



Razvoj sustava gospodarenja mostovima

Uvodno

- ☒ Svrha:
 - Odgovor na problem trajnosti konstrukcija
- ☒ POVIJEST – trajne konstrukcije
 - Kvalitetan trajan materijal (kamen)
 - Kvalitetno rješenje pojedinosti bitnih za trajnost (odvodnja)

Uvodno



Ponte de Trajano. Chaves, Portugal

Uvodno



Ponte de Trajano. Chaves, Portugal

Uvodno



Ponte de Trajano. Chaves, Portugal

Uvodno

- ☒ Građenje i održavanje
 - Na temelju iskustva – dobri primjeri iz prakse
- ☒ Željezni (čelični) mostovi
 - Prve strategije održavanja (korozija)
 - Prve metode sustava gospodarenja građevinama (željeznica)
- ☒ Betonski mostovi (20. st.)
 - Zabluda: ubetonirani čelik ne može korodirati
 - Veliki troškovi popravaka

Gospodarenje građevinama

- ☒ Omogućuje planiranje
- ☒ Problem:
 - Prosječno 20-30 % mostova u razvijenim zemljama ne zadovoljava
 - Nemogućnost uporabe mosta povlači velike troškove
 - Za vlasnika: sanacija
 - Za korisnike: duljina trajanja putovanja
 - Proračun je ograničen
- ☒ UTEMELJENE ODLUKE O RADOVIMA ODRŽAVANJA

Gospodarenje građevinama

- ☒ Uporabni vijek: 50 / 100 godina
 - Odgovarajući projekt + izvedba
 - Faza uporabe – sustav gospodarenja 

Sustav gospodarenja građevinama

- ☒ Pohrana informacija o građevini (projekt, izvedba, uporaba, održavanje)
- ☒ Ujednačeni postupci pregleda i izvještaja
- ☒ Pomoć u odlučivanju o aktivnostima održavanja
 - Konstruktorski aspekt (uporabljenost, nosivost)
 - Ekonomski aspekt
 - Drugi aspekti održivosti
 - Ekološki
 - Sociološki

Sustav gospodarenja građevinama

- ☒ Utemeljene odluke o održavanju
 - Kvantificirati parametre
- ☒ Uporabni vijek
 - Vrijeme od početka uporabe tijekom kojeg su sva zahtijevana svojstva konstrukcije iznad zahtijevane minimalne razine, uz rutinsko održavanje (HRN EN 206-1)

Zahtjevi propisa

- ☒ ZAKON O PROSTORNOM UREĐENJU I GRADNJI čl. 14 (3)
Bitni zahtjevi za građevinu koji se osiguravaju u projektiranju i građenju građevine su:
 - mehanička otpornost i stabilnost tako da predviđiva djelovanja tijekom građenja i uporabe
- ne prouzroče:
 - rušenje građevine ili njezina dijela,
 - deformacije nedopuštena stupnja,
 - oštećenja građevnog sklopa ili opreme zbog deformacije nosive konstrukcije,
 - nerazmjerno velika oštećenja u odnosu na uzrok zbog kojih su nastala.
 - zaštita od požara tako da se u slučaju požara:
 - očuva nosivost konstrukcije tijekom određenog vremena utvrđena posebnim propisom,
 - spriječi širenje vatre i dima unutar građevine,
 - ...

Zahtjevi propisa

- ☒ TEHNIČKI PROPIS ZA BETONSKE KONSTRUKCIJE čl. 8 (1)
Tehnička svojstva betonske konstrukcije moraju biti takva da tijekom trajanja građevine uz propisano, odnosno projektom određeno izvođenje radova na izradi betonske konstrukcije i održavanju betonske konstrukcije, ona podnese sve utjecaje uobičajene uporabe i utjecaje okoliša, tako da tijekom građenja i uporabe predviđiva djelovanja na građevinu ne prouzroče:
 - rušenje građevine ili njezinog dijela,
 - deformacije nedopuštena stupnja,
 - oštećenja građevnog sklopa ili opreme zbog deformacije betonske konstrukcije,
 - nerazmjerno velika oštećenja građevine ili njezinog dijela u odnosu na uzrok zbog kojih su nastala

Zahtjevi propisa

☒ PROJEKTIRANJE - TPBK

- Projektiranjem betonske konstrukcije moraju se **za građenje i projektirani uporabni vijek građevine** predvidjeti svi utjecaji na betonsku konstrukciju koji proizlaze iz načina i redoslijeda građenja, predvidivih uvjeta uobičajene uporabe građevine i predvidivih utjecaja okoliša na građevinu.
- Projektom betonske konstrukcije mora se, u skladu s ovim Propisom, **dokazati da će građevina tijekom građenja i projektiranog uporabnog vijeka ispunjavati** bitni zahtjev mehaničke otpornosti i stabilnosti, otpornost na požar te druge **bitne zahtjeve** u skladu s posebnim propisima.

Zahtjevi propisa

☒ IZVOĐENJE - TPBK

- Građenje građevina koje sadrže betonsku konstrukciju mora biti takvo da betonska konstrukcija ima tehnička svojstva i da **ispunjava druge zahtjeve** propisane ovim Propisom u skladu s tehničkim rješenjem građevine i uvjetima za građenje danim projektom te da se **osigura očuvanje tih svojstava i uporabljivost građevine tijekom njezinog trajanja.**

Zahtjevi propisa

☒ ODRŽAVANJE - TPBK

- Održavanje betonske konstrukcije mora biti takvo da se **tijekom trajanja** građevine očuvaju njezina tehnička svojstva i ispunjavaju **zahtjevi** određeni projektom građevine i ovim Propisom, te drugi bitni zahtjevi koje građevina mora ispunjavati u skladu s posebnim propisom.

Zahtjevi propisa

☒ Kako ispuniti zahtjeve ?

- SUSTAV GOSPODARENJA GRAĐEVINAMA

Sustav gospodarenja građevinama

☒ Utemeljene odluke o održavanju

- Kvantificirati parametre

☒ Uporabni vijek

- Vrijeme od početka uporabe tijekom kojeg su sva zahtijevana svojstva konstrukcije iznad zahtijevane minimalne razine, uz rutinsko održavanje (HRN EN 206-1)

Zahtjevi propisa

☒ TPBK

... uporabni vijek građevine ... je najmanje 50 godina

- ☒ Zakon o prostornom uređenju i gradnji čl. 193 (4)
Projekti moraju sadržavati ... projektirani vijek uporabe građevine i uvjete za njezino održavanje

Uporabni vijek

svojstvo (A)

Koeficijent sigurnosti

- Razlika projektirane i minimalno dopustive razine funkcionalnost..., tj. ne zadovoljava osnovne zadaće razloga svog postojanja
- Obično utvrđena propisima / normama

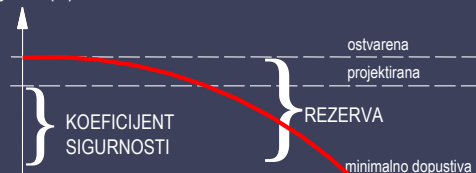
KOEFICIJENT SIGURNOSTI

minimalno dopustiva

t

Uporabni vijek

svojstvo (A)



Ostvarena početna razina svojstva

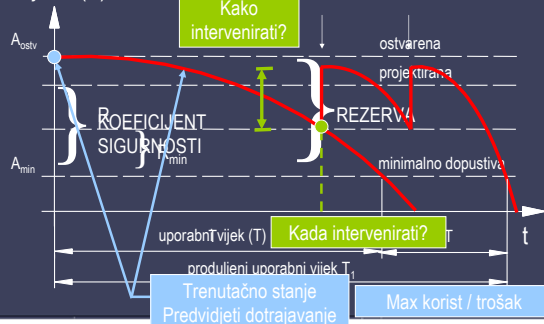
- Uslijed nepredvidivosti izvedbe, ostvarena početna razina odlučnog svojstva može biti veća ili manja od projektirane razine (o svojstvima konstrukcije, delovanjima i sl.)

tive

t

Uporabni vijek - SGG

svojstvo (A)



Početno stanje

Eurokod

- Zadovoljavanje graničnog stanja nosivosti i graničnog stanja uporabljivosti s odgovarajućom razinom pouzdanosti + trajnost

$$E_d < R_d$$

- Parcijalni koeficijenti sigurnosti
- Odgovaraju vjerojatnosti otkazivanja $P_f < 7 \times 10^{-5}$
- Indeks pouzdanosti: $\beta \approx \Phi^{-1}(P_f)$ $\beta(t)$

Φ^{-1} Inverzna kumulativna standardna normalna distribucija

$$\mu = \mu_R - \mu_S \quad \sigma = (\sigma_R^2 + \sigma_S^2)^{0.5}$$

Promjena svojstava u t

Dotrajavanje

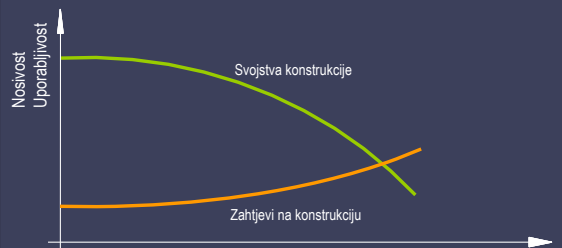
- Gubitak poprečnog presjeka (betona, čelika)
- Slabija svojstva materijala

Povećanje čvrstoće betona

Promatrano u vremenu

Promjena svojstava konstrukcije

Promjena zahtjeva na konstrukciju



Promjena zahtjeva na konstrukciju

1) Kraj uporabnog vijeka: funkcionalnost konstrukcije

MOST: volumen prometa (širina mosta)

2) Kraj uporabnog vijeka: nosivost konstrukcije

MOST: težina vozila

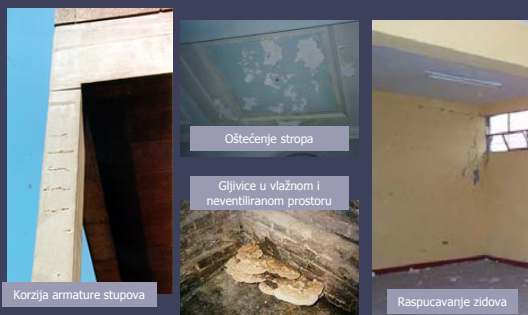
MOST: povećanje stalnog opterećenja (kolnička konstr.)

slijeganje temelja – promjena geoloških uvjeta

Promjena svojstava konstrukcije



Promjena svojstava konstrukcije



Promjena zahtjeva na konstrukciju



SGG

- ☒ Baza podataka – popis
- ☒ Planiranje i vođenje zapisa o pregledima i održavanju
- ☒ Planiranje održavanja prema brzini dotrajanja
- ☒ Planiranje održavanja prema proračunu troškova tijekom životnog ciklusa
 - Određivanje prioriteta za ograničeni proračun

SGG

- ☒ Funkcija:
 - Popis građevina
 - Zapisivanje stanja konstrukcije i elemenata
 - Predviđanje budućeg stanja konstrukcije i elemenata
 - Ocijeniti brzinu dotrajanja
 - Odabrati najučinkovitije održavanje (min trošak)
 - Proračunati troškove različitih mogućih postupaka održ.
 - Proračunati troškove upravljanja prometom (kašnjenja)
 - Proračunati trošak tijekom životnog ciklusa (diskontirani troškovi)
 - Ocijeniti posljedice odgađanja radova održavanja na sigurnost
 - Dati optimalan plan održavanja s prioritetima
 - Podrška planiranju proračuna

SGG

Poželjne karakteristike:

Mogućnost pohrane svih informacija (statičnih i dinamičnih) uz brz i jednostavan pristup

Standardizacija svih postupaka (pregledi i dr.)

Objektivni kriteriji koje izvršava računalo (umjesto subjektivnih kriterija inženjera)

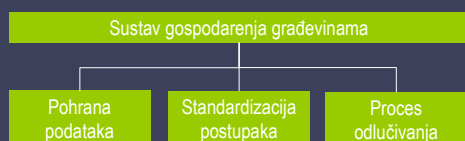
Optimizacija raspoloživih sredstava (novac, oprema, osoblje, vrijeme)

FLEKSIBILNOST: zadržati mogućnost subjektivne intervencije odgovorne osobe

Izrada SGG



Struktura SGG



Dijagram toka sustava gospodarenja



Prikupljanje podataka

☑ Redovita provedba pregleda - STANDARDIZIRANI



Prikupljanje podataka

ISPITIVANJA

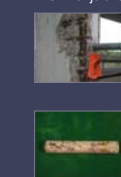
NERAZORNA



☑ Termografija:

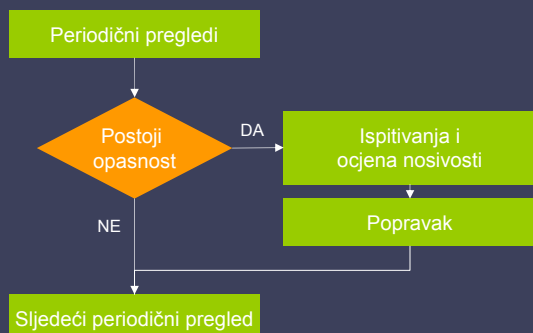
☑ Sklerometar:

RAZORNA



☑ Uzimanje uzoraka:

Prikupljanje podataka



Prikupljanje podataka

☒ Kontinuirano praćenje / monitoring



Pohrana podataka

Baza podataka – poželjne karakteristike:

Jednostavnost uporabe (pregled postojećih podataka, upisivanje novih)
stručnost – građevinska, informatička; osposobljavanje

Odgovarajući opseg (potpuna informacija, ali bez preopterećenja)

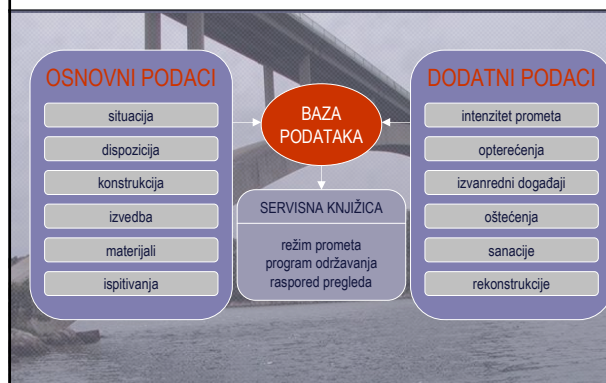
Standardizirani izvještaji + izvještaji prema izboru

Uporaba podataka za rad na terenu (pregledi)

Sigurnost podataka (back up), zaštita (pristup, zaporka)

Preddefinirane opcije (pravilna uporaba)

Pohrana podataka



Pohrana podataka

☒ Statični podaci

- administrativni podaci (oznaka mosta, ceste...)
- tehnički podaci o konstrukciji (tip konstrukcije, materijali, geometrija...)
- podaci koje opisuju prometnu funkciju građevine (vrsta prepreke, slobodni profil, karakteristike prometnice koju prevodi preko prepreke, nosivost...)
- popis arhive cjelokupne dokumentacije o pojedinoj građevini

Pohrana podataka

☒ Dinamički podaci

- nalazi pregleda

Analize

- ☒ Ocjena stanja (oštećenja)
- ☒ Napredovanje oštećenja – za predviđanje budućeg stanja i planiranje potrebnih radova
- ☒ Proračun troškova – za planiranje potrebnih radova
- ☒ Algoritmi za optimizaciju – odnos koristi i troškova za različite varijante

Analize

- ☒ Dodatni statični podaci u bazi podataka
 - Sustav klasifikacije
 - Matrice korelacije
 - Obrasci pregleda / radova održavanja – popravaka
 - Priručnici za preglede – preddefinirane opcije
 - Ocjenjivanje oštećenja - algoritmi
 - Pouzdanost konstrukcije - algoritmi

Analize

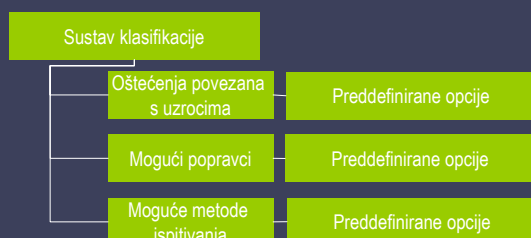
- ☒ Dodatni uvjetno statični podaci u bazi podataka
 - Jedinični troškovi aktivnosti
 - Diskontna stopa (vremenska vrijednost)
 - Raspoloživi proračun
 - Zahtjevi
 - strategija / program gospodarenja
 - zahtjevi propisa

Ocjena stanja mostova u SGM-u

- ☒ *Njemačka*
 - Vrlo detaljno razrađena procedura
 - Precizno definirane upute za primjenu
 - Opsežan katalog oštećenja

Opis oštećenja i nedostataka	S	V	D
Grafiti na vidljivim površinama	0	0	0
Vidljive promjene na betonu od djelovanja vremenskih uvjeta	0	0	0
Manja istrošenost zaštitnog sloja	0	0	1
Hrda na donjim stranama konstrukcije	0	0	1
Onečišćenje unutrašnjih prolaza građevine (ostaci oplata ili dr.)	0	0	1
Onečišćenje unutrašnjih prolaza građevine (ptičji izmet ili dr.)	0	1	1
Gruba zrnatost betona rasponske konstrukcije	0	0	1

Ocjena



Napredovanje oštećenja

- ☒ Modeli dotrajavanja – predviđanje budućeg stanja
 - Fizikalno-kemijski
 - Regresijski modeli
 - Markovljevi procesi (lanci)
 - Genetički algoritmi
 - Probabilistički pristup
 - Vremenska i prostorna varijabilnost
 - Ažuriranje novim podacima (iz pregleda, iz monitoringa)
 - Obuhvatiti utjecaj popravaka na daljnje napredovanje

Proračun troškova

- ☒ Jedinični troškovi
- ☒ Granice analize
 - Troškovi vlasnika
 - Troškovi korisnika
 - (troškovi ugroženosti)
 - povezani s izvanrednim djelovanjima (potres i sl.)
 - veliki troškovi, mala vjerojatnost nastupanja

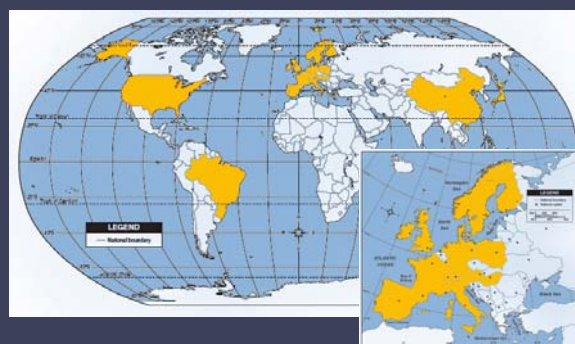
Proračun troškova

- ☒ Troškovi vlasnika
 - Projektiranje i nadzor
 - Naknade
 - Izgradnja
 - Održavanje i popravci
 - Rušenje, uklanjanje
 - Pregledi
 - Zamjena i obnova

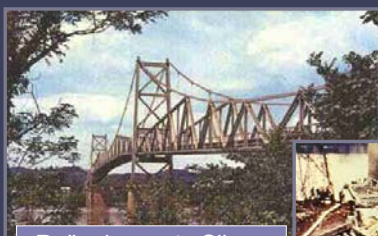
Proračun troškova

- ☒ Troškovi korisnika
 - Kašnjenje zbog prometnih gužvi
 - Preusmjeravanje prometa
 - Oštećenja vozila
 - Onečišćenja okoliša
 - Utjecaj na poslovanje

Analiza sustava gospodarenja mostovima



SGM u SAD-u



Rušenje mosta Silver,
1967. godine



SGM u SAD-u

- ☒ Poboššan sustav provedbe pregleda mostova – *National Bridge Inspection Program (NBIP)*
 - Sistematiziran u obliku uputa – priručnika
 - Uspostavljena računalna podrška za nacionalni popis mostova – *National Bridge Inventory System (NBIS)*
 - Uvedena ocjena konstrukcije obzirom na funkcionalnost, nosivost i fizikalne karakteristike – *sufficiency rating (SR): 0-9*

SGM u SAD-u

☒ NBI

- Ocjena na osnovu vizualnog pregleda
 - Ovisi o iskustvu i procjeni osobe koja obavlja pregled
- Ocjena donjeg/gornjeg ustroja 1 brojka
 - Bez podatka o veličini oštećenog područja
 - Bez podatka o preostalom vijeku trajanja

☒ SGM:

- PONTIS® – 40-ak saveznih država
- BRIDGIT – 3 savezne države
- Vlastiti SGM

SGM u SAD-u

1993.



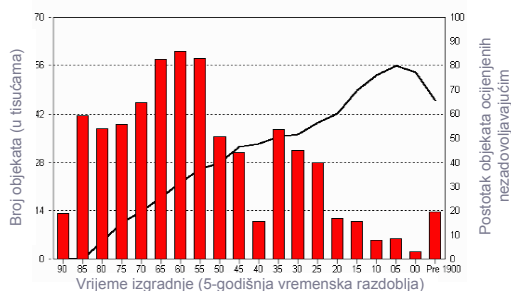
- ☒ 45% mostova ocijenjeno nezadovoljavajućim s konstruktivnog ili prometnog gledišta
- ☒ troškovi održavanja procijenjeni na 9 milijardi USD

2002.



- ☒ utrošeno 36,5 milijardi USD u približno 10 godina
- ☒ 27% mostova ocijenjeno nezadovoljavajućim

SGM u SAD-u



SGM u SAD-u

☒ PONTIS®

- Detaljniji podaci o stanju mostova
- Most podijeljen u dijelove (CoRE)
- Provodi se ocjena stanja svakog dijela: 1-5
- Gubljenje svojstava probabilistički proces (Markovljevi lanci)
- Automatsko ažuriranje napredovanja degradacije upisom rezultata pregleda
- Procjena troškova

SGM u SAD-u

☒ PONTIS® - 4 modula:

Baza podataka

Održavanje, popravci, sanacije

Poboljšanja

Povezivanje

SGM u europskim zemljama

- ☒ Uspostavljen SGM
- ☒ Većinom se provode ili predviđaju dorade
- ☒ Uspostavljena baza podataka
 - Praćenje stanja
 - Brza i jednostavna izrada statistika
 - Lista prioriteta
- ☒ Većinom nema opcije modeliranja procesa degradacije
- ☒ Poboljšanja analize troškova

Sustavi gospodarenja mostovima



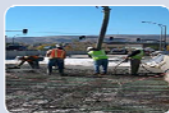
Redoviti pregledi

- 3-4 razine
- Ispitivanje: posebni pregled



Ocjena stanja

- Diskretne ocjene
- 1-6 kategorija
- Uglavnom samo iz vizualnog pregleda
- Postupak:
 - Ocjena oštećenja
 - Proračun ocjene (težinski faktori)



Određivanje prioriteta

- Hitnost radova povezana s ocjenom
- Ekonomski optimizacija

Sustavi gospodarenja mostovima

Ocjena	Opis	Norveška
1	Mala oštećenja / nedostaci; nije potrebna nikakva intervencija	
2	Srednje oštećenje / nedostaci; intervencija u narednih 4-10 godine	
3	Ozbiljno oštećenje / nedostatak; intervencija u narednih 1-3 godine	
4	Kritično oštećenje / nedostatak; hitna intervencija ili najkasnije u narednih 6 mj.	
9	Nije pregledan	

Sustavi gospodarenja mostovima

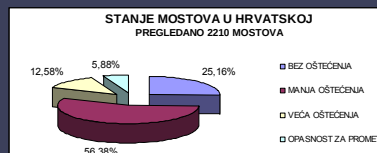
Kategorija stanja	Predviđeni uporabni vijek	Švedska
0	Neće zadovoljavati tek nakon više od 10 godina	
1	Neće zadovoljavati unutar 10 godina	
2	Neće zadovoljavati unutar 3 godine	
3	Ne zadovoljava u trenutku pregleda	

SGM u HR

90-ih godina prošlog stoljeća započeo stroj HRMOS (DANBRO)

CILJEVI:

- Održavanje mostova na optimalan način
- Izrada lista prioriteta za projekte revitalizacije
- Postizanje najboljih rezultata s raspoloživim sredstvima
- Izrada prognoze potrebnih proračuna za 5 god.
- Održavanje sigurnosti prometa



SGM u HR

HRMOS obuhvaća:

Popis	Opći pregled	Posebni pregled	Rutinski pregled
Rangiranje popravaka	Optimizaciju, izradu proračuna i ocjenjivanje rezultata		
Natječaj	Izvršenje posla	Proračun i knjigovodstvo	
Administrativno praćenje posebnih prijevoza	Praćenje dobivenih rezultata		

SGG u HR



SGG u HR

Što imamo:

- popis građevina
- popis dijelova građevina
- položaj građevina u cestovnoj mreži

Stanje imovine:

- sigurnost građevina
- trajnost građevina
- sigurnost prometa na građevinama

Vrijednost imovine:

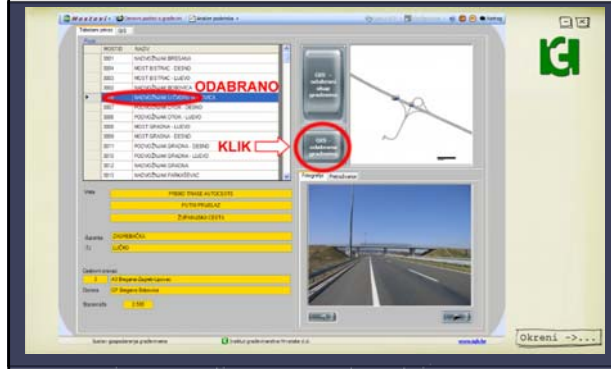
- početna vrijednost
- trenutna vrijednost
- očekivana vrijednost na kraju planskog razdoblja

Potrebno ulaganje:

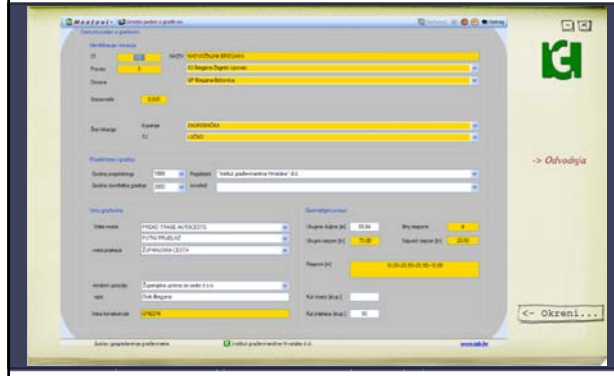
- zadani prioriteti +
- zahtijevana sigurnost +
- očekivano stanje +
- raspoloživa sredstva +
- različiti scenariji održavanja

= optimalni scenarij = strategija

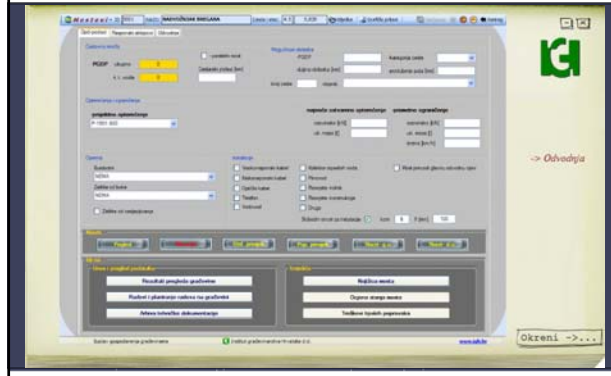
SGG u HR



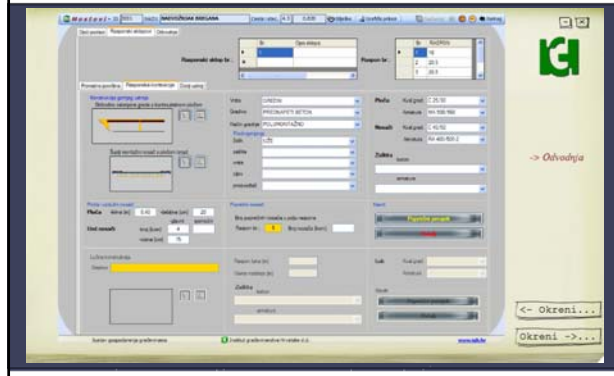
SGG u HR



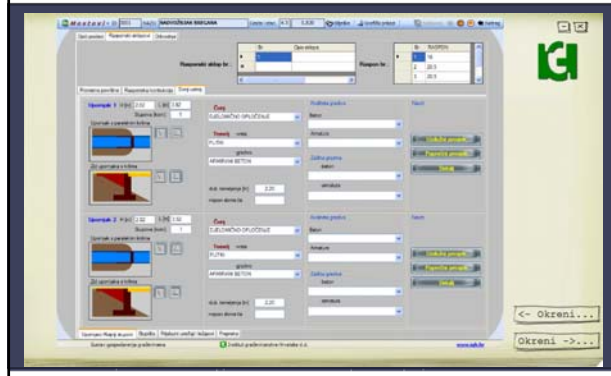
SGG u HR



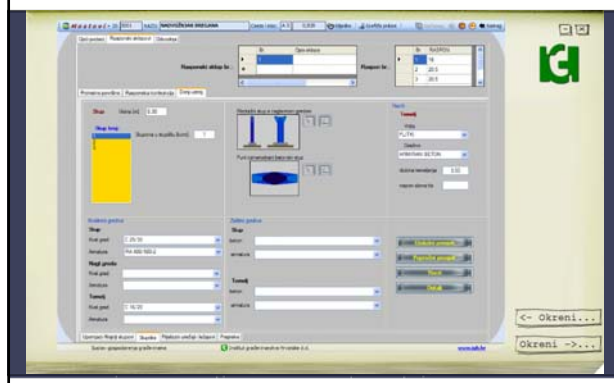
SGG u HR



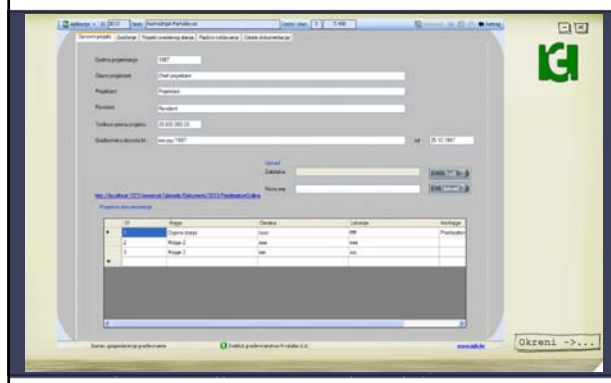
SGG u HR



SGG u HR



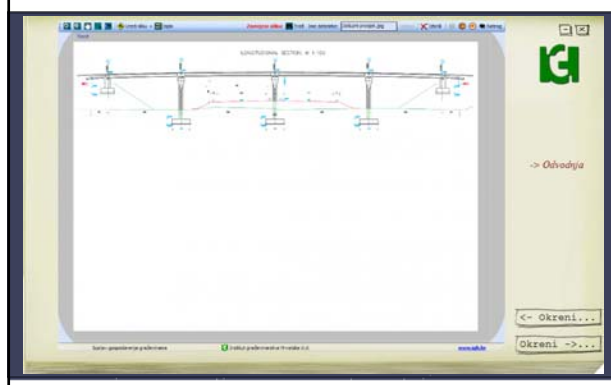
SGG u HR



SGG u HR



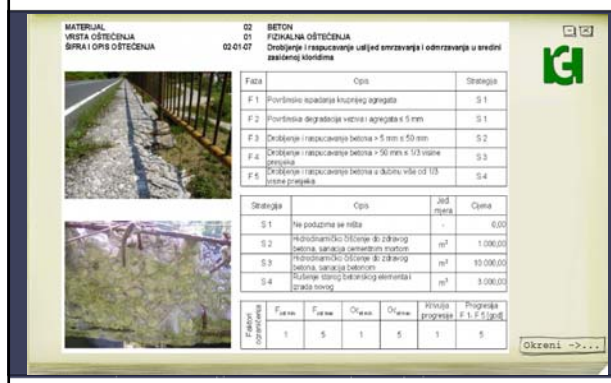
SGG u HR



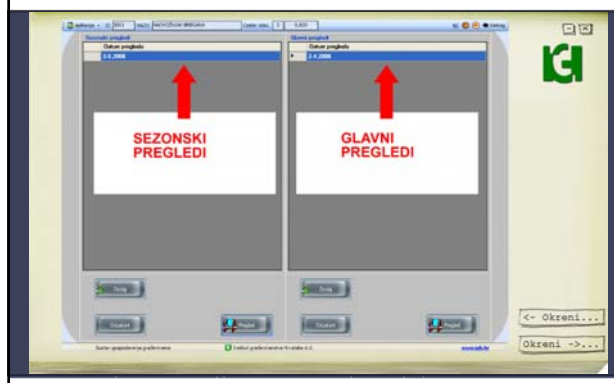
SGG u HR



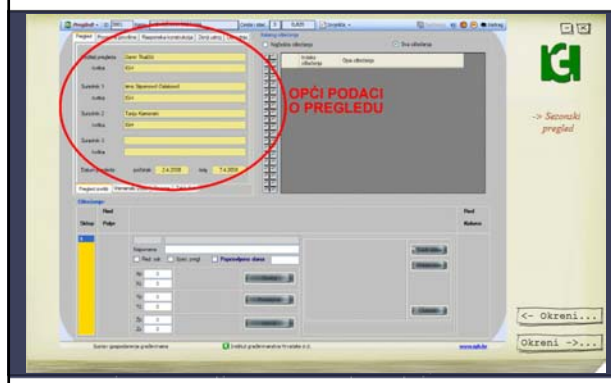
SGG u HR



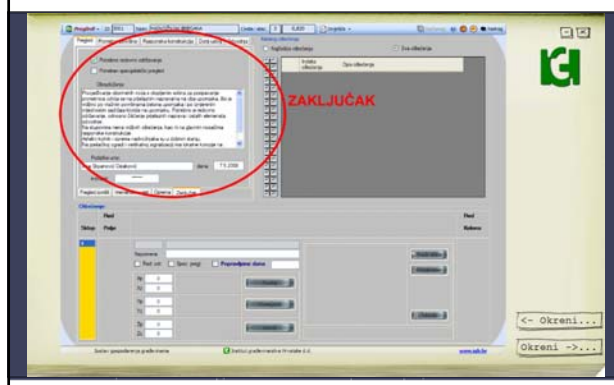
SGG u HR



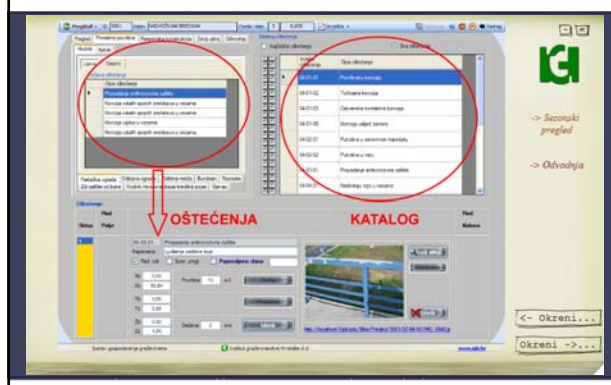
SGG u HR



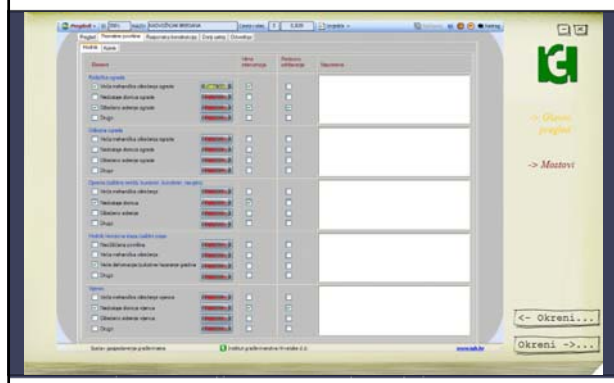
SGG u HR



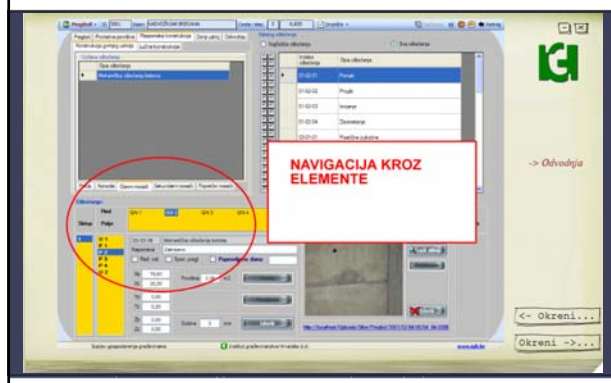
SGG u HR



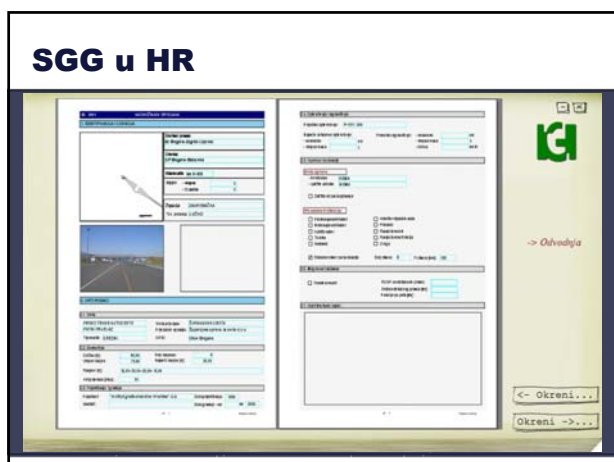
SGG u HR



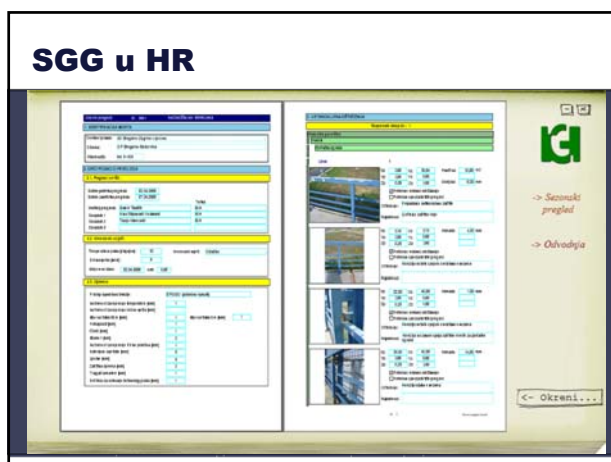
SGG u HR



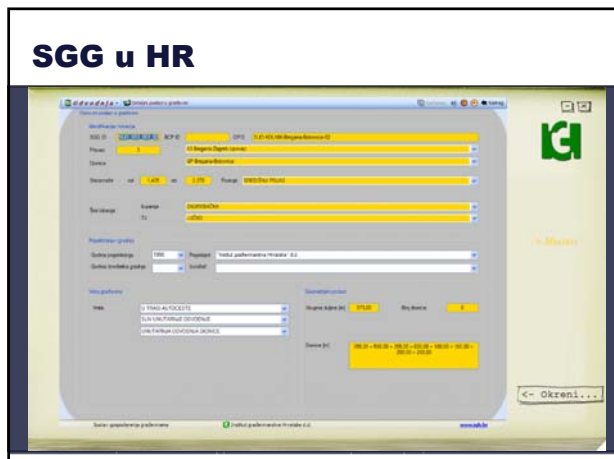
SGG u HR



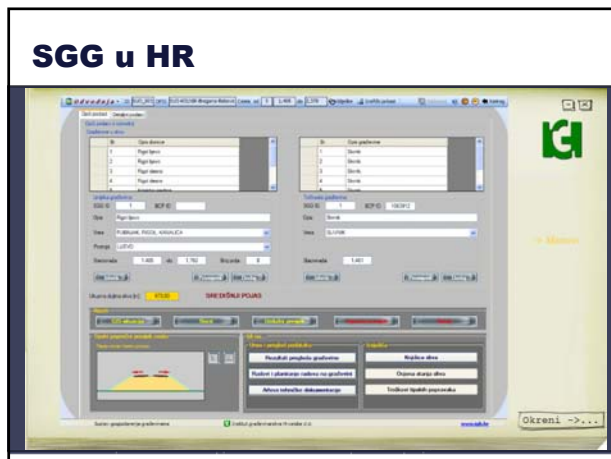
SGG u HR



SGG u HR



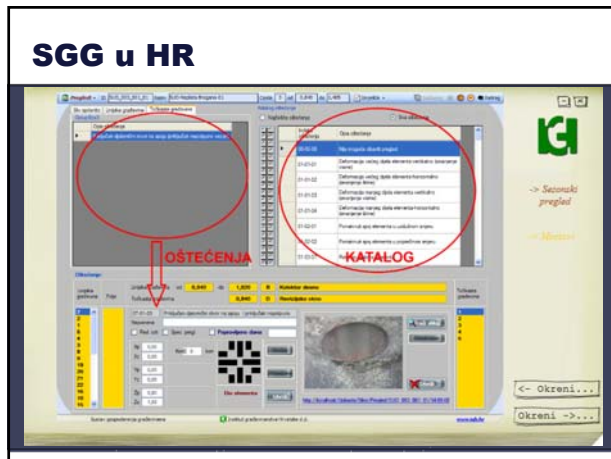
SGG u HR



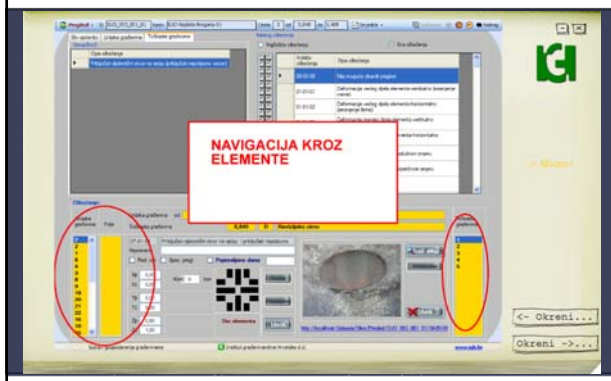
SGG u HR



SGG u HR



SGG u HR



SGG u HR



SGG u HR

Mostovi [Definicije](#), [Defekti mostova](#), [Pregled](#), [Formular](#), [Struktura baze](#), [Upute-grafički obrasci](#)

Odvodnja [Definicije](#), [Katalog oštećenja](#), [Priručnik za pregled](#), [Struktura baze](#)

Tuneli [Definicije](#), [Priručnik za pregled](#), [Obrazac pregleda](#), [Knjižica tunela](#)

Kolnici [Definicije](#), [Struktura baze](#), [Knjiga](#), [Pregled](#), [Katalog oštećenja](#)

Geotehničke građevine [Definicije](#), [Priprema obrasca pregleda](#), [Obrazac pregleda](#), [Struktura baze](#)

Građevine visokogradnje [Definicije](#), [Obrazac pregleda](#), [Struktura baze](#), [Grafčki obrazac-zgrada](#), [Grafčki obrazac-silos](#)

Oprema [Definicije](#), [Katalog oštećenja](#), [Priprema obrasca pregleda](#), [Obrazac pregleda](#), [Priručnik pregleda](#), [Struktura baze](#)

Sustav gospodarenja građevinama

☒ CILJ

- održati odgovarajuću razinu uporabljivosti i nosivosti građevine tijekom planiranog vijeka uporabe, uz minimalne troškove

☒ SVRHA

- osigurati podlogu i pružiti pomoć u odlučivanju kada i kako intervenirati, a kako bi se očuvala funkcija odnosno poboljšala svojstva i stanje konstrukcije

Gospodarenje građevinama

☒ Briga o građevinama potrebna od samoga početka

- Kroz sve faze (planiranje, projektiranje, istražni radovi, izgradnja, uporaba)
 - Za odabir optimalnih rješenja
 - Za planiranje troškova
- Koordinacija aktivnosti gospodarenja građevinama
- Sustavna provedba i primjena – sustav gospodarenja građevinama