

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II



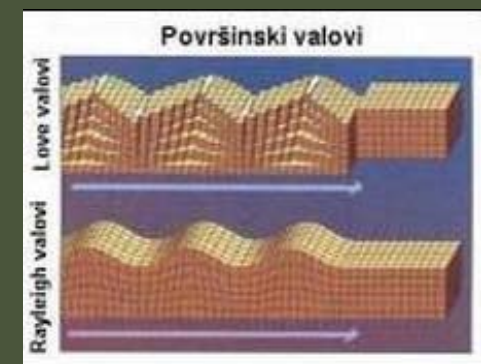
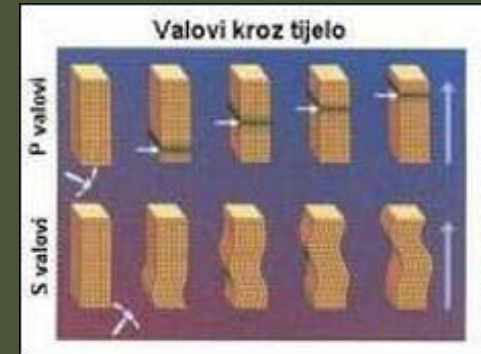
Općenito o potresu

OSNOVNI POJMOVI

- ❑ **SEIZMOLOGIJA**: znanstvena grana geofizike koja proučava potrese i širenje potresnih valova
 - ❑ **POTRES**: iznenadno gibanje dijelova Zemljine kore kao rezultat dinamičkog otpuštanja elastične energije naprezanja koje emitira seizmičke valove (valovi koji putuju kroz zemlju kao rezultat potresa).
 - ❑ Prema nastanku:
 - **TEKTONSKI** nastaju na rasjedima, u zonama gdje tektonske ploče kližu uz drugu ploču ili se podvlače jedna ispod druge. Uzrokovani su iznenadnim oslobađanjem energije nakupljene unutar stijene uzduž rasjeda. Energija je nakupljena zbog naprezanja u stijeni zbog pomicanja unutar zemlje. (95%)
 - **VULKANSKI** uzrokovani pomicanjem magme iz vulkana pa se stijena lokalno napreže. Kako se tekuća magma uzdiže ka površini vulkana, pomiče i raspucava stijensku masu i uzrokuje kontinuirano podrhtavanje
 - **URUŠNI** rijetki, u pravilu slabi
 - **UMJETNI** (NE, HE...)
-

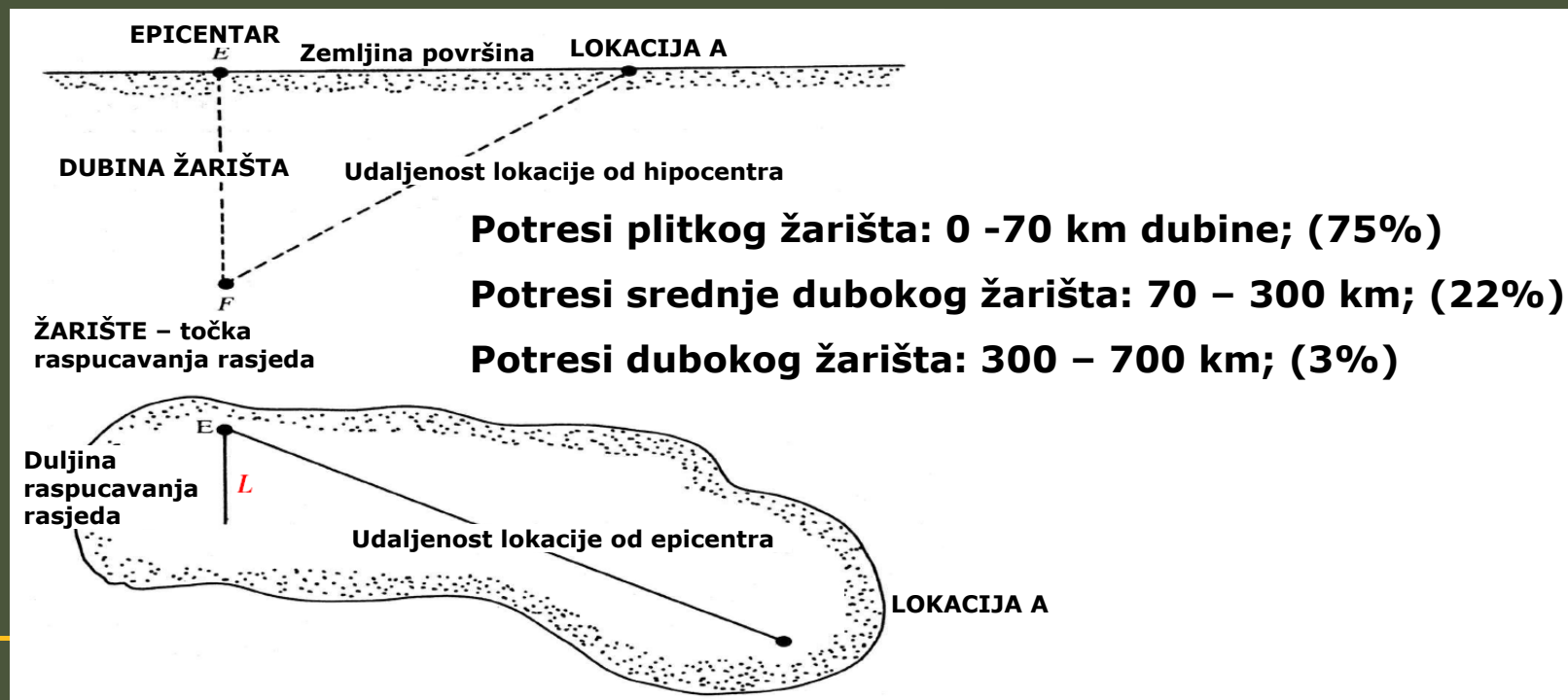
Seizmički valovi

- ❑ Valovi koji počinju svoj put u žarištu i šire se kroz Zemlju:
 - **P - tlačni valovi**, stjenovit materijal na njihovom putu miče se naprijed-nazad u istom smjeru u kojem putuje val što izaziva tlačjenje i razvlačenje stijene (6-7 km/s),
 - **S – posmični valovi**, stjenovit materijal giba se postrance ili gore-dolje okomito na smjer valova (3,5 km/s)
- ❑ Valovi koji se šire preko površine, uvijek sporiji od P, najčešće i od S:
 - **Love-ovi valovi** uzrokuju horizontalno gibanje stijene ili postranično gibanje pod pravim kutovima u odnosu na smjer vala, no bez vertikalnih pomaka
 - **Rayleigh-ovi** valovi uzrokuju da se dijelovi stijene gibaju naprijed, gore, nazad i dolje u odnosu na pravac kojim val putuje (kružno gibanje)



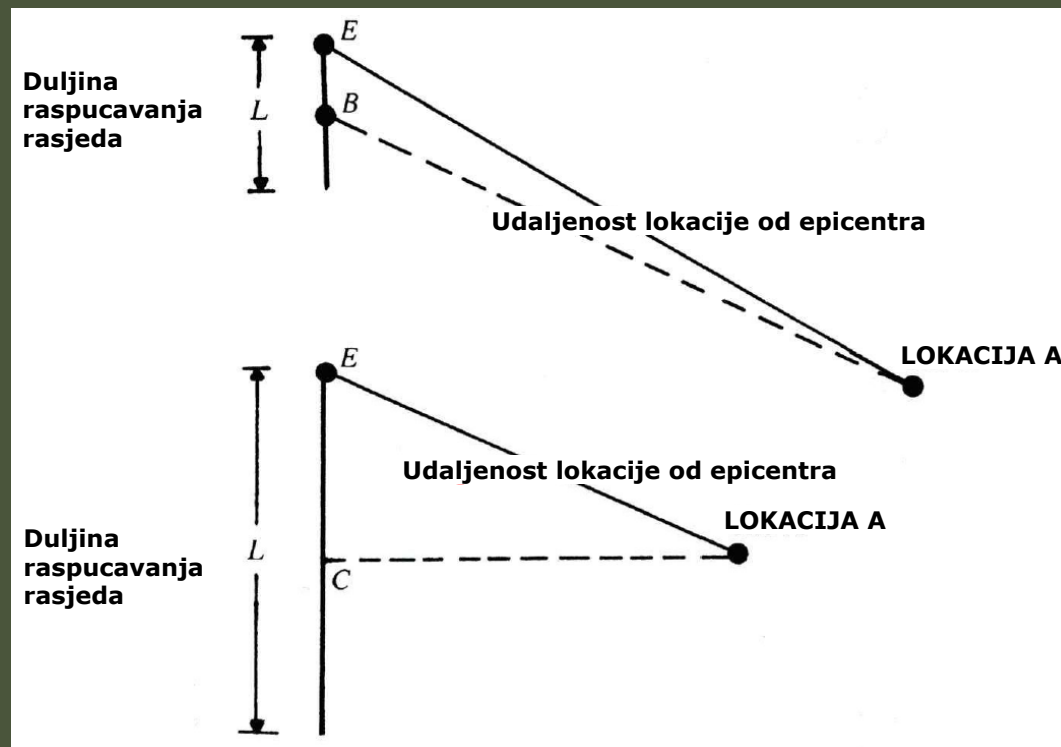
Hipocentar, epicentar

- ❑ **HIPOCENTAR** (fokus, žarište): točka unutar Zemlje uz raspucavajući geološki rasjed gdje nastaje potres
- ❑ **EPICENTAR**: točka na Zemljinoj površini direktno iznad hipocentra.
- ❑ Potresni valovi odašilju se iz hipocentra te se nadalje formiraju uzduž raspucavanja rasjeda



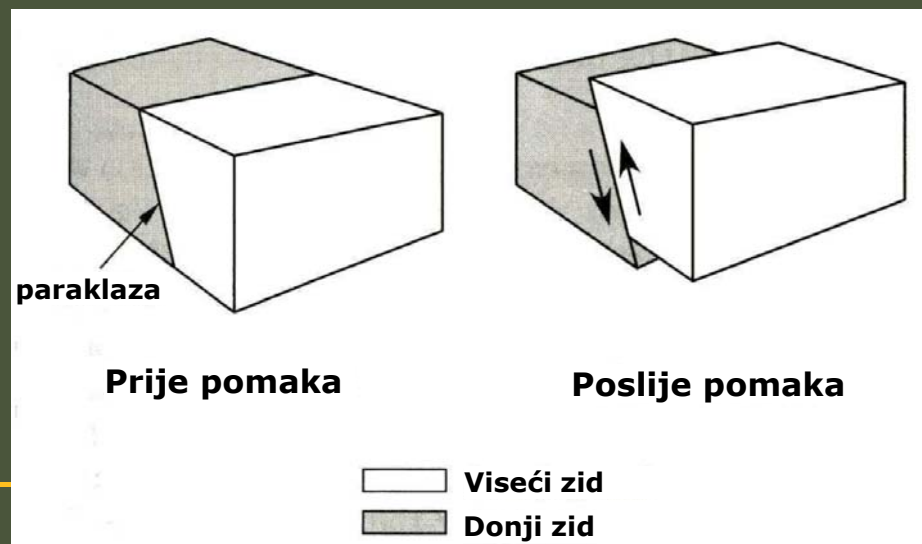
Hipocentar, epicentar

- EFEKTIVNA UDALJENOST OD UZROČNOG RASJEDA
 - Udaljenost lokacije do središnje točke dužine rasjeda



Rasjed

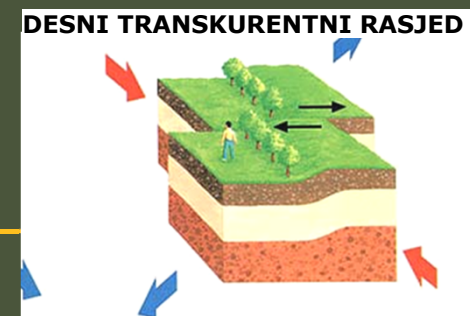
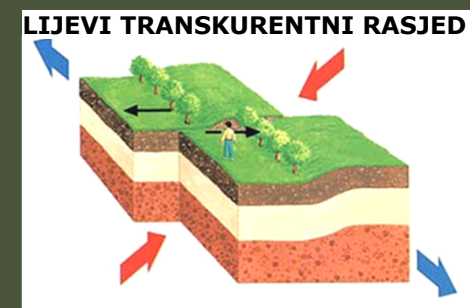
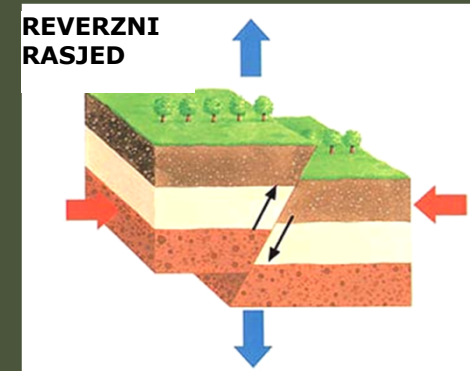
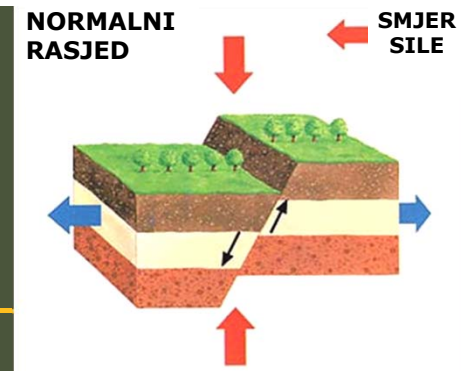
- ❑ Raspucavanje u stijeni Zemljine kore nastalo premještanjem slojeva što nastaje izdizanjem, spuštanjem ili uzdužnim pomicanjem stijenskih masa duž pukotine – **paraklaza**.
- ❑ Nastaju kao posljedica ekspanzije, gravitacije i kompresije, ili kombinacijom.
- ❑ Rasjed ubuhvaća paraklazu i dva krila.
- ❑ Veličine od nekoliko cm do nekoliko stotina km – pomaci uzduž površine rasjeda mogu varirati.
- ❑ Gornji blok stijena – **viseći zid**, a blok stijena ispod – **donji zid**.



Rasjed

□ Tri tipa:

- **NORMALNI**: posljedica su vertikalnog tlaka (gravitacije) dok se Zemljina kora izdužuje i širi
- **REVERZNI**: posljedica horizontalnih tlačnih sila nastalih skupljanjem Zemljine kore
- **TRANSKURENTNI**: izazvani horizontalnim tlačnim silama, ali je najlakši put pomaka krila u horizontalnom smjeru.



Mercalli-jeva ljestvica

(INTENZITET POTRESA)

PGA Peak Ground Acceleration
– vršno ubrzanje tla u %
gravitacije



I	Nezamjetljiv potres	Bilježe ga jedino seizmografi.	
II	Jedva osjetan potres	Osjeti se samo u gornjim katovima visokih zgrada.	
III	Lagan potres	Tlo podrhtava kao kad ulicom prođe automobil.	
IV	Umjeren potres	Prozorska okna i staklenina zveče kao da je prošao težak teretni automobil.	1,5-2
V	Prilično jak potres	Njišu se slike na zidu. Samo pojedinci bježe na ulicu.	3-4
VI	Jak potres	Slike padaju sa zida, ormari se pomiču i prevrću. Ljudi bježe na ulicu.	6-7
VII	Vrlo jak potres	Ruše se dimnjaci, crijepovi padaju sa krova, kućni zidovi pucaju.	10-15
VIII	Razoran potres	Slabije građene kuće se ruše, a jače građene oštećuju. Tlo puca.	25-30
IX	Pustošni potres	Kuće se teško oštećuju i ruše. Nastaju velike pukotine, klizišta i odroni zemlje.	50-55
X	Uništavajući potres	Većina se kuća ruši do temelja, ruše se mostovi i brane. Izbija podzemna voda.	>60
XI	Katastrofalan potres	Srušena je velika većina zgrada i drugih građevina. Kidaju se i ruše stijene.	
XII	Veliki katastrofalan potres	Do temelja se ruši sve što je čovjek izgradio. Mijenja se izgled krajolika, rijeke mijenjaju korito, jezera nestaju ili nastaju.	

Usporedba Richterove i Mercalijeve ljestvice

Richterova ljestvica Magnituda M potresa	Modificirana Mercalijeva ljestvica Maksimalni intenzitet potresa
1	-
2	I, II
3	III
4	IV, V
5	VI, VII
6	VIII
7	IX, X
8	XI

Magnituda potresa M

- Mjera amplitude elastičnog vala proizvedenog potresom.
- 1958. Richter predlaže mjerenje jačine potresa preko njegove magnitude M .

$$\log_{10} E = 11.4 + 1.5 M$$

- E je energije oslobođena potresom.
- 1966. Bath modificira ovu jednadžbu u:

$$\log_{10} E = 12.24 + 1.44 M$$

- 1958. Tocher, 1967 Bonilla i 1969 Houser je prepravljaju u:

$$\log L = 1.02 M - 5.77$$

- gdje je L duljina pukotine rasjeda u km.
-

Prigušenje

- ❑ Količina energije u potresnom valu smanjuje se kako on napreduje kroz stijenu i takvo smanjenje se engleski naziva *attenuation*

 - ❑ Na to utječu sljedeći čimbenici:
 - Linija puta potresa
 - Duljina puta potresa
 - Priroda geoloških formacija
 - Dubina žarišta
 - Položaj epicentra
-

Pomak stijenske mase tijekom potresa

ovisi o tri čimbenika

□ Trajanje potresa

- Stupanj napredovanja raspucavanja rasjeda 1965. Housner je procijenio na 3,2 km/s.

□ Dominantni period ubrzanja

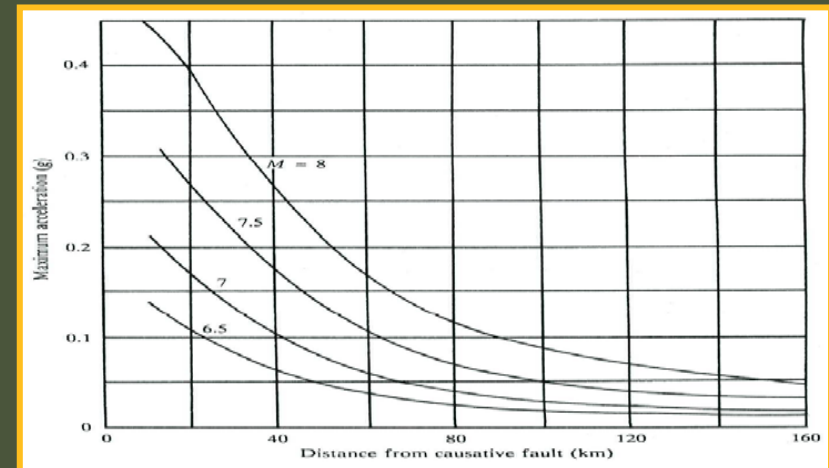
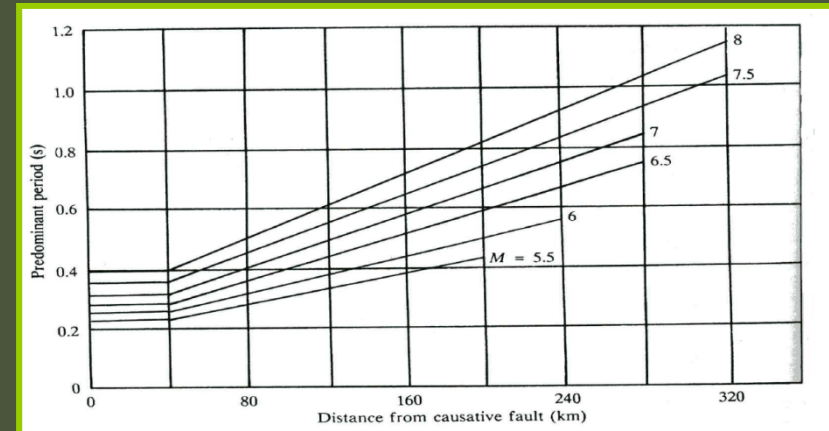
- Odnosi se na period seizmičkog vala (Fourierova analiza vala)

□ Maksimalna amplituda pomaka

- Za plitke potrese, s dubinom žarišta manjom od 16 km

$$\log a_0 = -2.1 + 0.81 M - 0.027 M^2$$

- Kada potres nije plitak, maksimalna amplituda brzo opada s udaljenošću od uzročnog rasjeda



Razlikovanje osnovnih perioda T

▣ Period potresa

- period seizmičkog vala (prethodni slajd)

▣ Period lokacije

- određuje se iz geotehničkih podataka – lokalna geologija i površinski slojevi tla

▣ Period konstrukcije

- određuje se analizom same konstrukcije
-

Oštećenja konstrukcije

- ❑ Oštećenja konstrukcije uslijed potresa ovise o:
 - Ubrzanju tla
 - Trajanju pomaka
 - Sadržaju frekvencija
 - Lokalnim uvjetima tla
 - Periodu lokacije
 - Udaljenosti konstrukcije od žarišta
 - Geološkim formacijama,
 - Vlastitoj frekvenciji konstrukcije
 - Prigušenju



Rezonancija

- ❑ Rezultira pojačanjem odgovora.
- ❑ Nastupa kada se poklope periodi potresa, lokacije i zgrade.
- ❑ Primjer: potres u Mexico City-ju 1985.
 - Žarište je bilo 365 km od grada.
 - Iako je amplituda ubrzanja bila malena, period potresa poklapao se s periodom tla na kojem se nalazi grad.
 - Uz to, neke zgrade imale su vlastiti period sličan periodu seizmičkih valova i periodu tla na lokaciji.
 - Posljedica je iznimno povećanje odgovora i rušenje velikog broja zgrada.



Primjeri katastrofalnih potresa

- ❑ **El Centro**, Kalifornija
 - 1940.; $M=6,4$; trajanje 16 s
- ❑ **San Fernando**, Kalifornija
 - 1971.; $M=6,6$; trajanje 7 s
- ❑ **Loma Prieta**, San Francisco, Kalifornija
 - 1989.; $M=7,1$; $PGA= 0,65\text{ g}$
- ❑ **Northridge**, Los Angeles, Kalifornija
 - 1994.; $M=6,7$; $PGA= 1,8\text{ g}$
- ❑ **Hyogoken-Nanbu**, Kobe, Japan
 - 1995.; $M=6,9$; $PGA\ 0,83\text{ g}$
- ❑ **Wenchuan**, Sichuan, Kina
 - 2008.; $M=8,0$



- ❑ Magnituda potresa nije vezana uz ubrzanje ili trajanje.

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II



Potres, stariji propisi

Pravilnik o privremenim tehničkim propisima za građenje u seizmičkim područjima - MOSTOVI PTP-12 iz 1964.

$$S = 1,5 \cdot K_c \cdot Q$$

Q cestovni mostovi - vlastita težina
željeznički mostovi - vlastita težina
+ pola pokretnog opterećenja

Kc - koeficijent seizmičnosti

	PROJEKTNA SEIZMIČNOST		
Kvaliteta tla	VII	VIII	IX
Slabo tlo	0,03	0,06	0,12
Srednje tlo	0,025	0,05	0,10
Dobro tlo	0,02	0,04	0,08

izbjegavati zglobove, puna statička monolitnost montažnih spojeva

Pravilnik o privremenim tehničkim propisima za građenje u seizmičkim područjima - OPĆENITO PTP-12 iz 1964.

$$S_{ik} = K_c \cdot \beta_1 \cdot \eta_{ik} \cdot Q_k$$

K_c - koeficijent seizmičnosti

β_1 - koeficijent dinamičnosti za i -ti oblik osciliranja

$$\beta_i = \frac{0,75}{T_i} \quad 1,50 \geq \beta_i \geq 0,50$$

Prilagodbe za visoke građevine i meka tla znatne debljine

η_{ik} - koeficijent ovisan o obliku osciliranja i visinskog položaja opterećenja

$$\eta_{ik} = X_{ik} \frac{\sum_{j=1}^n Q_j X_{ij}}{\sum_{j=1}^n Q_j X_{ij}^2}$$

X_{ij} - amplituda pomicanja točke j u kojoj je koncentriran teret Q_i (ili h_{ik} , h_j)

Q_k - težina građevine koncentrirana u točki k .

Pravilnik o tehničkim normativima za projektiranje i proračun inženjerskih objekata u seizmičkim područjima iz 1987.

seizmičke sile u točki k pri i-tom obliku osciliranja

$$S_{ik} = K_s \cdot \beta_i \cdot \eta_{ik} \cdot \psi \cdot G_k$$

seizmički koeficijent

VII	0,10
VIII	0,20
IX	0,40

$$K_s = \frac{\ddot{X}_{\max}}{\mu_p}$$

maksimalno ubrzanje tla (zona)

faktor duktilnosti konstrukcije (vrsta konstr.)

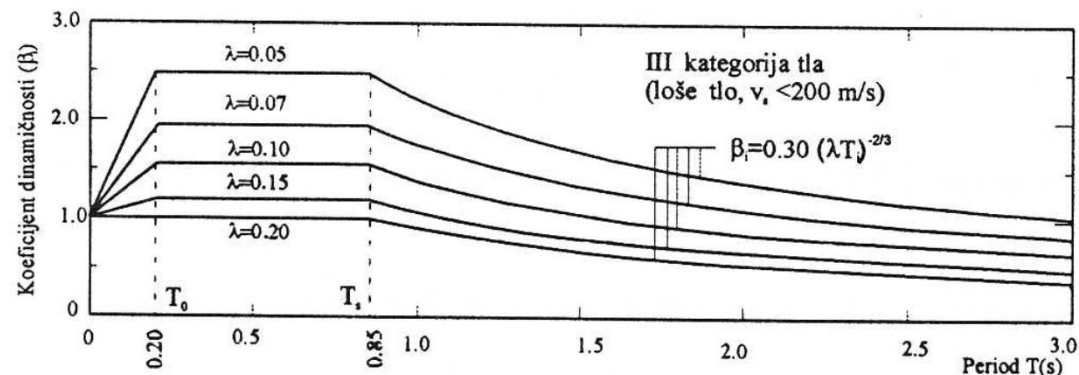
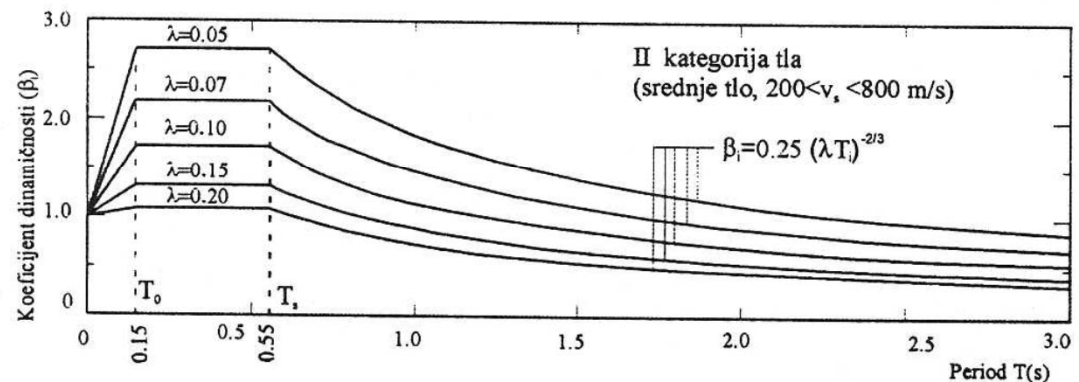
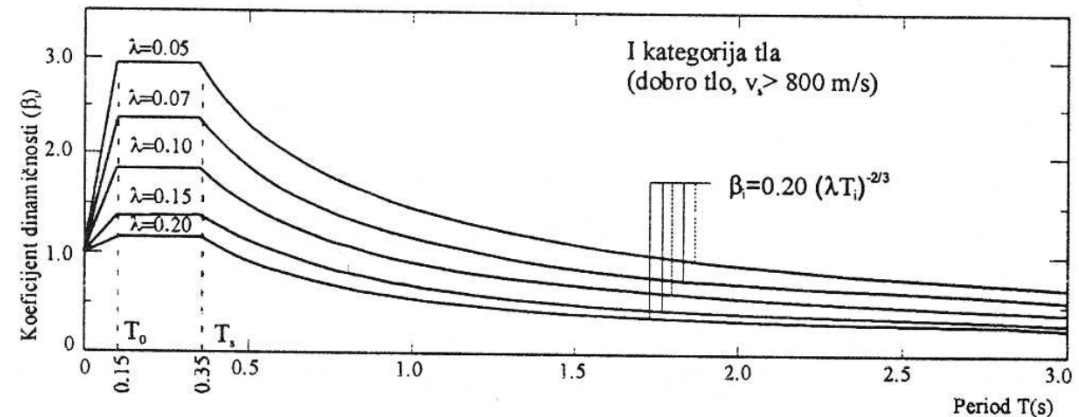
Pravilnik o tehničkim normativima za projektiranje i proračun inženjerskih objekata u seizmičkim područjima iz 1987.

seizmičke sile u točki k

$$S_{ik} = K_s$$

koeficijent dinamičnosti ovisan

- periodu osciliranja građevine
- koeficijentu prigušenja λ
- kategoriji tla



Pravilnik o tehničkim normativima za projektiranje i proračun inženjerskih objekata u seizmičkim područjima iz 1987.

seizmičke sile u točki k pri i-tom obliku osciliranja

$$S_{ik} = K_s \cdot \beta_i \cdot \eta_{ik} \cdot \psi \cdot G_k$$

koeficijent ovisan o:

- obliku vlastitih oscilacija konstrukcije i
- položaju točke k u računskom modelu

za svaki oblik osciliranja tri komponente $\eta_{ikj}(x,y,z)$

— $\Rightarrow$ — $S_{ikj} = K_s \cdot \beta_i \cdot \eta_{ikj} \cdot \psi \cdot G_k$ —

Pravilnik o tehničkim normativima za projektiranje i proračun inženjerskih objekata u seizmičkim područjima iz 1987.

seizmičke sile u točki k pri i-tom obliku osciliranja

$$S_{ik} = K_s \cdot \beta_i \cdot \eta_{ik} \cdot \psi \cdot G_k$$

□ koeficijent redukcije usljed duktiliteta

Vrsta konstrukcije	Koficijent prigušenja	ψ	Faktor duktilnosti	
	λ		μ_p Z1	Z2
Nadzemne čeliče ili ab konstrukcije okvirnih, lučnih ili grednih sustava	0,05	0,60	4,00	5,00
Djelomično ukopani objekti	0,15	0,75	2,50	3,00
Podzemni objekti	0,20	0,80	2,00	2,50

Pravilnik o tehničkim normativima za projektiranje i proračun inženjerskih objekata u seizmičkim područjima iz 1987.

seizmičke sile u točki k pri i-tom obliku osciliranja

$$S_{ik} = K_s \cdot \beta_i \cdot \eta_{ik} \cdot \psi \cdot G_k$$

težina konstrukcije koncentrirane u točki k

cestovni mostovi	- vlastita težina
željeznički mostovi	- vlastita težina
	+ pola pokretnog opterećenja

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II



Potres, EC 8

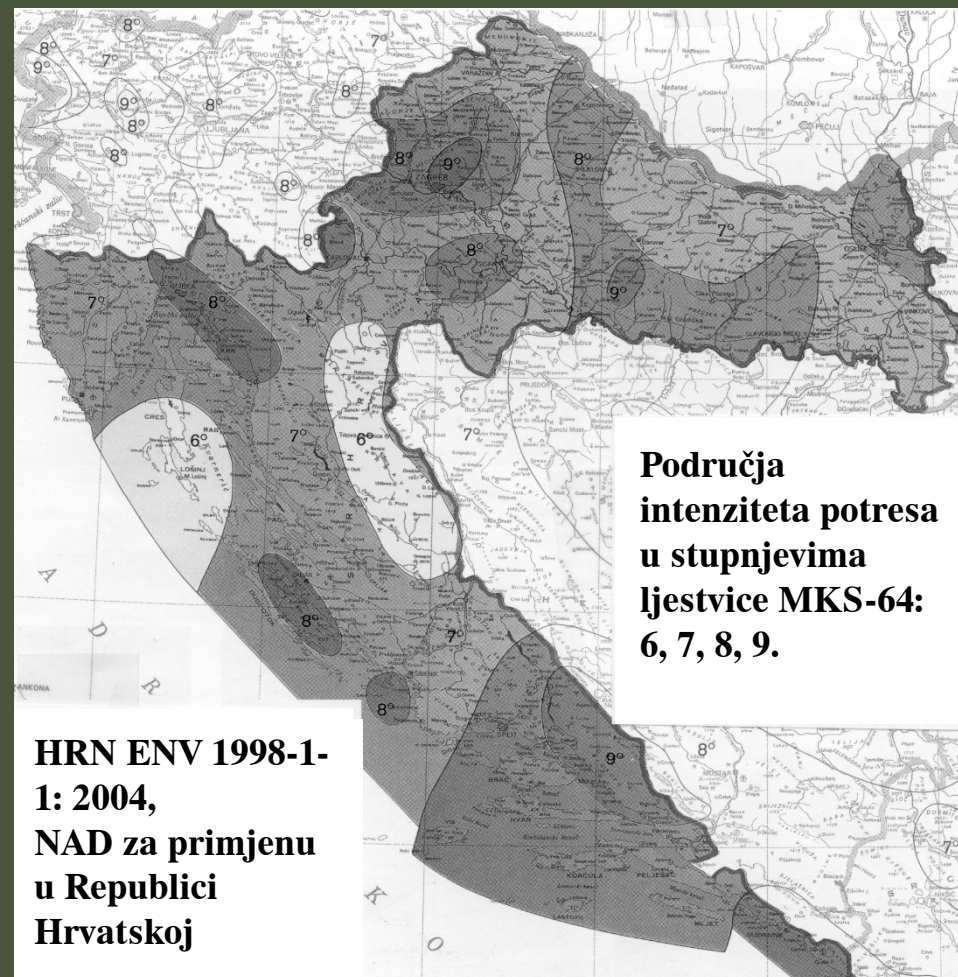
POTRES

- ❑ Jedna od općenito najopasnijih izvanrednih prirodnih pojava s velikim,
 - ponekad i katastrofalnim materijalnim i ljudskim žrtvama.

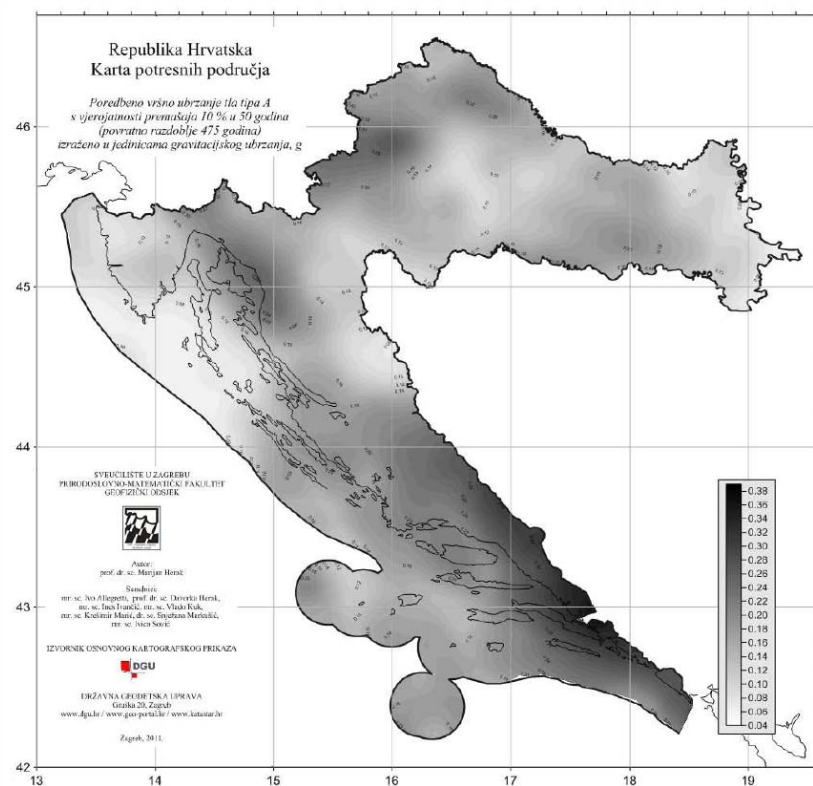
 - ❑ U pravilu su područja pojedine zemlje podijeljena u potresne zone,
 - na temelju analiza prirodnih okolnosti te povijesnih i iskustvenih podataka,
 - i to s obzirom na maksimalni intenzitet očekivanog potresa u nekom povratnom periodu (npr. 475 godina),
 - na što se onda i proračunavaju građevine u toj potresnoj zoni.
-

SEIZMIČKA KARTA HRVATSKE, HRN-ENV 1998-1

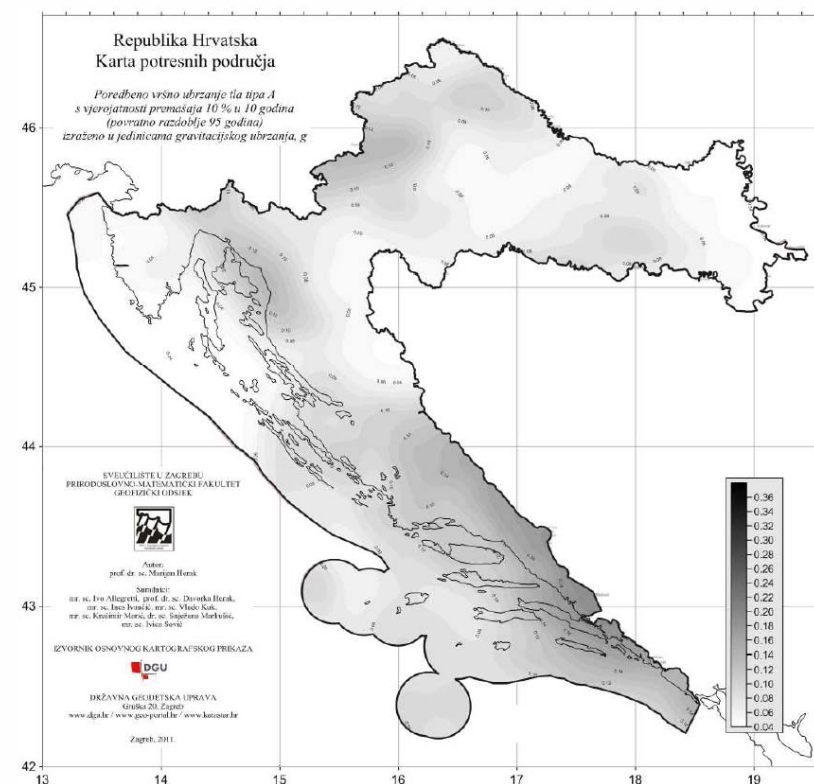
Područje intenziteta potresa u stupnjevima ljestvice MKS-64	Proračunsko ubrzanje a_g
6	0,05g
7	0,1g
8	0,2g
9	0,3g



SEIZMIČKA KARTA HRVATSKE, za Nacionalni dodatak HRN EN 1998-1



Slika B.1(HR) - Karta potresnih područja Hrvatske za poredbena vršna ubrzanja temeljnog tla a_{gR} , za temeljno tlo tipa A, s vjerojatnosti premašaja 10 % u 50 godina, za poredbeno povratno razdoblje potresa $T_{NCR} = 475$ godina, u jedinicama gravitacijskog ubrzanja g



Slika B.2(HR) - Karta potresnih područja Hrvatske za poredbena vršna ubrzanja temeljnog tla a_{gR} , za temeljno tlo tipa A, s vjerojatnosti premašaja 10 % u 10 godina, za poredbeno povratno razdoblje potresa $T_{DLR} = 95$ godina, u jedinicama gravitacijskog ubrzanja g

POTRES

- ❑ Veličina i učinak djelovanja potresa općenito će ovisiti o:
 - udaljenosti epicentra potresa od građevine,
 - položaju građevine u odnosu na smjer širenja potresnih valova,
 - vrsti tla te svojstvima temelja građevine,
 - težini građevine te razdiobi masa,
 - svojstvima prigušivanja uzбудnih djelovanja.
-

POTRES

- ▣ Normirane metode proračuna:

- LINEARNE:

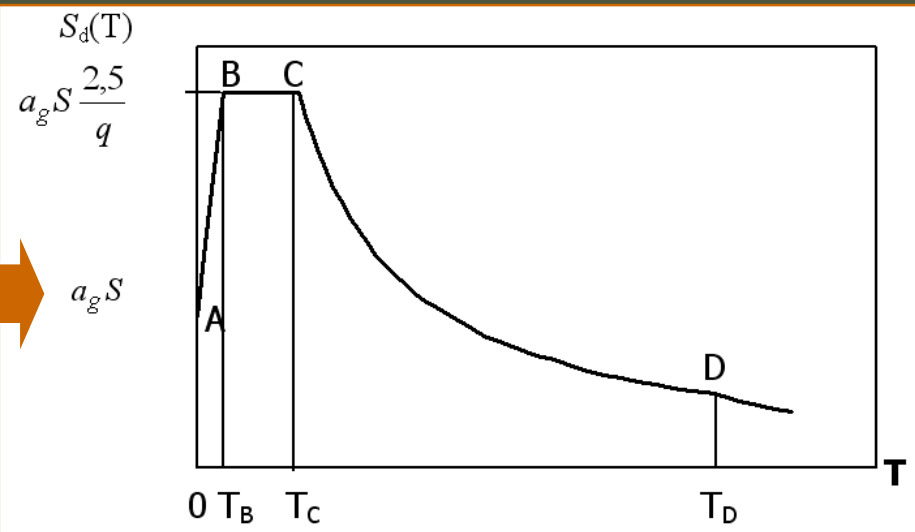
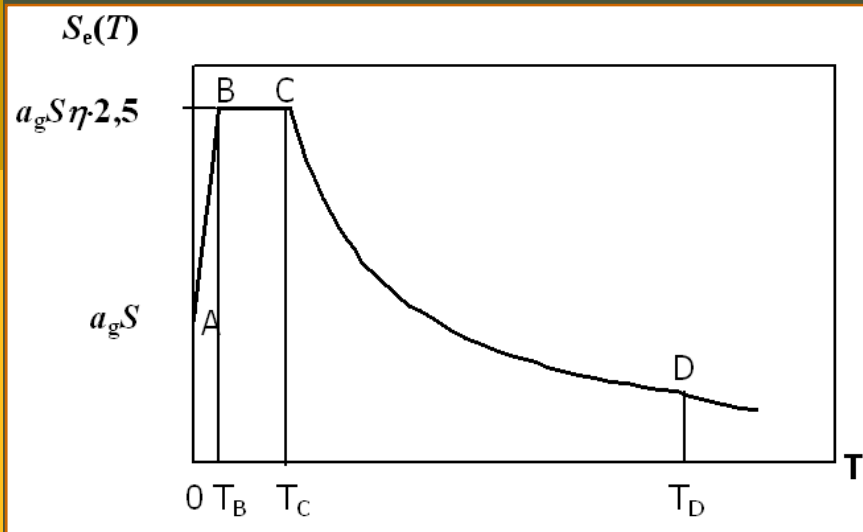
- ▣ višemodalni spektralni proračun
- ▣ metoda bočne sile

- NELINEARNE

- ▣ dinamička analiza vremenskog tijeka odgovora - time history
 - ▣ statička metoda postupnog guranja – pushover
-

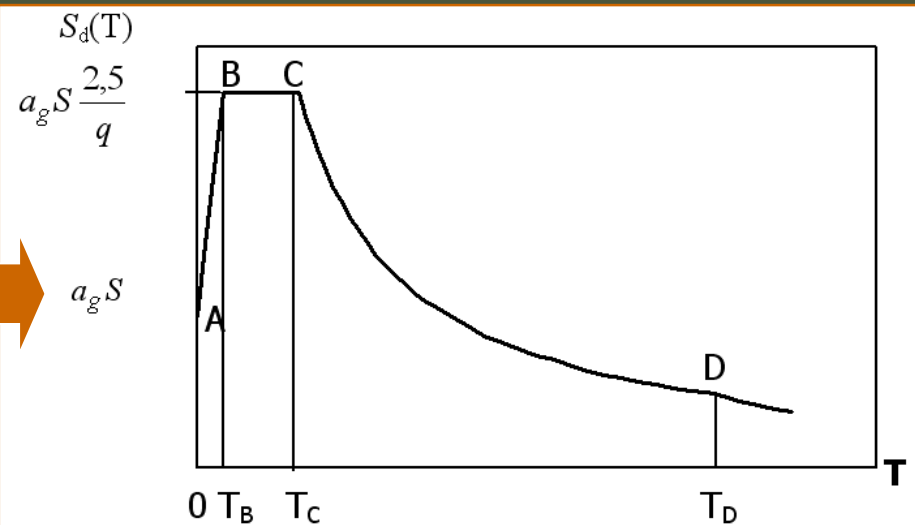
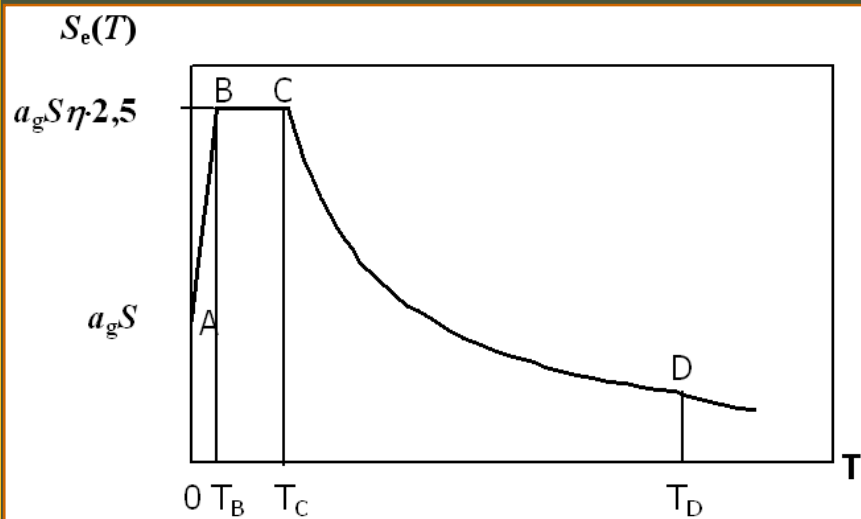
LINEARNI DINAMIČKI VIŠEMODALNI SPEKTRALNI PRORAČUN

- Obuhvaća ekstreme dinamičkih odgovora svih važnijih oblika vibriranja konstrukcije
- Ukupan odgovor se dobiva statističkom metodom kombinacije maksimalnih doprinosa vibriranja.
- Proračunski spektar odgovora dobiva se prilagodbom elastičnog spektra faktorom ponašanja.



POTRESNO DJELOVANJE

- ❑ Elastični spektar - temeljni pokazatelj seizmičkog djelovanja,
 - definira se ovisno o seizmičkoj zoni i modificira sukladno razredu tla
 - zadaje se za dva horizontalna i nešto drukčije za vertikalni smjer.
- ❑ Faktor ponašanja q odražava duktilnost konstrukcije te ovisi o
 - vrsti elementa,
 - gradiva i
 - razini duktilnosti (ograničeno ili potpuno duktilno ponašanje konstrukcije).



HORIZONTALNI ELASTIČNI SPEKTRI ODGOVORA

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

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

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

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

- spektar odziva modificira se sukladno kategorijama tla za koje su dani svi potrebni parametri u tablici (TIP 1)

Ground type	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

EN 1998-1

Stjenovita tla s najviše 5 m slabijeg materijala pri površini brzinom i brzinom širenja poprečnih valova $v_s > 800$ m/s.

A

Naslage vrlo krutog pijeska, šljunka ili prekonsolidirane gline, debljine od nekoliko desetaka metara, s postupnim povećanjem mehaničkih svojstava s dubinom i brzinom širenja poprečnih valova $v_s = 360 - 800$ m/s.

B

Duboke naslage zbijenog ili srednje zbijenog pijeska, šljunka ili krutih glina, debljine od nekoliko desetaka do nekoliko stotina metara, s $v_s = 180 - 360$ m/s.

C

Naslage rastresitog tla s mekim koherentnim slojevima ili bez njih s $v_s \leq 180$ m/s u gornjih 20 m.

D

Naslage s mekim do srednje krutim koherentnim tlima s $v_s \leq 180$ m/s u gornjih 20 m.

Profil tla A s površinskim aluvijalnim slojem s brzinama širenja poprečnih valova v_s za tip C i D, i debljinom između 5 i 20 m, ispod kojeg je krući materijal sa $v_s > 800$ m/s.

E

a_g ovisno o potresnom području
 $\eta = 1,0$

VERTIKALNI ELASTIČNI SPEKTAR ODGOVORA

$$0 \leq T \leq T_B : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 3,0 - 1) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3,0$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3,0 \left[\frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3,0 \left[\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right]$$

Spectrum	a_{vg}/a_g	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
Type 1	0,90	0,05	0,15	1,0

a_g ovisno o potresnom području

$$\eta = 1,0$$

HORIZONTALNI PRORAČUNSKI SPEKTRI ODGOVORA

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$$T_D \leq T : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$$\beta = 0,2$$

a_g ovisno o potresnom području
 q faktor ponašanja

Ground type	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

VERTIKALNI PRORAČUNSKI SPEKTAR ODGOVORA

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$$T_D \leq T : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$$\beta = 0,2$$

Spectrum	a_{vg}/a_g	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
Type 1	0,90	0,05	0,15	1,0

VERTIKALNI: $a_g \Rightarrow a_{vg}$; $S=1,0$

FAKTOR PONAŠANJA

Duktilne konstrukcije

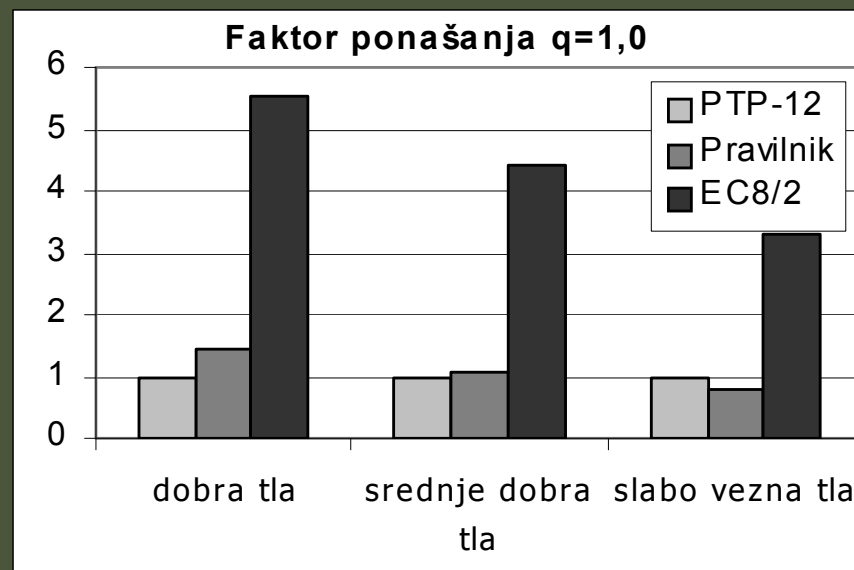
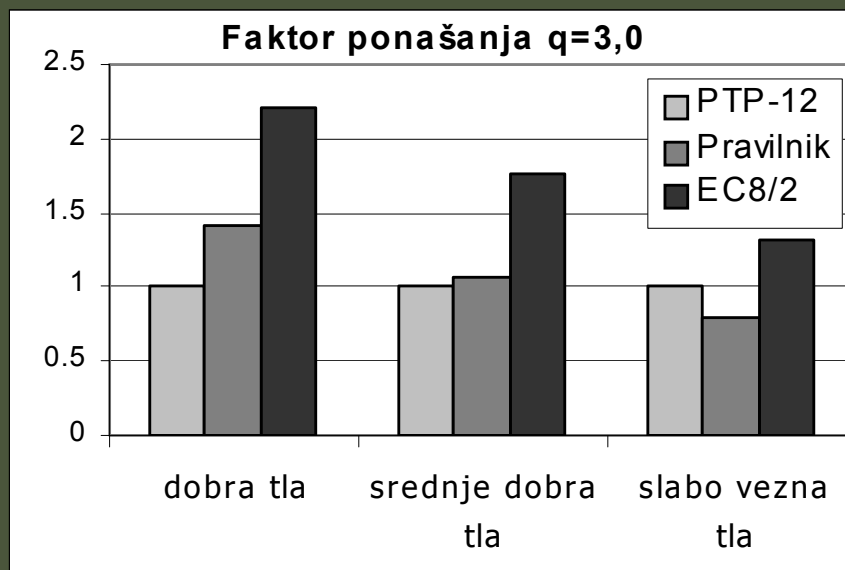
- ⇒ veća redukcija sila potresa
- ⇒ manje glavne uzdužne armature
- ⇒ više poprečne i konstruktivne za osiguranje plastičnih zglobova od krhkog sloma

Pretežno elastične konstrukcije

- ⇒ pune inercijalne sile
 - ⇒ više glavne armature
 - ⇒ poprečne i konstruktivne samo onoliko koliko traži EC 2
-

USPOREDBE

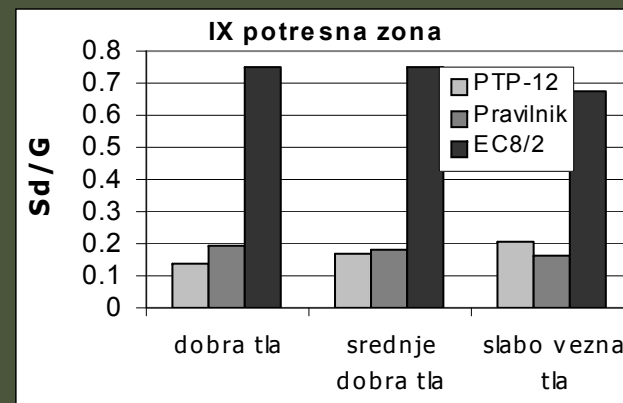
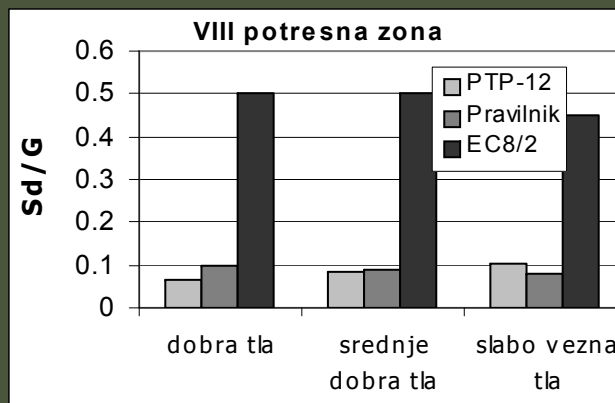
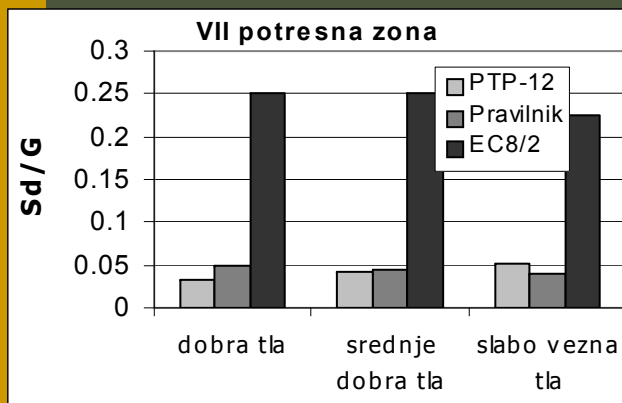
EC8 - znatno veće maksimalne sile:



Odnos maksimalnih mogućih računskih seizmičkih sila u potresnoj zoni IX prema različitim postupcima

USPOREDBE

EC8 - veća seizmička sigurnost građevine



Odnos maksimalnih seizmičkih sila i ukupne težine konstrukcije prema različitim postupcima pri faktoru ponašanja $q=1,0$

Usporedba HRN ENV 1998-1-1 i EN 1998-1

razlikuje se 5 razreda tla

izrazi za određivanje elastičnog spektra su nešto izmjenjeni

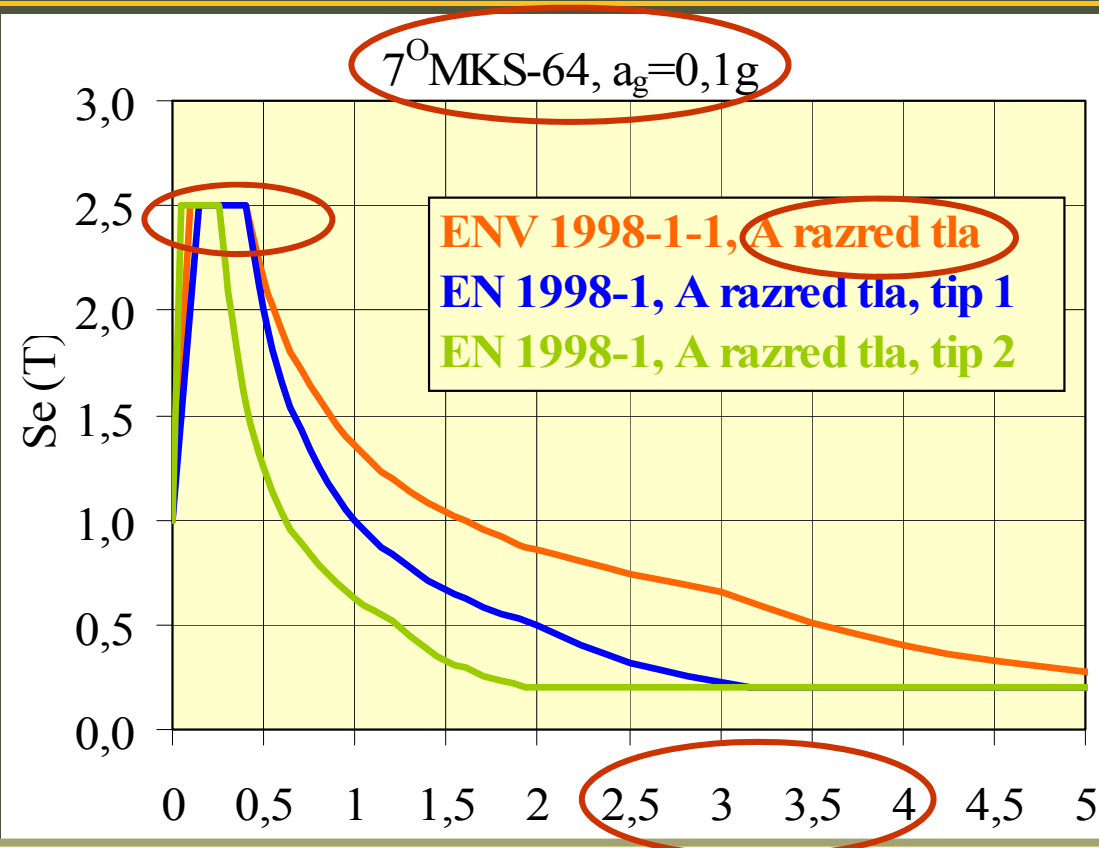
**razlikuju se dva tipa elastičnog spektra, Tip 1, Tip 2
(magnituda površinskog vala $M_s \leq 5,5$)**

Usporedba tipova tla na temelju prosječne posmične brzine širenja valova v_s

Hrvatska norma HRN ENV 1998-1-1		Europska norma EN 1998-1	
A	$v_s \geq 800$ m/s $v_s \geq 400$ m/s (na dubini 10 m)	$v_s > 800$ m/s	A
		$v_s = 360 - 800$ m/s	B
B	$v_s \geq 200$ m/s (na dubini 10 m) to $v_s \geq 350$ m/s (na dubini 50 m)	$v_s = 180 - 360$ m/s	C
		$v_s \leq 180$ m/s	D
C	$v_s \leq 200$ m/s		
		v_s za tip C i D, dubina 5 - 20 m, ispod kojeg je krući materijal $v_s > 800$ m/s	E

POTRESNO DJELOVANJE

Usporedba elastičnih spektara

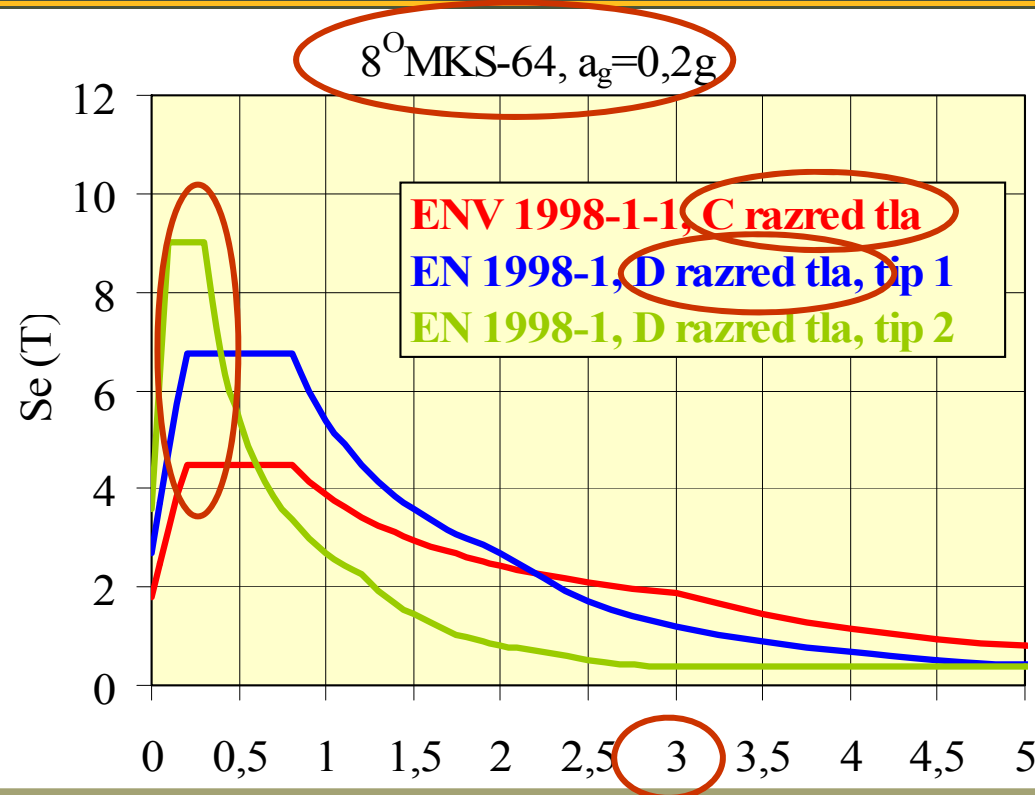


Osnovna vrijednost elastičnog spektra je ista.

Za period osciliranja u području $2,5s < T < 4,0s$ vrijednosti elastičnog spektra su i do 200% manje, ako se koristi EN 1998-1.

POTRESNO DJELOVANJE

Usporedba elastičnih spektara



Preklapanje tipova tla

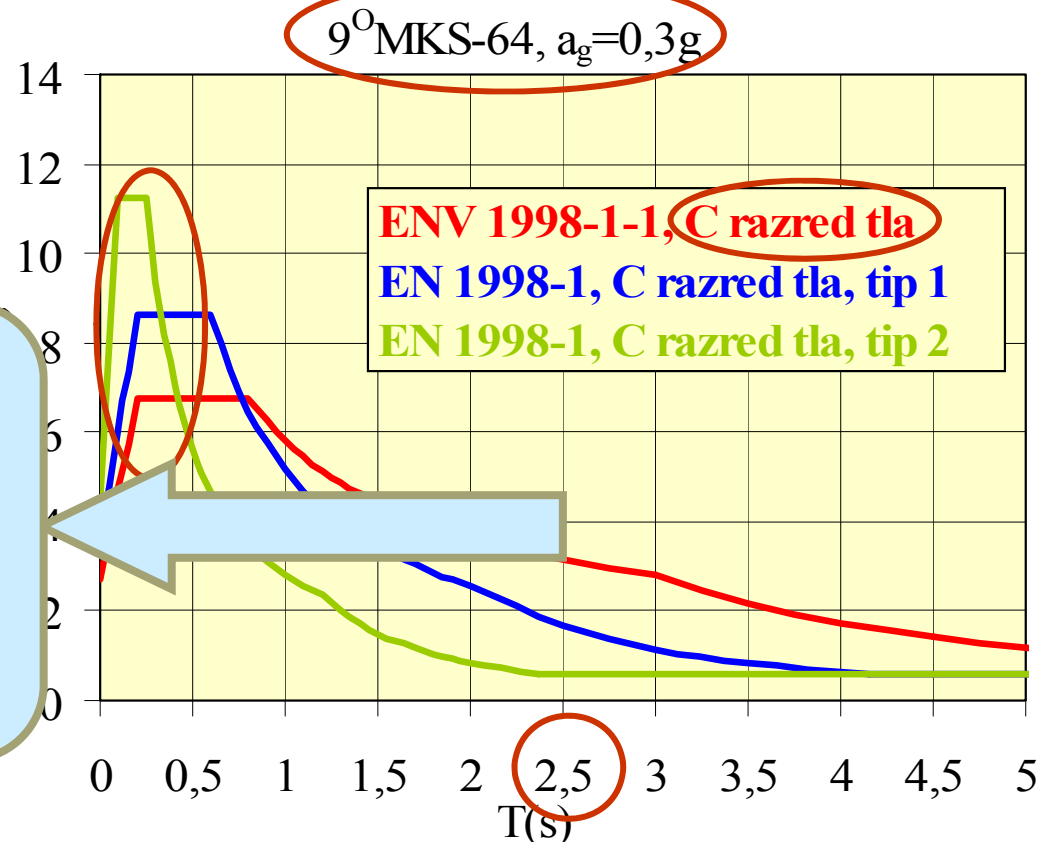
Kod malih perioda vibracija vrijednosti elastičnog spektara prema EN 1998-1 su veće

Za period osciliranja $T=3,0$ s vrijednosti elastičnog spektra su 50% manje, ako se koristi EN 1998-1 i tip 1, a i 300% manje uz tip 2.

POTRESNO DJELOVANJE

Usporedba elastičnih spektara

Izrazito veći utrošak gradiva nego li je potrebno prema Europskoj normi.

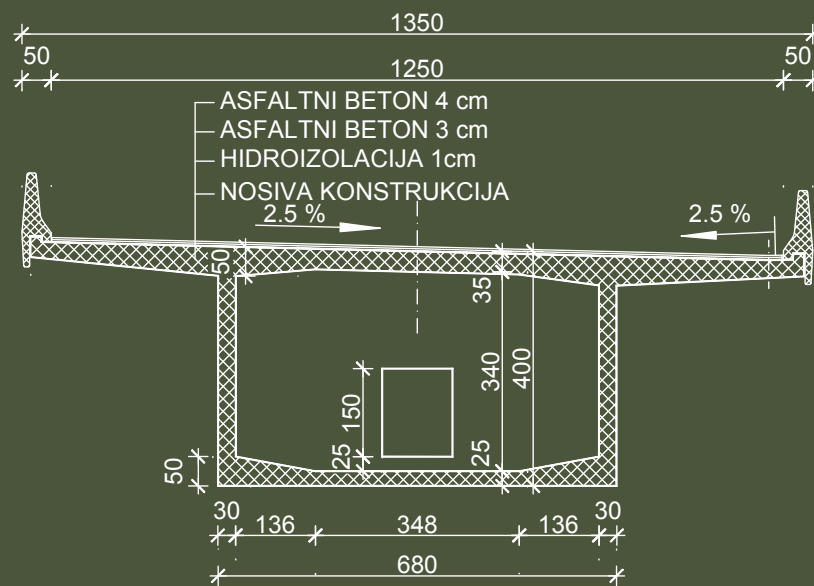
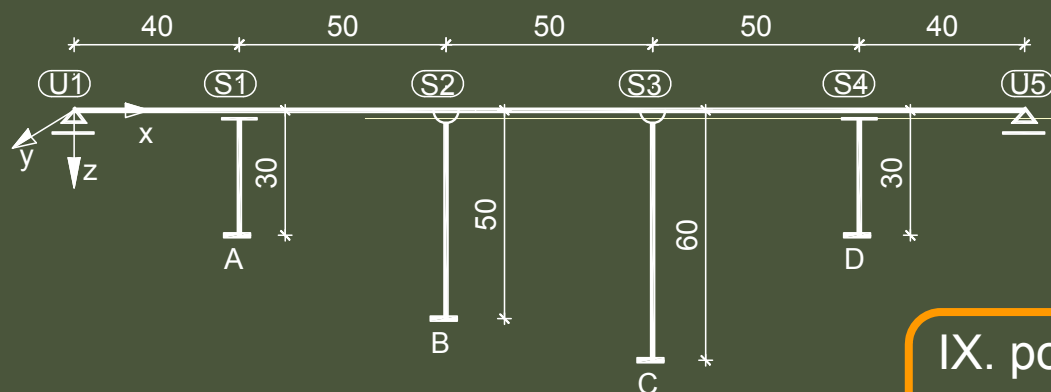


Kod malih perioda vibracija vrijednosti elastičnog spektara prema EN 1998-1 su veće.

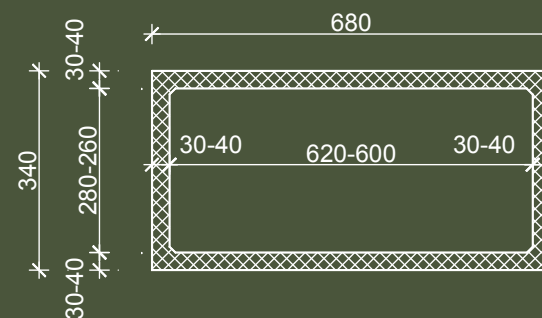
Za tip 2 i period titranja $T=2,5s$ vrijednost prema EN je više od 300% manja nego prema hrvatskoj normi.

PRIMJER VIJADUKTA

USPOREDBE ENV. I EN. NORMI



IX. potresno područje s
proračunskim ubrzanjem tla
 $a_g = 0,3g$



PRIMJER VIJADUKTA

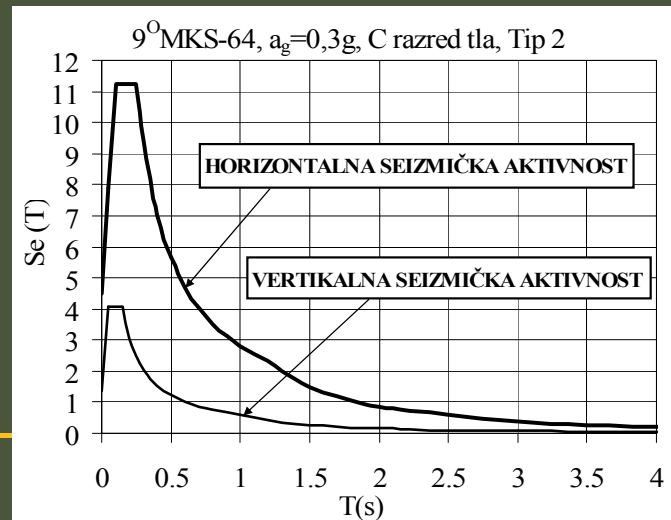
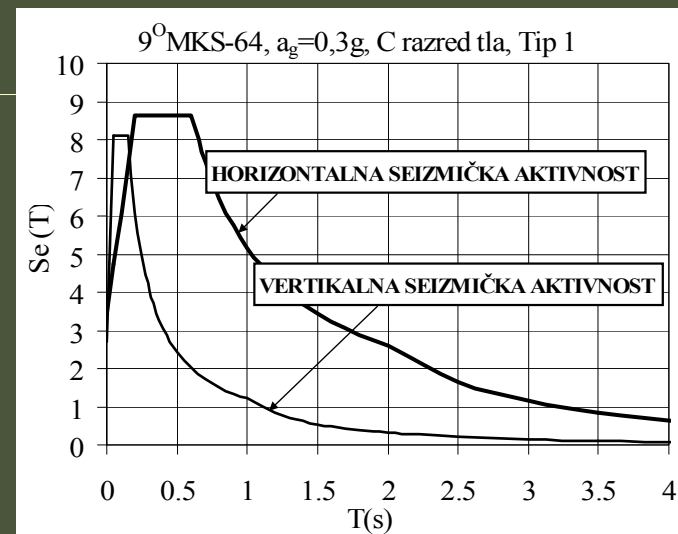
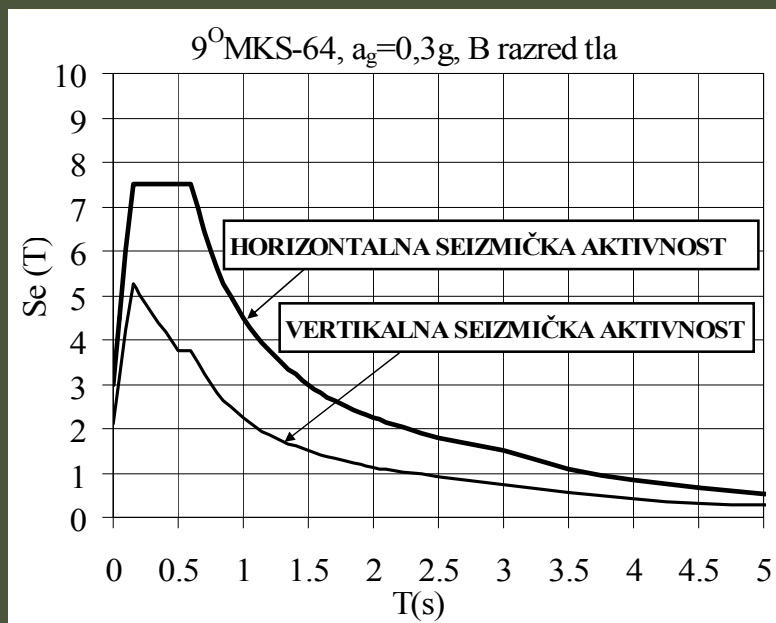
USPOREDBA RAZREDA TLA

ENV 1998-1-1		EN 1998-1	
A	Stjenovita tla s najviše 5 m slabijeg materijala pri površini brzinom širenja poprečnih valova $v_s \geq 800$ m/s.	Stjenovita tla s najviše 5 m slabijeg materijala pri površini brzinom i brzinom širenja poprečnih valova $v_s > 800$ m/s.	A
	Naslage krutog pijeska, šljunka ili prekonsolidirane gline, debljine od nekoliko desetaka metara, s postupnim povećanjem mehaničkih svojstava s dubinom i brzinom širenja poprečnih valova $v_s \geq 400$ m/s na dubini od 10 m.	Naslage vrlo krutog pijeska, šljunka ili prekonsolidirane gline, debljine od nekoliko desetaka metara, s postupnim povećanjem mehaničkih svojstava s dubinom i brzinom širenja poprečnih valova $v_s = 360 - 800$ m/s.	B
B	Duboke naslage srednje zbijenog pijeska, šljunka ili srednje krutih gline, debljine od nekoliko desetaka do nekoliko stotina metara, s $v_s \geq 200$ m/s na dubini od 10 m do $v_s \geq 350$ m/s na dubini od 50 m.	Duboke naslage zbijenog ili srednje zbijenog pijeska, šljunka ili krutih gline, debljine od nekoliko desetaka do nekoliko stotina metara, s $v_s = 180 - 360$ m/s.	C
C	Naslage rastresitog tla s mekim koherentnim slojevima ili bez njih s $v_s \leq 200$ m/s u gornjih 20 m.	Naslage rastresitog tla s mekim koherentnim slojevima ili bez njih s $v_s \leq 180$ m/s u gornjih 20 m.	D
	Naslage s mekim do srednje krutim koherentnim tlima s $v_s \leq 200$ m/s u gornjih 20 m	Naslage s mekim do srednje krutim koherentnim tlima s $v_s \leq 180$ m/s u gornjih 20 m.	
		Profil tla A s površinskim aluvijalnim slojem s brzinama širenja poprečnih valova v_s za tip C i D, i debljinom između 5 i 20 m, ispod kojeg je krući materijal sa $v_s > 800$ m/s.	E

PRIMJER VIJADUKTA USPOREDBA ELASTIČNIH SPEKTARA

EN 1998-1

HRN ENV 1998-1-1



PRIMJER VIJADUKTA

USPOREDBA FAKTORA PONAŠANJA

Duktilni elementi	Postelastično ponašanje	
	Ograničeno duktilno	Duktilno
<i>Armiranobetonski stupovi</i>		
Vertikalni stup, savijanje	1,5	3,5
Nagnuti štap, savijanje	1,2	2,0

HRN ENV 1998-1-1

$$H / L \geq 3,5 \rightarrow q = 3,5$$

$$1,0 < H / L < 3,5 \rightarrow \text{lin.interp.}$$

	Postelastično ponašanje	
	Ograničeno duktilno	Duktilno
	1,5	$3,5 \cdot \lambda(\alpha_s)$
	1,2	$2,1 \cdot \lambda(\alpha_s)$

EN 1998-2

$$\alpha_s \geq 3 \rightarrow \lambda(\alpha_s) = 1,0,$$

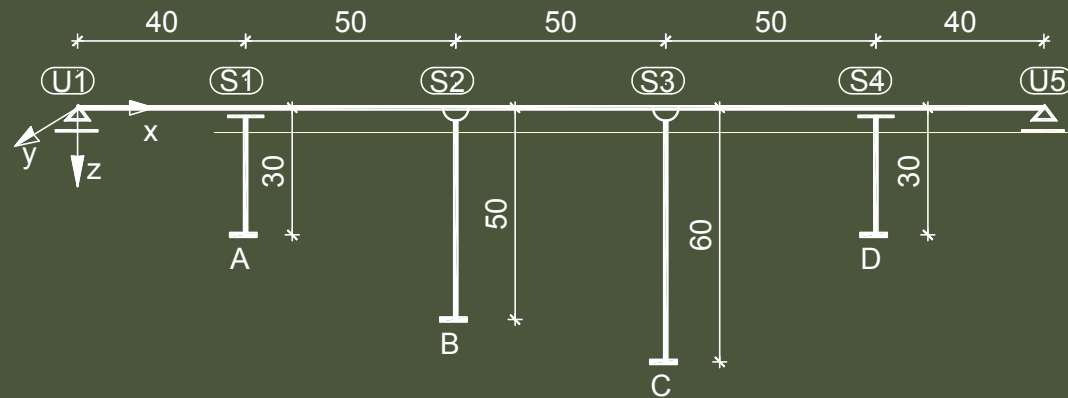
$$3 > \alpha_s \geq 1 \rightarrow \lambda(\alpha_s) = \sqrt{\frac{\alpha_s}{3}}$$

$$\alpha_s = L_s / h$$

L_s udaljenost od plastičnog zgloba do nul-točke momentnog dijagrama
 h je visina poprečnog presjeka stupa u smjeru savijanja pl. zgloba.

PRIMJER VIJADUKTA

USPOREDBA FAKTORA PONAŠANJA



HRN ENV 1998-1-1

EN 1998-2

Za poprečni smjer:

$$H/L = L_s/h = 30,0/6,8 = 4,4$$

$$q = 3,5$$

$$q = 3,5$$

Za uzdužni smjer:

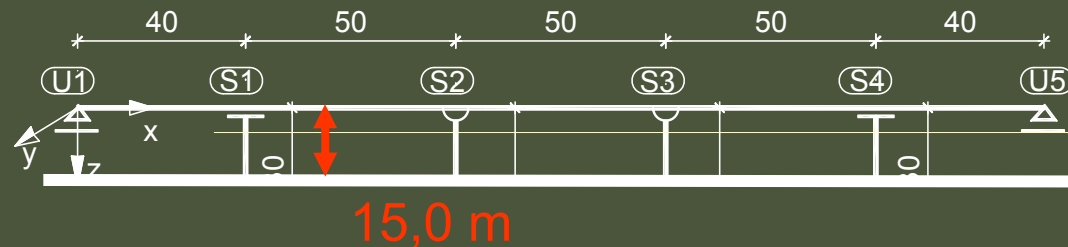
$$H/L = L_s/h = 30,0/3,4 = 8,8$$

$$q = 3,5$$

$$q = 3,5$$

PRIMJER VIJADUKTA

USPOREDBA FAKTORA PONAŠANJA



HRN ENV 1998-1-1

EN 1998-2

Za poprečni smjer:

$$H/L = L_s/h = 15,0/6,8 = 2,2$$

$$q = 2,2$$

$$q = 3,5 \sqrt{\frac{2,2}{3}} = 3,0$$

Za uzdužni smjer:

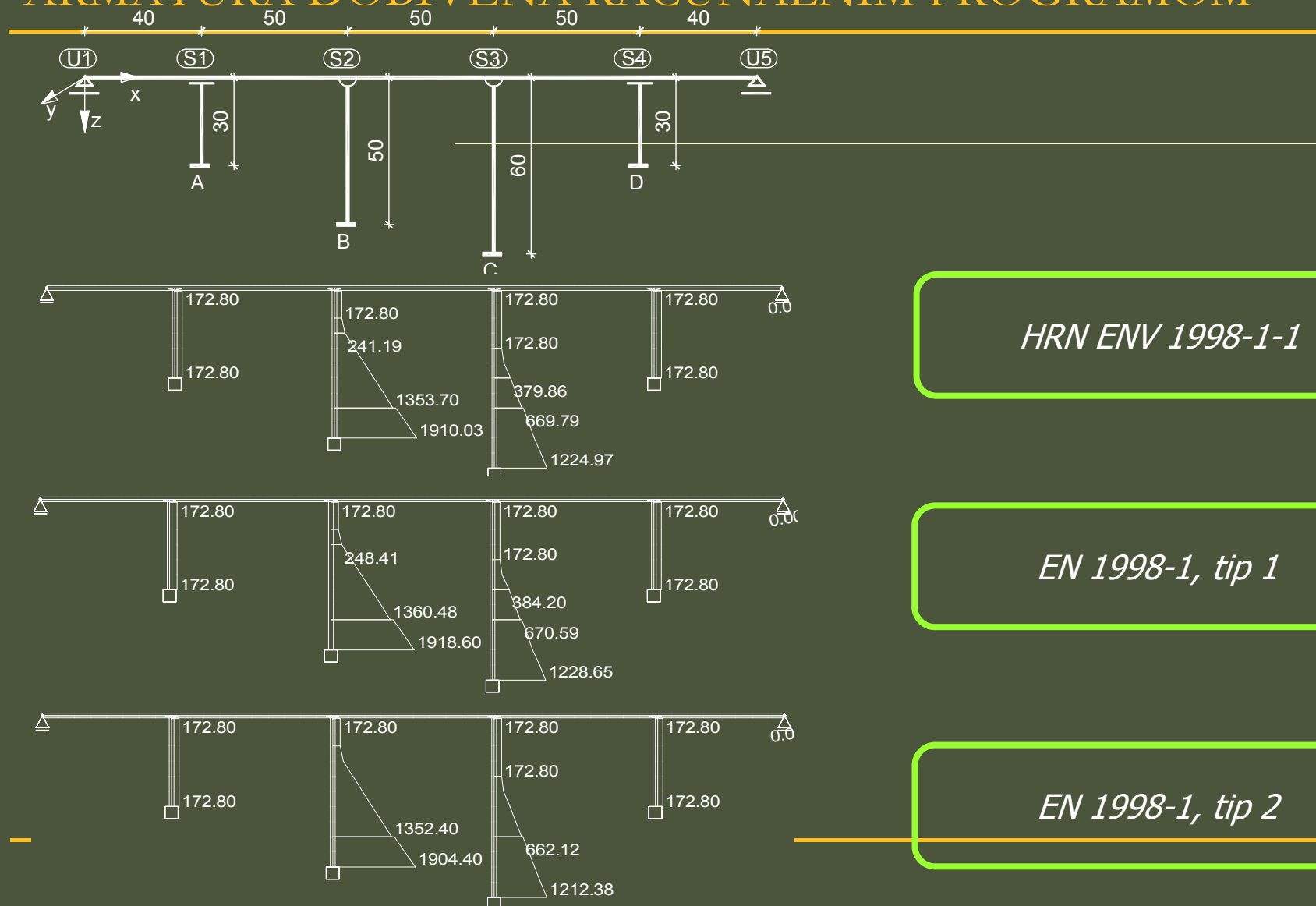
$$H/L = L_s/h = 15,0/3,4 = 4,4$$

$$q = 3,5$$

$$q = 3,5$$

PRIMJER VIJADUKTA

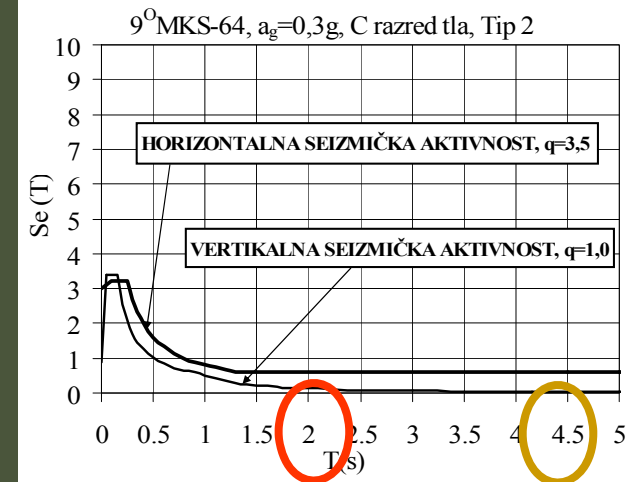
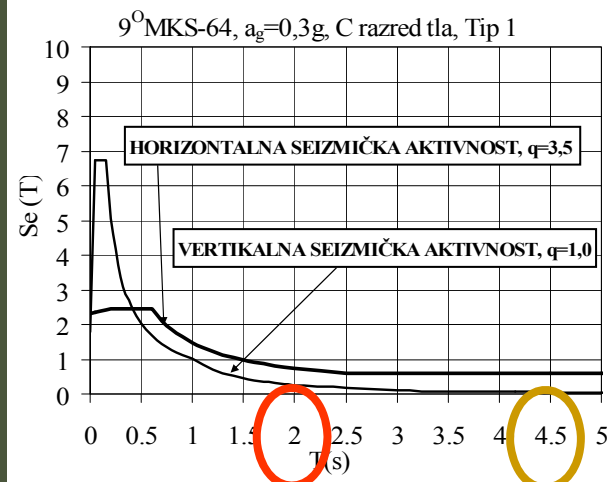
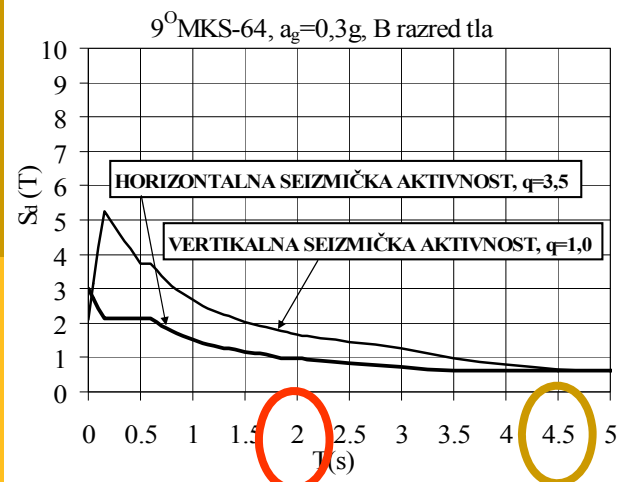
ARMATURA DOBIVENA RAČUNALNIM PROGRAMOM



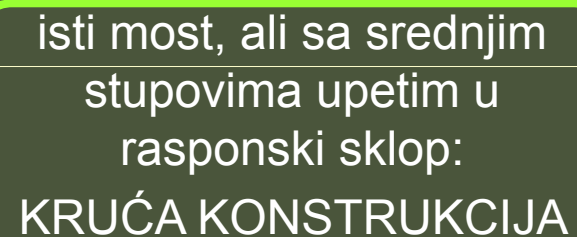
PRIMJER VIJADUKTA

ARMATURA DOBIVENA RAČUNALNIM PROGRAMOM

Za prvi i najznačajniji oblik titranja konstrukcije period titranja iznosi $T \approx 4,5$ sec, a pri takvom periodu proračunski spektri odgovora imaju jednaku ordinatu jer je to područje u kojem i prema hrvatskoj normi i prema europskoj normi vrijedi ograničenje spektra na $S_d(T) \geq 0,2 a_g$.



ARMATURA DOBIVENA RAČUNALNIM PROGRAMOM



EN 1998-1, tip 1

EN 1998-1, tip 2