



INŽENJERSKA KOMORA CRNE GORE
ENGINEERS CHAMBER OF MONTENEGRO



MEĐUNARODNA KONFERENCIJA:
SEIZMIČKI RIZIK U CRNOJ GORI DANAS

Podgorica, 15. mart 2023.

SPECIFIČNOSTI SEIZMIČKOG PROJEKTOVANJA

JANKOVIĆ SRĐAN

GRAĐEVINSKI FAKULTET UNIVERZITETA CRNE GORE

Sadržaj

1. ZNAČAJ SEIZMIČKOG PROJEKTOVANJA
2. PROJEKTNI CILJEVI - ZAHTJEVI PONAŠANJA
3. ISTORIJSKI RAZVOJ SEIZMIČKOG PROJEKTOVANJA
4. PRAVCI DALJEG RAZVOJA

1. ZNAČAJ SEIZMIČKOG PROJEKTOVANJA

- U seizmičkom projektovanju, tretman konstrukcije nameće se kao vodeća komponenta egzistencije projektog rješenja!
- Prilikom dejstva zemljotresa svaki objekat kao cjelina, sve njegove komponente, kao i sadržaji su izloženi seizmičkom dejstvu i njegovim efektima.
- U principu se prihvata veći rizik pojave oštećenja usljed pojave zemljotresa nego usljed drugih opterećenja kao što su stalno, povremeno, saobraćajno, vjetar i slično.
- Uobičajeno je da se obezbjeđuje nosivost konstrukcije koja iznosi samo 15 do 25 % od one koja bi trebala da obezbijedi elastično ponašanje, što podrazumijeva pojavu većih neelastičnih deformacija. Konsekvenca ovoga je da se puna nosivost objekta može doseći i pri dejstvu zemljotresa znatno manjeg intenziteta, koji se pojavljuje mnogo češće od projektog zemljotresa.
- Godišnja vjerovatnoća da će puna nosivost biti dosegnuta kod zgrada pri dejstvu zemljotresa iznosi i do 1 - 3%, što je vidno više od prihvatljive godišnje vjerovatnoće koja se kreće oko 0.01% da će se razviti puna nosivost konstrukcije na dejstvo gravitacionog opterećenja.
- Iz ovoga slijedi da će kao rezultat lošeg seizmičkog projektovanja posljedice biti vjerovatno veoma ozbiljne.

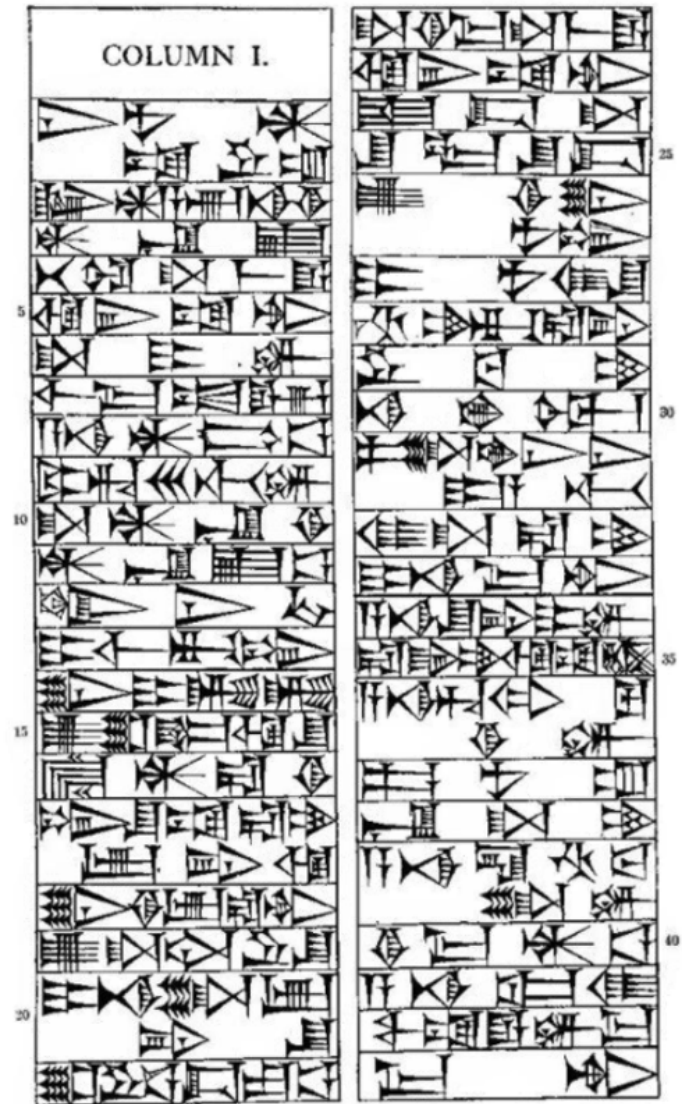
2. PROJEKTNI CILJEVI - ZAHTJEVI PONAŠANJA

Hamurabijev zakonik
(oko 1700 godine prije
nove ere)

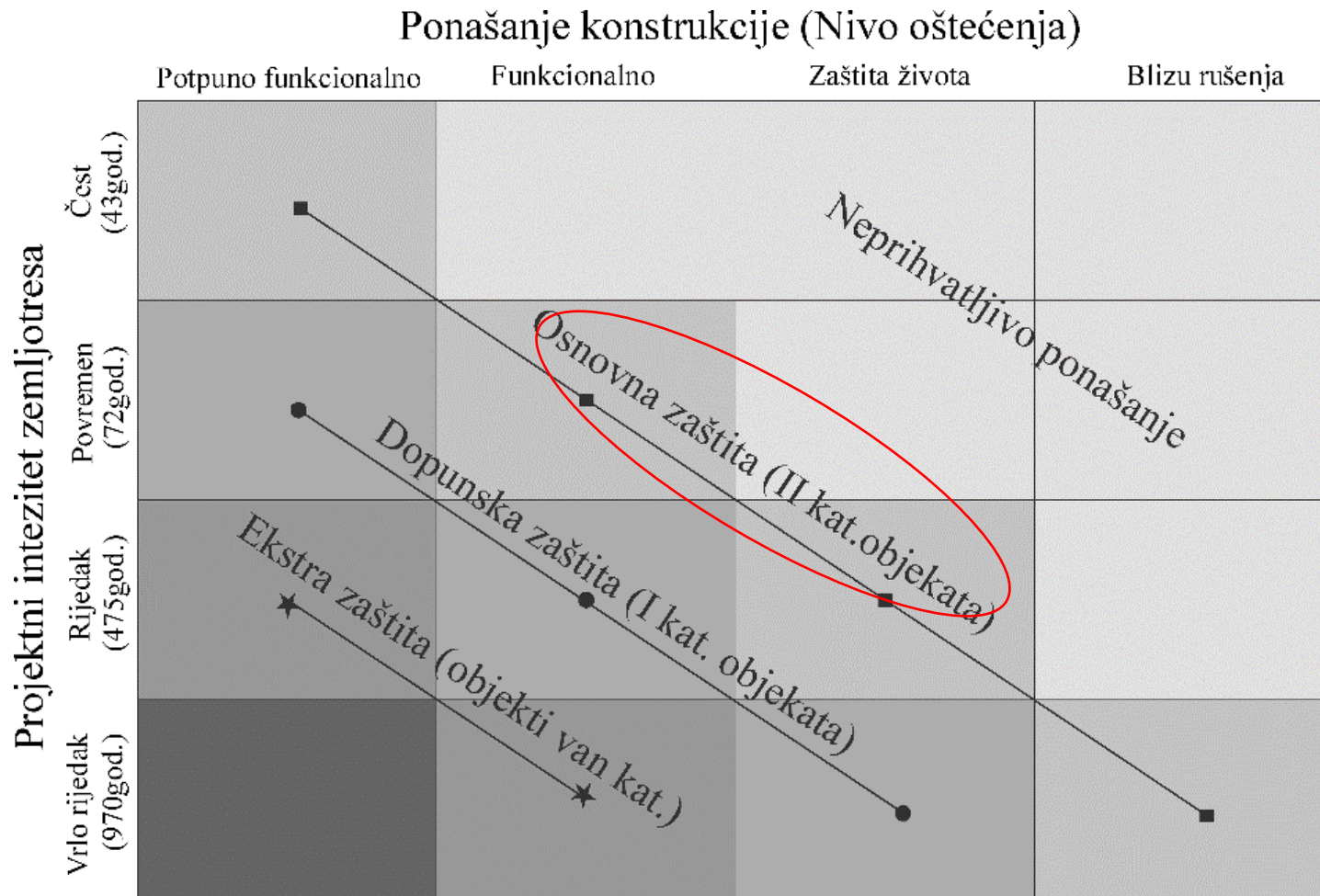
If a builder has built a house
for man and his work is not
strong and if the house he has
built falls in and kills the
householder, the builder shall
be slain....

THE CODE OF HAMMURABI

PLATE I



2. PROJEKTNI CILJEVI - ZAHTJEVI PONAŠANJA



Projektni ciljevi (traženo ponašanje konstrukcije) za različite kategorije objekata pri dejstvu zemljotresa različitih intenziteta (SEAOC Vision 2000)

2. PROJEKTNI CILJEVI - ZAHTJEVI PONAŠANJA

PROBABILISTIČKI FORMAT

$$\lambda[DV] = \iiint_{DM, EDP, IM} P[DV|DM] dP[DM|EDP] dP[EDP|IM] d\lambda[IM]$$

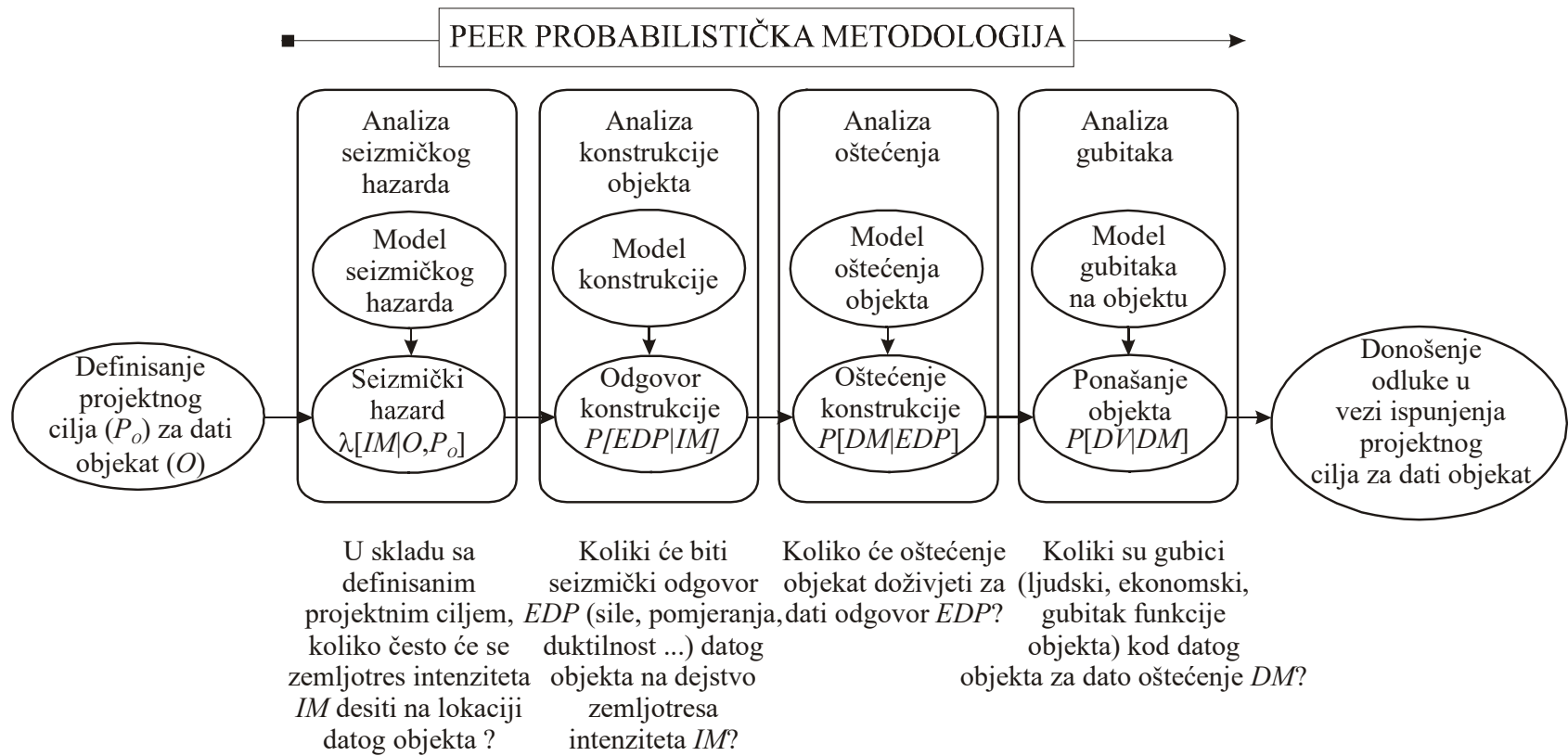
$\lambda[DV]$ je vjerovatnoća prevazilaženja kriterijuma koji je od interesa za investitora i/ili vlasnika.

Kriterijum može biti uspostavljen u odnosu na:

1. Broj povreda i ljudskih gubitaka
2. Direktne štete (gubici u opremi i cijena popravki)
3. Indirektne štete (gubitak radnog vremena poslije zemljotresa kada objekat nije u funkciji)

2. PROJEKTNİ CILJEVI - ZAHTJEVI PONAŠANJA

PROBABILISTIČKI FORMAT



3. RAZVOJ SEIZMIČKOG PROJEKTOVANJA KROZ VRIJEME

- Na početku prošlog vijeka koncept **statičkih sila** a tek 1950-tih je prihvaćena činjenica da **dinamičke karakteristike** utiču na seizmičko ponašanje objekata
- Tih godina akcenat pri proračunu je na **nosivosti** i **krutosti**. Sličnost sa proračunom na vjetar.
- Koncept **duktilnosti** je prvi put počeo da nalazi generalnu primjenu u pravilnicima 1959. godine.
- Pouzdana i sveobuhvatna primjena duktilnosti je bila 70-tih kroz metodu “**Capacity design**” (danas prisutna u svim modernim seizmičkim pravilnicima uključujući i EC8)
- Definisanje seizmičkog hazarda na početku bilo u **determinističkom** formatu a danas je pristup isključivo **probabilistički**.
- Danas se u svijetu istražuju i načini da se **probabilistički** pristup proširi i na fazu proračuna.

4. PRAVCI DALJEG RAZVOJA

MJERE INTENZITETA ZEMLJOTRESA



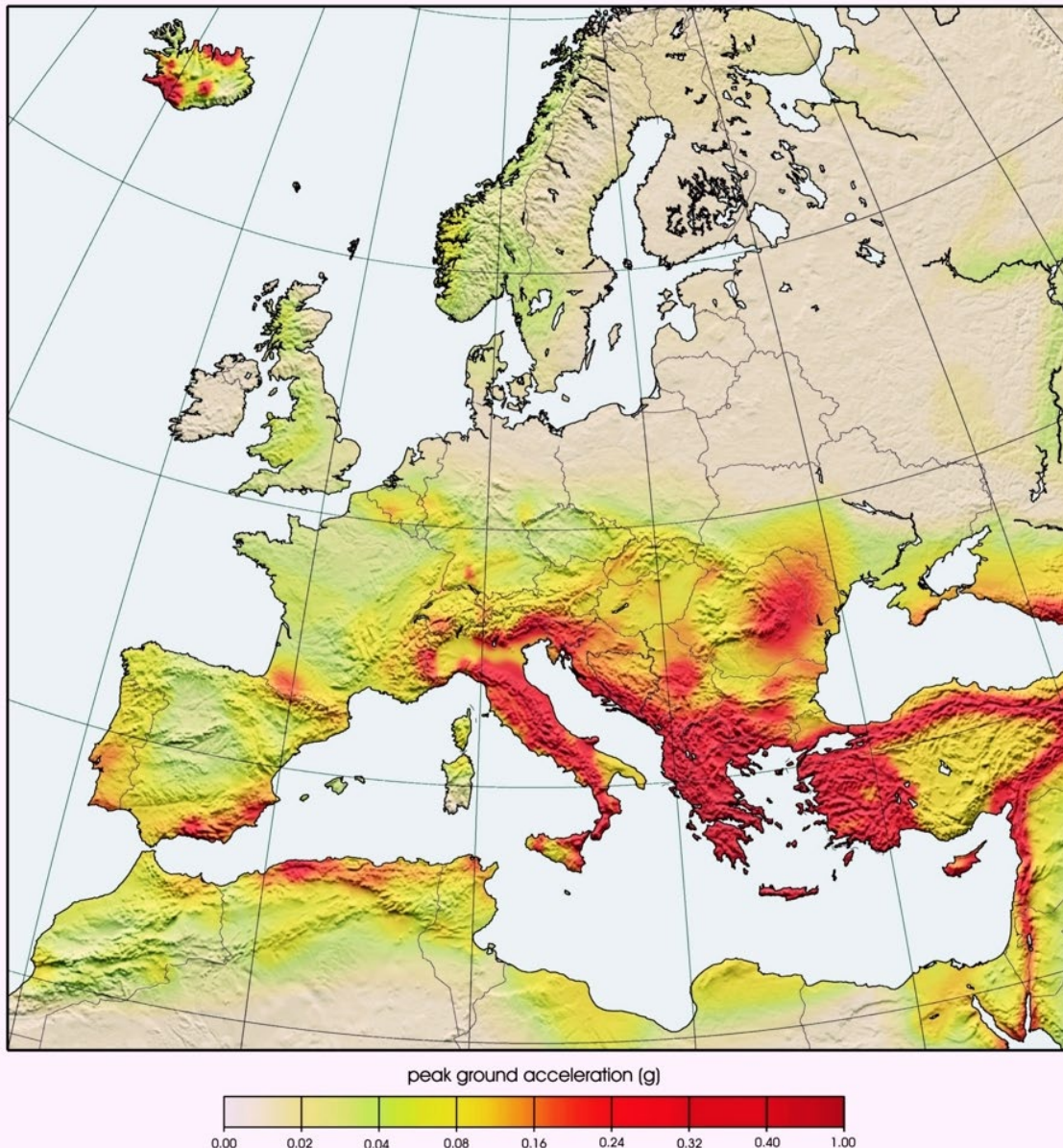
Karta maksimalnog intenziteta
zemljotresa na srednjem tlu
(MCS skala), 1982.god.

4. PRAVCI DALJEG RAZVOJA

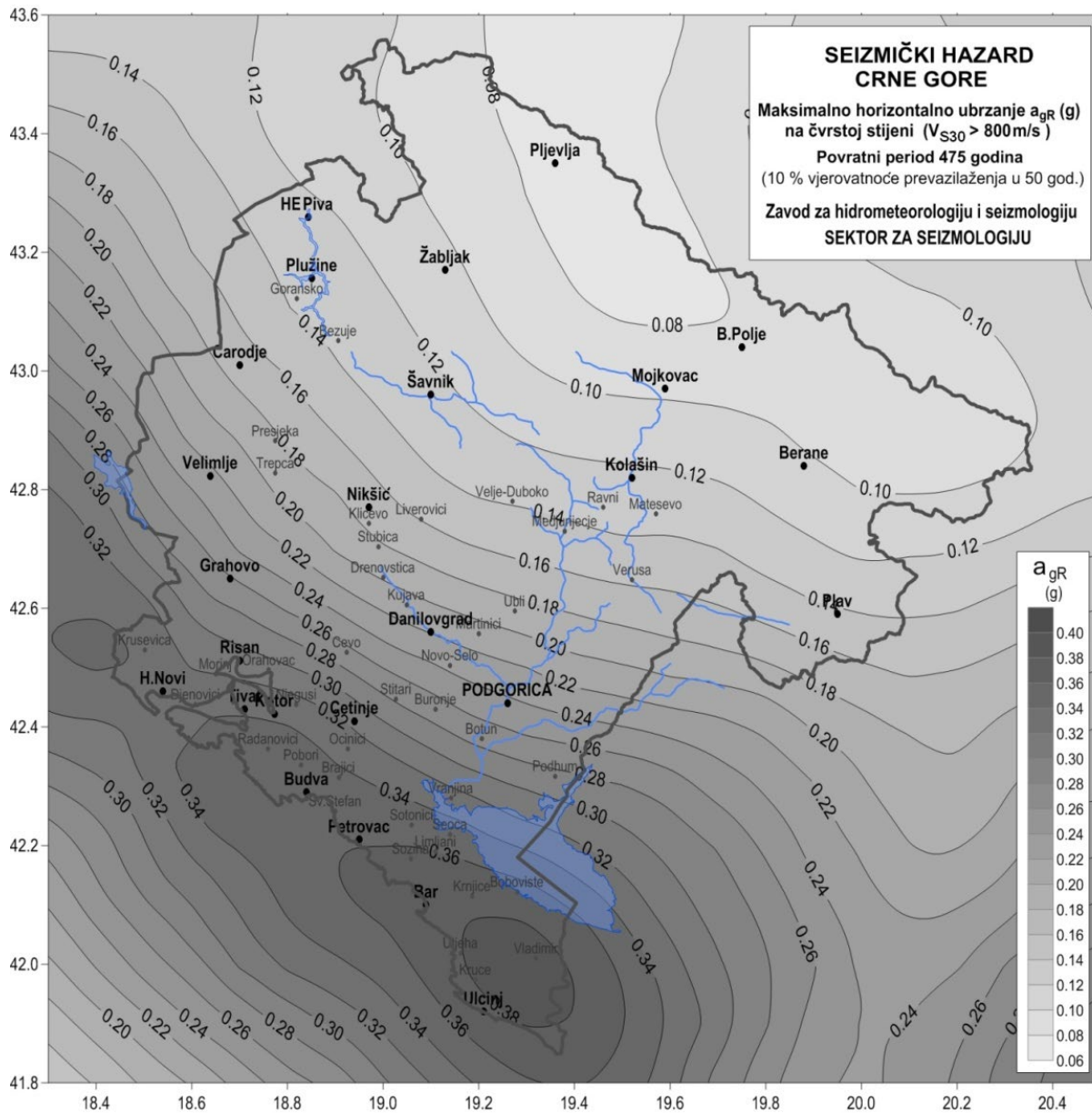
MJERE INTENZITETA ZEMLJOTRESA

Danas se kao mjere intenziteta koriste parametri oscilacija tla (najčešće PGA)

Mapa seizmičkog hazarda za područje Evrope iskazana preko maksimalnog horizontalnog ubrzanja na osnovnoj stijeni sa vjerovatnoćom prevazilaženja od 10% u 50 godina



4. PRAVCI DALJEG RAZVOJA



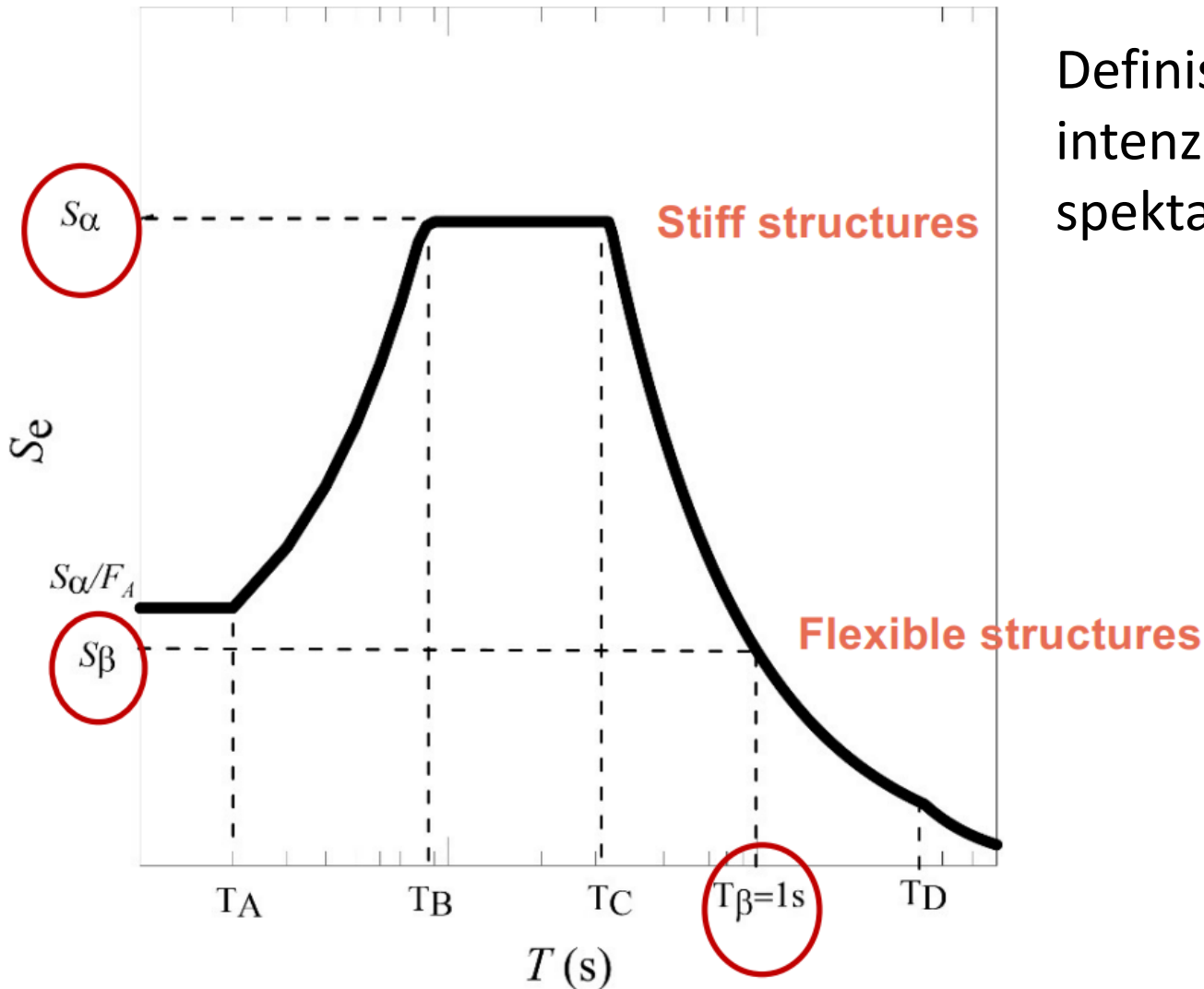
Razlika unutar iste zone intenziteta IX stepena iz karata 1982. po sadašnjim kartama seizmičkog hazarda iznose i do 50%.

Čitava Crna Gora je seizmičko aktivno područje

Izolnije referentnog horizontalnog ubrzanja tla a_{gR} u dijelovima gravitacionog ubrzanja Zemlje g ($g = 9,81$ m/s²) za povratni period od 475 godina (vjerovatnoća prevazilaženja događaja 10% u 50 godina).

4. PRAVCI DALJEG RAZVOJA

DRUGA GENERACIJA EC8



Definisanje seizmičkog intenziteta preko elastičnih spektara odgovora

4. PRAVCI DALJEG RAZVOJA

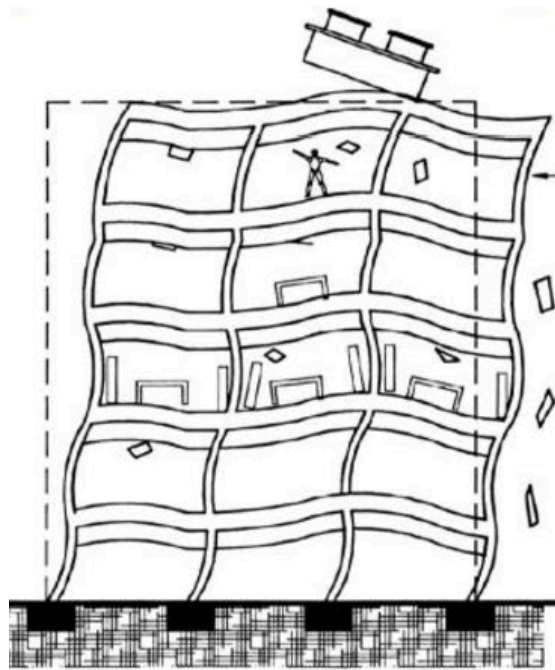
DRUGA GENERACIJA EC8

Bitne izmjene kod EC8-1:

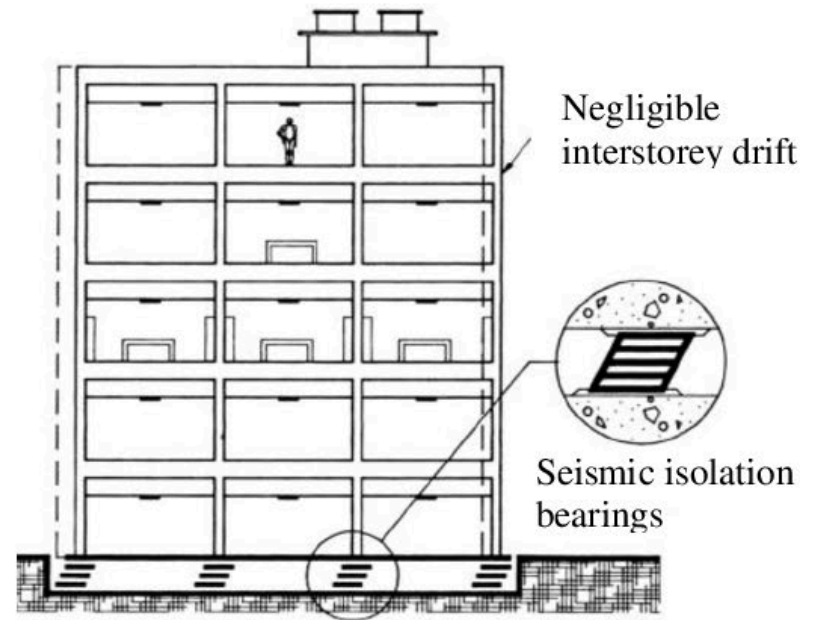
- Redefinicija spektra elastičnog odgovora korištenjem dva parametra umjesto a_g
- Bolja definicija tipova tla
- Novo definisanje faktora ponašanja q
- Osim danas dominantnog pristupa projektovanju baziranom na silama uvodi se i pristup baziran na pomjeranjima
- Nove definicije klasa duktilnosti
- Poboljšanje metoda seizmičke analize
- Smanjenje broja nacionalnih parametara
- Tretman torziona fleksibilnih konstrukcija

4. PRAVCI DALJEG RAZVOJA

BAZNA IZOLACIJA



Significant
interstorey drift



Negligible
interstorey drift

Seismic isolation
bearings

4. PRAVCI DALJEG RAZVOJA

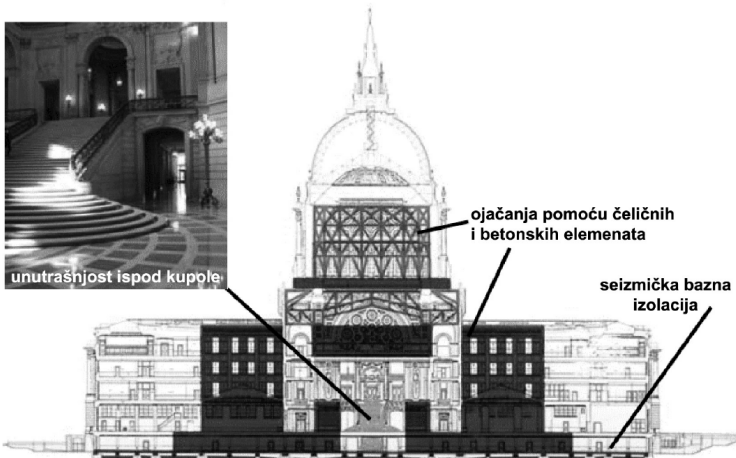
PRIMJENA BAZNE IZOLACIJE



Bazna izolacija od elastičnog polimera

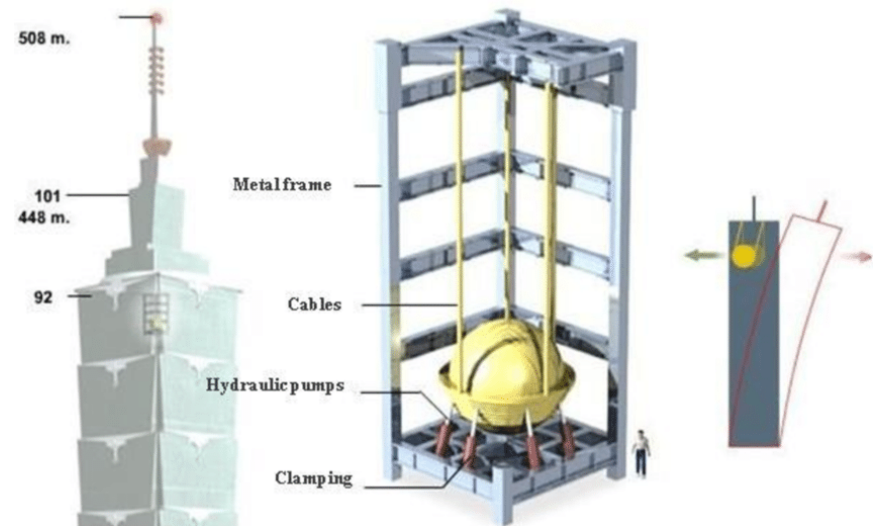


Bazna izolacija tipa klatna sa trenjem (FPS)



4. PRAVCI DALJEG RAZVOJA

PRIMJENA PRIGUŠIVAČA (DAMPERA)



HVALA !