

A cartoon illustration of a bridge made of a single log spanning a chasm. Two cavemen are hanging from the log, one on each side, with their feet kicking. On the left, another caveman stands on the edge of the cliff, looking towards the bridge. A speech bubble from the hanging cavemen says "WONDERFUL THINGS THESE BRIDGES." The background is a simple blue sky with light clouds.

WONDERFUL  
THINGS  
THESE BRIDGES.

# Одсек ПЖА Мостови

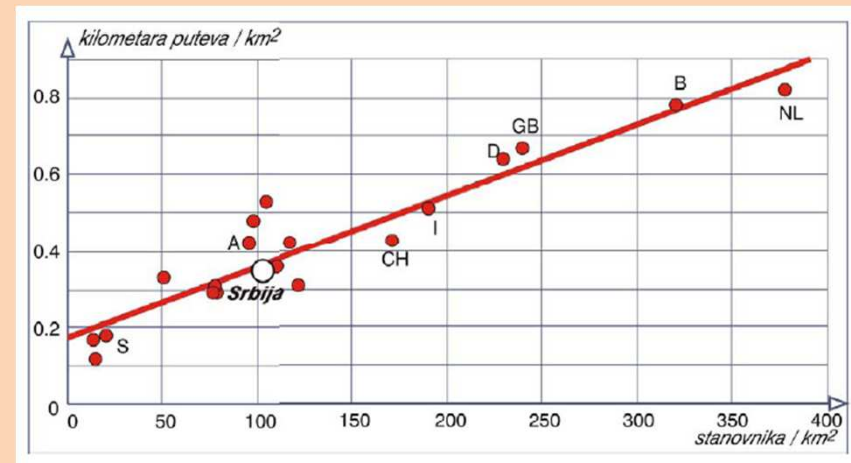
Предавање 13  
17. Мај 2019.

# Вредност саобраћајне инфраструктуре

- Саобраћај учествује са око 10% у бруто домаћем продукту
- Допринос саобраћаја око \$ 4 милијарди долара за 2012
- Расположивост и поузданост саобраћајне инфраструктуре је од изузетног значаја за националну економију

# Друмска инфраструктура

- Укупна дужина путева 40'845 км
- Јавни путеви I реда 5'525 км
- Јавни путеви II реда 11'540 км
- Локални путеви 23'780 км
- Аутопутеви са наплатом путарине 498 км
- Полуаутопутеви са наплатом путарине 136 км
- Густина 4 м/становнику односно 0.46 км/км<sup>2</sup>
- Вредност 8.5 милијарди €



# Железничка инфраструктура

- Укупна дужина 3'809 км
- Електрифицирано 1'269 км
- Магистралне пруге 1'767 км
- Индустијски колосеци 772
- Густина 0.043 км/км<sup>2</sup>
- Немачка 0.096, Белгија 0.114, Чешка 0.12
- Румунија 0.045, Бугарска 0.038, Грчка 0.02, Шпанија 0.029

# МОСТОВИ

- **Друмски мостови**
  - Укупни број 2'638 (без Косова)
  - Укупна површина 800'000 м<sup>2</sup>
  - 215 на аутопутевима
  - 996 на путевима I реда
  - 1427 на путевима II реда
  - Вредност 650 милиона €
  - 812 €/м<sup>2</sup> (?)
- **Железнички мостови**
  - 981 (са Косовом)
  - 2134 путних прелаза у нивоу

# Економска разматрања

- Цена новог моста зависи од:
  - Врсте моста
  - Начина градње
  - Пратеће индустрије
- Иницијални (почетни трошкови):
  - Цена припреме (око 10% укупне цене моста):
    - Студије, Подлоге, Пројектовање, Ревизија, Спровођење конкурса и уговарање.
  - Цена извођења:
    - Радна снага, Опрема, Материјал
- Друмски мостови  
*€ 500 до € 3000 / m<sup>2</sup>*
- Железнички мостови  
*€ 1000 до € 4000 / m<sup>2</sup>*
- Опрема и до *€ 3000 / m<sup>2</sup>*

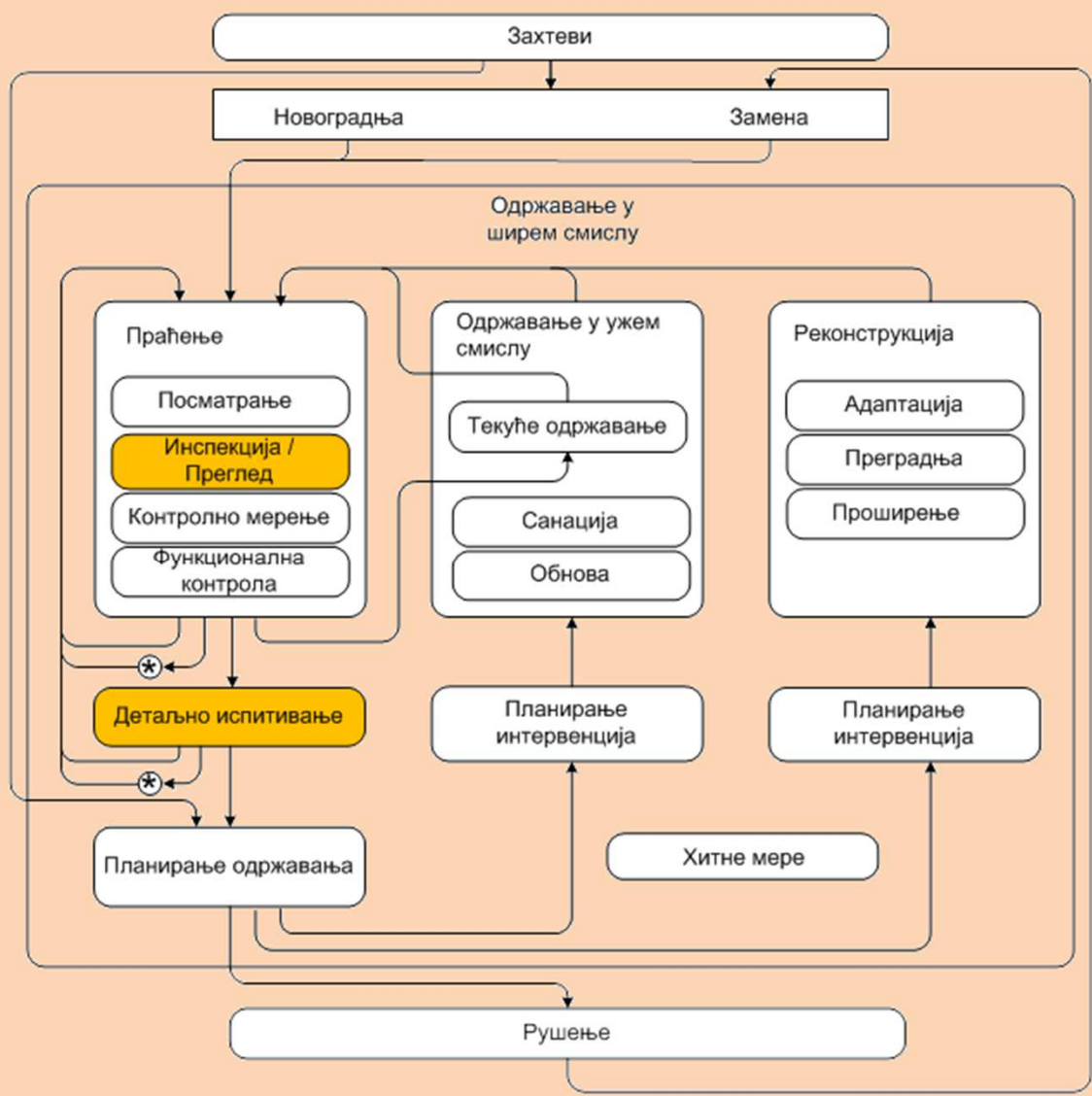
## Расподела трошкова - Извођење

	Процентуално учешће у укупним трошковима	
		Детаљи
Градилиште	8	
Доњи строј	23.5	
Фундирање		18
Стубови и опорац		5.5
Горњи строј	54.5	
Скела, оплата, монтажа		20
Бетон		10
Арматура		
Мека		13.5
Преднапрезање		11
Опрема	14	

# Трошкови одржавања -100 година-

- Трошкови експлоатације моста (радни век моста?!)
- Прегледи и ажурирање базе података (0,1%)
- Редовно одржавање (0,5%)
- Рехабилитација (санација, реконструкција или рушење – 0,8-1%)

	Делатности	Интервал	Годишњи трошкови у % новоградње
Праћење	Посматрање	сваке године	10
	Главне инспекције	сваких 5 година	
	Текуће одржавање	сваке године	
Одржавање	Поправке	сваких 10 година	5
	Санације	сваких 30 година	35 до 50
Укупно			50 до 60





# Управљање

## Непредвидљиво дејство

- Стихијски процеси

### Брзи:

Земљотрес;  
Поплава;  
Ветар;  
Пожар;  
Удар ;...

### Спори:

Замор;  
Загађење

- Дејство није ни разматрано
- Интензитет дејства изнад очекивања
- Исправност прописа
- Прихватање могућих инцидентних али мало вероватних ситуација

Управљање ризиком

## Очекивано дејство

- Проблем у конструкцији

- Грешке у пројектовању
- Грешке у извођењу
- Неадекватна употреба

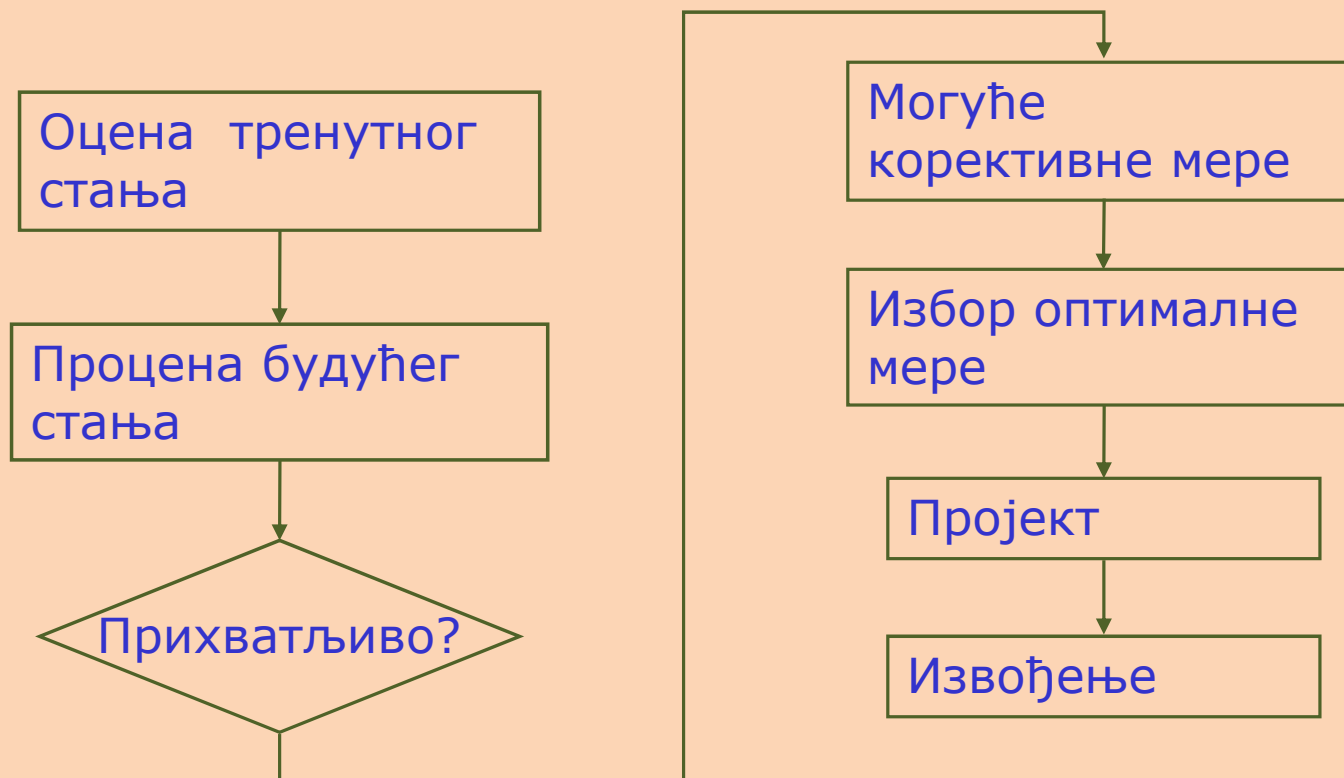
– Неадекватно одржавање

### Пратљиви процеси угрожавања:

- Корозија
- Замор
- Мржњење и крављење
- Алакно агрегатна реакција
- Сулфатна реакција
- Корисно оптерећење

Управљање одржавањем

# Основни процес управљања



# Кораци у одржавању

Констатовање чињеница  
Дијагностика проблема



Преглед

Формулисање математичког модела  
Оцена опасности за  
предвиђени/преостали век трајања



Процена  
стања

Одређивање технички прикладне  
мере одржавања  
Оцена исплативости  
Израда пројекта



Припрема и  
спровођење  
мера

# Задаци система управљања МОСТОВИМА

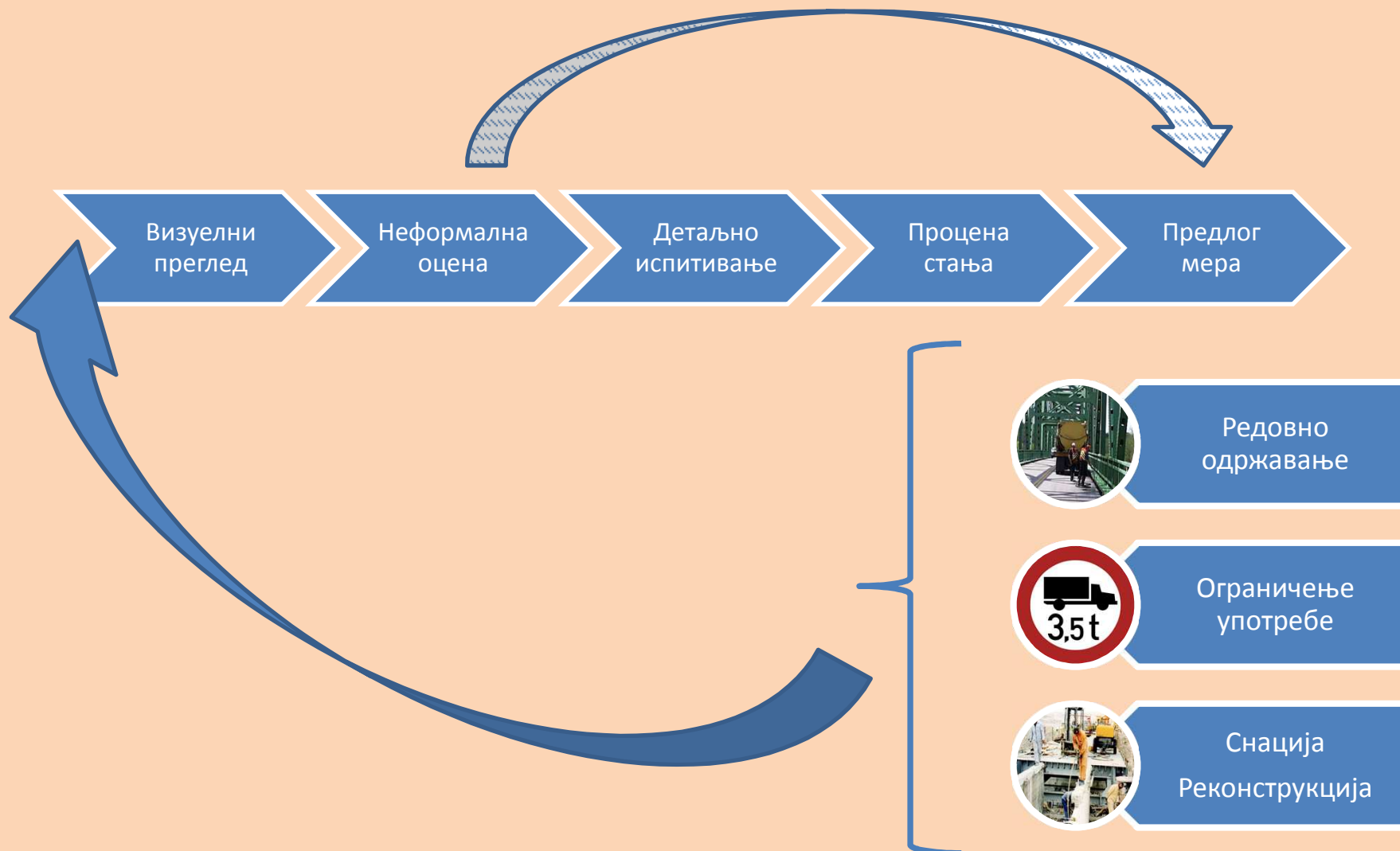
- Попис мостова
- Записници о стањима елемената мостова установљени прегледом
- Одређивање носивости мостова
- Процена будућег развоја стања мостовске конструкције
- Процена трошкова различитих опција одржавања
- Избор економски најисплативије стратегије одржавања

База  
података о  
МОСТОВИМА  
БПМ

# Пасивне и активне мере

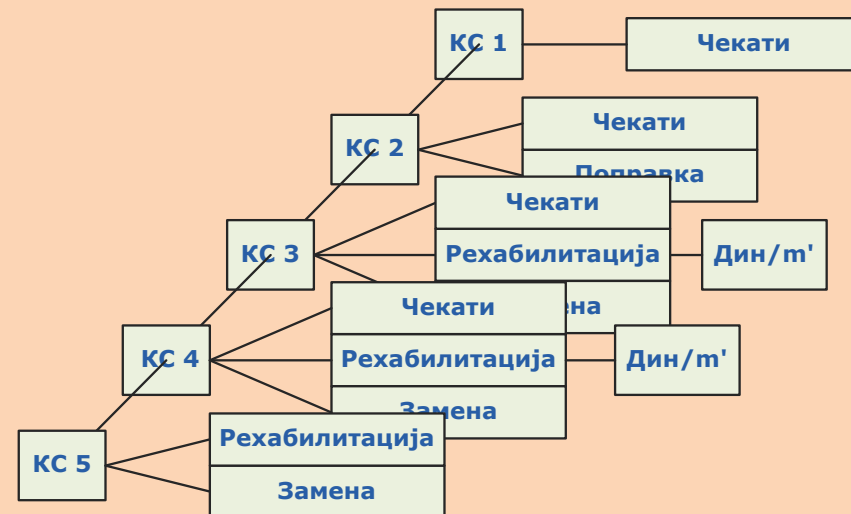
- Праћење
  - Посматрање
  - Инспекције
  - Детаљно испитивање
- Одржавање
  - Текуће одржавање
  - Санација
    - Рехабилитације и поправке
    - Отклањање последица старења
  - Реконструкција
    - Ојачање, надградња, доградња, проширење итд.
    - Отклањање неадекватне понуде

# Одлука о даљим мерама



## 2. Корак - Могуће мере

- Корективне мере на елементима
- Једна или више корективних мера су дефинисане за сваку комбинацију
  - Процеса пропадања и
  - Класе стања
- Коштање мера зависи још и од типа елемента
- Ефикасност мера



# Санације и обнове Бетонски мостови

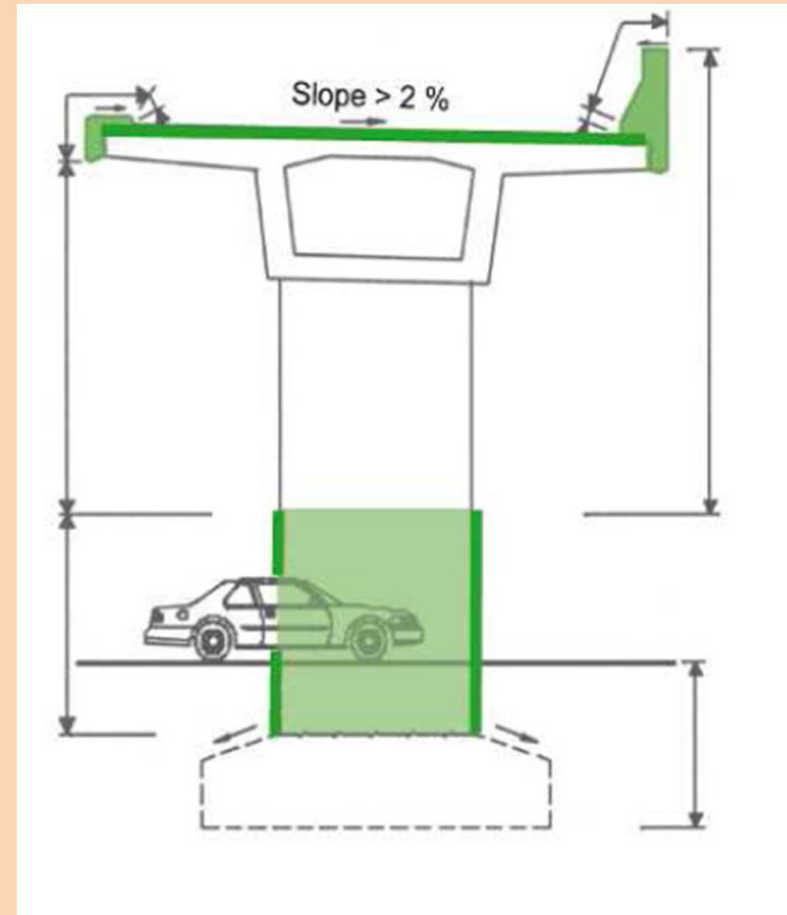
- Припремни радови
  - Одстрањивање оштећеног бетона
    - Хидроразарање
    - Глодање (“фрезање”)
    - Штемовање
    - Резање
  - Одстрањивање оштећене арматуре
    - Откривање арматуре
    - Чишћење корозије





# Санације и обнове Бетонски мостови

- Замена арматуре
  - Варењем
  - Преклапањем
  - Механички спојеви
- Замена бетона
  - Нормалан бетон
  - Малтер (епокси)
  - Бетон ултра високих перформанси - БУВП
- Испуњавање прелина



# Санације и обнове Бетонски мостови

- Заштита изложених површина
  - Импрегнација
    - Епоксид, полиуретан и акрилне смоле
    - Дебљина 10 до 100  $\mu\text{m}$
  - Хидрофобирање
    - Силан, силоксан и силикон
  - Премази
    - Епоксид, полиуретан, акрил
    - Дебљина од 0.1 до 0.5 mm



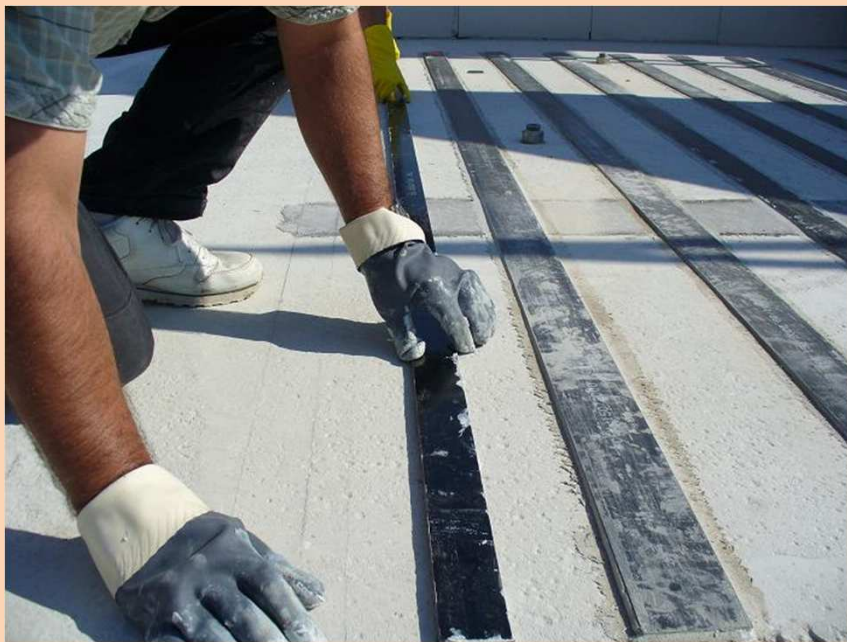
# Санације и обнове Челични мостови

- Припремни радови
  - Одстрањивање корозивне заштите
  - Одстрањивање зарђалог челика
- Обнова
  - Корозивне заштите
  - Замена завртња и закивака
  - Санација прслина услед замора

# Реконструкција

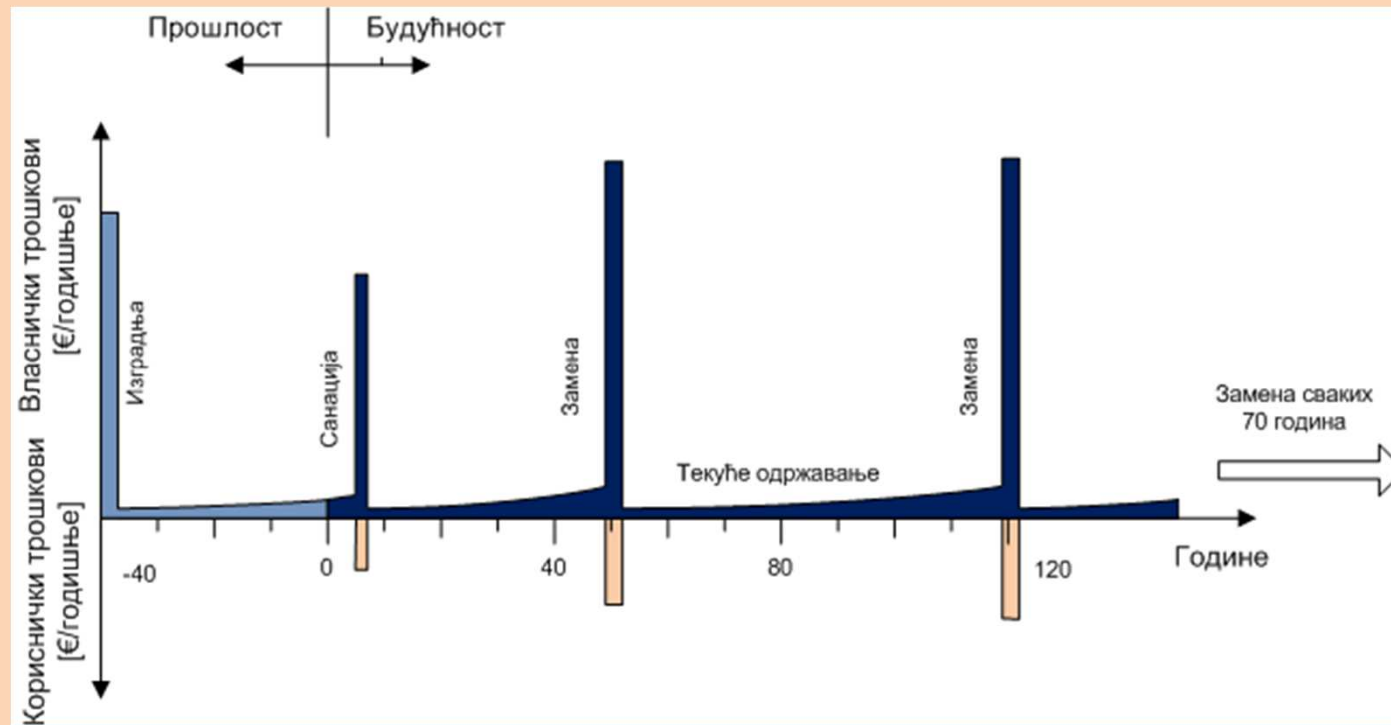
- Ојачање
  - Олакшавање
  - Ламеле од угљених влакана
  - Екстерно преднапрезање
  - Промена статичког система, на пример монолитизовање серије простих греди у континуални носач
- Проширење
  - Нови носећи елементи

# Начини ојачања



# “Пројекти” - интервенције на елементима моста

- Коштање “пројеката” одговара суми коштања интервенција на елементима
- Кориснички трошкови на бази БДП



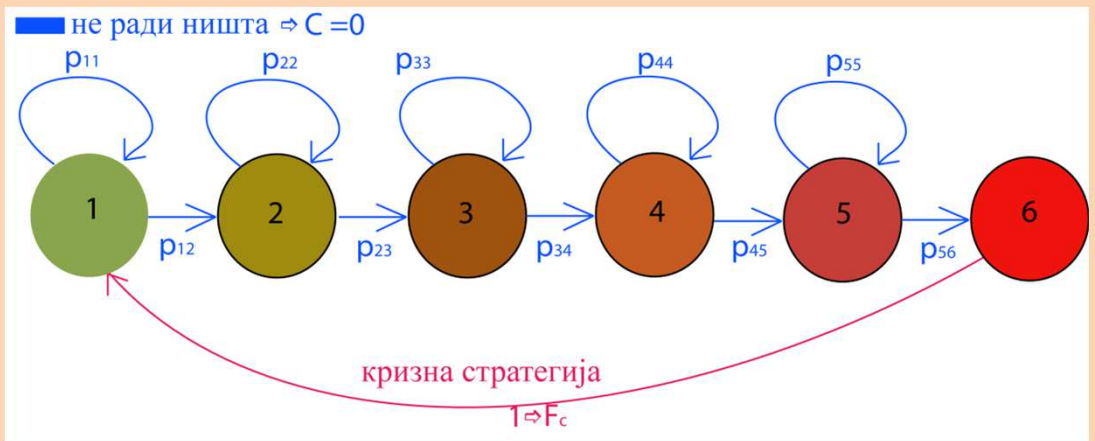
## 3. Корак - Оптимизација

- Која је најбоља стратегија?
- Трошкови у будућности и трошкови у садашњости
- Дисконтирање
  - Данашња вредност новца који ће бити потрошен у будућности
  - Колико треба данас уложити да би се покрили трошкови у будућности

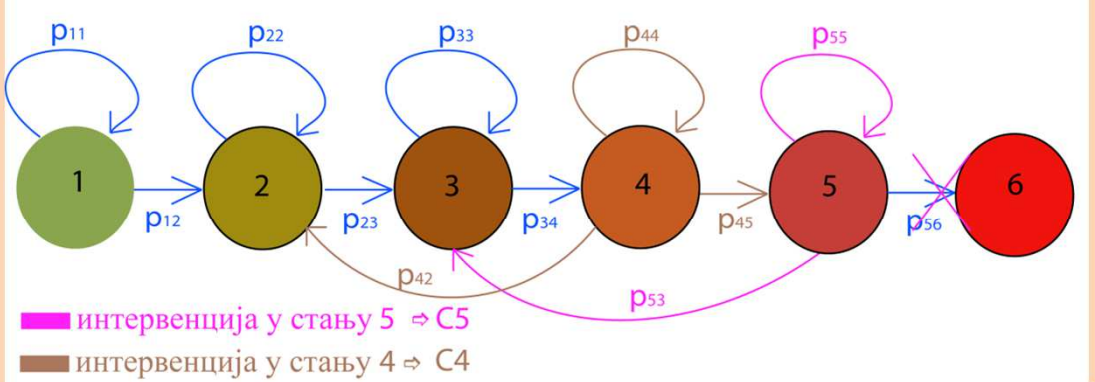
# Планирање инвестиционог одржавања

- Марковљев процес одлучивања:
  - Кад се мост нађе у неком (неповољном) стању управљач предузима одређену интервенцију, чиме се стање моста поправља са одређеном вероватноћом (ефикасношћу)
  - Предузета интервенција производи трошкове
  - Циљ је одредити у ком стању се предузима која интервенција како би се дугорочни трошкови свели на минимум
- Оптимизација

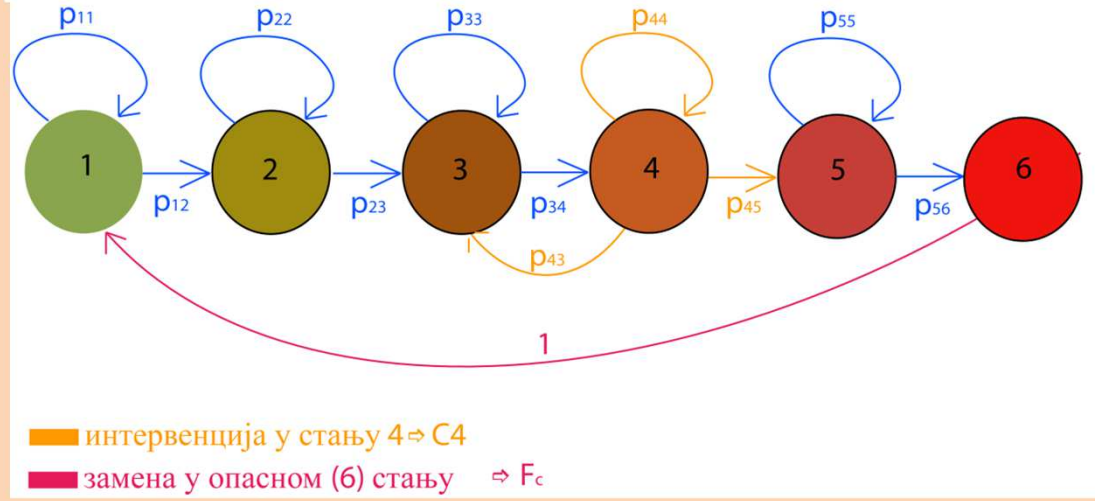




Стратегија 1



Стратегија 2



Стратегија 3

# Али...

- Сва угрожавања нису дефинисана нормама:
  - Неке природне непогоде
  - Људске грешке / погрешна процена
- Изненадни колапси услед незапажених (или незапажљивих) процеса пропадања нису укључени у разматрање
- Елементарни непогоде и катастрофе наступају без најаве
- Оцена ризика

# Колапси мостова

Тип моста	Подаци	Број објеката	Средњи животни век	Вероватноћа колапса
Челични железнички	САД (<1900)	-	40	0.001
Висећи	Свет (1900-1960)	55	40	0.003
Конзолни	САД	-	-	0.0015
Сви	САД	-	-	0.001
Сви	Аустралија	-	-	0.01

САД: 1,502 колапса мостова између 1966 и 2005

# Ризик

- Дефинише се као производ вероватноће отказа и монетарне вредности последица отказа
- Процена вероватноће отказа
- Процена последица
  - Губитак живота или повреде
  - Губитак конструкције
    - Директне трошкове
    - Индиректне трошкове

# "Отказ"



# Процес одлучивања на бази ризика

- Дефиниција система
- Сценарио угрожавања
- Анализа последица
- Анализа вероватноће сценарија
- Процена осетљивости
- Оцена ризика
- Мере ка смањењу ризика

# Избор мера за смањење ризика



Ојачање ужета

$$P=10^{-3}$$

”Ризично”  
понашање



Робустан кавез и јако

уже  $P=10^{-7}$

Аверзија према ризику

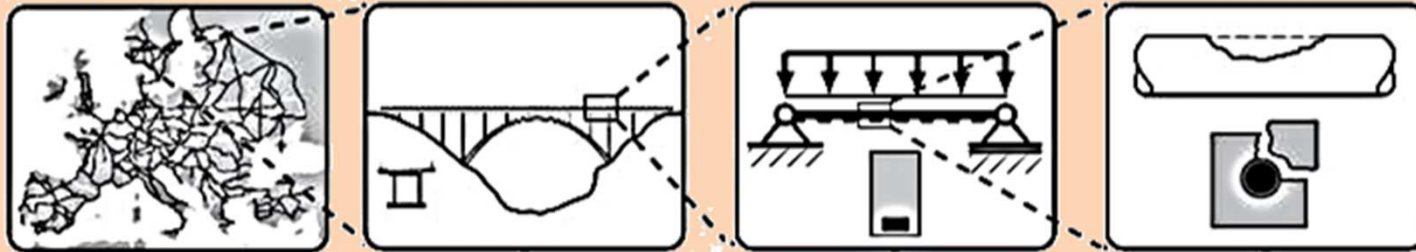


Коштање мера балансирати са смањењем ризика које се њоме постиже

Ограничење – избећи људске жртве

# Системи и одлуке

СИСТЕМ



"колапс"  
саобраћаја

затворен  
пут

"отказ"  
моста

"отказ"  
елемента

лом пресека  
греде

Прекид  
арматуре пресека

Губитак  
пресека

корозија

ОДЛУКЕ

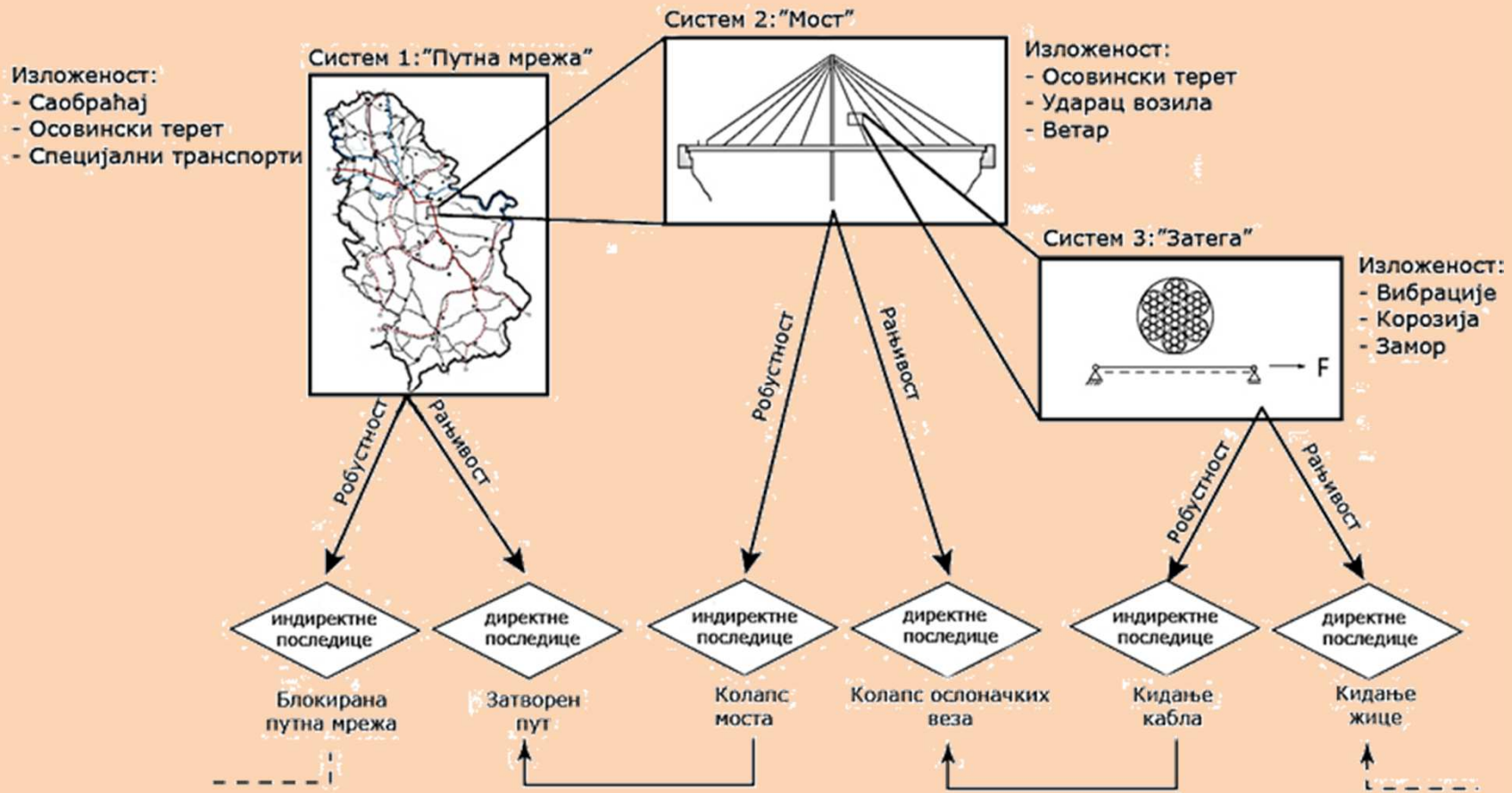
Приоритети (?)  
- према стању  
- према функцији у  
мрежи

Поправка/ојачање и која врста?

Заштита?

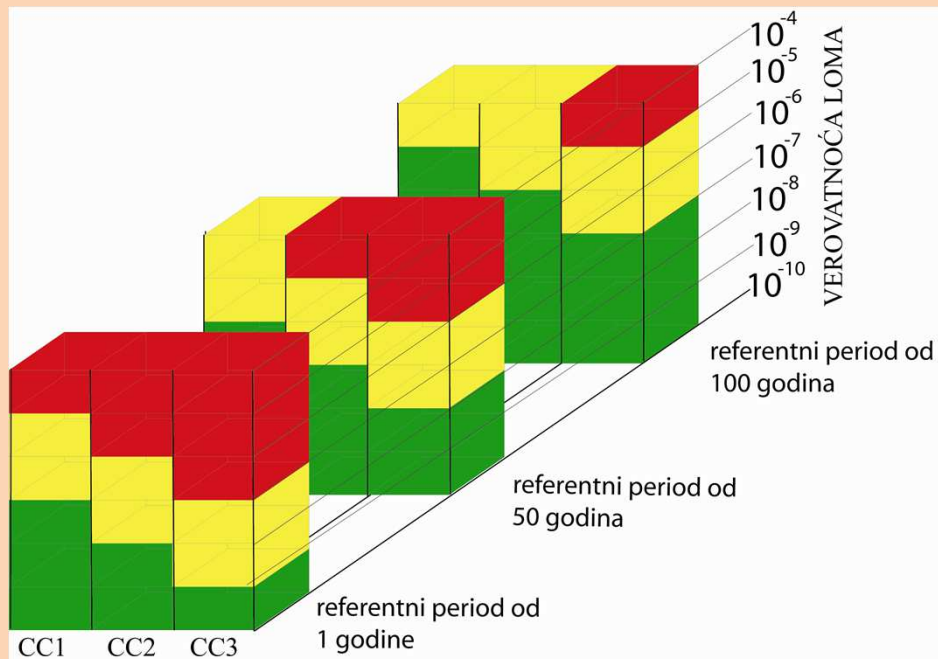


# Робустност / Рањивост



# Процена ризика

- Квалитативна



- Квантитативна

- Прорачунски модели за одређивање вероватноће:

- Хазарда  $p(H)$

- Поузданости

$$\sum_{j=1}^{N_D} \sum_{k=1}^{N_S} p(D_j | H_i) p(S_k | D_j)$$

- Последица

- Монетарна вредност отказа (поправка, немогућност коришћења конструкције, жртве...)

$$C(S_k)$$

# Последице

- Категорије последица:
  - Последице за људе
    - Преминули
    - Повреде
  - Материјалне последице
    - Чишћење
    - Поправка и реконструкција
    - Пословна штета
    - Снабдевање
  - Еколошке последице
    - Подземне воде
    - Угљен диоксид
    - Загађење ваздуха
- Све последице се монетаризују у циљу оптимизације
- Корист интервентних мера се мери монетаризованим смањењем ризика

# Монетаризовање

Трошкови редуције у € по спашеном животу	
65	Вишеструке вакцине – трећи свет
700 – 1'500	Рендген
3'500	Шлем
7'000	Кардиолошка амбулантна
15'000	Хитна хеликоптерска служба
70'000	Појасеви у колима
6'500'000	Нови прописи у грађевинарству
30'000'000	Повлачење авиона DC-10 из саобраћаја
700'000'000	Одстрањивање азбеста из зграда

# Управљање ризиком - мере

- Ограничавањем употребе конструкције (изложеност),
- Ојачање критичних елеменат конструкције (рањивости)
- Повећањем резерве конструктивног система (робусности).

# Сразмерност мера одржавања

- Планирање мера одржавања такође базира имплицитно на оцени ризика
- Најгора класа стања (опасно, критично или како год да је названа) представља неприхватљиви ризик
- Мере одржавања се сматрају сврсисходним уколико су њихиви укупни трошкови мањи редукције ризика која се њима постиже.
- Међутим, најчешће при планирању одржавања, изненадни колапси услед стихијских процеса угрожавања нису укључени у разматрање

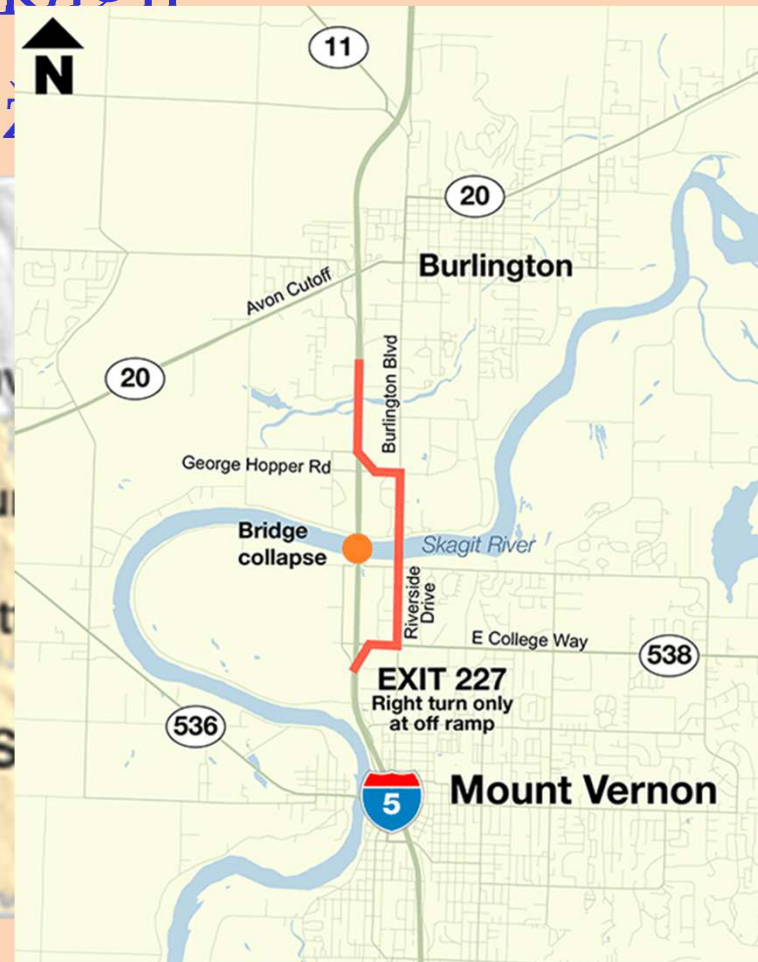
# MOST PREKO REKE SKAGIT

**Predmet: Betonski Mostovi**

**Milena Glišić**

# LOKACIJA

- Deo je Most se nalazi na reci Skagit međudržavnog autoputa 5.
- Grad Mount Vernon, država Vašington
- Povezuje Vašington sa Kanadom.





# OSNOVNE KARAKTERISTIKE MOSTA

- U pitanju je čelični most.
- Sastoji se iz 4 raspona sistema rešetkaste proste grede.
- Ukupne dužine 338,9 m (dužina najvećeg raspona 48,8 m).
- Napravljen 1955. godine.
- Visina glavne noseće konstrukcije mosta iznosi: min 4,7m, max 5,5m.
- Dnevni saobraćaj na mostu 70.925 vozila.
- Postoje 4 saobraćajne trake na mostu.

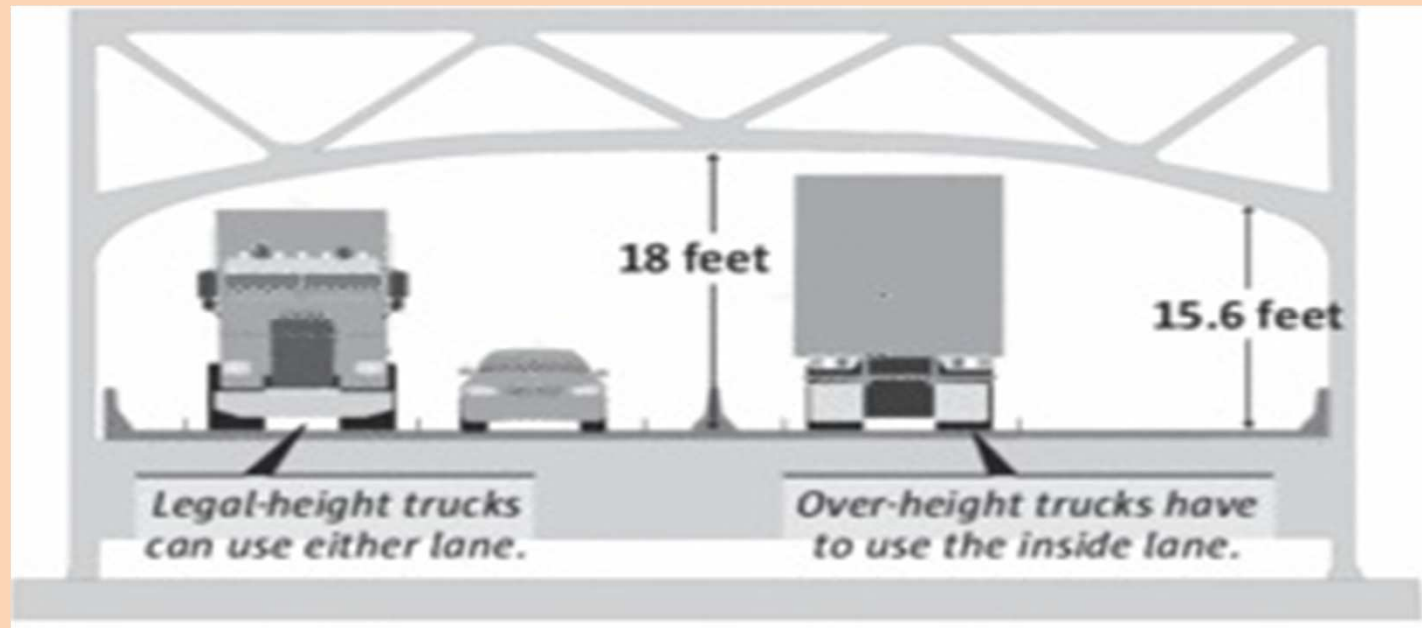


# HAVARIJA NA MOSTU



# UZROK RUŠENJA MOSTA

- Kao uzrok je naveden udar kamiona u glavni nosač mosta.
- Od 1970. godine preko ovog mosta prelaze kamioni sa velikim tovarom.
- Nije prvi put da se desio udar tovara koji je bio previsok za most, ali do sada je prolazilo bez katastrofalnih posledica.

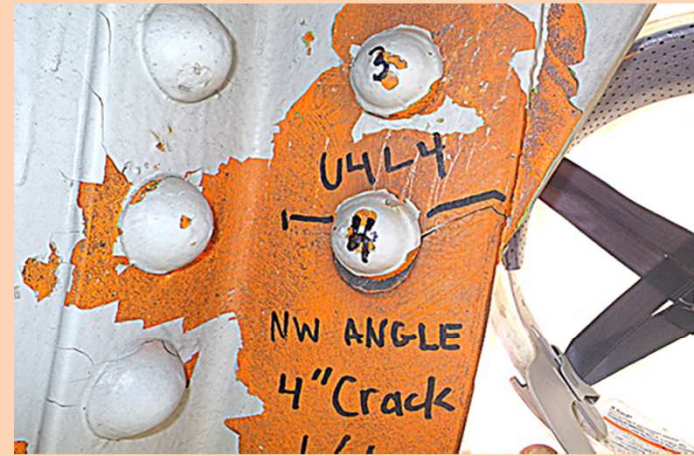


# ISTORIJA

- Inspekcija 1992. godine-  
preporučeno izmeštanje autoputa  
I-5 na drugi pravac, umesto toga  
izvršene su popravke (troškovi  
8.270.000 \$ ) tada je dnevni  
saobraćaj iznosio 29.200 vozila.
- Inspekcija 2000. godine-popravke  
na mostu (troškovi 1.197.000 \$ )  
dnevni saobraćaj 46.975 vozila.
- Inspekcija 2010. godine-most  
ocenjen kao funkcionalno  
zastareo, ali da nema strukturne  
nedostatke (troškovi popravki  
1.035.000 \$ ) dnevni saobraćaj  
70.526 vozila.
- U novembru 2012. godine jak  
udarac kamiona zahtevao je  
inspekciju i popravke na tri dela  
mosta na njegovom južnom kraju  
(nije deo koji se srušio). Izveštaj je  
pokazao da postoji 8 segmenata  
na kojima je čelik savijen ili  
udubljen usled udara (nisu  
izvršene popravke).



# ISTRAGA



- **DA LI SE NESREĆA MOGLA IZBEĆI?**

- Redovne kontrole i održavanje mosta!
- Usmeravanjem visokih vozila u levu traku.
- Korišćenjem drugih putnih pravaca za vozila sa velikim tovarom.
- Više ulaganja u celu rekonstrukciju mosta i njegova optimizacija za uslove današnjeg saobraćaja.

- **GUBICI USLED RUŠENJA MOSTA**

- Bez gubitaka ljudskih života.
- Procenjena šteta u iznosu od 47.000.000 \$ samo zbog onemogućenog transporta preko mosta (26 dana).
  - Gužve na alternativnim putevima.
  - Duže vreme putovanja -bar 50 milja (oko 80 km) duži put. Veći troškovi putovanja, veća emisija ugljen-dioksida.
- Mnoge lokalne firme prijavile gubitke između 15 i 80% od kada je most srušen.
- Ukupni troškovi postavljanja privremenog i stalnog raspona, sanacije ostalog dela mosta, znosiće oko 18.000.000 \$ .