

TRAJNOST KONSTRUKCIJA I



- 11 -

NEUSPJESI, NESREĆE,
KATASTROFE

Neuspjesi, nesreće, katastrofe

- ❑ Ovo poglavlje: razlozi i primjeri neostvarenja ili podbačaja planiranog vijeka trajanja

- ❑ *ŠTO JE GRADITELJSTVO ?*

- neprestana borba čovjeka s prirodom,
- svladavanje njenih sila,
- spoznavanje njenih zakonitosti,
radi zadovoljavanja nekih čovjekovih potreba za:
 - ❑ stanovanjem
 - ❑ komunikacijom
 - ❑ radom
 - ❑ korištenjem energije...

ČOVJEK NIJE
UVIJEK
POBJEDNIK

Uzroci katastrofalnih rušenja i razvoj propisa

□ Razlikujemo 2 skupine:

- Događaj odnosno uzrok katastrofe je iznad očekivane razine
 - Konstrukcija nije proračunata za to djelovanje
 - Ispravnost propisa ?
 - Pravilna primjena propisa ?
 - Svjesno prihvaćamo mogućnost incidentnih situacija, ali su one malo vjerojatne
- Događaj je unutar očekivanih granica, a konstrukcija ipak nije izdržala
 - Problem je u konstrukciji
 - Uzrok: neprimjeren proračun, dimenzioniranje, greške izvedbe, problemi održavanja ? (najčešće skup više činitelja)

Uzroci katastrofalnih rušenja i razvoj propisa

Kroz povijest - odgovor na katastrofalne događaje koji su imali za posljedicu i gubitak života ljudi i velike materijalne troškove



RAZVITAK
PROPISA
I NORMI

Uzroci katastrofalnih rušenja i razvoj propisa

POTRESI

(1989. Loma Prieta - 1994. Northridge - 1995. Kobe)

- Katastrofalne štete ⇒ posljedica ⇒ velike promjene u pristupu projektiranju konstrukcija kako bi se osigurala njihova otpornost na potres.
- Promjene se ne odnose samo na propise u ovim zemljama, već su ušle u tehničku regulativu brojnih zemalja pa tako i u Eurokodove.
- Iako se novi građevinski propisi u biti ne odnose na već sagrađene konstrukcije, u ovom slučaju je u Kaliforniji postavljen i zahtjev za ojačanjem postojećih konstrukcija.

Uzroci katastrofalnih rušenja i razvoj propisa

POTRESI

(1989. Loma Prieta - 1994. Northridge - 1995. Kobe)



"mekana" prva etaža s
garažama nedovoljne
posmične krutosti



"drobljenje" stupa zbog
nedovoljne armature za
ovijanje - spona

Uzroci katastrofalnih rušenja i razvoj propisa

URAGAN Andrew 1992.

- ❑ Nakon uragana koji je imao prije svega za posljedicu materijalne štete
 - (na određenim područjima srušeno je čak 90 % građevina)
- ❑ započeo je rad na novom propisu (Building Code) kojim se zahtijeva gradnja otpornijih konstrukcija
 - veći i nepopustljiviji temelji,
 - više armature,
 - povezivanje zida betonom.
- ❑ No, novi propis stupio je na snagu tek 2002. godine, 10 godina nakon uragana

Uzroci katastrofalnih rušenja i razvoj propisa

POŽARI

**(1967. robna kuća, Bruxelles, Belgija –
1970. diskoteka, Saint-Laurent-du-Pont, Francuska)**

- ❑ Dramatični požari potaknuli su razvoj novih propisa u europskim zemljama koji se temelje na ograničenju požarnog rizika kroz niz zahtjeva.
- ❑ Među njima je i ograničenje širenja požara vezano uz koncept "požarne otpornosti" i "ponašanja u požaru".
- ❑ Požarnim odijelcima ograničava se veličina, između njih se postavljaju vatrootporni prozori i vrata, primjenjuju se minimalne visine prozora kako bi se spriječilo širenje požara između katova.
- ❑ Definiraju se normirane požarne otpornosti u minutama (R30, R60, R90, R120) uz zadržavanje nosivosti.
- ❑ Dozvoljava se ograničenje zapaljivog materijala u požarnom odjeljku.

Uzroci katastrofalnih rušenja i razvoj propisa

POŽARI

(1967. robna kuća, Brusseles, Belgija –
1970. diskoteka, Saint-Laurent-du-Pont, Francuska)



Materijalne posljedice katastrofalnih požara u tunelima:
Mont Blanc, Francuska, 1999. Kaprun, Austrija 2000.

Uzroci katastrofalnih rušenja i razvoj propisa

Nemoguće je isprojektirati i izgraditi apsolutno sigurne građevine



Uvijek se može pojaviti neko opterećenje koje može premašiti prethodno definiranu društveno prihvatljivu razinu rizika.



Zaključak istraživanja brojnih nesreća:



proračunska opterećenja ne trebaju se povećavati, jer se radi o iznimno rijetkim djelovanjima, ali se trebaju uvesti poboljšanja u konceptijskim rješenjima, kako bi se izbjegla ljudska stradanja.

KATASTROFALNA RUŠENJA USLIJED IZVANREDNIH DJELOVANJA

□ Djelovanja iznad očekivane razine:

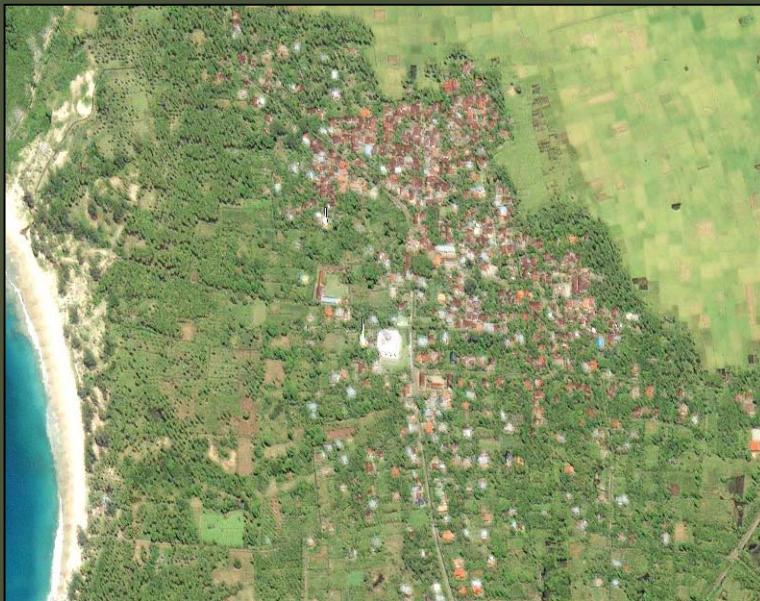
- Uragani
- Plimni valovi

□ Djelovanja koja su sadržana u propisima:

- Udari vozila
- Udari plovila

KATASTROFALNA RUŠENJA USLIJED IZVANREDNIH DJELOVANJA

- ❑ **TSUNAMI** je neobično dugi val (i preko 100 km) s periodom koja može biti duži od 1 sat, što znači da dva vrha vala dolaze u razmaku od jednog sata.
- ❑ Nastaje kao rezultat podvodnog potresa; nekoliko minuta nakon potresa formiraju se dva vala – jedan koji putuje prema prema obali i drugi koji putuje prema dubljem dijelu oceana.
- ❑ Konačna posljedica tsunamija je poplavljivanje velikog obalnog područja. Morska razina naraste puno više nego li je normalno područje plime i oseke.



Naselje Aceh, Indonezija: prije i poslije plimnog vala 2004.

KATASTROFALNA RUŠENJA USLIJED IZVANREDNIH DJELOVANJA

- ❑ **URAGAN** je meteorološka pojava koju karakterizira središte niskog tlaka (oko) i brojne oluje koje proizvode brze i jake vjetrove kružnog kretanja (područje očnog zida) i jake kiše (vanjski kišni pojas je dio ciklusa isparavanje/kondenzacija i "hrani" oluju).
- ❑ Uragani mogu trajati i nekoliko dana ili tjedana, a česta su pojava na istoku Sjedinjenih Američkih Država, u jugoistočnoj Aziji i na sjeveru Australije.
- ❑ Ista takva pojava u Indiji i Kineskom moru naziva se tajfun, a zajedničko ime im je tropska oluja.
- ❑ Površina zahvaćena uraganom obično iznosi 150 do 600 km u promjeru, a vjetrovi dosežu brzinu između 100 i 250 km/h.

KATASTROFALNA RUŠENJA USLIJED IZVANREDNIH DJELOVANJA



Posljedice uragana su između ostalog i velike poplave:
New Orleans, SAD, Uragan Betsy 1965.; uragan Katrina 2005.

KATASTROFALNA RUŠENJA USLIJED IZVANREDNIH DJELOVANJA

□ UDARI TERETNIH BRODOVA



- Most Jiujiang 2007.
- Udarac broda natovarenog pijeskom
- Brod je skrenuo s uobičajenog navigacijskog pravca i udario u temeljnu ploču stupa.



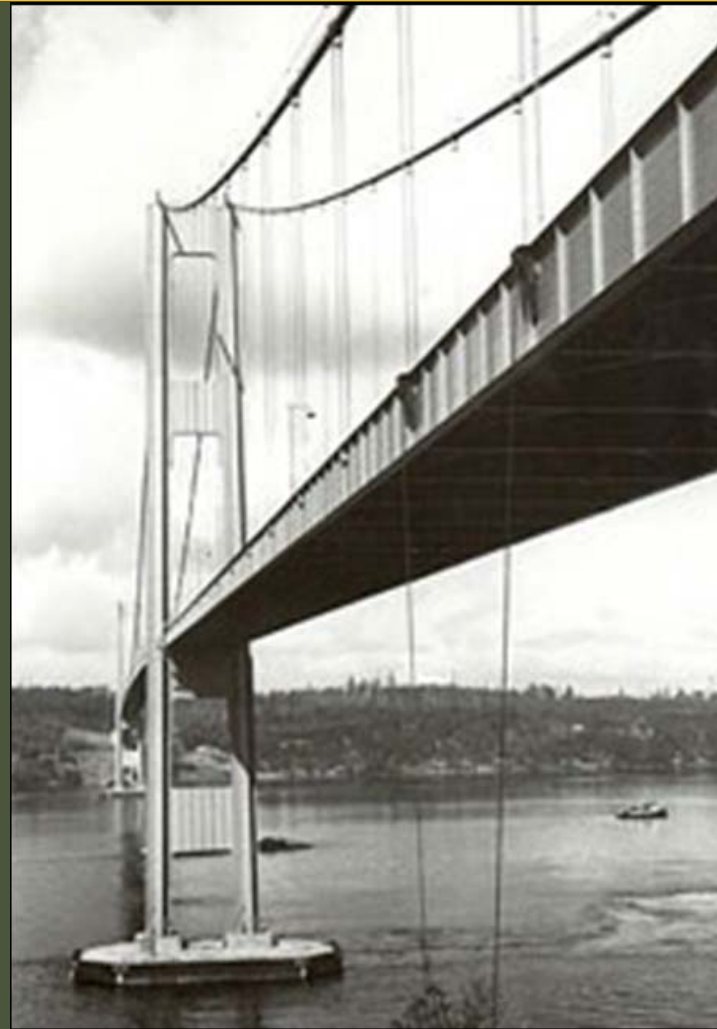
- Most Jintang 2008.
- Prazni teretni brod udario je u rasponski sklop mosta u izvedbi
- Brod nije vozio predviđenim navigacijskim putem.

KATASTROFALNA RUŠENJA USLIJED PROBLEMA U KONSTRUKCIJI

- nekoliko primjera rušenja konstrukcija u kojima se kao dominantan uzrok mogu navesti
 - GREŠKE U PROJEKTU,
 - NEPAŽNJA PRI IZVEDBI TE
 - NESHVAĆANJE VAŽNOSTI ODRŽAVANJA KONSTRUKCIJE.

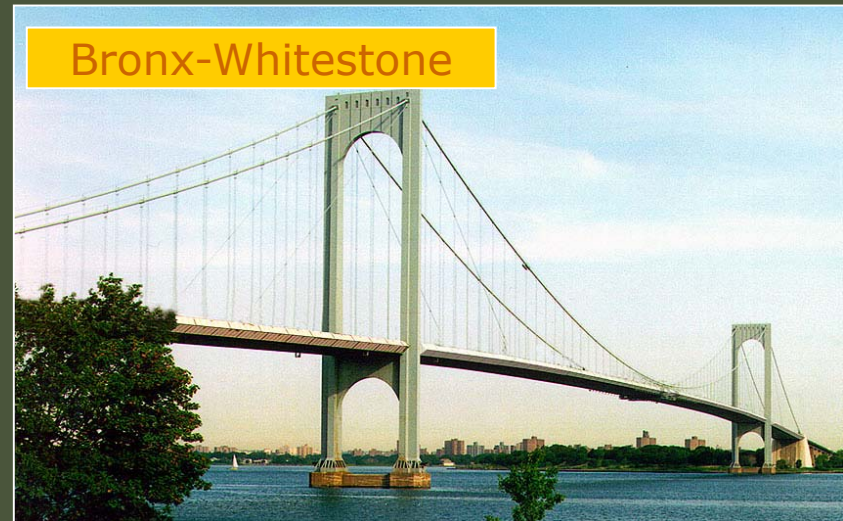
MOST TACOMA NARROWS

- ❑ 3. najveći raspon na svijetu u vrijeme gradnje 1940.
- ❑ Vrlo lagana i tanka konstrukcija
 - Vlastita težina 1/10 u usporedbi s drugim visećim mostovima
- ❑ Glavni raspon 854 m
- ❑ Debljina grede za ukrućenje 2,4 m, širina 11,9 m



MOST TACOMA NARROWS

- ❑ Proračun: Leon Moisseiff
 - Konzultant:
 - ❑ Most San Francisco-Oakland Bay
 - ❑ Most Golden Gate
 - ❑ Most Bronx-Whitestone (New York)
 - Razvio metodu za proračun sila u visećem mostu



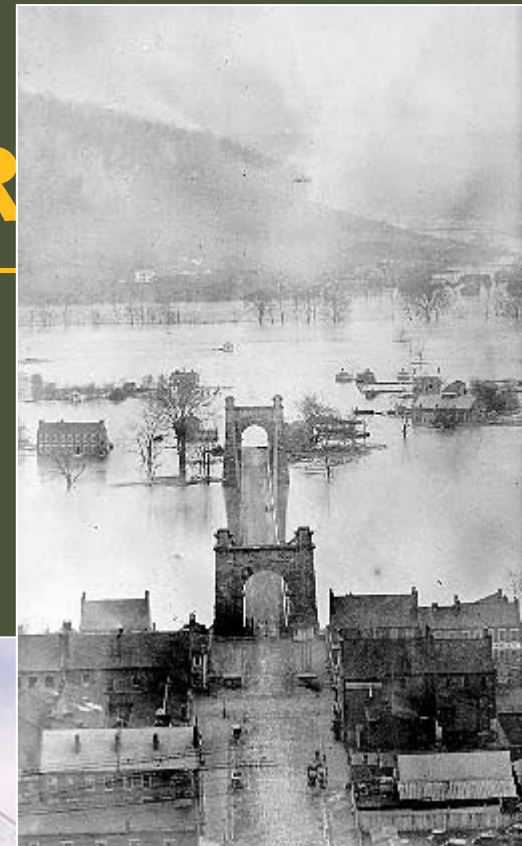
MOST TACOMA NAR

❑ Nadimak: "Gallopig Gertie"

- Zbog vibracija pri laganom vjetru
- Nije prvi most koji je dobio ovaj nadimak:

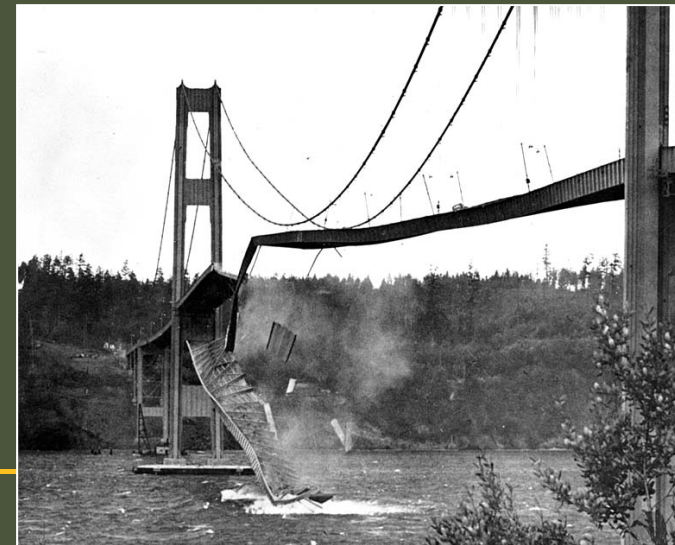
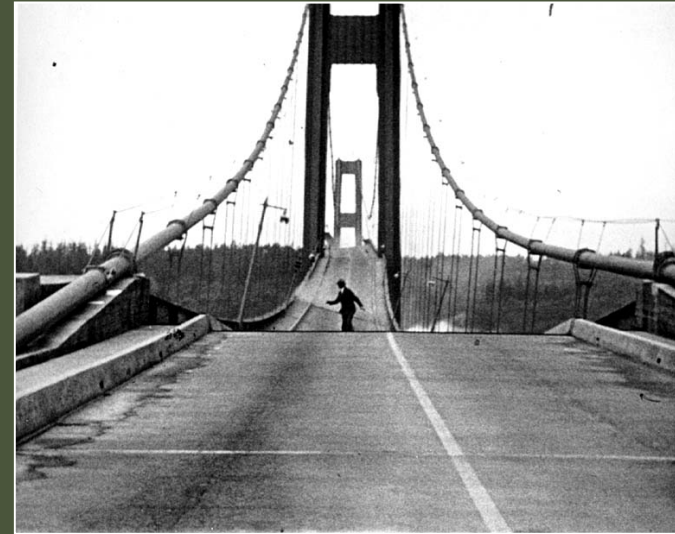
Most preko rijeke Ohio, u Wheelingu, Zap. Virdžinija
graditelj: Charles Ellet

- ❑ Izgrađen 1849.
- ❑ Najveći raspon na svijetu
- ❑ Srušen tijekom nevremena 1854.



MOST TACOMA NARROWS

- ❑ POGREŠKA: u nastojanju za ostvarenjem što većih raspona što vitkijim i tanjim konstrukcijama, zaboravilo se na osjetljivost konstrukcije na dinamička djelovanja,
 - koja mogu imati izvoriste u prometnom opterećenju (karakteristično za željezničke mostove) ili vjetru.



MOST TACOMA NARROWS

- ❑ ISTRAGA O UZROCIMA RUŠENJA MOSTA ⇒
- ❑ Upute za kasniju praktičnu primjenu visećih mostova:
 - Važnost prigušenja
 - Važnost osiguranja vertikalne krutosti
 - Važnost osiguranja torzijske krutosti



MOST TACOMA NARROWS

■ KONKRETNE PREPORUKE:

- Koristiti rešetkaste grede za ukrućenje (smanjenje pritiska vjetra)
- Povećati omjer širina/raspon
- Povećati težinu mosta
- Prigušiti konstrukciju
- Povećati krutost i visinu grede za ukrućenje
- Aerodinamičko oblikovanje grede



MOST TACOMA NARROWS

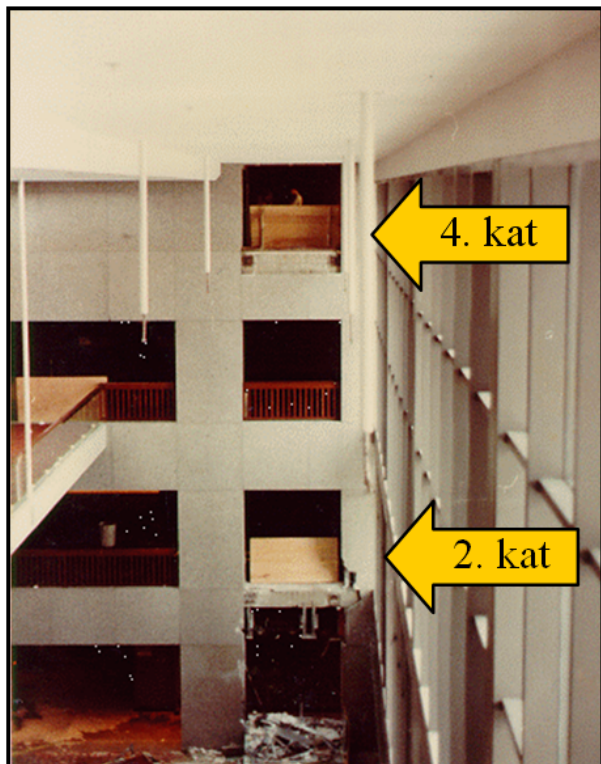
- ❑ Nova konstrukcija iz 1950.
 - zamijenila srušenu
 - ima rešetkastu gredu za ukrućenje debljine 10 m, a širine 18,3 m
 - čelični piloni

- ❑ Najnovija konstrukcija 2007.
 - paralelni most
 - piloni u armiranom betonu



OVJEŠENI HODNICI HOTELA U KANSAS CITY-U

- ❑ rušenje ovješnog hodnika u dvije razine u 1981.
- ❑ prvenstveno uslijed odluka u izvedbi, kojima je promijenjen izvorni detalj ovješnja hodnika iz projekta
- ❑ otkazivanje spoja vješaljke i nosača hodnika 4. kata.



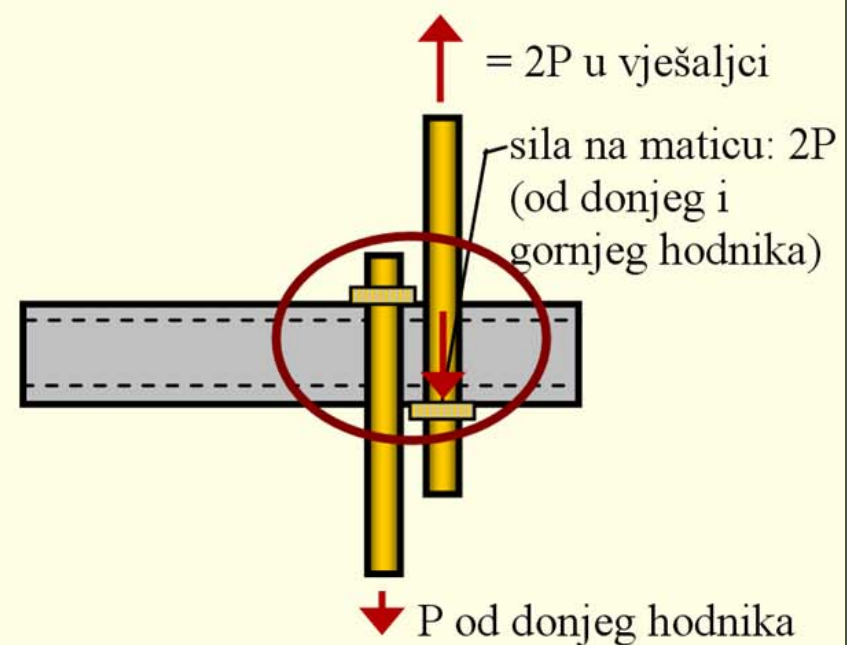
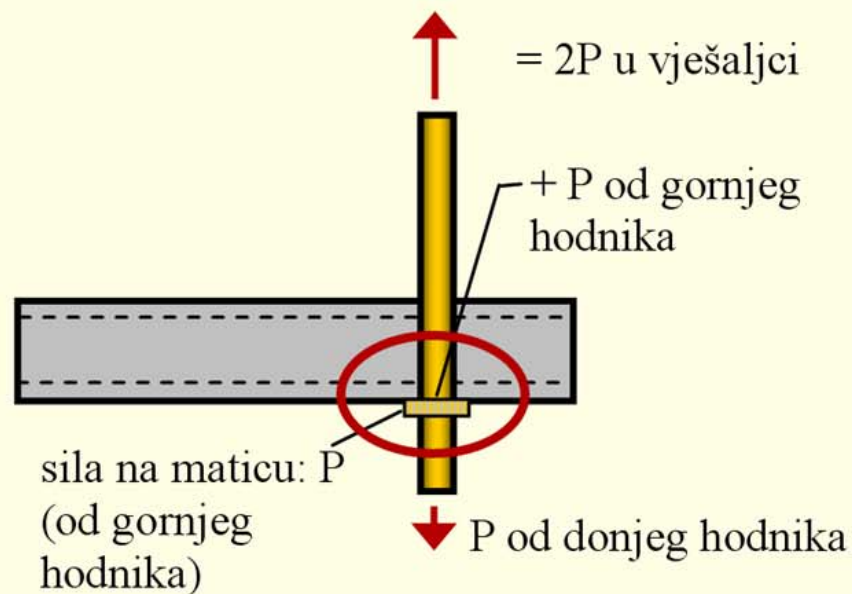
OVJEŠENI HODNICI HOTELA U KANSAS CITY-U

Prema izvornom rješenju

- u projektu, razina 2. i 4. kata bile su ovješene o jednu vješaljku.

U izvedbi

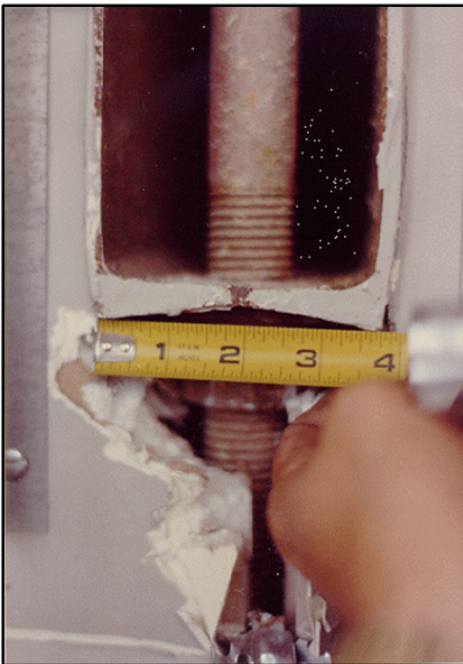
- odlučeno skratiti duljinu vješaljke i izmijeniti detalj ovješnja:
- donji kat hodnika zapravo je ovješten o gornji, i opterećenje koje matica mora prenijeti se dvostruko povećalo.



OVJEŠENI HODNICI HOTELA U KANSAS CITY-U

■ Dodatna pogreška

- smještanje matice direktno u zavareni spoj između dvaju C profila poprečne grede, najslabije mjesto tako formirane sandučaste grede.



■ Nakon rušenja vidljive

- izrazite deformacije poprečnog presjeka, sandučasta greda se razdvojila na spoju C profila, a matica koja je pridržavala vješaljku klizla je između profila.



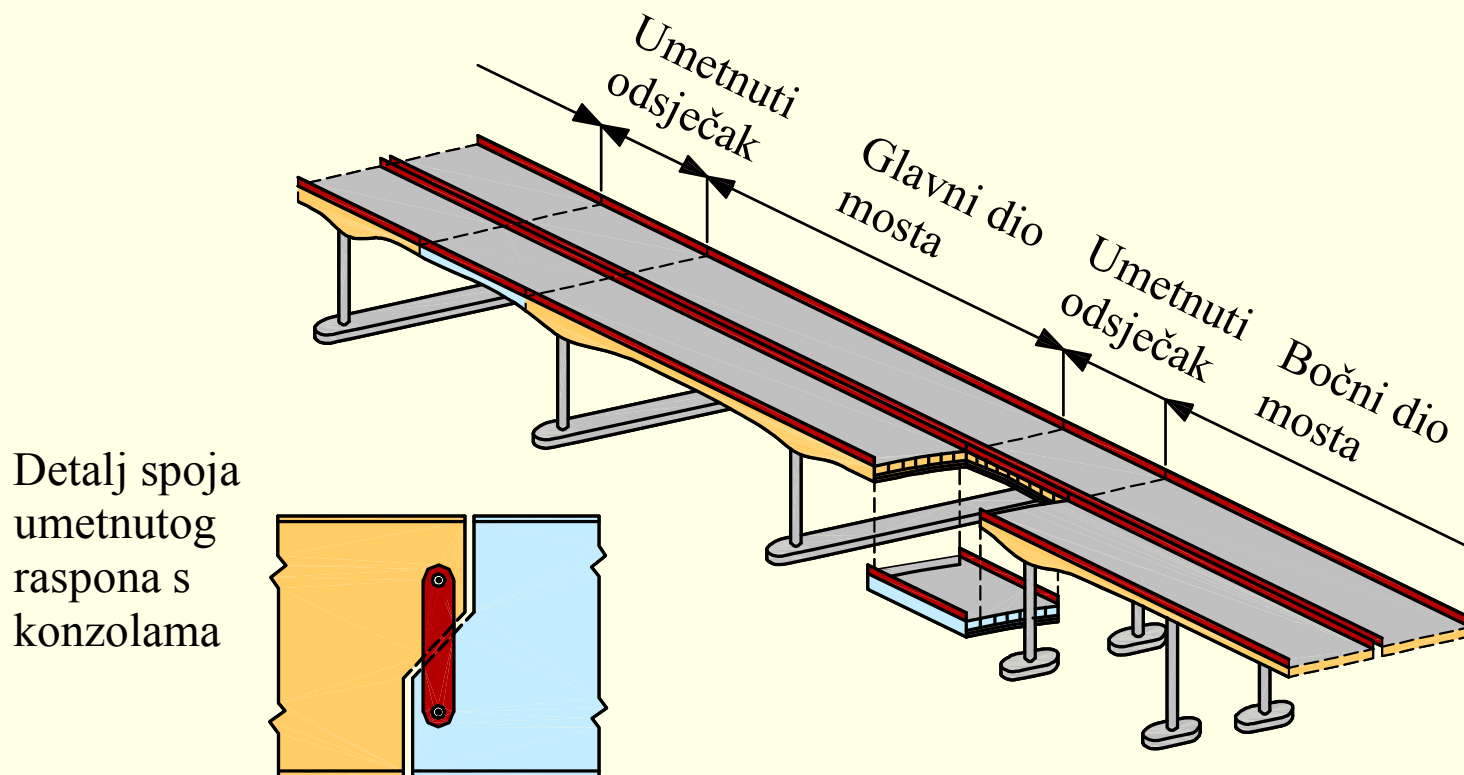
OVJEŠENI HODNICI HOTELA U KANSAS CITY-U

- ❑ Do rušenja čitave konstrukcije je došlo zbog nedovoljnih rezervi nosivosti (statička određenost)
- ❑ Niti originalni detalj nije bio u skladu sa zahtjevima propisa



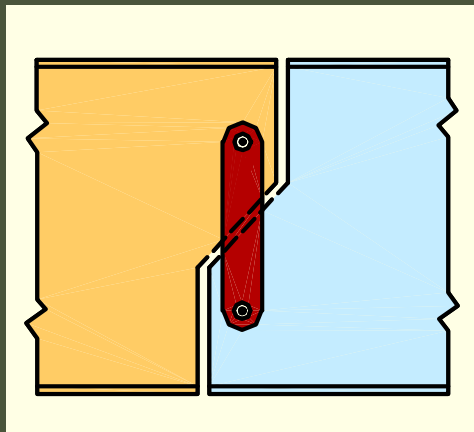
MONTAŽNI RASPON MOSTA MIANUS U CONNECTICUTU

- Most građen krajem 50-ih godina prošlog stoljeća konzolnom gradnjom
- U dva glavna raspona korišten je umetnuti raspon duljine 30 m
- Do rušenja mosta došlo je iznenada 1983. godine.



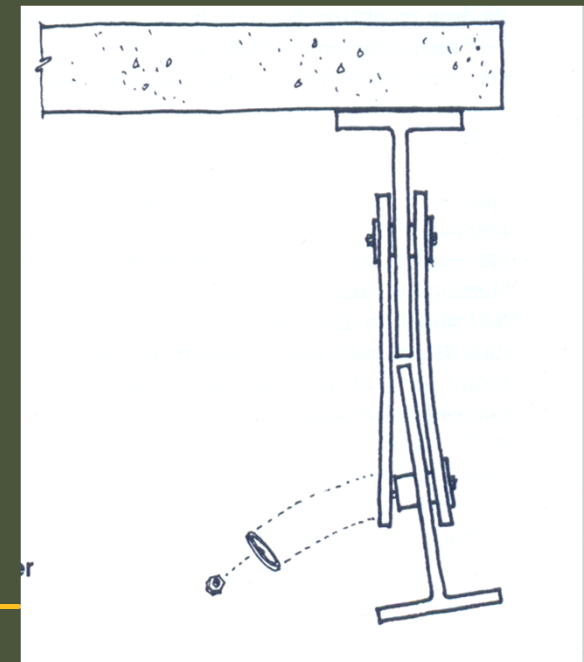
MONTAŽNI RASPON MOSTA MIANUS U CONNECTICUTU

- Uzrok rušenja $\Rightarrow$ nedovoljne rezerve odnosno statička određenost konstrukcije.
- Za spoj umetnutog raspona s konzolama korišten je spoj s trnovima, čije je otkazivanje uzrokovalo rušenje čitavog raspona.



MONTAŽNI RASPON MOSTA MIANUS U CONNECTICUTU

- Do otkazivanja spoja došlo je uslijed
 - odvajanja i izobličenja podložne ploče, koje je uzrokovano
 - ekscentričnim opterećenjem (od sila kočenja i pokretanja, pojačan zbog kosine mosta)
 - te lošim detaljem odvodnje kolnika.
- Zbog prodora vode s kolnika spoj je korodirao, a produkti korozije zbog većeg volumena daju dodatni pritisak na podložnu ploču.



MONTAŽNI RASPON MOSTA MIANUS U CONNECTICUTU

- ❑ Dodatno utvrđeno kao posredni uzrok rušenja - **NEODGOVARAJUĆE ODRŽAVANJE.**
- ❑ Prilikom pregleda ovog mosta pola godine prije rušenja, posebno vozilo za pristup svim dijelovima mosta bilo je u kvaru te je podgled mosta pregledan samo pomoću dalekozora i nije bilo moguće uočiti oštećenja.
- ❑ Nedovoljnu pozornost koja se posvećuje održavanju vrlo dobro ilustrira podatak da je u to vrijeme za 3500 mostova u Connecticutu bilo zaduženo 6 timova po 2 čovjeka. Pregledi u SAD-u se vrše u dvogodišnjem ciklusu, što znači da je svaki tim morao pregledati gotovo 300 mostova godišnje.



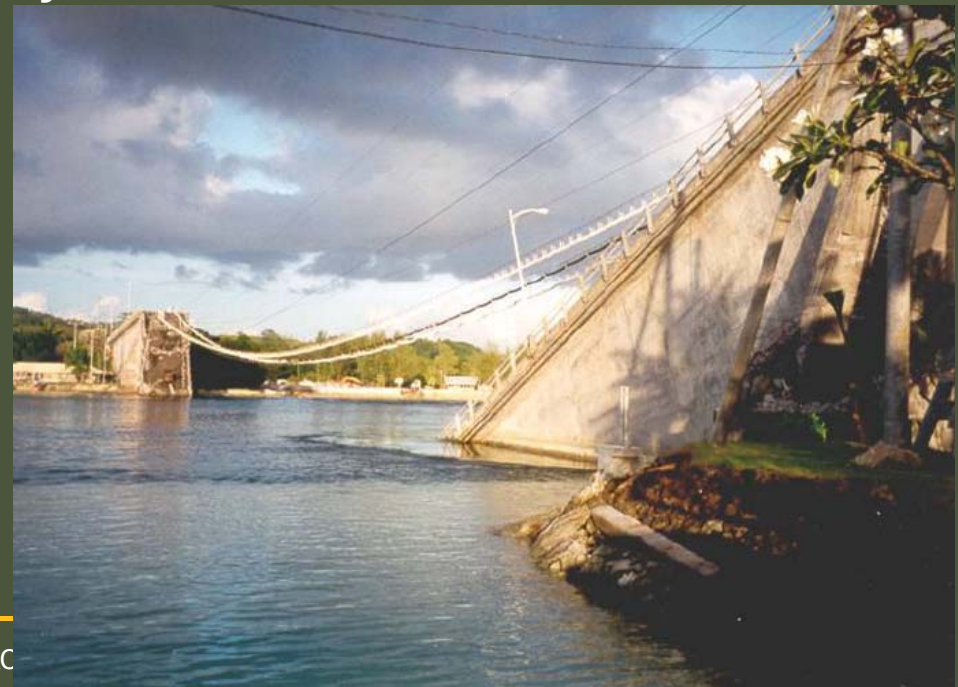
MOST KOROR-BABELDAOB, REPUBLIKA PALAU

- ❑ Republika Palau, otočna državi u Tihom oceanu 800 km istočno od Filipina
- ❑ Kada je sagrađen 1977. s glavnim rasponom od 241 m bio je most najvećeg raspona u armiranom betonu sandučastog poprečnog presjeka.
- ❑ Most je građen konzolnom gradnjom u odsječcima s obje strane, a konzole su u sredini spojene zglobovom koji je omogućavao prijenos poprečnih sila, a dopuštao uzdužne pomake.
- ❑ Nedugo nakon izgradnje uočeno je progibanje glavnog raspona na mjestu zgloba.
- ❑ Do 1993. godine zglob se spustio gotovo 1,4 metra.

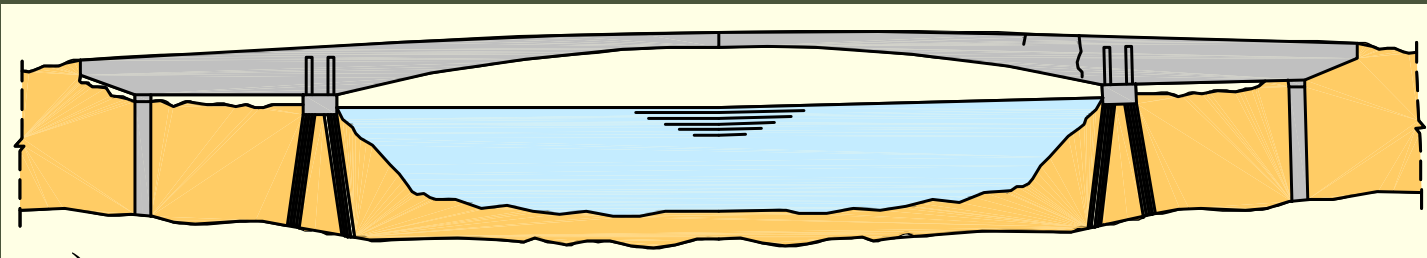


MOST KOROR-BABELDAOB, REPUBLIKA PALAU

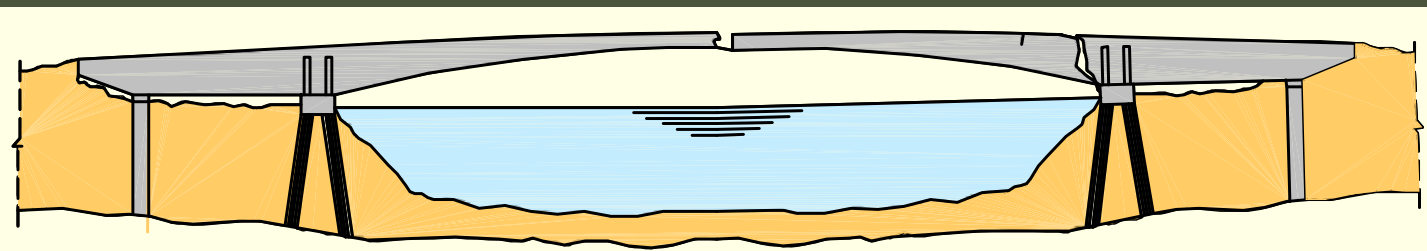
- ❑ Predložena je sanacija vanjskim prednapinjanjem unutar sandučastog presjeka, 40 kabela trebalo je prolaziti neposredno ispod gornje ploče sanduka.
- ❑ Zbog ograničenih sredstava, prijedlog je izmijenjen te je umjesto 40 predviđeno svega 8 kabela. Kako bi se nadoknadila razlika u sili prednapinjanja, izvođač je odlučio podići most na mjestu zgloba i zamijeniti hidrauličnu tekućinu s cementnom smjesom.
- ❑ Novo rješenje u potpunosti je izmijenilo konstrukciju. Umjesto dvije konzole, obnovljeni most je postao kontinuiran.
- ❑ Šest mjeseci nakon završetka sanacije most se naglo srušio.



MOST KOROR-BABELDAOB, REPUBLIKA PALAU

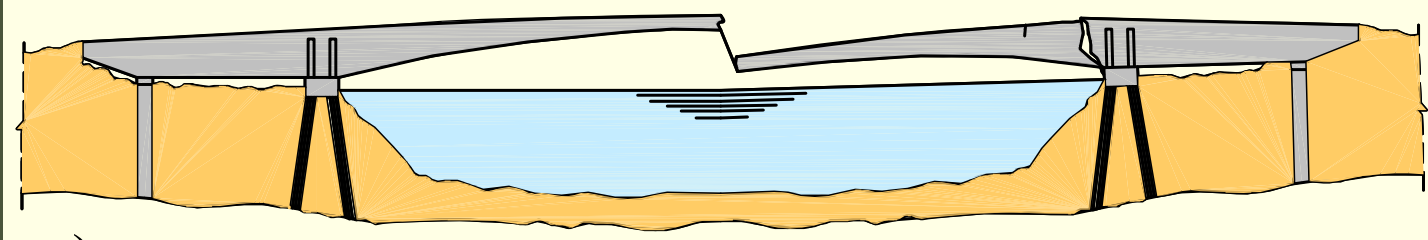


Sanacija $\Rightarrow$ Povećanje tlačnih napreznja, temp.promjene, sprječenoš pomaka krutim temeljenjem $\Rightarrow$ Raspucavanje gornje ploče

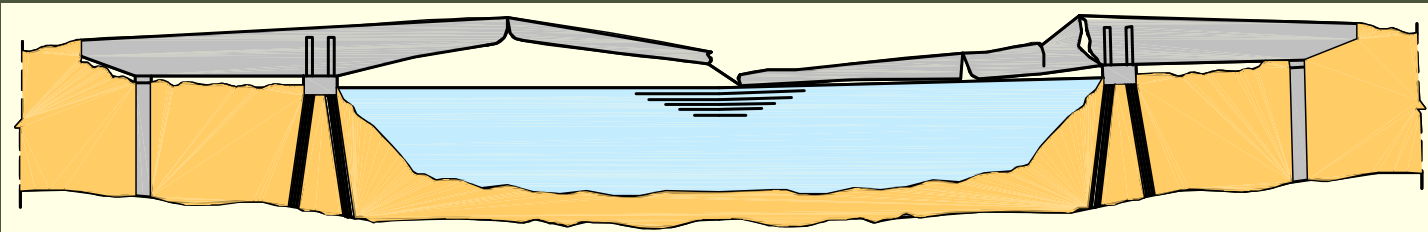


Povećavaju se tlačna napreznja u hrptovima i donjoj ploči $\Rightarrow$ Sandučasti poprečni presjek pada u potpuni tlak i događa se prvi slom $\Rightarrow$ Cijela desna konzola nagnije se prema bočnom rasponu te dolazi do odvajanja u starom zglobu.

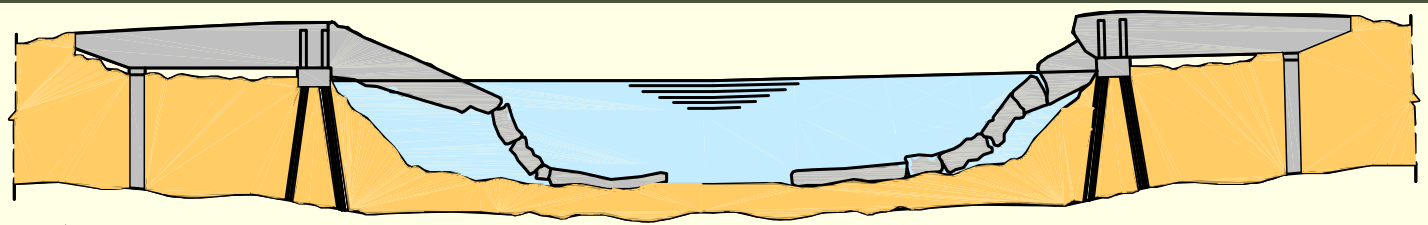
MOST KOROR-BABELDAOB, REPUBLIKA PALAU



Dalje se konzola zaokreće prema dolje, a kako su kabeli kontinuirani kroz zglob desna konzola povlači lijevu izazivajući žestoki slom savijanja



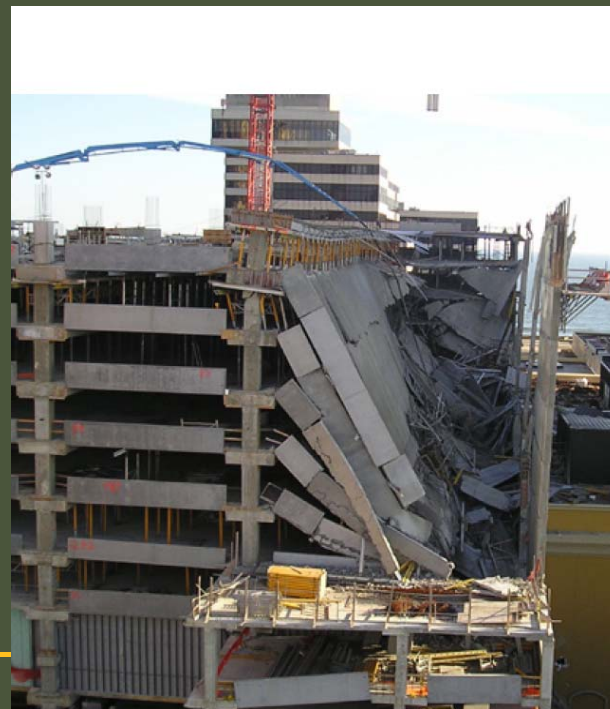
Desna konzola udara u vodu te se lomi uslijed pozitivnog M . Nakon toga slijedi slom lijeve konzole uslijed negativnog momenta savijanja.



Sandučasti poprečni presjek nastavlja se lomiti i ruši se na dno kanala

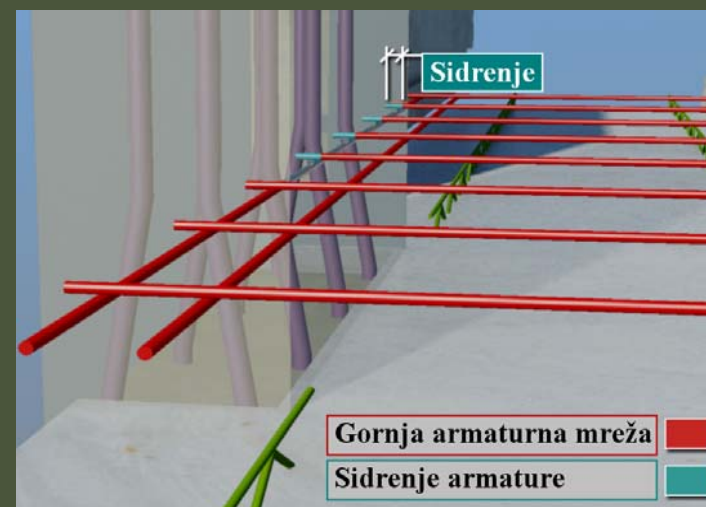
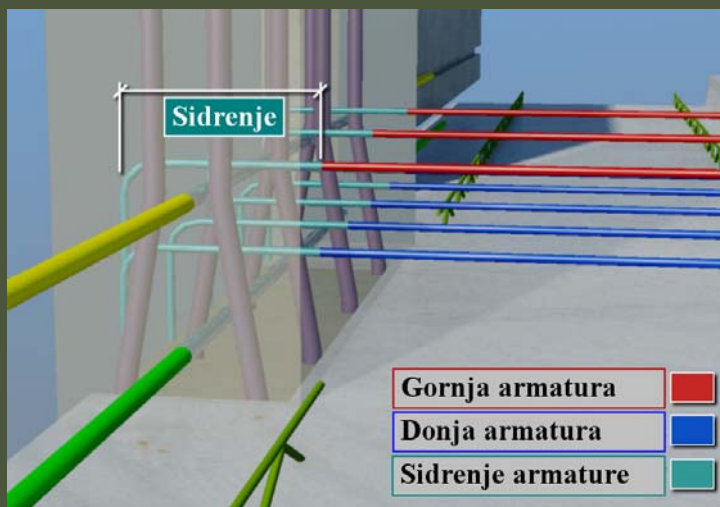
GARAŽA, ISTOK SAD-a

- Prilikom izvođenja proširenja kockarnice u istočnom dijelu SAD 2003. godine urušilo se približno 15 x 60 m površine garaže i to tijekom betoniranja stropne ploče na osmom katu od deset predviđenih.
- Vrlo brzo srušilo se više razina stropnih sustava, ali gotovo svi stupovi i zidovi ostali su stajati



GARAŽA, ISTOK SAD-a

- ❑ Nakon rušenja provedena su opsežna istraživanja. Utvrđeno je da armatura na spojevima stropova sa stupovima i zidovima nije izvedena u skladu s projektom



- ❑ Ovako izvedeni spojevi imali su minimalnu nosivost na negativne momente savijanja te je došlo do raspucavanja betona na mjestu spoja.
- ❑ Neko vrijeme bila je moguća preraspodjela opterećenja na druge dijelove.
- ❑ Ali kada su se zbrojili učinci na više razina nepravilno izvedenih detalja armature, prilikom betoniranja stropa na osmom katu, a uslijed opterećenja vlastitom težinom i opremom za građenje, došlo je do prekoračenja nosivosti i rušenja.

MOST PREKO RIJEKE MISSISSIPPI, MINNEAPOLIS, SAD

- ❑ Rasponski sklop mosta, sagrađenog 1967., sastavljen od dviju uzdužnih čeličnih rešetki promjenljive debljine povezanih poprečnim kolničkim rešetkama iznad kojih je bila asfaltna ploča.
- ❑ Štapovi glavnih rešetki bili su u čvorovima spojeni preko čvornih limova zakovicama ⇒ prijeti opasnost od iznenadnog sloma jer nema zalihe nosivosti u tom smislu da otkazivanje bilo kojeg nosivog elementa konstrukcije uzrokuje rušenje čitavog mosta.



MOST PREKO RIJEKE MISSISSIPPI, MINNEAPOLIS, SAD

- ❑ Most je tijekom svog uporabnog vijeka dva puta rekonstruiran, 1977. i 1998.
- ❑ Prosječna debljina betonske kolničke ploče podebljana je sa 16,5 cm na 21,6 cm, a središnji i rubni odbojni zidovi su povećani.
- ❑ Ove promjene uvelike su pridonijele povećanju ukupnog stalnog opterećenja mosta.



MOST PREKO RIJEKE MISSISSIPPI, MINNEAPOLIS, SAD

- U kolovozu 2007. dok je mostom prolazilo preko sto vozila, došlo je do iznenadnog rušenja mosta.
- Približno 139 m središnjeg raspona čelične rešetke palo je sa visine 33 m u 4,6 m duboku rijeku.



MOST PREKO RIJEKE

MISSISSIPPI, MINNEAPOLIS, SAD

- ❑ Proračun čvornih limova u načelu je vrlo konzervativan $\Rightarrow$ pravilno projektirani čvorni limovi trebali bi biti bitno jači od štapova koje povezuju.
- ❑ Nitko nije očekivao da će se slom dogoditi upravo na mjestu čvornih limova.
- ❑ Upravo je to zaključeno – upravo oni čvorni limovi koji su raspucali bili su upola tanji nago bi bilo potrebno da se zadovolji granično stanje nosivosti.
- ❑ Preporuke za državnu upravu za ceste - za sve čelične rešetkaste mostove ovakvog tipa (bez zaliha nosivosti), kada se planiraju prilagodbe, rekonstrukcije i prenamjene, traži se da vlasnici provedu proračune kapaciteta nosivosti kako bi se utvrdilo da naprezanja u svim elementima konstrukcije, uključujući čvorne limove, budu u prihvatljivim i propisanim granicama.

MOST CAN THO, VIJETNAM

- ▣ Ovješeni most glavnog raspona 550 m, širine 23,1 m i visine pilona 174,3 m.



- ▣ U listopadu 2007. tijekom izgradnje prilaznog rasponskog sklopa dogodila se nesreća. Odsječak duljine 90 m srušio se s visine 30 m.

MOST CAN THO, VIJETNAM

- ❑ 1. teorija: skela je prerano pomaknuta, svega dva dana nakon betoniranja konstrukcije, a nije bila dovoljno stabilna.
- ❑ 2. teorija: došlo je do slijeganja temelja skele te je ona potonula što je izazvalo rušenje rasponske konstrukcije.



MOST CAN THO, VIJETNAM



- ❑ Najvjerojatnije je pogriješio izvođač.
- ❑ Naime prema njegovom projektu izvedena je skela koja nije imala dovoljnu nosivost.
- ❑ Umjesto faktora sigurnosti na opterećenje pilota skele u vrijednosti 1,25 prema američkim propisima, odnosno 1,35 prema japanskim propisima primijenjen je faktor sigurnosti 1,15.
- ❑ Osim toga opterećenje vjetrom na privremenu konstrukciju skele proračunato je sa pet puta manjim pritiskom vjetra.

Neuspjesi, nesreće, katastrofe

□ Opasnost:

- Zaboraviti pogreške iz prošlosti
- Primjer iz mostarstva:
 - S vremenskim odmakom od prve primjene određenog konstrukcijskog sustava, nastojanje za ostvarenjem što tanjih i s estetskog stanovišta uspješnijih konstrukcija (Most Tacoma Narrows)
 - Henry Petroski (Sveučilište Duke, USA): katastrofalni neuspjesi se ponavljaju u ciklusima od 30 godina
 - U počecima primjene određenog sustava, radi se vrlo pažljivo
 - Kad projekt počnemo smatrati "uobičajenim", zaboravljaju se temeljni principi, a granice se pomiču sve dalje
 - Danas: ovješeni mostovi – projekti sve smjeliji, rasponi sve veći

TRAJNOST KONSTRUKCIJA I



- 12 -

UPRAVLJANJE RIZICIMA

Upravljanje rizicima

- ❑ Neophodan dio suvremenog inženjerstva
- ❑ **Metode upravljanja rizicima** prilagođene građevinarstvu s naglaskom na:
 - Ponašanje čovjeka, nekontrolirane ljudske aktivnosti, terorizam
 - Prirodne pojave
 - Očuvanje sigurnosti konstrukcija
- ❑ **Građevina – osjećaj zaštite i sigurnosti**



Pristupi sigurnosti obzirom na uključene rizike i način upravljanja

1. TRADICIONALAN PRISTUP SIGURNOSTI

- Kojim se uzima u obzir smanjenje rizika uglavnom od prirodnih pojava
 - Vjetar
 - Poplave
 - Požar
 - Potres
- **PASIVNO UPRAVLJANJE RIZICIMA** provodi se primjenom odgovarajućih propisa i normi koji se temelje na
 - događajima iz prošlosti,
 - iskustvu,
 - modelima te
 - istraživanjima.



Pristupi sigurnosti obzirom na uključene rizike i način upravljanja

2. SUVREMENI PRISTUP

- obuhvaća i nove tipove rizika koji se prije nisu razmatrali odnosno koji nisu ni postojali, kao što je primjerice teroristički napad.
- Kako novi rizici nose velike posljedice primjenjuje se drukčiji, **AKTIVAN NAČIN UPRAVLJANJA RIZICIMA**



Rizici 21. stoljeća

■ **Eksplוזija u New Yorku 1993. godine**

- eksplodirala je kombi-bomba i otvorila 38 m široku rupu u četiri razine betonskih stropova.
- Poginulo je šest i ranjeno više od tisuću osoba.



Podzemna garaža WTC-a nakon eksplozije u veljači 1993.

Rizici 21. stoljeća

■ Eksplozije na Baliju 2002. i 2005. godine

- 2002. - dvije bombe eksplodirale u blizini popularnog noćnog kluba i jedna u blizini američkog počasnog konzulata - poginulo više od 200, a ranjeno još preko 300 osoba.
- 2005. u seriji eksplozija na dvjema stranama otoka - poginulo je 20 osoba uključujući tri bombaša-samoubojice, a ranjeno je još preko 100 osoba.



Rizici 21. stoljeća

■ **Eksplozije u Londonu 2005. godine**

- Serija eksplozija, najprije u metrou kojim se dnevno prevezu milijuni ljudi, a potom i u autobusima na gradskim linijama.
- Poginulo je 52 osobe uključujući četiri bombaša samoubojice i oko 700 ljudi je ranjeno.
- Nakon ove tragedije mnoge zemlje su uvele izvanredne mjere sigurnosti, posebno u javnom gradskom prijevozu.



Posljedica terorističkog napada na centar Londona

Rizici 21. stoljeća

■ Napad na WTC u New Yorku 2001. godine

- Događaj od 11. rujna 2001. promijenio je predodžbu o sigurnosti
- Poginulo je oko 3000 ljudi



UDARAC
AVIONA



EKSPLOZIJA



POŽAR



UDARAC OD
PADA KATOVA

Rizici 21. stoljeća

- ❑ Nakon ove havarije počinje se primjenjivati nova filozofija projektiranja građevina od velikog značaja.
- ❑ Više se značaja pridaje robusnosti konstrukcije kroz primjerice:
 - robusnije spojeve i okvirne sustave s boljom otpornošću na temperaturne promjene,
 - konstrukcijske sustave kod kojih je spriječen progresivan mehanizam rušenja (domino efekt),
- ❑ te poboljšanju koncepcije evakuacije ljudi iz visokih građevina:
 - ispravnijim smještanjem stubišta za bijeg i evakuaciju,
 - izvođenjem pregrada oko stubišta od materijala većih požarnih otpornosti,
 - općenitim povećanjem otpornosti na požar kroz cijelu zgradu

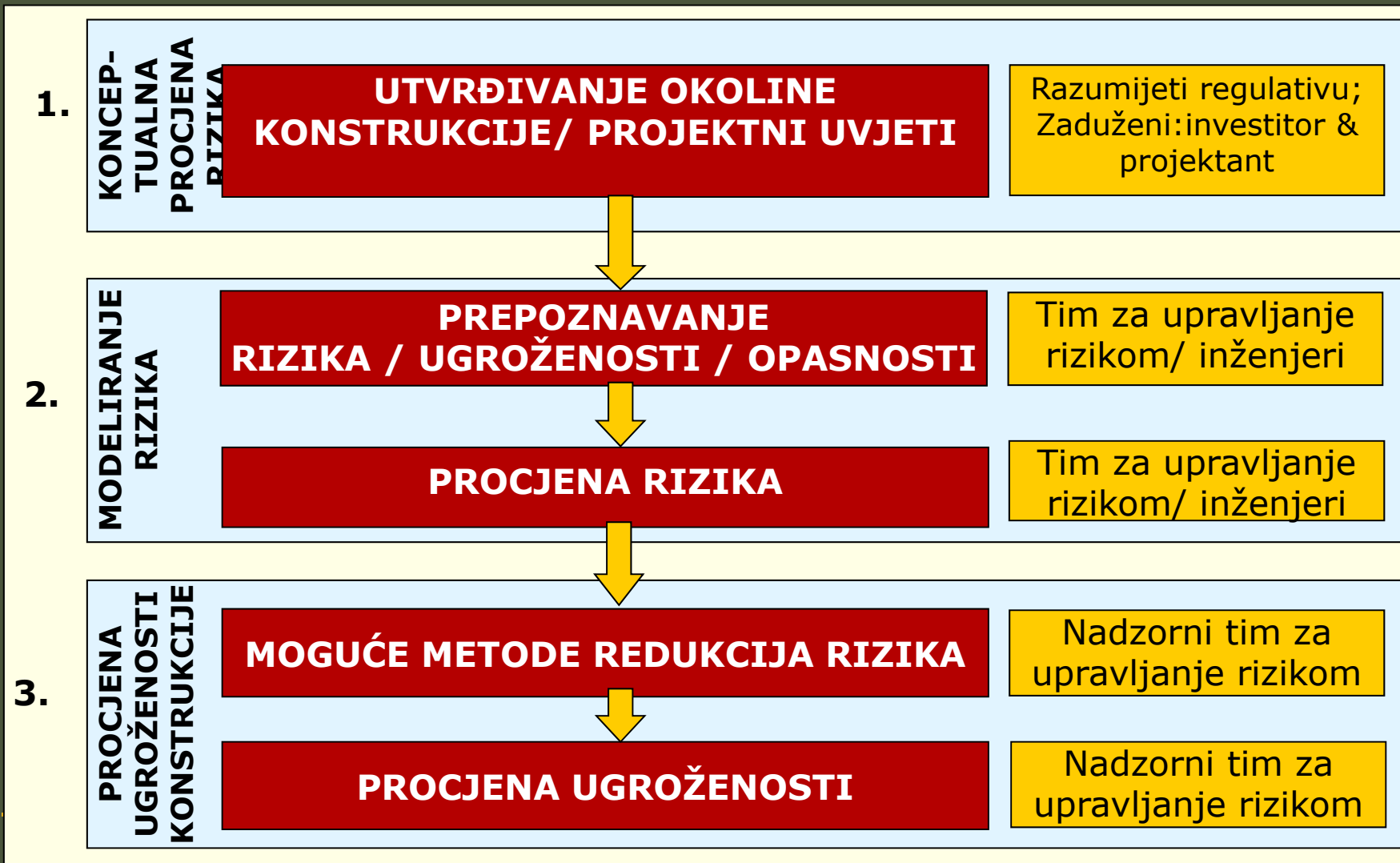
Rizici 21. stoljeća ⇒

Aktivno upravljanje rizikom

- Trend prikazanih svjetskih događanja zahtjeva novi pristup sigurnosti i AKTIVNO UPRAVLJANJE RIZIKOM koje možemo podijeliti u tri faze:

1. KONCEPTUALNA PROCJENA RIZIKA
2. MODELIRANJE RIZIKA
3. PROCJENA UGROŽENOSTI KONSTRUKCIJE.

Aktivno upravljanje rizikom



Aktivno upravljanje rizikom: 5 načela

1. Regulativa i stručnjaci u upravljanju rizikom trebaju utjecati na projektante i investitore da odgovarajuće procjene rizike i ugroženost konstrukcije te da poduzmu odgovarajuće mjere osiguranja
2. Štete se procjenjuju primjenom sustavnog upravljanja rizikom
3. Mjerodavan oblik rizika može se kvantificirati te kontrolirati/reducirati preko projektnih parametara
4. Za upravljanje rizikom mogu se primijeniti praktične tehnike prilagođene graditeljstvu
5. Učinkovita suradnja sudionika u gradnji pridonosi uspješnom upravljanju rizikom



1. UTJECAJ UPRAVLJANJA I NADZORA RIZIKA U PROJEKTIRANJU GRAĐEVINA

- Na početku bitno je utvrditi okruženje građevine
 - projektanti i krajnji korisnici građevine definiraju projektne uvjete te vezu između građevine, ljudi i okoline:



- Radna i uslužna funkcija građevine
- Okoliš građevine
- Upravljanje i održavanje građevine
- Vlasnici, suvlasnici i korisnici građevine

1. UTJECAJ UPRAVLJANJA I NADZORA RIZIKA U PROJEKTIRANJU GRAĐEVINA

- Čimbenici koji utječu na projektne uvjete obzirom na vezu između građevine, ljudi i okoline:
 - Radna i uslužna funkcija građevine
 - Političko i društveno okruženje
 - Kulturna važnost
 - Okoliš i geografska lokacija
 - Politički suparnici
 - Sumnja na vojne ili terorističke grupe
 - Zainteresiranost komercijalne strane
 - Osiguravajuća društva
 - Organi vlasti
 - Političari
 - Nevladine organizacije, npr. društva za zaštitu okoliša, koja su u interesu javnosti
 - Mediji

1. UTJECAJ UPRAVLJANJA I NADZORA RIZIKA U PROJEKTIRANJU GRAĐEVINA

- Primjena metode upravljanja rizikom uključuje:
 - Sistematičnu procjenu
 - Analizu
 - Obradu
 - Razvoj
 - Nadziranje
 - Vezu između pripadajućeg rizika i građevine odnosno njene funkcije

2. PROCJENA RIZIKA

Izvori rizika

PRIRODA

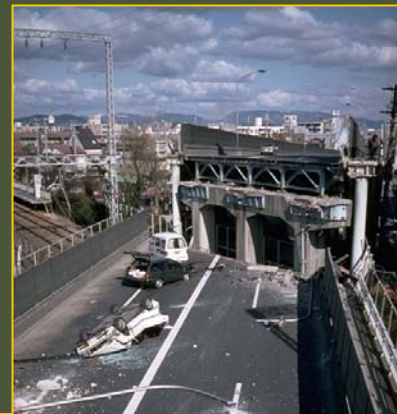
-rizici uzrokovani
pojavama u prirodi

- ☐ Potres
- ☐ Vjetar
- ☐ Poplava
- ☐ Tsunami
- ☐ Vulkan
- ☐ Odron tla
- ☐ Požar
- ☐ Snijeg



■ Sprečavanje njihovog štetnog utjecaja:

- Primjenom tradicionalnih normi
- Načinom izvođenja
- Poštivanjem zahtjeva regulative
- Dostupnost hitne službe



2. PROCJENA RIZIKA

Izvori rizika

ČOVJEK

-rizici uzrokovani negativnim ponašanjem ljudi

- ☐ Terorizam
 - ☐ Sabotaže / neredi
 - ☐ Kvaliteta konstrukcije
 - ☐ Nuklearni rizici
 - ☐ Požar
 - ☐ Eksplozija
 - ☐ Biološki rizici
- Sprečavanje njihovog štetnog utjecaja:
- Zahtjevi tradicionalnog projektiranja
 - Razviti novu filozofiju projektiranja i primijeniti nove zahtjeve projektiranja



2. PROCJENA RIZIKA

Učinci rizika

*IMOVINA,
POSTROJENJE,
GRAĐEVINA*

-fizička šteta na građevini i njenim dijelovima

- ☐ Oštećenje imovine
- ☐ Financijska šteta
- ☐ Posredne štete

*ČOVJEK/
LJUDI*

-psihička povreda osoba i dobrobit ljudi

- ☐ Smrt/povreda
- ☐ Bolest
- ☐ Zaposlenost

OKOLIŠ

-onečišćenje prirode

- ☐ Atmosfera
- ☐ Voda
- ☐ Zemlja

*EKONOMIJA
POLITIKA
DRUŠTVO*

-utjecaj na političku i društvenu strukturu

- ☐ Ekonomska stabilnost
- ☐ Zaštita
- ☐ Kultura

3. PRORAČUN RIZIKA I PROCJENA UGROŽENOSTI

- Kao praktična metoda za proračun rizika građevina predlaže se polukvantitativna metoda koja uključuje pet koraka:

1. UTVRĐIVANJE STUPNJA KRITIČNOSTI KONSTRUKCIJE
2. ODREĐIVANJE POČETNE RAZINE RIZIKA
3. PRORAČUN POČETNOG RIZIKA
4. ODABIR METODE SMANJENJA RIZIKA
5. PROCJENA RAZINE UGROŽENOSTI KONSTRUKCIJE.

3. PRORAČUN RIZIKA I PROCJENA UGROŽENOSTI

1. korak: Stupanj kritičnosti konstrukcije

- Podjela konstrukcija obzirom na stupanj kritičnosti
 - Kritična
 - Polukritična
 - Nekritična
 - Stupanj kritičnosti konstrukcije “mjeri” se koeficijentima CF od 1-16 obzirom na:
 - Namjenu
 - Zamjenjivost
 - Vlasnike i korisnike
 - Zahtijevanu pouzdanost
-

3. PRORAČUN RIZIKA I PROCJENA UGROŽENOSTI

1. korak: Stupanj kritičnosti konstrukcije

STUPANJ KRITIČNOSTI	DEFINICIJA	OPIS	FAKTOR KRITIČNOSTI <i>CF</i>
KRITIČNA	Konstrukcija, njeni vlasnici odnosno njena funkcija je kritična za namijenjenu svrhu	▣ Konstrukcija je nezamjenjiva ▣ Zahtjeva se maksimalna pouzdanost i redovito održavanje	16
POLU-KRITIČNA	Konstrukcija, njeni vlasnici odnosno njena funkcija može biti podržana/ nadomještена	▣ Raspoloživi drugi resursi odnosno konstrukcije ▣ Za nepredviđene događaje moguća zamjena ▣ Nadoknadbive funkcije	4
NE KRITIČNA	Konstrukcija i njena funkcija nije kritična i može biti zamijenjena	▣ Višestruke "zalihe" ▣ Zamjenjive i ne-kritične funkcije, usluge	1

3. PRORAČUN RIZIKA I PROCJENA UGROŽENOSTI

2. korak: Početna razina rizika

■ RIZIK

- Mogućnost da dođe do nastanka neke štete
- Mjera za veličinu neke opasnosti
- Opasnost koju nepoželjni događaji predstavljaju za ljude, okoliš ili materijalne vrijednosti
- Izračunava se pomoću posljedica i vjerojatnosti neželjenih događaja

$$\text{POČETNA RAZINA RIZIKA} = C \times P$$

C – posljedica neželjenog događaja

P – vjerojatnost da se dogodi neželjeni događaj

3. PRORAČUN RIZIKA I PROCJENA UGROŽENOSTI

2. korak: Početna razina rizika

- ❑ **POSLJEDICE** neželjenog događaja označavaju se faktorima *C* od 1-20 na temelju veličine štete i njenog utjecaja na:

- **Ljude**

- ❑ Izlječive bolesti
- ❑ Trajne povrede
- ❑ Smrt

- **Gospodarstvo, politiku, društvo**

- ❑ Materijalne štete
- ❑ Utjecaj na društvo, kulturu, infrastrukturu ...

- **Konstrukciju**

- ❑ Veličina štete: popravljiva ili ne popravljiva
- ❑ Havarija konstrukcije
- ❑ Utjecaj na okolne građevine

- **Okoliš**

- ❑ Zrak
- ❑ Zemlja
- ❑ More
- ❑ Flora i fauna

3. PRORAČUN RIZIKA I PROCJENA UGROŽENOSTI

2. korak: Početna razina rizika

Posljedice neželjenih događaja s obzirom na utjecaj štete na:				Faktor posljedica C
Ljude	Konstrukciju	Gospodarstvo/politiku /društvo/iznosi u kn	Okoliš	
Male - nije potrebno liječenje	Male/estetske	5,000 – 50,000 Mali utjecaj na društvo	Mali i/ili kratkoročni utjecaj na prirodu	1
Izlječiva ozljeda	Popravljiva šteta	50,000 - 5,000,000 Mali/nadoknativ utjecaj na društvo/kulturu/znanost	Umjeren i/ili kratkoročni utjecaj na prirodu, ali ne narušava ekosustav	2
Trajna, neizlječiva povreda	Značajna, ali popravljiva šteta konstrukcije	5,000,000 - 50,000,000 Značajan, ali dugoročno nadoknativ utjecaj na društvo/kulturu/infrastrukturu	Ozbiljan i/ili srednjetrajan utjecaj na prirodu	4
Fatalna	Nepopravljiva šteta, havarija konstrukcije	50,000,000 - 500,000,000 Značajan, nenadoknativ utjecaj na društvo/kulturu/infrastrukturu	Vrlo ozbiljan i/ili dugotrajan utjecaj na prirodu, narušava ekosustav	10
Višestruko fatalne	Oštećenja/ havarija susjednih konstrukcija/lokacija	Više od 500,000,000 Značajan, nenadoknativ utjecaj na šire društvo/kulturu/infrastrukturu	Ekstreman, dugotrajan utjecaj na prirodu, narušava ekosustav šireg područja	20

3. PRORAČUN RIZIKA I PROCJENA UGROŽENOSTI

2. korak: Početna razina rizika

- **VJEROJATNOST** neželjenog događaja određuje se statistički
 - Vrijednost između 0 i 1
- Umjesto vjerojatnosti često se koristi **učestalost** = koliko puta se dogodi neželjeni događaj u 1 godini
 - Npr. 0.20/1 god., 1.20/1 god.

3. PRORAČUN RIZIKA I PROCJENA UGROŽENOSTI

2. korak: Početna razina rizika

Vjerojatnost događaja	Opis događaja	Učestalost događaja	Faktor vjerojatnosti P
Gotovo sigurno	Događaj će se dogoditi barem jednom godišnje	Jednom godišnje ili češće	1
Vjerojatno	Događaj će se dogoditi nekoliko puta	Jednom u 3 godine	0,8
Moguće	Može se pretpostaviti da će se događaj dogoditi	Jednom u 10 godina	0,5
Malo vjerojatno	Događaj će se dogoditi negdje	Jednom u 30 godina	0,1
Samo izuzetno	Ne zna se da li će se događaj dogoditi	Jednom u 100 ili više godina	0,01

3. PRORAČUN RIZIKA I PROCJENA UGROŽENOSTI

3. korak: Početni rizik

$$IR = CF \times C \times P$$

IR – početni rizik

CF – stupanj kritičnosti konstrukcije

CxP – početna razina rizika

3. PRORAČUN RIZIKA I PROCJENA UGROŽENOSTI

4. korak: Metode smanjenja rizika

- Metode smanjenja rizika
 - Isključenje rizika
 - Zamjena parametara koji sadrže rizik
 - Inženjerske metode
 - Administrativne metode

Određivanje
faktora redukcije rizika

3. PRORAČUN RIZIKA I PROCJENA UGROŽENOSTI

4. korak: Metode smanjenja rizika

Izbor metode	Definicija metode	Opis metode	Redukcijski faktor <i>RF</i>
Isključenje	Potpuno isključenje opasnosti	-Projekt izvan opasnosti -Izbjegavanje projektnih rješenja koji bi mogli prouzročiti opasnost -Odabir različite lokacije gdje definirana opasnost ne postoji -Konstrukcija nije izgrađena, odabrano je drukčije rješenje	0,01
Zamjena	Zamjena projekta drukčijim rješenjem za koje ne postoji određena opasnost	-Projektirano drukčije rješenje -U konstrukciji ne borave ljudi	0,5
Inženjerska metoda	Primjena inženjerskih metoda za kontrolu prepoznate opasnosti	-Konstrukcija projektirana djelomično protiv opasnosti -Integracija zahtjeva za materijal u projekt konstrukcije -Projekt nauštrb uštede energije -Primjena metoda koje smanjuju ili kontroliraju opasnost -Materijali otporni na eksploziju, nezapaljivi materijali	0,8
Administrativna metoda	Primjena administrativnih (ne-inženjerskih) metoda za kontrolu opasnosti	-Ograničen pristup/mjere osiguranja -Edukacija ključnih osoba i djelatnika o sigurnosti -Zračno/cestovno/lučno/osobno/ prometno osiguranje -Osobna zaštita uključujući odjeću, opremu itd.	0,9
Ništa	Kontrola opasnosti nije moguća	-Nema praktičnog rješenja -Konstrukcija ne može biti odgovarajuće projektirana za kontrolu opasnosti -Zadržan je rizik	1,0

3. PRORAČUN RIZIKA I PROCJENA UGROŽENOSTI

5. korak: Razina ugroženosti konstrukcije

$$DP = IR \times RF$$

DP – razina ugroženosti konstrukcije

IR – početni rizik

RF – redukcijski faktor

3. PRORAČUN RIZIKA I PROCJENA UGROŽENOSTI

5. korak: Razina ugroženosti konstrukcije

- Na temelju dobivene razine ugroženosti konstrukcije *DP* određuje se ugroženost konstrukcije

Razina ugroženosti <i>DP</i>	Razred ugroženosti	Oznaka rizika	Definicija ugroženosti
30+	Ekstremna	4	Element je ekstremno izložen i ugrožen negativnim utjecajima konstrukcije, geografske ili društveno – političke lokacije
16 - 30	Visoka	3	Element je značajno izložen identificiranoj opasnosti i ugrožen negativnim utjecajima konstrukcije, geografske ili društveno – političke lokacije
6 - 15	Srednja	2	Element je djelomično izložen okruženju koje može negativno utjecati na opremu građevine odnosno njenu funkciju
0 - 5	Niska	1	Element (konstrukcija) je izložen okruženju koje nema negativan utjecaj na konstrukciju, društvo, politiku, okoliš

3. PRORAČUN RIZIKA I PROCJENA UGROŽENOSTI

Polukvantitativna metoda koraci 1. – 5.

- ❑ Proračun rizika je iterativni postupak OPTIMALIZACIJE
 - prihvatljive razine sigurnosti i
 - cijene njenog postizanja.
- ❑ Moguće su interpolacije između predloženih vrijednosti pojedinih faktora.



4. PRAKTIČNA PRIMJENA – PRIMJERI PRORAČUNA RIZIKA

- ❑ dva primjera proračuna rizika za Svjetski trgovački centar (WTC) prije i poslije 11. rujna 2001. godine.



Lokacija:	New York, SAD
Datum procijene:	Srpanj 2006.
Procjenu obavili:	Inženjerski tim za upravljanje rizikom
Projektne napomene	Propisi za konstrukcije, Propisi za upravljanje rizikom
Funkcija konstrukcije:	Poslovna, trgovačka, ikona
Faktor kritičnosti (CF):	10

Proračun rizika za tornjeve WTC-a prije 11. rujna 2001.

	Opasnost	Izvor rizika	Čovjek	
		Vrsta rizika	Udar aviona i eksplozija	Eksplozija automobila bombe u podzemnoj garaži
		Mjesto opasnosti	Zrak	Tlo
POČETNI RIZIK	Posljedice C		20	20
	Vjerojatnost P		0,01	0,2
	Početna razina rizika $C \times P$		0,2	4,0
	Faktor kritičnosti CF		10	10
	Početni rizik $IR = CF \times C \times P$		Nizak 2,0	Ekstreman 40
SMANJENI RIZIK	Metoda smanjenja rizika Redukcijski faktor RF		Ništa 1,0	Administrativna 0,9
	Razina ugroženosti $DP = IR \times RF$		Niska 2,0	Ekstremna 36
PREPORUKE	Napomene		Hipotetski pretpostavljen rizik obzirom na društveno i političko okruženje prije 11. rujna 2001.	Administrativne kontrole su pravodobno uzete u obzir.
	Aktivnost		Nije bilo novih kontrola rizika. Zadržane postojeće metode administrativne kontrole.	Administrativne kontrole uključuju pojačani nadzor nad automobilima u garaži.

Proračun rizika za novi toranj WTC-a

POČETNI RIZIK	Opasno st	Izvor rizika	Čovjek	
		Vrsta rizika	Udar aviona i eksplozija	Eksplozija automobila bombe u podzemnoj garaži
		Mjesto opasnosti	Zrak	Tlo
POČETNI RIZIK	Posljedice C		20	20
	Vjerojatnost P		0,1	0,2
	Početna razina rizika $C \times P$		2,0	4,0
	Faktor kritičnosti CF		10	10
	Početni rizik $IR = CF \times C \times P$		Visok 20	Ekstreman 40
SMANJENI RIZIK	Metoda smanjenja rizika Redukcijski faktor RF		Administrativna 0,9	Isključenje 0,01
	Razina ugroženosti $DP = IR \times RF$		Visoka 18	Niska 0,4
PREPO- RUKE	Napomene		Hipotetski pretpostavljen rizik obzirom na društveno i političko okruženje poslije 11. rujna 2001.	Isključenjem rizika značajno se smanjuje rizik i ugroženost konstrukcije.
	Aktivnost		Administrativne kontrole uključuju povećanje zrakoplovne zaštite, provjere i nadzor.	Rekonstrukcijom je onemogućeno parkiranje – nema podzemne garaže.

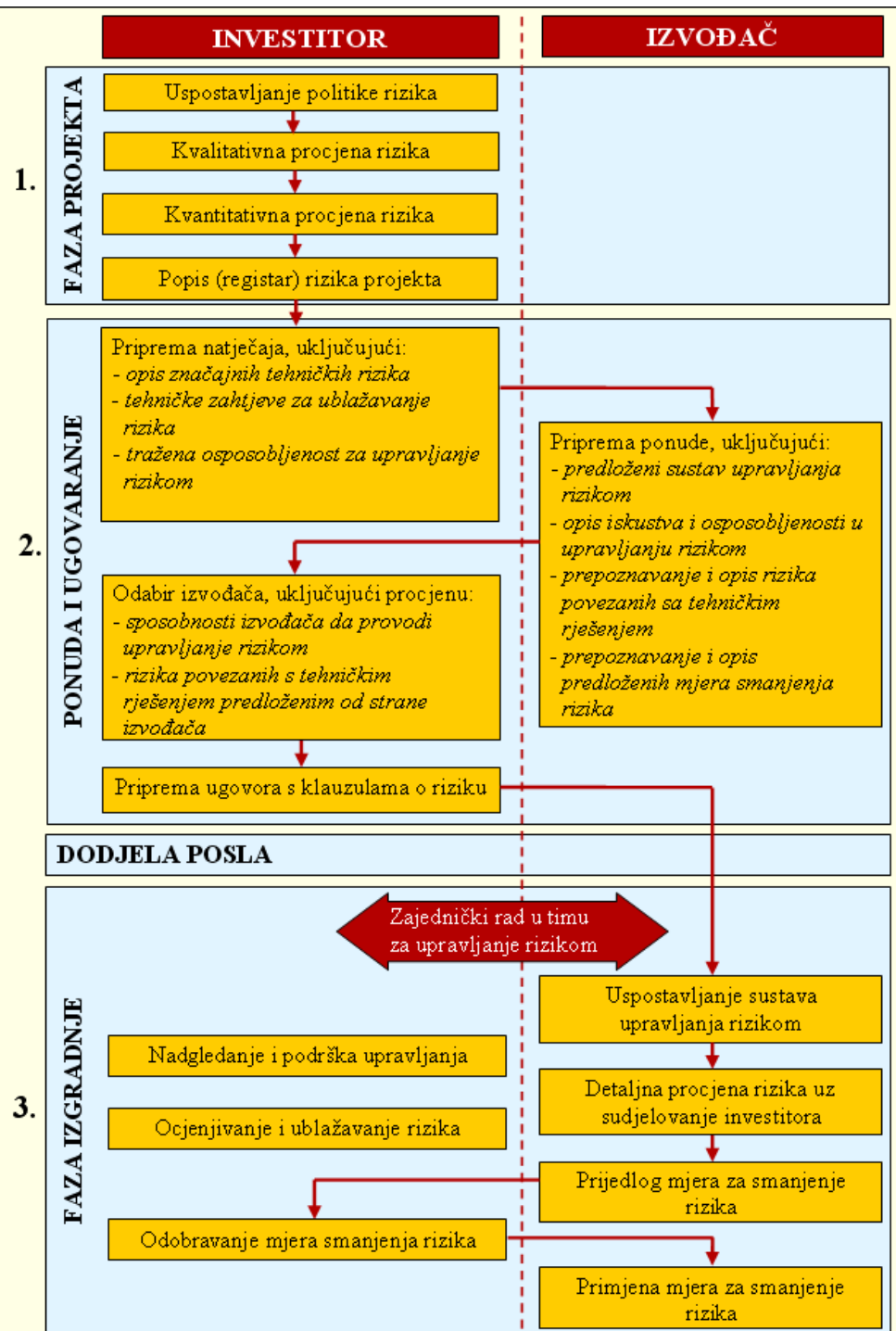
Odgovornosti investitora i izvođača u upravljanju rizikom

- kroz tri faze:
 1. FAZA: rana faza projektiranja
(izvedivost i konceptualni projekt)
 2. FAZA: ponuda i ugovaranje izvođača radova
 3. FAZA: faza izgradnje.
- Od velike je važnosti da se upravljanje rizicima odvija u okruženju dobre suradnje između svih sudionika u građenju:
 - zajedničko planiranje i rješavanje problema,
 - sastavljanje rasporeda radova,
 - smanjenje kašnjenja i nadzora nad kvalitetom,
- može biti formula za smanjenje troškova investitora i povećanje profita izvođača dakle mjera ublažavanja rizika.

Odgovornosti inv u upravljanju rizik

- Dijagram toka upravljanja rizikom za investitora i izvođača

TRAJNOST



1. UPRAVLJANJE RIZIKOM U RANOJ FAZI PROJEKTIRANJA

Prvi korak investitora je da uspostavi **politiku rizika** što podrazumijeva:

- ❑ **DEFINIRANJE OBLIKA RIZIKA**

- Rizik za zdravlje i sigurnost radnika ili sigurnost imovine, kulturnog nasljeđa, infrastrukture, za zagađenje okoliša, ...

- ❑ **CILJEVE UPRAVLJANJA RIZIKOM**

- Da prikladno upravljanje rizikom bude osigurano i prepoznavanjem opasnosti i prepoznavanjem mjera za smanjenje i uklanjanje rizika i primjenom mjera gdje je ekonomski opravdano

- ❑ **STRATEGIJU UPRAVLJANJA RIZIKOM**

- definiranje odgovornosti svih sudionika
- kratak opis aktivnosti u svakoj fazi projekta,
- shema prema kojoj se prate rezultati
- nadzor, preglede, revizije.

1. UPRAVLJANJE RIZIKOM U RANOJ FAZI PROJEKTIRANJA

Valja provesti **kvalitativnu procjenu rizika** koja uključuje:

- ❑ **PREPOZNAVANJE OPASNOSTI**

- (Opće opasnosti: nesuglasice oko ugovora, nesposobnost plaćanja, nezadovoljstvo radnika, ... a specifične opasnosti : izvanredni događaji, neprikladni projekti, zakazivanje opreme, sporo obavljani poslovi, ...)

- ❑ **RAZREDBU PREPOZNATE OPASNOSTI**

- učestalost i opseg posljedica svakog pojedinog oblika rizika.

- ❑ **PREPOZNAVANJE MJERA ZA SMANJENJE RIZIKA**

- (isključenje, zamjena, inženjerska, administrativna metoda)

- ❑ **DETALJE O POJEDINOM RIZIKU U REGISTRU RIZIKA**

- Detalji podrazumijevaju razrede rizika i mjere za smanjenje rizika.

Za opasnosti posebnog značaja i **kvantitativna procjena rizika**.

2. UPRAVLJANJE RIZIKOM U FAZI PONUDE I UGOVARANJA

- ❑ Tijekom pripreme ponudbene dokumentacije (natječaja) investitor treba odrediti tehničke i druge zahtjeve kako bi se rizicima upravljalo u skladu s politikom rizika.
- ❑ Rezultati kvalitativne procjene rizika iz rane faze projektiranja primjenjuju se kao osnova za konačno oblikovanje ponudbene dokumentacije.
- ❑ Odgovornosti za rizike dodjeljuju se onome koji ima najprikladnija sredstva za njihovu kontrolu.

3. UPRAVLJANJE RIZIKOM U FAZI IZGRADNJE

- ❑ Izvođač je odgovoran za ispunjenje investitorove politike rizika što započinje s uspostavljanjem pažljivo planiranog i jednostavno provodljivog sustava upravljanja rizikom.
- ❑ Preporučljivo je da izvođač vodi registar rizika koji sadrži sve detalje o uočenim opasnostima i rizicima, nesrećama, izvanrednim događajima, gubitcima.
- ❑ Iako je u ovoj fazi glavna odgovornost za uspostavljanje i provođenje upravljanja rizikom na strani izvođača preporuka je da investitor nastavi provoditi kontrolu rizika, pogotovo onih koji nisu pod direktnom odgovornošću izvođača, a to su prvenstveno rizici povećanih troškova i kašnjenja.

ZAKLJUČNO: MOGUĆNOSTI POVEĆANJA SIGURNOSTI KONSTRUKCIJA

- ❑ Metode upravljanja rizikom su uključene u projekt konstrukcije;
 - ❑ Provedba kontrole kvalitete;
 - ❑ Suradnja i edukacija projektanata i nadzora i općenito suradnja svih sudionika u gradnji;
 - ❑ Monitoring konstrukcije, uvjeta i provedbe građenja;
 - ❑ Stvaranje baze podataka za ključne opasnosti (podaci o događajima, vjerojatnosti, metode upravljanja rizikom, metode analize rizika);
 - ❑ Nadogradnja metoda obzirom na postojeće konstrukcije odnosno nove prepoznate opasnosti;
 - ❑ Izrada plana nepredviđene mogućnosti za odgovarajući kritični događaj – "scenariji hazarda";
 - ❑ Razvoj i dopuna propisa odnosno projektnih uvjeta za nove konstrukcije;
 - ❑ Primjena novih tehnologija, materijala i metoda upravljanja rizikom;
 - ❑ Stalna edukacija o upravljanju rizikom.
-

TRAJNOST KONSTRUKCIJA I



-idući tjedan -

PRIVREMENE I POMOĆNE GRAĐEVINE
METODOLOGIJA OBNOVE