



# EVROKOD 8 – OPŠTE ODREDBE I ZEMLJOTRESNO DEJSTVO

---

dr Srđan Janković, dipl.inž.gra.

8-9. septembar 2013.

Podgorica



# Sadržaj

---

## Opšte odredbe

- Djelovi EC8 i sadržaj EC8-1
- Nacionalno definisani parametri
- Projektni ciljevi EC8
- Osnovni zahtjevi ponašanja
- Faktor značaja
- Granično stanje nosivosti
- Granično stanje upotrebljivosti
- Specifične mjere



# Sadržaj

---

## Zemljotresno dejstvo

- Uslovi tla
- Klasifikacija tla
- Seizmi ka dejstva - seizmi ke zone
- Elasti ni spektar odgovora
- Vertikalni elasti ni spektar odgovora
- Projektni spektar za elasti nu analizu
- Alternativno prikazivanje zemljotresnog dejstva



## Djelovi EC 8 - Prora un Seizmi ki Otpornih Konstrukcija

---

- EN 1998-1, Opšta pravila, seizmi ka dejstva i pravila za zgrade
- EN 1998-2, Mostovi
- EN 1998-3, Procjena stanja i oja anje postoje ih zgrada
- EN 1998-4, Silosi, rezervoari i cjevovodi
- EN 1998-5, Fundiranje, potporne konstrukcije i geotehni ki aspekti
- EN 1998-6, Tornjevi, jarboli i dimnjaci



# Sadržaj EC8-1

---

- Opšte odredbe
- Zahtjevi ponašanja i grani na stanja
- Uslovi tla i zemljotresno dejstvo
- Projektovanje zgrada
- Posebna pravila za:
  - Betonske zgrade
  - Eli ne zgrade
  - Spregnute konstrukcije zgrada
  - Drvene zgrade
  - Zidane zgrade
- Bazna izolacija



# Nacionalno definisani parametri

---

- Parametri koji su ostavljeni u Evrokodovima kao otvoreni za nacionalni izbor (NDPs):
  - vrijednosti i/ili klase gdje su u Evrokodu date alternative,
  - vrijednosti koje se koriste kada je u Evrokodu dat samo simbol,
  - podaci koji su specifi ni za pojedine zemlje (geografski, klimatski itd.),
  - postupci koji se primjenjuju kada su u Evrokodu dati alternativni postupci
- Nacionalni aneks može tako e sadržati:
  - odluke o primjeni informativnih aneksa,
  - reference na nekontradiktorne dopunske informacije koje pomažu korisniku u primjeni Evrokoda



## Nacionalno definisani parametri kod EC8-1

---

|  |          |
|--|----------|
| ■ Opšte odredbe i definisanje seizmi kog opter.: | 11       |
| ■ Modeliranje, analize i projektovanje zgrada:   | 7        |
| ■ Betonske zgrade :                              | 11       |
| ■ eline zgrade :                                 | 6        |
| ■ Spregnute konstrukcije zgrada:                 | 4        |
| ■ Drvene zgrade :                                | 1        |
| ■ Zidane zgrade :                                | 15       |
| ■ Bazna izolacija :                              | <u>1</u> |
| UKUPNO:  | 56       |



## Projektni ciljevi EC8

---

U slučaju zemljotresa treba da su:

- Ljudski životi zaštićeni
- Oštećenja ograničena
- Objekti značajni za zaštitu ljudi u upotrebljivom stanju

Specialne konstrukcije, kao što su nuklearne elektrane, platforme u moru i velike brane su izvan oblasti primjene EC8





# Osnovni zahtjevi ponašanja

---

## Zahtjev da se objekat ne sruši

- Konstrukcija mora da bude projektovana i izvedena da izdrži projektni zemljotres bez lokalnog i globalnog rušenja
- kapacitet nosivosti i konstrukcijski integritet moraju biti sačuvani nakon prestanka dejstva zemljotresa.
- Posle zemljotresa konstrukcija može biti ekonomski nepopravljiva ali bi trebala obezbjediti sigurnu evakuaciju stanara pri dejstvu afteršokova
- Provjerom granice stanja nosivosti zadovoljava se ovaj zahtjev



## Osnovni zahtjevi ponašanja

---

### Zahtjev da se objekat ne sruši

Za uobičajene konstrukcije ovaj zahtjev treba ispuniti za referentni zemljotres sa 10% vjerovatnoće prekoračenja u 50 godina ili sa povratnim periodom od 475 godina



# Osnovni zahtjevi ponašanja

---

## Zahtjev ograničenja oštećenja

- Konstrukcija mora biti projektovana i izvedena da izdrži seizmičko dejstvo sa veće vjerovatnošću od pojave od projektne seizmičke kog dejstva bez značajnije pojave oštećenja
- Treba izbjeći ograničenja u korištenju
- Cijena opravke ne bi trebala da bude previsoka u odnosu na cijenu same konstrukcije.

Konstrukcija bi trebala da ima zadovoljavajuću nosivost i krutost, bez trajnih oštećenja i bez potrebe za sanacijom. Nekonstruktivna oštećenja trebaju biti ekonomski popravljiva

Provjerom granice stanja upotrebljivosti zadovoljava se ovaj zahtjev



# Osnovni zahtjevi ponašanja

---

## Zahtjev ograničenja oštećenja

Za uobičajene konstrukcije ovaj zahtjev treba ispuniti za referentni zemljotres sa 10% vjerovatnoće prekoračenja u 10 godina ili sa povratnim periodom od 95 godina



## Faktor zna aja

Nivoi pouzdanosti sa kojima se ispunjavaju osnovni zahtjevi zavise od klasa zna aja konstrukcija kojima su pridružene vrijednosti faktora zna aja  $\gamma_1$ . Za pojedine klase zna aja projektno seizmi ko optere enje se dobija množenjem referetnog seizmi kog dejstva sa odgovaraju im faktorom zna aja

| Klase zna aja | Opis - namjena zgrada  | Faktor zna aja zgrade, $\gamma_1$ |
|---------------|--|-----------------------------------|
| I             | Zgrade manje važnosti za javnu sigurnost, npr. poljoprivredne zgrade i sl.   | 0.8                               |
| II            | Obi ne zgrade koje ne pripadaju drugim razredima   | 1.0                               |
| III           | Zgrade ija je zemljotresna otpornost važna zbog posljedica vezanih uz rušenje, npr. škole, dvorane, kulturne institucije, itd                    | 1.2                               |
| IV            | Zgrade ija je cjelovitost neposredno nakon zemljotresa životno važna za zaštitu ljudi, npr. bolnice, vatrogasne stanice, elektri ne stanice, itd | 1.4                               |



## Faktor zna aja – povratni period

| Povratni period | Faktor zna aja zgrade, $\gamma_1$ |
|-----------------|-----------------------------------|
| 243             | 0.8                               |
| 475             | 1.0                               |
| 820             | 1.2                               |
| 1303            | 1.4                               |



## Grani no stanje nosivosti

---

- Verifikacija da konstrukcija posjeduje odgovaraju u otpornost i kapacitet disipacije energije
- Otpornost i kapacitet disipacije energije su povezani sa nivoom do kojeg se nelinearni odgovor o ekuje
- Balans izme u otpornosti i kapacitet disipacije energije je definisan preko faktora ponašanja  $q$  i pridružene klase duktilnosti
  - Upotreba jednostavnijih pravila u slu ajevima niske seizmi nosti
  - EC8 se ne mora primjenjivati za slu aj vrlo niske seizmi nosti



## Grani no stanje upotrebljivosti

---

Obezbjede enje prihvatljivog nivo ošte enja i vitalnih funkcija se sprovodi preko ograni enja relativnog spratnog pomjeranja pri "frekvetnom" zemljotresu:

- 0.5% za krte nenose e elemente spojene sa konstrukcijom
- 0.75% za duktilne nenose e elemente spojene sa konstrukcijom
- 1.0% za nekonstruktivne elemente koji ne ometaju deformacije konstrukcije





## Specifi ne mjere

---

Specifi ne mjere za obezbje enje dobrog ponašanja i pri seizmi kim dejstvima ja im od projektnih

- Jednostavan i pravilan oblik u osnovi i po visini
- Izbjegavanje krtih lomova i formiranje nestabilnih mehanizama
- Posebnu pažnju posvetiti obradi detalja na mjestima nelinearnih deformacija (mjesto disipacije energije)
- Adekvatan model sa uzimanjem u račun deformacija tla i nenose ih elemenata



## Uslovi tla

---

- Na oscilacije tla na površini veliki uticaj imaju karakteristike lokalnog tla
- EC8 – 1 zahtjeva da se izvrše odgovarajuća ispitivanja (in-situ ili laboratoriska) da bi se tlo klasifikovalo u određene kategorije
- Ispitivanja mogu nasti pojave proloma tla, nestabilnosti kosina, slijeganja tla, likvefakcije, treba izvršiti u skladu sa EC8-dio 4



# Klasifikacija tla

| Tip tla | Opis geološkog profila  | Parametri              |                         |             |
|---------|---|------------------------|-------------------------|-------------|
|         |   | $v_{s,30}$ (m/s)       | $N_{SPT}$ (udarci/30cm) | $c_u$ (kPa) |
| A       | Stijena ili sli na geološka formacija, uključujući i najviše 5 m slabijeg materijala na površini  | > 800                  | -                       | -           |
| B       | Depoziti veoma zbijenog pijeska, šljunka ili veoma krute gline, najmanje nekoliko desetina metara debljine, koje karakteriše postepeno povećanje mehaničkih karakteristika sa dubinom     | 360-800                | > 50                    | > 250       |
| C       | Duboki depoziti zbijenog ili srednje zbijenog pijeska, šljunka ili krute gline sa debljinom od nekoliko desetina metara do više stotina metara  | 180 - 360              | 15 - 50                 | 70 – 250    |
| D       | Depoziti slabo do srednje zbijenih nekohezivnih tla (sa ili bez mekih kohezivnih proslojeva) ili predominantno mekih do tvrdih kohezivnih tla   | < 180                  | < 15                    | < 70        |
| E       | Profil tla koji se sastoji od površinskog aluvijalnog sloja sa vrijednostima $v_s$ tipa C ili D i debljine između 5 i 20 metara, ispod kojeg se nalazi kruti materijal sa $v_s > 800$ m/s |                        |                         |             |
| $S_1$   | Depoziti koji se sastoje ili sadrže najmanje 10 m deo sloj mekih glina/mulja sa visokim vrijednostima indeksa plastičnosti ( $PI > 40$ ) i visokim sadržajem vode                         | < 100<br>(indikativno) |                         | 10 – 20     |
| $S_2$   | Depoziti tečnih tla osjetljivih glina, ili bilo koji drugi profil tla koji nije uključen u tipovima A – E i $S_1$   |                        |                         |             |



## Seizmi ka dejstva – seizmi ke zone

---

- Teritorija zemlje treba biti podijeljena u seizmi ke zone u zavisnosti od lokalnog seizmi kog hazarda. Po definiciji u okviru svake zone seizmi ki hazard se smatra konstantnim.
- Osnovni parametar sa kojim se opisuje seizmi ki hazard je “referentno” maksimalno horizontalno ubrzanje tla  $a_{gR}$  na osnovnoj stijeni, to jest tla tipa A.
- Za posebne tipove konstrukcija, dodatni parametri mogu biti traženi.



## Seizmi ka dejstva – seizmi ke zone

- Referentno maksimalno horizontalno ubrzanje tla za svaku seizmi ku zonu treba da korespondira referentnom povratnom periodu  $T_{NCR}$  zemljotresa koji se koristi kod analize grani nog stanja kolapsa (preporu ena vrijednost u EC8 je  $T_{NCR} = 475$  godina) i dato je za referentni tip objekta kome je pridružen faktor zna aja  $\gamma_I = 1$ .
- Projektno maksimalno horizontalno ubrzanje tla:  
$$a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$$
- Niska seizmi nost:  
$$a_g \leq 0.08g \text{ ili proizvod } a_g \cdot S \leq 0.1g$$
- Veoma niska seizmi nost:  
$$a_g \leq 0.04g \text{ ili proizvod } a_g \cdot S \leq 0.05g$$



## Elastični spektar odgovora

---

- Elastični spektar odgovora je u EC8 osnovni način definisanja seizmičkog opterećenja
- Isti oblik za dva nivoa seizmičkog dejstva (Granična stanja nosivosti i upotrebljivosti)
- Dvije ortogonalne nezavisne horizontalne komponente
- Vertikalni spektar se razlikuje od horizontalnog spektra i isti je za sve tipove tla
- Moguće je koristiti više od jednog oblika spektra
- Za neke specijalne slučajeve potrebno je uzeti u račun uticaj topografskih efekata (EN1998-5) i varijaciju kretanja tla u prostoru i vremenu (EN1998-2)



# Elasti ni spektr odgovora

etiri grane spektra:

$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[ \frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \left[ \frac{T_C T_D}{T^2} \right]$$

$S_e(T)$  - elasti ni spektr odgovora

$a_g$  - projektno maksimalno horizontalno ubrzanje tla

$T_B, T_C, T_D$  - grani ne vrijednosti na spektru

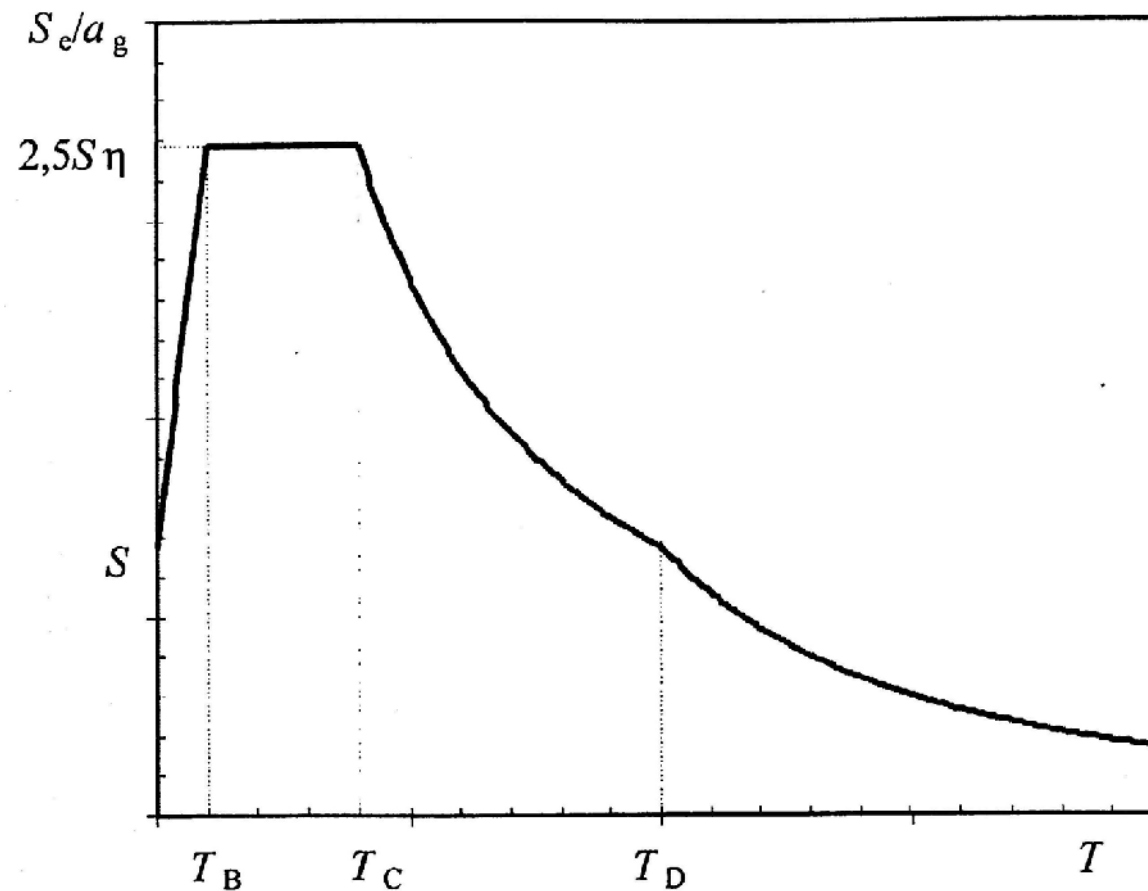
$S$  - faktor tla

$\eta$  - korekcionni faktor prigušenja ( $\eta = 1$  za 5% prigušenja)

# Elastični spektar odgovora

## Standardni oblik elastičnog spektra

Vrijednosti perioda  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  i faktora tla  $S$  zavise od kategorije tla i predstavljaju NDP-re







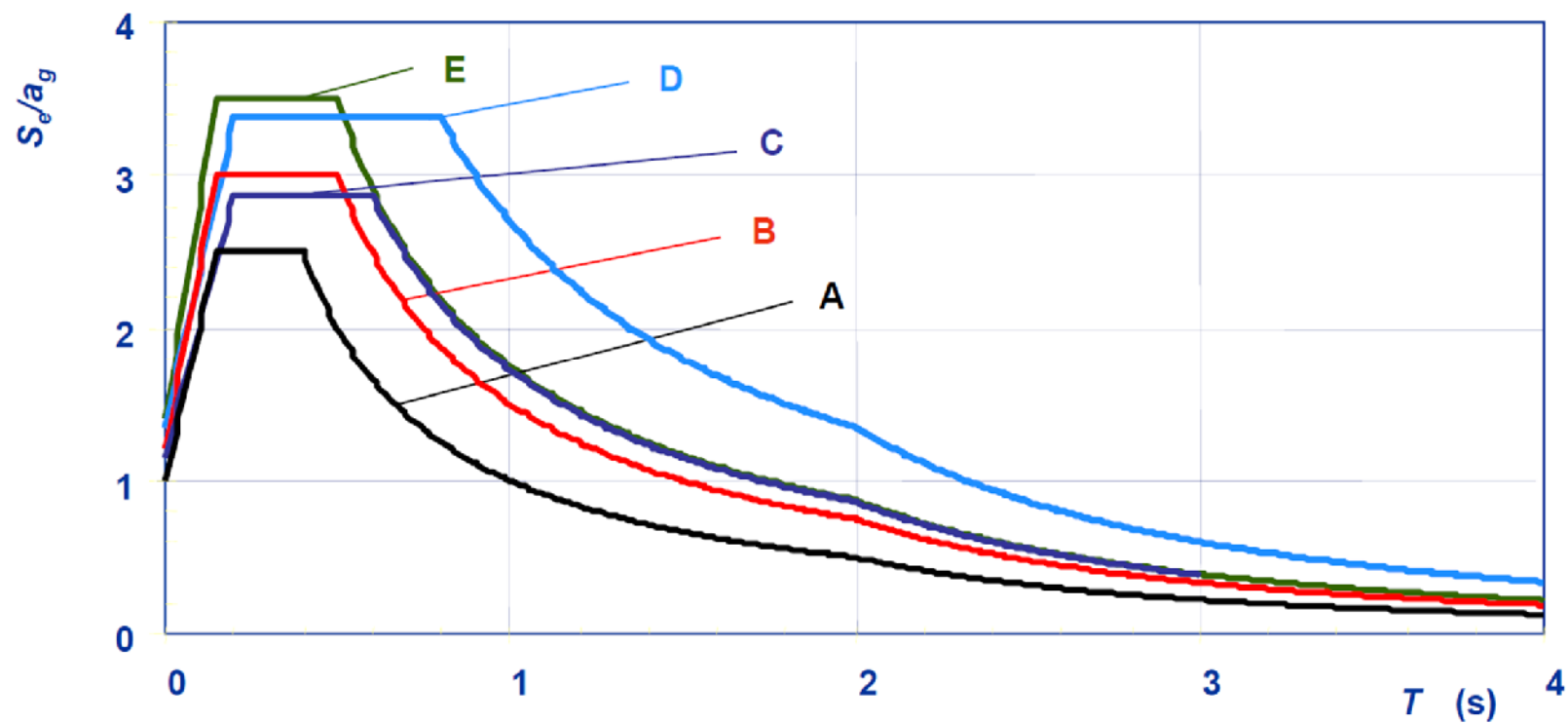
## Elastični spektar odgovora

---

U EC8 su preporučena dva tipa spektra u zavisnosti od karakteristika zemljotresa koji najviše doprinosi probabilističkoj procjeni seizmičkog hazarda na datoj lokaciji :

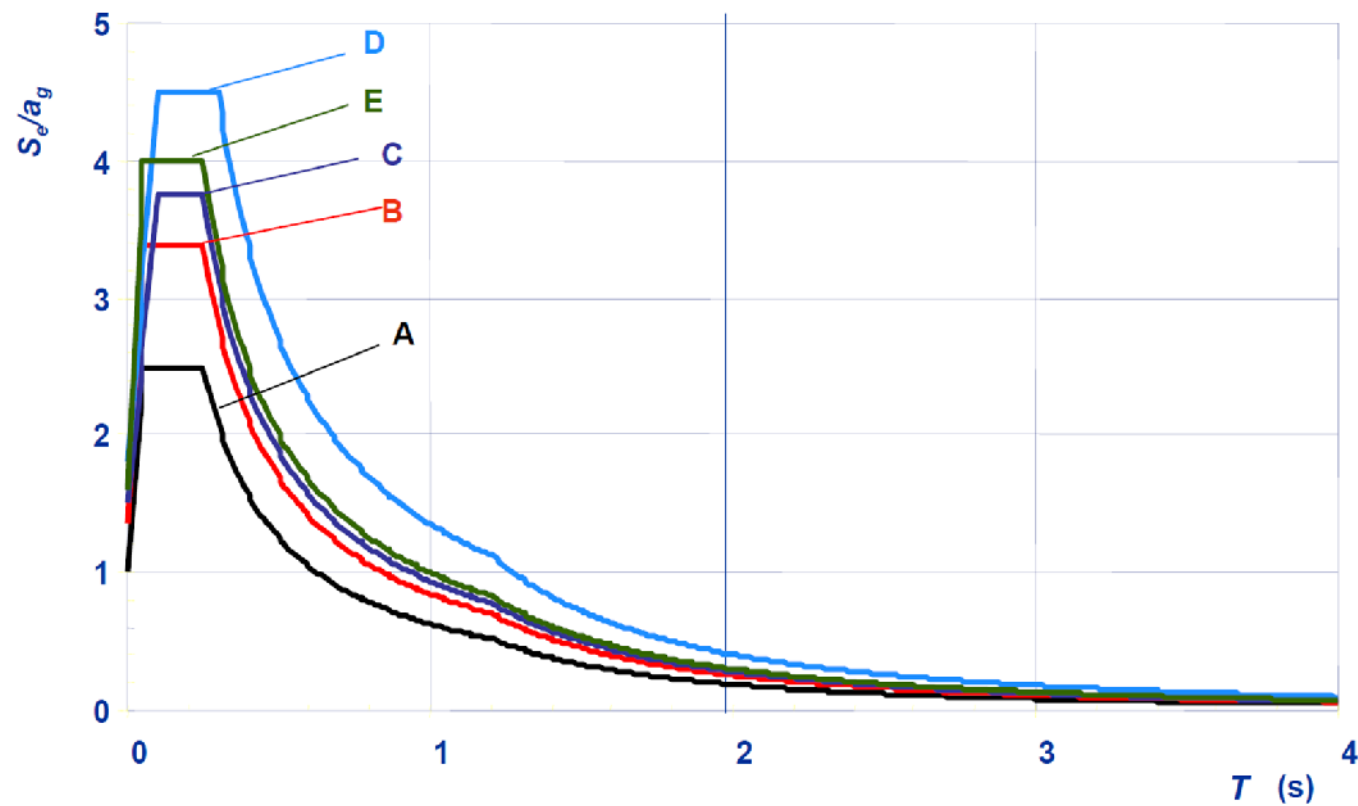
- Tip 1 – Velika i srednja seizmičnost regiona ( $M_s > 5.5$ )
- Tip 2 – Mala seizmičnost regiona ( $M_s \leq 5.5$ ); Bliski zemljotresi

# Elasti ni spektr odgovora - Tip 1



Spektri tipa 1  
Zemljotresi sa  $M_s > 5.5$

## Elastni spektralni odgovori - Tip 2



Spektri tipa 2  
Zemljotresi sa  $M_s$  5.5



# Vertikalni elasti ni spektar odgovora

etiri grane spektra:

$$0 \leq T \leq T_B : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \left[ 1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 3.0 - 1) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3.0$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3.0 \left[ \frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3.0 \left[ \frac{T_C T_D}{T^2} \right]$$

$S_{ve}(T)$  - vertikalni elasti ni spektar odgovora

$a_{vg}$  - projektno maksimalno vertikalno ubrzanje tla

$T_B, T_C, T_D$  - grani ne vrijednosti na spektru

$S$  - faktor tla

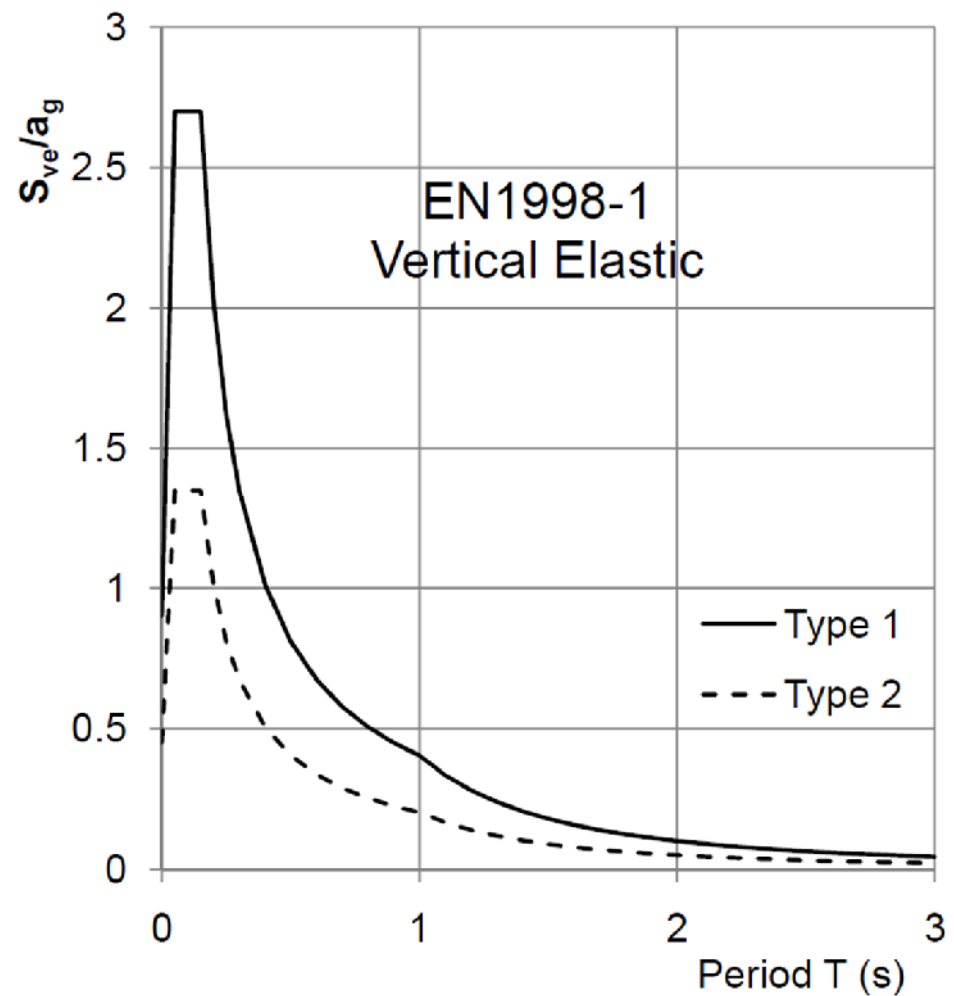
$\eta$  - korekcionni faktor prigušenja ( $\eta = 1$  za 5% prigušenja)

# Vertikalni elasti ni spektar odgovora

Preporu ene vrijednosti:

| Seismic action | $a_{vg}/a_g$ | $T_B$ (s) | $T_C$ (s) | $T_D$ (s) |
|----------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| Type 1         | 0,90         | 0,05      | 0,15      | 1,0       |
| Type 2         | 0,45         | 0,05      | 0,15      | 1,0       |

Faktor tla  $S$  ne uti e na vertikalni spektar odgovora





## Vertikalni elasti ni spektar odgovora

---

Ako je maksimalno vertikalno ubrzanje tla  $a_{vg}$  0.25g vertikalnu komponentu zemljotresa treba uzeti u ra un u sljede im slu ajevima:

- horizontalni ili približno horizontalni konstruktivni elementi raspona 20 m ili ve i
- horizontalne ili približno horizontalne konzole raspona dužih od 5 m
- horizontalni ili približno horizontalni prenapregnuti elementi
- grede na koje su oslonjeni stubovi
- bazno izolovane konstrukcije



# Projektni spektar za elasti nu analizu

Projektni spektar se dobija pomo u elasti nog spektra

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left( \frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q}$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

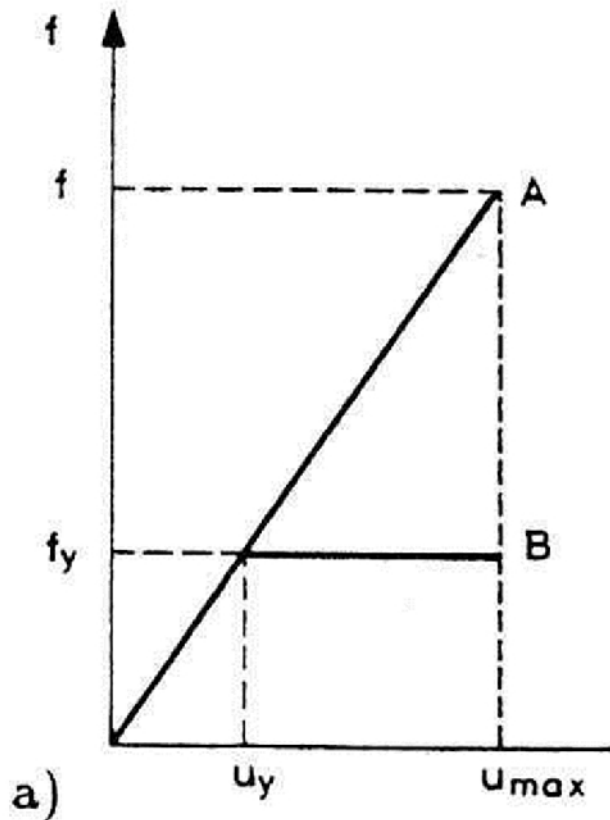
$$T_D \leq T : S_d(T) = \begin{cases} a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left[ \frac{T_C T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$S_d(T)$  - projektni spektar

$q$  - faktor ponašanja

- faktor donje granice (preporu ena vrijednost 0.2)

# Projektni spektar za elasti nu analizu

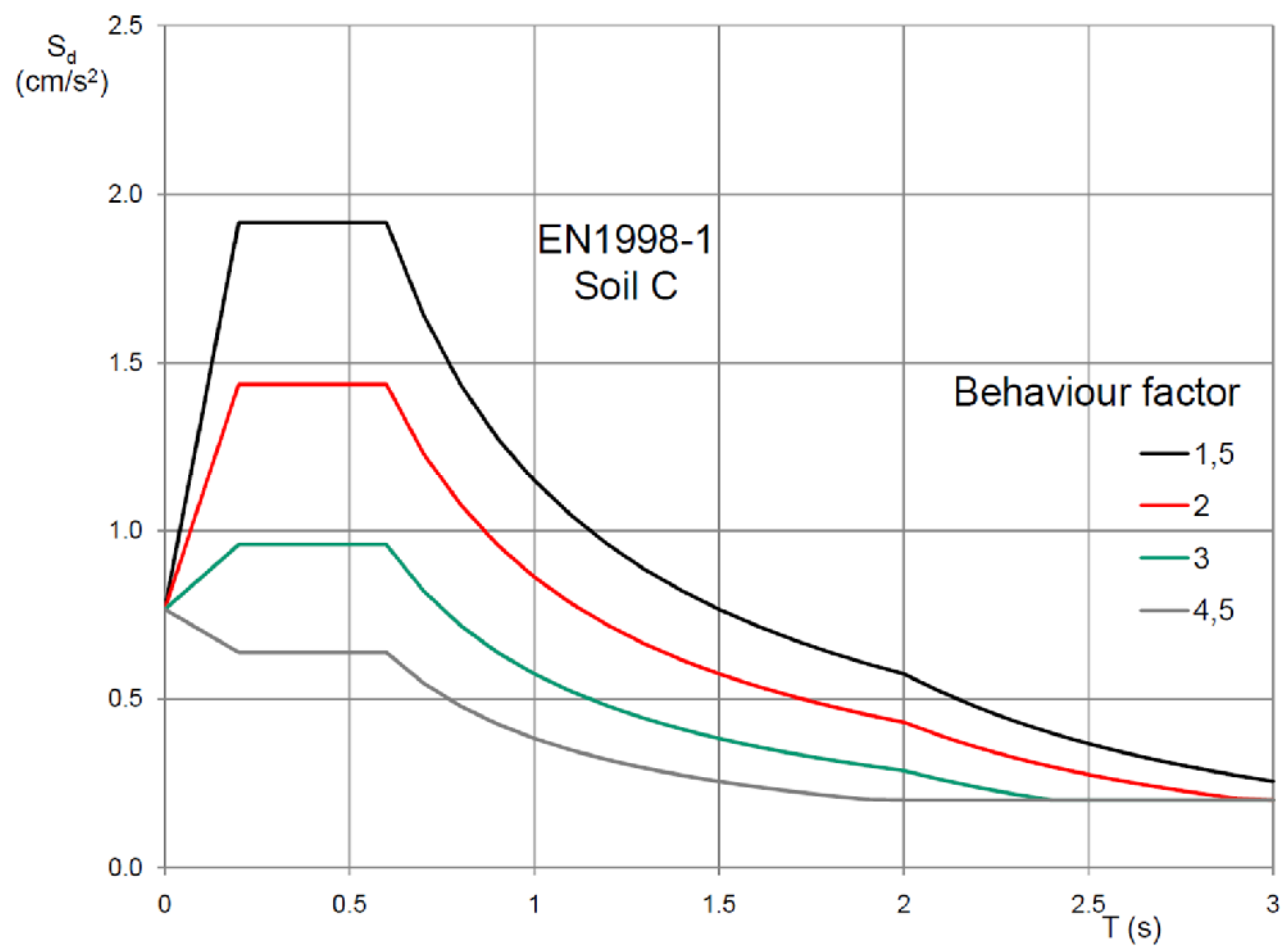


- Korekcionni faktor  $\eta$  za prigušenje nije uklju en
- Faktor ponašanja  $q$  uzima u obzir i slu aj kada je viskozno prigušenje razli ito od 5%
- Da bi se izbjegla eksplicitna nelinearna seizmi ka analiza, sprovodi se elasti na analiza bazirana na elasti nom spektru odgovora redukovana dijeljenjem ovog spektra sa faktorom ponašanja  $q$ . Faktor ponašanja  $q$  u stvari predstavlja približan odnos sile koja bi se javila u potpuno elasti nom sistemu i sile koja se koristi prilikom projektovanja.

$$R = \frac{f}{f_y} = \frac{u_{\max}}{u_y} = \mu = q$$



# Projektni spektar za elasti nu analizu





# Alternativno prikazivanje zemljotresnog dejstva

Vremenska istorija ubrzanja tla (neophodna za nelinearne dinami ke analize)

Tri akceleroograma koji istovremeno djeluju

- Vješta ki akceleroگرامи
  - moraju da odgovaraju elasti nom spektru odgovora za 5% prigušenja
  - trajanje treba da bude u skladu sa Magnitudom i trajanje duže od 10sec
  - minimalni broj akceleroograma: 3
- Zabilježeni ili simulirani akceleroگرامи
  - skalirani na vrijednost  $a_g \cdot S$
  - moraju da odgovaraju elasti nom spektru odgovora za 5% prigušenja



HVALA !

---