavu baterije HW šipova. Krila su paralelna dužine 8,1 m, a prelazna ploča je dugačka 3,5 m. Na naglavnoj gredi obalnih stubova takođe su izvedeni kvaderi za ležišta glavnih nosača rasponske konstrukcije mosta.

A.12.3. Stanje mosta neposredno pre sanacije

Pre početka radova na sanaciji konstrukcija mosta, autor ove disertacije je, kao vršioc stručnog nadzora, pregledao rečno korito i konstrukcije mosta zajedno sa ostalim

predstavnicima nadzora, izvođača i investitora, i dao predlog dodatnih mera za sanaciju mostovskih konstrukcija.

- Ograda na mostu oštećena je u toj meri da je praktično neupotrebljiva i mora se u celosti zameniti, te novu ogradu uraditi od cevastih profila.
- Vodovodne, PTT i elektro instalacije koje su "prikačene" za maske i ogradu mosta neophodno je izmestiti ne samo zbog sanacije pojedinih konstrukcija mosta, već i zbog sigurnosti samih instalacija. Uočeno je oštećenje istih, a između stubova S₃ i S₄ pukla je vodovodna cev i voda pod pritiskom kvasi glavne nosače mosta. Takođe, zatečeni položaj instalacija vodovoda deluje nepovoljno na konstrukcije mosta - konzole pešačke staze, jer iste nisu sračunate niti dimenzionisane za takav intenzitet i položaj opterećenja.
- Snimanjem stanja *in situ* izmerena je debljina asfalta na kolovozu mosta od 11- 15 cm. Pokrivenost starih dilatacionih spojnica (bakaruša) asfaltom, ukazuje da su na kolovozu mosta dodati novi slojevi asfalta nakon izgradnje mosta, čime je narušeno projektovano stanje:
 - Novi stojevi asfalta predstavljaju dodatni "mrtvi" teret na mostu,
 - projektovana denivelacija pešačkih staza i kolovoza smanjena je na manje od 15 cm,
 - zatečena debljina asfalta ne dozvoljava pravilnu ugradnju novih dilatacionih spojnica.

Iz svega navedenog, neophodno je uklanjanje suvišnog asfaltnog zastora sa mosta u debljini od min 8 cm i treba uraditi jedan novi abajući sloj na mostu propisanog kvaliteta i debljine. Na kolovozu mosta mora da se postavi asfalt beton sa modificiranim bitumenom, tj. sa dodacima koji osiguravaju izuzetnu prionjivost sa kamenim materijalima, visoku elastičnost i dugotrajnost abajućeg sloja.

A.12.4.Saniranje oštećenih konstrukcija mosta

Institut za građevinarstvo i arhitekturu GAF-a u Nišu uradio je Glavni projekat sanacije mosta 1998. godine. Radove na sanaciji mosta uradili su GP «Mostogradnja» iz Beograda i «Niskogradnja» iz Niša (za asfalterske radove). Stručni nadzor na mostu vršili su dr Novak Spasojević i mr Milan Gligorijević za gornji stroj i dr O. Potić za regulaciju rečnog korita, sa svojim rešenjem izrade praga. Sanacija mosta počela je avgusta 2002. godine i radovi su prema dinamičkom planu završeni za 60 dana.

A.12.5.Izveštaj o stanju mosta

U tabelama A12.1 do A12.4 prikazan je rejting stanja mosta nakon glavnih inspeksijskih pregleda po elementima.

Tabela A12.1. Rejting mosta MG 12 nakon pregleda 1997. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Opasno	100	1500		
2	Srednji stubovi	15	Nezadovoljava	20	300		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75		
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75		
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepovoljno	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nezadovoljava	5	33.5	R2=	93.8
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nezadovoljava	5	33.5	R1=	2238.5
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
18	Ograde	4.48	Loše	4	17.92		
19	Ivičnjaci	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
20	Pešačke staze	4.48	Loše	4	17.92		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Loše	4	17.92		
22	Instalacije	2	Loše	4	8		
23	Signalizacija	2	Loše	4	8	R3=	110.08
24	Položaj mosta u mreži	6.7		4	26.8		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	40.28
						R=	2482.66

R = 2482,66 ⇒ ⑥ Hitna sanacija

Tabela A12.2. Rejting mosta MG 12 nakon pregleda 2003. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75	
2	Srednji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75	
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75	
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75	
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Dobro	1	15	
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30	
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7	
11	Dilatacione sprave	6.7	Dobro	1	6.7	
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2= 33.5
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R1= 508.4
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
18	Ograde	4.48	Dobro	1	4.48	
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48	
20	Pešačke staze	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
22	Instalacije	2	Prihvatljivo	2	4	
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3= 61.76
24	Položaj mosta u mreži	6.7		4	26.8	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 40.28
						R= 643.94

R = 643,94 ⇒ ④ Investiciono održavanje

Tabela A12.3. Rejting mosta MG 12 nakon pregleda 2009. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75	
2	Srednji stubovi	15	Nepovoljno	10	150	
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75	
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75	
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75	
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30	
10	Hidroizolacija	6.7	Prihvatljivo	3	20.1	
11	Dilatacione sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R2= 67
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R1= 643.4
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
20	Pešačke staze	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6	
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3= 72.72
24	Položaj mosta u mreži	6.7		4	26.8	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 40.28
						R= 823.4

R = 823,4 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A12.4. Rejting mosta MG 12 nakon pregleda 2015. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75	
2	Srednji stubovi	15	Nepovoljno	10	150	
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75	
4	Ležišta	15	Nepovoljno	10	150	
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
6	Poprečni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75	
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50	
10	Hidroizolacija	6.7	Prihvatljivo	3	20.1	
11	Dilatacione sprave	6.7	Nepovoljno	4	26.8	
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Loše	4	26.8	R2= 87.1
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R1= 745.1
15	Klinovi	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
16	Prelazne ploče	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
20	Pešačke staze	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
22	Instalacije	2	Nezadovoljava	5	10	
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3= 90.16
24	Položaj mosta u mreži	6.7		4	26.8	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 40.28
						R= 962.64

R = 962,64 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

A.13. Nadvožnjak preko auto puta kod mesta Novo Selo u Nišu - MG 13



Slika A.2. Izgled mosta

A.13.1. Opšti podaci o nadvožnjaku

Mostovske konstrukcije nadvožnjaka prevode drumski i pešački saobraćaj magistralnog puta M-25 (Niš - Prokuplje) preko autoputa kod mesta Novo selo.

Most je sagrađen od armiranog betona 1990. godine i ima 3 otvora sa zakrivljenim intradosom u oba pravca.

Osovina mosta je u blagoj vertikalnoj krivini a most zakošen pod uglom od 30° u odnosu na osu prepreke (autoputa).

Gornji stroj mosta rešen je kao olakšana kontinualna pločasta konstrukcija sa četiri otvora odnosno polja.

Rasponi mosta su $12,50+20,50+20,50+12,50$ m, sa kolovozom širine 7,70 m u jednostranom poprečnom nagibu od 2,5%. Dužina rasponskih konstrukcija je 66,70 m a ukupna dužina nadvožnjaka iznosi 73,52 m.

Obalni stubovi su klasične armiranobetonske konstrukcije, dok su srednji stubovi promenljivog poprečnog preseka i skladno arhitektonski oblikovani.

Fundiranje svih stubova mosta izvršeno je direktno izradom temeljnih stopa.

Projekat mosta uradio je institut za puteve iz Beograda 1988. godine a konstrukcije nadvožnjaka sagradila je GRO "Ratko Mitrović" iz Beograda 1990 godine.

Od dana puštanja u saobraćaj do sada most je permanentno u funkciji.

A.13.2. Opis konstrukcija nadvožnjaka

A.13.2.1. Gornji stroj nadvožnjaka

Gornji stroj mosta sagrađen je kao kontinualna pločasta konstrukcija na četiri polja, delimično ošupljena u sredini raspona svakog otvora.

Rasponi nadvožnjaka su 12,5+20,5+20,5+12,5 m sa niveletom u vertikalnoj krivini. Ukupna širina mosta je 12,10 m sa kolovozom širine 7,70 m, od asfalt betona debljine 6 cm u jednostranom poprečnom nagibu od 2,5% i obostranim pešačkim stazama širine po 2,0 m, koje su 20 cm izdignute i odvojene od kolovoza betonskim ivičnjacima. Pešačke staze presvučene su livenim asfaltom debljine 2 cm, sa padom od 1,5% ka kolovozu. Ograda na pešačkim stazama visine 1,10 m je od čeličnih kutijastih profila, obostrana i standardna.

Poprečni presek gornjeg stroja nadvožnjaka rešen je pločastim nosačem širine 9,1 m i debljine 0,80 m, sa dva konzolna prepusta po 1,50 m. Ploča je mestimično olakšana ugradnjom po 11 litokartonskih cevi Ø48 cm u svakom polju. Na delu oslonaca i iznad srednjih stubova ploča je puna.

Zbog eventualnog prevođenja instalacija preko nadvožnjaka na delu pešačkih staza postavljeno je po 6 litokartonskih cevi Ø10 cm.

Prema glavnom projektu, rasponska konstrukcija izvedena je kao klasična armiranobetonska konstrukcija, sa pokretnim neoprenskim ležištima na krajnjim stubovima.

Na srednjim stubovima pločasti nosač kruto je vezan za armiranobetonska platna.

Kontinuitet prelaza sa konstrukcije nasipa na mostovske konstrukcije, kao i njeno dilatiranje rešeno je dilatacionim spravama.

Dilataciona sprava od čeličnih i neoprenskih elemenata tipa MR postavljena je nad krajnjim stubovima.

Odvodnjavanje gornjih površina mostovskih konstrukcija obavlja se uz pomoć slivnika S6.

A.13.2.2. Donji stroj nadvožnjaka

Konstrukcije donjeg stroja nadvožnjaka koncipirane su kao jednostavne i racionalne armiranobetonske konstrukcije koje su građene betoniranjem na licu mesta, a pri tom ostavljaju izuzetno prijatan vizuelni efekat.

Donji stroj mosta formiraju dva krajnja i dva srednja stuba sa svojim fundamentima. Krajnji stubovi su armiranobetonske konstrukcije klasičnog tipa, dok su srednji stubovi promenljivog poprečnog preseka i skladno arhitektonski oblikovani.

Krajnji stubovi fundirani su direktno na betonske temeljne stope. Naglavna greda postavljena je na dva armiranobetonska stuba MB 30 između kojih je propušten nasip koji formira keglu. Ovi stubovi sadrže i konstrukcije "anđeoskih"- visećih krila i prelaznu ploču dužine 4 m.

Prelazne ploče, šljunčani klinovi i viseći krilni zidovi ostvaruju vezu konstrukcija mosta sa trupom puta. Kegle su obložene kamenim pločama.

Srednji stubovi takođe su fundirani direktno na temeljnim stopama i betonskim jastucima. Iz betonskog jastuka iznad temeljne stope izlazi armiranobetonsko platno debljine 69 cm i širine 4,0 m, koje je po sredini rasečeno fugom od 10 cm. Na visini od 4,50 m ova dva platna se razdvajaju međusobno formirajući „V“ oblik stuba. Platna se direktno ulivaju u pločasti nosač gornjeg stroja nadvožnjaka.

A.13.3. Izveštaj o stanju mosta

U tabelama A13.1 do A13.4 prikazan je rejting stanja mosta nakon glavnih inspekcijskih pregleda po elementima.

Tabela A13.1. Rejting mosta MG 13 nakon pregleda 1997. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	Rl=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Dobro	1	15		
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15		
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15		
4	Ležišta	15	Dobro	1	15		
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Dobro	1	15		
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30		
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7		
11	Dilatacione sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Dobro	1	6.7	R2=	33.5
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Dobro	1	6.7	R1=	126.7
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48		
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Dobro	1	4.48		
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48		
20	Pešačke staze	4.48	Dobro	1	4.48		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
22	Instalacije	2	Ne postoji	0	0		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3=	42.32
24	Položaj mosta u mreži	6.7		4	26.8		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	40.28
						R=	242.8

R=242,8 ⇒ ③ Intenzivno održavanje

Tabela A13.2. Rejting mosta MG 13 nakon pregleda 2003. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Dobro	1	15		
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15		
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15		
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75		
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Dobro	1	15		
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30		
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7		
11	Dilatacione sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Dobro	1	6.7	R2=	33.5
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Dobro	1	6.7	R1=	186.7
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48		
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Dobro	1	4.48		
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48		
20	Pešačke staze	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
22	Instalacije	2	Ne postoji	0	0		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3=	46.8
24	Položaj mosta u mreži	6.7		4	26.8		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	40.28
						R=	307.28

R=307,28

⇒ ④ Investiciono održavanje

Tabela A13.3. Rejting mosta MG 13 nakon pregleda 2009. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Dobro	1	15	
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15	
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15	
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75	
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Dobro	1	15	
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30	
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7	
11	Dilatacione sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Dobro	1	6.7	R2= 33.5
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Dobro	1	6.7	R1= 246.7
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48	
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Dobro	1	4.48	
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48	
20	Pešačke staze	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
22	Instalacije	2	Ne postoji	0	0	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3= 55.76
24	Položaj mosta u mreži	6.7		4	26.8	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4= 40.28
						R= 376.24

R=376,24

⇒ ④ Investiciono održavanje

Tabela A13.4. Rejting mosta MG 13 nakon pregleda 2015. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Dobro	1	15		
2	Srednji stubovi	15	Dobro	1	15		
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15		
4	Ležišta	15	Prihvatljivo	5	75		
5	Glavni nosači	15	Nepovoljno	10	150		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoji	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75		
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30		
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7		
11	Dilatacione sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Dobro	1	6.7	R2=	33.5
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Dobro	1	6.7	R1=	381.7
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48		
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Dobro	1	4.48		
18	Ograde	4.48	Loše	4	17.92		
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48		
20	Pešačke staze	4.48	Loše	4	17.92		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
22	Instalacije	2	Ne postoji	0	0		
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3=	64.72
24	Položaj mosta u mreži	6.7		4	26.8		
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48		
26	Sabračajno opterećenje deonice	3	>5 000	3	9	R4=	40.28
						R=	520.2

R = 520,2 ⇒ ④ Investiciono održavanje

A.14. Most preko Gabrovačke reke u ulici Ljubomira Nikolića - MG 14



Slika A.14. Izgled mosta

A.14.1. Opšti podaci o mostu

Mostovske konstrukcije prevode drumski i pešački saobraćaj ulice Ljubomira Nikolića preko Gabrovačke reke. Most je sagrađen od armiranog betona 1967/68. godine.

Gornji stroj mosta rešen je kao prosto oslonjena pločasta armiranobetonska konstrukcija, raspona 10,00 m, sa niveletom u jednostranom nagibu od 0,50 % i osom mosta u pravcu. Dužina mostovskih konstrukcija je 11,50 m.

Fundiranje mosta je izvršeno direktno, izradom temeljnih stopa.

Rečno korito nije regulisano. Most je sagradila JNA.

Od dana puštanja u saobraćaj do sada most je permanentno u funkciji.

A.14.2. Opis konstrukcija mosta

A.14.2.1. Gornji stroj mosta

Armiranobetonska pločasta konstrukcija debljine 0,60 m, slobodno je oslonjena na krajnje stubove, formirajući otvor dužine 9,00 m. Slobodna visina ispod mosta je 3,0 m.

Širine mostovskih elemenata su: kolovoz 5,60 m, pešačkih staza nema, venci sa ogradom 2x0,25 m, što čini ukupnu širinu mosta od 6,10 m.

Prelaz reke je kos, sa uglom zakošenja oko 15 stepeni, dok konstrukcije mosta nisu zakošene.

Niveleta mosta je u pravcu i nagibu od 0,50 %.

Dilatazione konstrukcije na mostu ne postoje.

Ograda na mostu je od čeličnih bezšavnih cevi, nedovoljne dužine i nije po propisu jer je visine 94 cm i sa otvorima većim od 15 cm.

Gornji stroj mosta prevodi i vodovodnu cev prečnika 300 mm.

Opterećenje od konstrukcija gornjeg stroja mosta prenosi se na krajnje - obalne stubove direktnim oslanjanjem.

A.14.2.2. Donji stroj mosta

Donji stroj mosta formiraju dva obalna armiranobetonska stuba širine 6,00 m sa svojim fundamentima. Temelji su od nearmiranog betona.

Krilni zidovi paralelni su sa osom mosta, a kegle nisu obrađene. Regulacija rečnog korita nije urađena, te su obale zarasle u šiblje i korov.

A.14.3. Izveštaj o stanju mosta

U tabelama A14.1 do A14.4 prikazan je rejting stanja mosta nakon glavnih inspeksijskih pregleda po elementima.

Tabela A14.1. Rejting mosta MG 14 nakon pregleda 1997. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Ne postoje	0	0		
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75		
4	Ležišta	15	Nepoznato	10	150		
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoje	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoje	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75		
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepoznato	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Ne postoje	0	0		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R2=	67
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R1=	500.1
15	Klinovi	4.48	Ne postoje	10	44.8		
16	Prelazne ploče	4.48	Ne postoje	10	44.8		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
18	Ograde	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
19	Ivičnjaci	4.48	Ne postoje	10	44.8		
20	Pešačke staze	4.48	Ne postoje	10	44.8		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Prihvatljivo	2	8.96		
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6		
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3=	225.04
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7		
25	Geometrija mosta	4.48	PS nepropisn	2	8.96		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	<2 500	1	3	R4=	18.66
						R=	810.8

R = 810,8 → ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A14.2. Rejting mosta MG 14 nakon pregleda 2003. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75	
2	Srednji stubovi	15	Ne postoje	0	0	
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75	
4	Ležišta	15	Nepoznato	10	150	
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75	
6	Poprečni nosači	15	Ne postoje	0	0	
7	Spregovi	15	Ne postoje	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150	
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50	
10	Hidroizolacija	6.7	Nepoznato	5	33.5	
11	Dilatacione sprave	6.7	Ne postoje	0	0	
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R2= 67
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R1= 595.1
15	Klinovi	4.48	Ne postoje	10	44.8	
16	Prelazne ploče	4.48	Ne postoje	10	44.8	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Loše	4	17.92	
18	Ograde	4.48	Loše	4	17.92	
19	Ivičnjaci	4.48	Ne postoje	10	44.8	
20	Pešačke staze	4.48	Ne postoje	10	44.8	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6	
23	Signalizacija	2	Prihvatljivo	2	4	R3= 238.48
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7	
25	Geometrija mosta	4.48	PS nepropisna	2	8.96	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	<2 500	1	3	R4= 18.66
						R= 919.24

R = 919,24 → ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A14.3. Rejting mosta MG 14 nakon pregleda 2009. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Prihvatljivo	5	75		
2	Srednji stubovi	15	Ne postoje	0	0		
3	Krajnji stubovi	15	Nepovoljno	10	150		
4	Ležišta	15	Nepoznato	10	150		
5	Glavni nosači	15	Prihvatljivo	5	75		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoje	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoje	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150		
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepoznato	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Ne postoje	0	0		
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R2=	67
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R1=	670.1
15	Klinovi	4.48	Ne postoje	10	44.8		
16	Prelazne ploče	4.48	Ne postoje	10	44.8		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
18	Ograde	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
19	Ivičnjaci	4.48	Ne postoje	10	44.8		
20	Pešačke staze	4.48	Ne postoje	10	44.8		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6		
23	Signalizacija	2	Nepovoljno	3	6	R3=	249.44
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7		
25	Geometrija mosta	4.48	PS nepropisna	2	8.96		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	<2 500	1	3	R4=	18.66
						R=	1005.2

R = 1005,2 ⇨ ⑤ Planiranje sanacije

Tabela A14.4. Rejting mosta MG 14 nakon pregleda 2015. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R	
1	Temelji	15	Nepovoljno	10	150		
2	Srednji stubovi	15	Ne postoje	0	0		
3	Krajnji stubovi	15	Nepovoljno	10	150		
4	Ležišta	15	Nepoznato	10	150		
5	Glavni nosači	15	Nepovoljno	10	150		
6	Poprečni nosači	15	Ne postoje	0	0		
7	Spregovi	15	Ne postoje	0	0		
8	Ploča i konzole	15	Nepovoljno	10	150		
9	Korozija	10	Nepovoljno	5	50		
10	Hidroizolacija	6.7	Nepoznato	5	33.5		
11	Dilatacione sprave	6.7	Ne postoje	0	0		
12	Kolovoz	6.7	Nepovoljno	3	20.1		
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Loše	4	26.8	R2=	80.4
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Loše	4	26.8	R1=	826.8
15	Klinovi	4.48	Ne postoje	10	44.8		
16	Prelazne ploče	4.48	Ne postoje	10	44.8		
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
18	Ograde	4.48	Nezadovoljava	5	22.4		
19	Ivičnjaci	4.48	Ne postoje	10	44.8		
20	Pešačke staze	4.48	Ne postoje	10	44.8		
21	Sistem za odvod vode	4.48	Nepovoljno	3	13.44		
22	Instalacije	2	Nepovoljno	3	6		
23	Signalizacija	2	Nepovoljno	3	6	R3=	249.44
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7		
25	Geometrija mosta	4.48	PS nepropisna	2	8.96		
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	<2 500	1	3	R4=	18.66
						R=	1175.3

R = 1175,3 ⇒ ⑤ Planiranje sanacije

A.15. Most preko Gabrovačke reke u Gabrovcu - MG 15



Slika A.15. Izgled mosta

A.15.1. Opšti podaci o mostu

Most prevodi drumski i pešački saobraćaj puta Niš - Vukmanovo preko Gabrovačke reke u naselju Gabrovac. Osovina mosta je u pravcu a niveleta u jednostranom nagibu sa padom 0,5%. Most ima jedan otvor.

Gornji stroj rešen je kao sistem slobodno oslonjene roštiljne rasponske konstrukcije. Raspon glavnih nosača polja iznosi 15,0 m.

Fundiranje mosta je izvršeno na klasičnim temeljnim stopama.

Projekat mosta je uradio Institut za građevinarstvo i arhitekturu Građevinsko arhitektonskog fakulteta u Nišu, 1996. godine. Projektanti mosta su prof. dr Novak Spasojević, prof. dr. Dušan Petković i mr Milan Gligorijević.

Objekat je izgradila G.R.O. "Progres" iz Pirota 1998. godine.

Od dana puštanja u saobraćaj do sada most je permanentno u funkciji.

A.15.2. Opis konstrukcija mosta

A.15.2.1. Gornji stroj mosta

Gornji stroj mosta izgrađen je kao slobodno oslonjena rasponska roštiljna konstrukcija,

Poprečni presek gornjeg stroja rešen je sa 5 glavnih prefabrikovanih prethodno napregnutih montažnih nosača dužine 15,7 m. Prefabrikovani nosači su nesimetričnog "T" preseka.

Gornja flanša montažnog nosača u isto vreme je i deo kolovozne ploče koja se formira betoniranjem podužnih traka na licu mesta.

Svi montažni nosači su prethodno napregnuti kablovima 16Ø7 mm.

Kolovoz na mostu širine 6 m u jednostranom je nagibu od 2,5%. Pešačke staze široke su 1,0 m sa nagibom od 2,0 % prema kolovozu i odvojene su od površine kolovoza denivelacijpm od 20cm, odnosno betonskim ivičnjacima 18/24 cm. Asfalt beton na kolovozu je projektovan debljine 6,0 cm, dok se na delovima pešačkih staza nalazi liveni asfalt debljine 2,0 cm.

Ivični montažni nosači imaju montažne maske.

Most je u pravcu i zakošen u odnosu na maticu reke.

Poprečni nosači projektovani su samo na krajevima iznad ležišta.

Ograda na mostu je od cevastih profila visine 1,10 m.

A.15.2.2. Donji stroj mosta

Donji stroj mosta koncipiran je kao jednostavna i racionalna armiranobetonska konstrukcija koja se izvodi betoniranjem na licu mesta.

Obalni stubovi su armiranobetonske konstrukcije klasičnog tipa, fundirani na plitkim temeljima.

Prelazne ploče, šljunčani klinovi i viseći krilni zidovi ostvaruju vezu konstrukcija mosta sa trupom puta.

Zaštita od podlokavanja urađena je regulacijom rečnog korita u neposrednoj zoni mosta. Kegle uz obalne stubove nisu obložene kamenim pločama, tj. nisu obrađene te su obale zarasle u šiblje i korov.

A.15.3. Izveštaj o stanju mosta

U tabelama A15.1 do A15.4 prikazan je rejting stanja mosta nakon glavnih inspekcijskih pregleda po elementima.

Tabela A15.1. Rejting mosta MG 15 nakon pregleda 1998. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	Ri=ai*bi	R
1	Temelji	15	Dobro	1	15	
2	Srednji stubovi	15	Ne postoji	0	0	
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15	
4	Ležišta	15	Dobro	1	15	
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15	
6	Poprečni nosači	15	Dobro	1	15	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Dobro	1	15	
9	Korozija	10	Dobro	1	10	
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7	
11	Dilatacione sprave	6.7	Dobro	1	6.7	
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Dobro	1	6.7	R2= 26.8
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Dobro	1	6.7	R1= 106.7
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48	
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Dobro	1	4.48	
18	Ograde	4.48	Dobro	1	4.48	
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48	
20	Pešačke staze	4.48	Dobro	1	4.48	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Ne postoji	0	0	
22	Instalacije	2	Dobro	1	2	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3= 30.88
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	<500	1	3	R4= 14.18
						R= 178.56

R = 178,56 ⇒ ① Redovno održavanje

Tabela A15.2. Rejting mosta MG 15 nakon pregleda 2003. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Dobro	1	15	
2	Srednji stubovi	15	Ne postoji	0	0	
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15	
4	Ležišta	15	Dobro	1	15	
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15	
6	Poprečni nosači	15	Dobro	1	15	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Dobro	1	15	
9	Korozija	10	Dobro	1	10	
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7	
11	Dilatacione sprave	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R2= 40.2
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Dobro	1	6.7	R1= 106.7
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48	
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
19	Ivičnjaci	4.48	Dobro	1	4.48	
20	Pešačke staze	4.48	Dobro	1	4.48	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Ne postoji	0	0	
22	Instalacije	2	Dobro	1	2	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3= 39.84
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	<500	1	3	R4= 14.18
						R= 200.92

R = 200,92 ⇨ ② Redovno + kontrola

Tabela A15.3. Rejting mosta MG 15 nakon pregleda 2009. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Dobro	1	15	
2	Srednji stubovi	15	Ne postoji	0	0	
3	Krajnji stubovi	15	Dobro	1	15	
4	Ležišta	15	Dobro	1	15	
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15	
6	Poprečni nosači	15	Dobro	1	15	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Dobro	1	15	
9	Koroziya	10	Prihvatljivo	3	30	
10	Hidroizolacija	6.7	Dobro	1	6.7	
11	Dilatacione sprave	6.7	Nepovoljno	4	26.8	
12	Kolovoz	6.7	Dobro	1	6.7	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R2= 60.3
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	R1= 133.4
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48	
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
19	Ivičnjaci	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
20	Pešačke staze	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Ne postoji	0	0	
22	Instalacije	2	Prihvatljivo	2	4	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3= 55.28
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	<500	1	3	R4= 14.18
						R= 263.16

R = 263,16 ⇨ ③ Intenzivno održavanje

Tabela A15.4. Rejting mosta MG 15 nakon pregleda 2015. godine

Redni broj	Element	ai	opis	bi	RI=ai*bi	R
1	Temelji	15	Dobro	1	15	
2	Srednji stubovi	15	Ne postoji	0	0	
3	Krajnji stubovi	15	Prihvatljivo	5	75	
4	Ležišta	15	Dobro	1	15	
5	Glavni nosači	15	Dobro	1	15	
6	Poprečni nosači	15	Dobro	1	15	
7	Spregovi	15	Ne postoji	0	0	
8	Ploča i konzole	15	Prihvatljivo	5	75	
9	Korozija	10	Prihvatljivo	3	30	
10	Hidroizolacija	6.7	Prihvatljivo	3	20.1	
11	Dilatacione sprave	6.7	Loše	6	40.2	
12	Kolovoz	6.7	Prihvatljivo	2	13.4	
13	Vodotok ili područje ispod mosta	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R2= 93.8
14	Opšti utisak, stepen očuvanosti, procenjeni preostali vek, istorijski podaci	6.7	Nepovoljno	3	20.1	R1= 260.1
15	Klinovi	4.48	Dobro	1	4.48	
16	Prelazne ploče	4.48	Dobro	1	4.48	
17	Kegle ili prepušten nasip	4.48	Loše	4	17.92	
18	Ograde	4.48	Prihvatljivo	2	8.96	
19	Ivičnjaci	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
20	Pešačke staze	4.48	Nepovoljno	3	13.44	
21	Sistem za odvod vode	4.48	Ne postoji	0	0	
22	Instalacije	2	Prihvatljivo	2	4	
23	Signalizacija	2	Dobro	1	2	R3= 68.72
24	Položaj mosta u mreži	6.7		1	6.7	
25	Geometrija mosta	4.48	Usaglašena	1	4.48	
26	Saobraćajno opterećenje deonice	3	<500	1	3	R4= 14.18
						R= 436.8

R = 436,8



④

Investiciono održavanje

Biografija autora



Gligorijević (Momira) Milan, rođen je 26. 03. 1964. godine u Leskovcu. Osmogodišnju školu završio je u Brodu, kod Crne Trave, a srednju građevinsku tehničku školu u Crnoj Travi sa odličnim uspehom i diplomom "Vuk Karadžić".

Građevinski fakultet u Nišu, saobraćajno - konstruktivnog smera, upisao je 1983. godine. Za postignuti uspeh u prvoj godini studija dobio je Povelju Univerziteta u Nišu, a kao najbolji diplomirani student Građevinskog fakulteta dobio je nagradu i srebrnu plaketu niškog Univerziteta.

Diplomski rad iz predmeta "Betonski mostovi" odbranio je ocenom 10 (deset).

Za asistenta na predmetima Betonski mostovi i Metalni mostovi izabran je 1992. godine na Građevinskom fakultetu u Nišu.

Po završetku poslediplomskih studija, obrazovnog profila "Konstrukcije i konstruktivni sistemi građevinskih i hidrotehničkih objekata - smer za Betonske konstrukcije", odbranio je 1996. godine magistarsku tezu pod naslovom:

"Modeliranje spojeva susednih polja montažnih grednih mostova"

Pored angažovanja u nastavi iz predmeta Betonski mostovi, učestvovao je u izradi projektnih elaborata više betonskih mostova kao projektant u Institutu za građevinarstvo i arhitekturu Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu.

Za vreme stravičnog razaranja naše zemlje 1999. godine, odmah se aktivno uključuje u proces odbrane i obnove objekata infrastrukture, a po prestanku agresije kao odgovorni projektant i projektant radio je na sanaciji - rekonstrukciji više mostovskih i drugih civilnih i vojnih objekata.

Kao stručnjak i naučni radnik usmeren je na širu problematiku analize, projektovanja, građenja, održavanja i upravljanja mostovima. Sveukupni dosadašnji naučni i stručni rad kandidata karakteriše opredeljenje za šire optimalno korišćenje sistema, materijala i tehnologija građenja mostova sa posebnim osvrtom na Betonske i Metalne mostove, kao i Sistema upravljanja mostovima.

Uspešno se služi engleskim i ruskim jezikom.

Oženjen je i sa suprugom Snežanom, ima dva sina.



ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је докторска дисертација, под насловом

ОПТИМИЗАЦИЈА СИСТЕМА УПРАВЉАЊА МОСТОВИМА

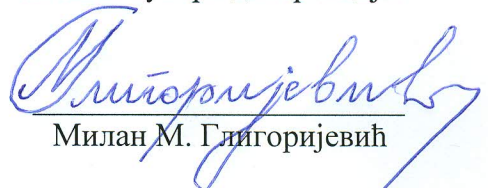
која је одбрањена на Грађевинско архитектонском факултету Универзитета у Нишу:

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да ову дисертацију, ни у целини, нити у деловима, нисам пријављивао на другим факултетима, нити универзитетима;
- да нисам повредио ауторска права, нити злоупотребио интелектуалну својину других лица.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци, који су у вези са ауторством и добијањем академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада, и то у каталогу Библиотеке, Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Нишу, као и у публикацијама Универзитета у Нишу.

У Нишу, _____

Потпис аутора дисертације:


Милан М. Глигоријевић



**ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ЕЛЕКТРОНСКОГ И ШТАМПАНОГ ОБЛИКА
ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ**

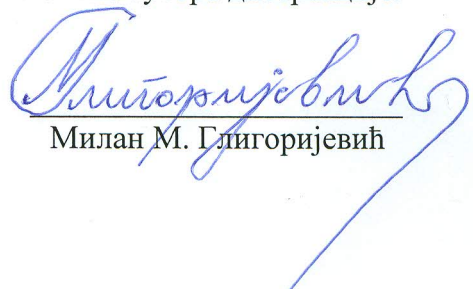
Наслов дисертације:

ОПТИМИЗАЦИЈА СИСТЕМА УПРАВЉАЊА МОСТОВИМА

Изјављујем да је електронски облик моје докторске дисертације, коју сам предао за уношење у **Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу**, истоветан штампаном облику.

У Нишу, _____

Потпис аутора дисертације:


Милан М. Глигоријевић



ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Никола Тесла“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу унесе моју докторску дисертацију, под насловом:

ОПТИМИЗАЦИЈА СИСТЕМА УПРАВЉАЊА МОСТОВИМА

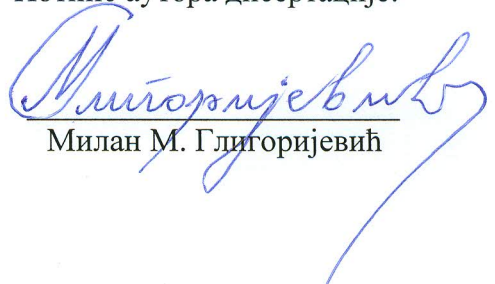
Дисертацију са свим прилозима предао сам у електронском облику, погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију, унету у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons), за коју сам се одлучио.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прераде (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

У Нишу, _____

Потпис аутора дисертације:


Милан М. Глигоријевић