

## PROJEKTOVANJE MOSTOVA PREMA UPOTREBNOM VEKU

Nikola Stojić<sup>1</sup>, Dragoslav Stojić<sup>2</sup>

**Rezime :** Evropske Norme EN 1990: 2002, ili takozvani nulti Evrokod, sadrži novi koncept proračuna nosećih konstrukcija koji pored graničnih stanja nosivosti i upotrebljivosti uvodi i proračun prema trajnosti konstrukcije, odnosno prema upotrebnom veku konstrukcije. U praksi se pokazalo da upotrební vek konstrukcije mostova, bilo da je on tehnički, funkcionalni ili ekonomski, ima izraženi značaj kako u delu projektovanja tako i u delu eksploatacije i održavanja. Ovaj rad je posvećen analizi relevantnih parametara koji utiču i na trajnost i na metode održavanja mostova.

**Gljučne reči:** Evrokod, trajnost, mostovi

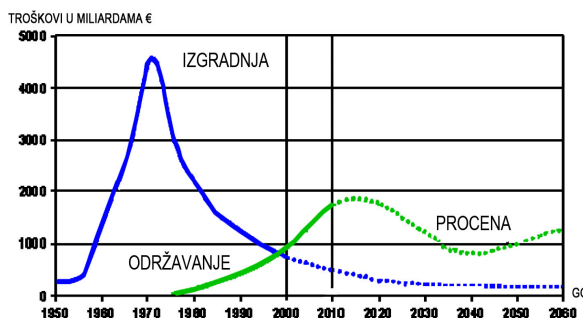
### SERVICE-LIFE ORIENTED BRIDGE DESIGN

**Summary:** European norms EN 1990: 2002, so called EUROCODE zero, contain a new approach of support structure design, which apart from the limit bearing and serviceability states introduces durability design, according to the service life of the structure. It has been proven in practice that the service life of bridge structures, be it technical, functional or economic, has a great importance both for designing and for service and maintenance. This paper contains an analysis of relevant parameters that affect the durability and the methods of maintaining bridges.

**Key Words :** Eurocode, durability, bridges

## 1. UVOD

Istorija graditeljstva obiluje primerima različitog pristupa trajnosti građevina od osnovne ideje čoveka da za sobom ostave građevine koje traju večno preko perioda potpunog zanemarivanja aspekta trajnosti kroz razdoblje intezivne izgradnje do savremenog koncepta - nastojanja za ostvarivanjem optimalne trajnosti konstrukcija tokom projektovanja i eksploatacije kroz održavanje



Slika 1. zavisnost troškova izgradnje i održavanja za vreme upotrebnoeg veka

## 2. PROJEKTOVANJE KONSTRUKCIJA

Novi koncept proračuna nosećih konstrukcija sadržan u EN 1990: 2002, koji pored graničnih stanja uvodi i proračun prema trajnosti konstrukcije, ne isključuju prethodni konvencionalni pristup baziran na iskustvima iz dugogodišnje prakse, već predstavljaju niz pravila i procedura koji obezbeđuju da tražena pouzdanost nije preskočena i da se neće dostići relevantno granično stanje tokom proračunskog upotrebnoeg veka.

Konstrukcije moraju biti planirane, projektovane i izvedene tako da ispunjavju uslove: - *funkcionalnosti* (eng. *functionality*) i *pouzdanosti* (eng. *reliability*).

## 3. POUZDANOST

Postoji više definicija pouzdanosti.

U domaćoj tehničkoj regulativi [1] definisana je pouzdanost (eng. *Reliability*) kao sposobnost konstrukcije da ima odgovarajuću upotrebljivost uz

<sup>1</sup> dipl. inž. građ., Institut za puteve Beograd

<sup>2</sup> Dr. red. prof. Građevinsko-arhitektonskog fakulteta u Nišu

predviđenu sigurnost i pretpostavljenu trajnost.

Prema Standardu ISO 2394 [2]: pouzdanost je sposobnost konstrukcije da zadovolji postavljene zahteve pod specifičnim uslovima tokom upotrebnog veka, prema kome je projektovana.

EN 1990 : 2002 [3], slična definicija kao u Standardu ISO 2394 uz dodatak da se pouzdanost odnosi na kapacitet nosivosti, upotrebljivost i trajnost konstrukcije. U opštem slučaju, mogu se definisati različiti stepeni pouzdanosti za nosivost, upotrebljivost i trajnost konstrukcije ili njenih delova.

EN1990 : 2002 [3] definiše tri klase konstrukcija prema pouzdanosti -RC1, RC2, RC3, kojima odgovaraju preporučeni minimalni indeksi pouzdanosti, za referentne periode od 1 i 50 godina (tabela 1.).

Granicno stanje	Ciljni indeks pouzdanosti, $\beta$	
	ref. period 1 god.	ref. period 50 god.
Nosivost	4.7	3.8
Upotrebljivost	2.9	1.5

Tabela 1. Ciljni indeksi pouzdanosti za različite klase

Dati indeksi pouzdanosti se odnose samo na granična stanja nosivosti. Vrednosti ciljnih indeksa pouzdanosti za granično stanje upotrebljivosti i za iste referentne periode, u standardu EN 1990: 2002 [3] dati su samo za klasu pouzdanosti RC2, (tabela 2.).

Klasa prema pouzdanosti	Minimalne vrednosti za $\beta$	
	ref. period 1 god.	ref. period 50 god.
RC1	5.2	4.3
RC2	4.7	3.8
RC3	5.2	3.3

Tabela 2. Ciljni indeksi pouzdanosti prema za granično stanje nosivosti

#### 4. UPOTREBNI VEK

Upotrebljivost (eng. *Serviceability*) predstavlja sposobnost konstrukcije da odgovara svojoj osnovnoj nameni u normalnoj upotrebi uz predviđena delovanja

Postoji više termina koji opisuju upotrebnog veka:

- *tehnički upotrebnog veka* - vreme tokom koga je konstrukcija u upotrebi dok se ne dostigne određeni tip graničnog stanja,
- *funkcionalni upotrebnog veka* - vreme tokom koga je konstrukcija u upotrebi dok ne postane funkcionalno zastarela usled promena u zahtevima

- *ekonomski upotrebnog veka* - vreme tokom koga je konstrukcija u upotrebi dok njena zamena ne postane ekonomski isplativija od troškova održavanja – *optimalni vek*

Standard ISO 2394 [2] na koji se standard EN 1990 poziva kada govori o pouzdanosti, daje vrednosti proračunskog upotrebnog veka za pet tipova konstrukcija (tabela 3.). Tipični upotrebnog veka, za različite konstrukcije, prema preporuci *fib*-a [4] je:

Kat.	Proračunski upotrebnog veka [god]	Primeri
1	10	Privremeni objekti
2	10 do 25	Zamenjivi delovi konstrukcije, nosaci
3	15 do 30	Poljoprivredni i drugi slični objekti
4	50	Zgrade i slične konstrukcije
5	100 i više	Monumentalne objekti, mostovi

Tabela 3. Kategorizacija objekata s obzirom na upotrebnog veka konstrukcije prema EN 1990: 2002 [3]

Upotrebnog veka konstrukcije vreme tokom koga konstrukcija ispunjava sve funkcionalne zahteve. Projektovanje s obzirom na upotrebnog veka podrazumeva da projektant bira osnovne parametre da bi ispunio funkcionalne zahteve za unapred definisani vremenski period. Time će biti obezbeđena odgovarajuća otpornost konstrukcije na štetna dejstva sredine.

#### 5. TRAJNOST KONSTRUKCIJA

Trajnost (eng. *Durability*) predstavlja sposobnost konstrukcije da zadrži odgovarajuće karakteristike kroz predviđeno vreme trajanja. Mogućnost da se kvantifikuje ispunjavanje relevantnih funkcija konstrukcije je osnova metodologije projektovanja prema trajnosti zasnovane na ponašanju konstrukcije (engl. *Performance based durability design methodology*). Trajnost nije lako kvantifikovati i zato se ne koristi u praksi kao operativni termin. Ona zavisi od parametara koji definišu funkcionalni zahtev i od kvaliteta izvršenja preostalih operacija na putu ka izgradnji objekta, kao što su izbor materijala i tehnologija građenja.

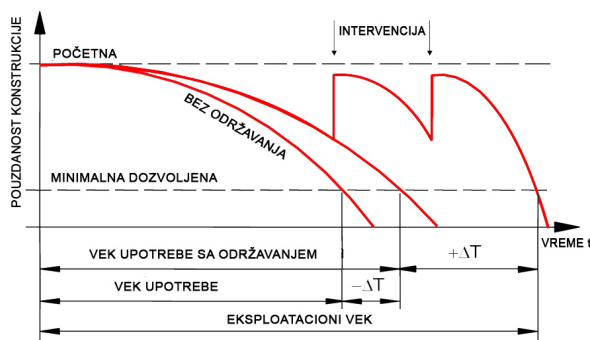
Trajnost konstrukcije se obezbeđuje na osnovu namene konstrukcije, proračunskog eksploatacionog veka, programa održavanja i dejstva na konstrukciju.

## 5.1 ODRŽAVANJE

Održavanje se nemože nezavisno posmatrati od problema trajnosti. Upravo je nedovoljna trajnost najveći problem savremenog održavanja. Cilj održavanja je očuvanje određenog stepena pouzdanosti funkcionisanja u toku projektovanog eksploatacionog veka.

Mostovi kao konstrukcije koje su zbog svog položaja u okruženju i agresivnosti sredine u kojoj se nalaze izloženi najrazličitijim negativnim uticajima mogu da posluže kao najbolji primer za analizu.

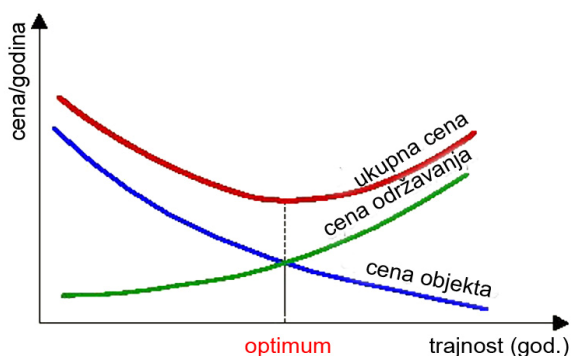
Životni odnosno eksploatacioni vek predstavlja period vremena u kome treba da budu obezbeđeni zahtevana sigurnost i upotrebljivost. (period između puštanja mosta u saobraćaj i njegovog zatvaranja)



Slika 2. eksploatacioni vek mosta

Primenom odgovarajućih mera održavanja i rehabilitacije most se može održavati u dobrom stanju sve dok ne postigne neki *optimalni vek* tzv. *ekonomski vek*.

Ekonomski vek se definiše kao period posle koga investicije na održavanju, popravkama i rehabilitaciji nisu isplative u odnosu na cenu novog mosta.



Slika 3. Pretpostavka za objekte u normalnoj upotrebi

Prema evropskoj i svetskoj praksi za investiciono održavanje mostova je potrebno izdvajati do 2% godišnje od njihove procenjene vrednosti

Praksa pokazuje da se nakon višegodišnje eksploatacije sposobnosti i najkvalitetnije izvedenih mostova smanjuje.

Most starenjem, kroz period eksploatacije dotrjava tj. prolazi kroz faze estetskih nedostataka, pojave oštećenja koja ugrožavaju trajnost pojedinih delova, zatim dolazi do ugroženosti bezbednosti saobraćaja i na kraju se narušava stabilnost konstrukcije.

Oštećenja mostova nastaju usled dejstva spoljnih uticaja, grešaka u projektovanju i izvođenju, opadanju svojstva materijala starenjem i neadekvatnim održavanjem.

Najčešći uzroci propadanja su odsustvo zaštitnih slojeva i odsustvo hidroizolacije

## 5.2 DETERIORACIJA MATERIJALA NOSEĆIH KONSTRUKCIJA

Deterioracija materijala nosećih konstrukcija definiše kao pogoršanje normalnih mehaničkih, fizičkih i hemijskih karakteristika na površini ili unutrašnjosti materijala.

Mehanizmi deterioracije materijala nosećih konstrukcija imaju ključni značaj u proceni pouzdanosti konstrukcije, a posebno u delu trajnosti konstrukcije. Poznavanje deterioracionih procesa različitih materijala u zavisnosti od uticaja sredine i značaja objekta, su osnova za primenu koncepta proračuna konstrukcije prema upotrebnom veku.

Deterioracija betona se je izražena kroz mehanizme korozije betona i armature.

Pod korozijom betona se podrazumeva degradacija betona i betonskih konstrukcija izloženih različitim agresivnim delovanjima. Kao rezultat ovog procesa javljaju se različita oštećenja u betonu i armaturi i smanjuje se kapacitet nosivosti usled redukcije poprečnog preseka betona i armature, a smanjen je kvalitet betona u zaštitnom sloju.

Prilikom projektovanja konstrukcija od čelika treba imati u vidu trajnost čelika kao materijala koji je podložan hemijskoj koroziji kao i veliku osetljivost na požarna opterećenja.

Koroziju čeličnih konstrukcija uzrokuju voda i oksidacioni agensi u sadejstvu sa kiseonikom iz vazduha. Moguća je i korozija čelika usled mehaničkih i toplotnih opterećenja.

Deterioracije drveta je uglavnom bio-hemijski ili mehanički procesi, a uzroci su bakterije, fungi i insekti, kao i dejstvo UV zraka i razna udarna oštećenja. Trajnost drveta je osobina da za vreme

eksploatacionog veka drvo zadrži prirodna svojstva, anatomsku građu, boju, tvrdoću, čvrstoću. Parametri koji utiču na trajnost drveta su unutrašnji: građa drveta, hemizmi, zapreminska masa, individualne osobine stabla i spoljašnji: vreme seče, postupak sa drveto m posle seče, mikroorganizmi, insekti, vlažnost, mehaničke povrede, način upotrebe.

Deterioracija zidanih konstrukcija je posledica klimatskih činioca, stepena izloženosti konstrukcije kvašenju, izloženosti ciklusima smrzavanja i odmrzavanja – zavisi od raspona i prirode temperaturnih promena i prisustvo hemijskih agenasa koji mogu dovesti do štetnih reakcija.

## 6. MOSTOVI U SRBIJI

Problemi trajnosti konstrukcije, najizraženiji su kod mostova, kao objekata koji su direktno izloženi uticajima sredine. Trajnost bazira na pravilnoj proceni značaja mosta, na pravilnom izboru materijala konstrukcije, kao i dobrom kvocijentu održavanje-deterioracija. Najznačajniji faktori koji utiču na procese deterioracije kod mostova su dejstva hemijski agresivne sredine, kao što su sulfati, hloridi, razne kiseline i baze. Fizički faktori, kao što je dejstvo niskih i visokih temperatura i požara; dejstvo UV zraka; mehanička oštećenja usled slučajnih udara, preopterećenje i ciklično opterećenje, a vrlo često su prisutni i biološki faktori- dejstvo bakterija, gljivica, insekata, školjki, mahovine i lišajeva, su takođe veoma značajni.

Prema podacima o stanju objekata iz 1990 g. 30% objekata je u lošem stanju sa oštećenjima rasponskih konstrukcija i stubova, a na svim ostalim objektima evidentirana je pojava sekundarnih oštećenja. Mostovi su projektovani i izvođeni u različitim vremenima, po različitim propisima, po različitim opterećenjima i drugim zahtevima.

Odsustvo hidroizolacije na mostovima zbog dugogodišnjeg mišljenja da je beton veći materijal, neadekvatost sistema za odvođenje vode, promet vangabaritnih tereta bez kontrole, samo su neki od parametara ubrzanog propadanja mostova kod nas. Veliki broj mostova potrebnu tehničku dokumentaciju, a i nepoznat je stepen njihovog oštećenja.

Usled dugogodišnjeg neadekvatnog ulaganja, nestabilnih izvora finansiranja i zastarelog pristupa održavanju, stanje mostova nije zadovoljavajuće. Mostovi su generalno zapušteni.

## 7. ZAKLJUČAK

Podrazumeva se da je normalna trajnost mosta 100 godina, ali u agresivnim sredinama (blizu mora) ona doseže jedva do 40.godina. Naravno ovde treba usglasiti zahteve u pogledu ambijentalnih uslova, svojstava primenjenih materijala i održavanja mostova. Pouzdanost konstrukcija je proizvod modernih propisa, a važi tokom projektovanja, izvođenja i eksploatacije, za sve vreme upotrebno g veka konstrukcije. Projektovani vek konstrukcije direktno utiče kako na izbor materijala, tako i na cenu izgradnje i održavanja mosta.

Izgradnjom trans-jugoslovenskog autoputa tokom 70-ih godina naša domaća praksa u oblasti projektovanja, izgradnje i održavanja mostova je dosta unapređena. Implementirani su mnogi svetski, a pre svega nemački standardi u domaću praksu. Ti propisi su na snazi do današnjih dana. Danas, u Evropi, su propisi unapređeni u dobrom delu unificirani i uvršteni u Evrokodove, ali se nažalost još uvek ne primenjuju kod nas.

Na pragu izgradnje koridora X imamo idealnu šansu da još jednom unapredimo domaću regulativu i implementiramo evropske standarde kod nas, s obzirom na nove projektne zahteve i time dobijemo modernu visokokvalitetnu i trajniju infrastrukturu.

## LITERATURA

- [1] *SRPS U.C7.001.1989* – Osnove projektovanja građevinskih konstrukcija- Pouzdanost- termini i definicije - Bases for design of structures - Reliability - Terms and definitions –
- [2] *Standard ISO 2394 (General principals on reliability for structures)*
- [3] *fib bulletin 17: Management, maintenance and strenghtening of concrete structures*, International Federation for Structural Concrete *fib*, Lausanne, Switzerland, 2002, str.174.
- [4] *EN 1990: 2002, Evrokod 0: Osnove proračuna konstrukcija*, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2002, str. 87
- [5] *Savremeni koncept obezbeđivanja trajnosti betonskih konstrukcija -projektovanje prema upotrebno m veku*, V. Prof. dr Snežana Marinković, d.i.g., Ivan Ignjatović, Inženjerska komora srbije 2008
- [6] *Saobraćajna opterećenja i stanje postojećih drumskih mostova*, Radimir Folić dipl.inž.građ., Put i saobraćaj III/2006