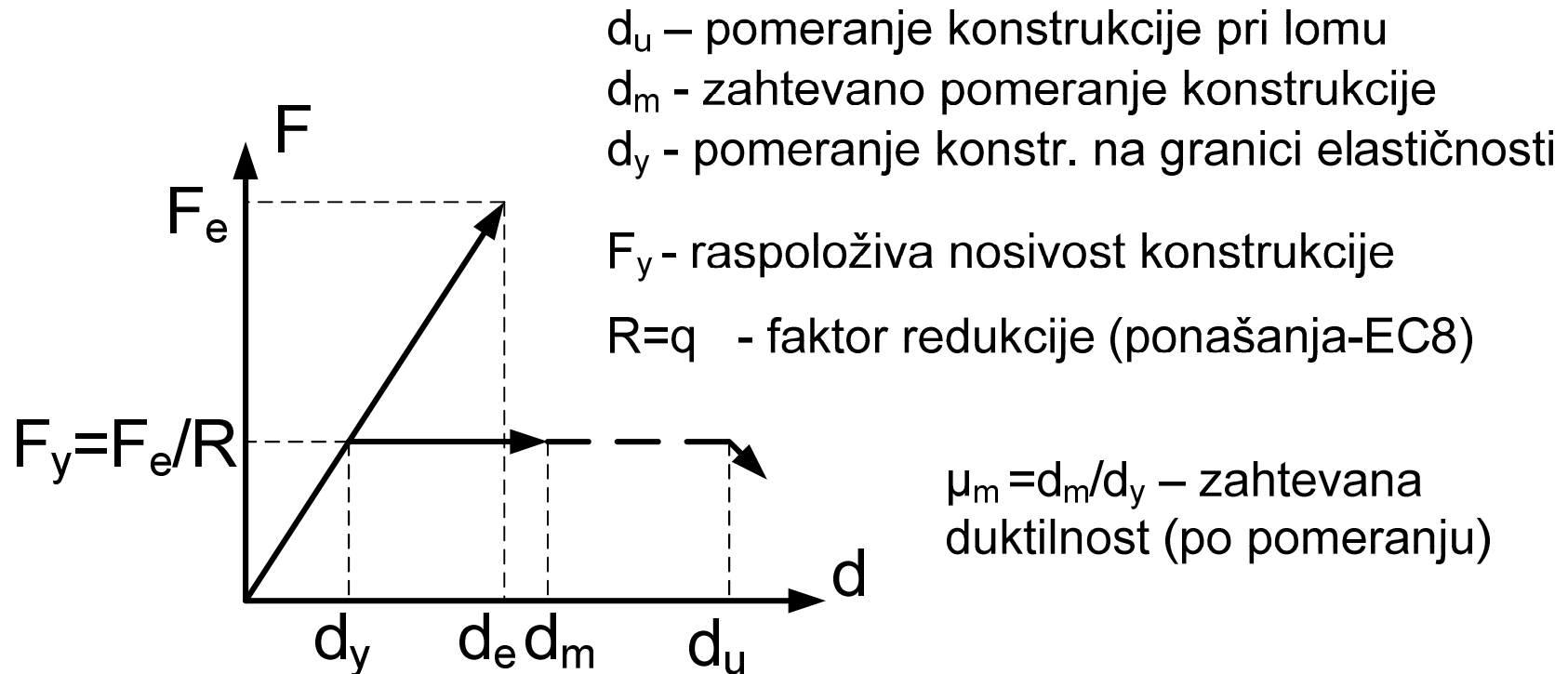


Projektovanje i građenje betonskih konstrukcija 2

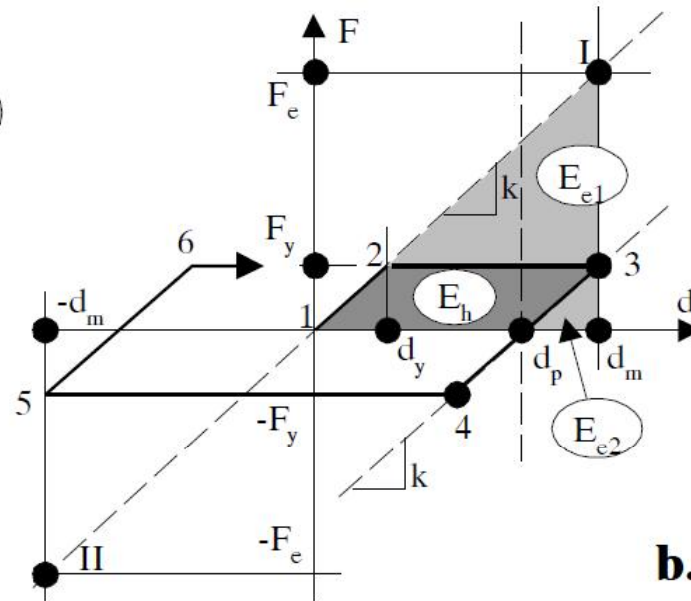
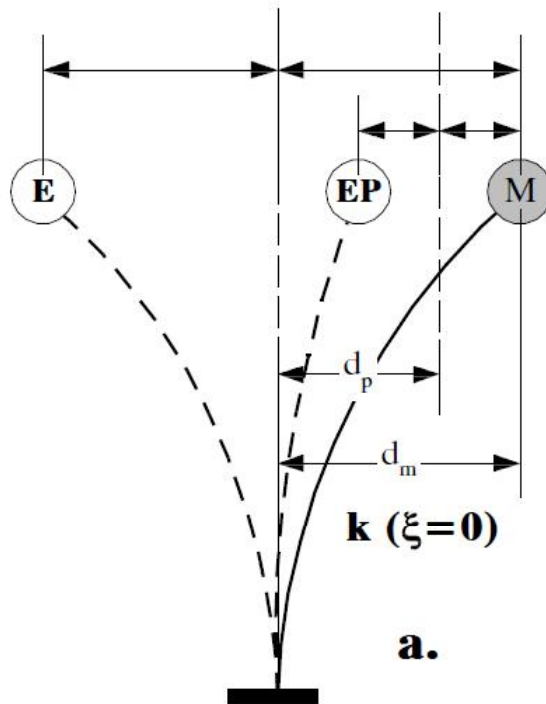
Slajdovi uz predavanja

Osnove projektovanja seizmički otpornih
zgrada (II deo)

Elasto-plastično ponašanje



Dinamika elasto-plastičnog sistema



Elastično ponašanje

$$F_e = k d_m$$

$$E_p = E_{e1} + E_h + E_{e2}$$

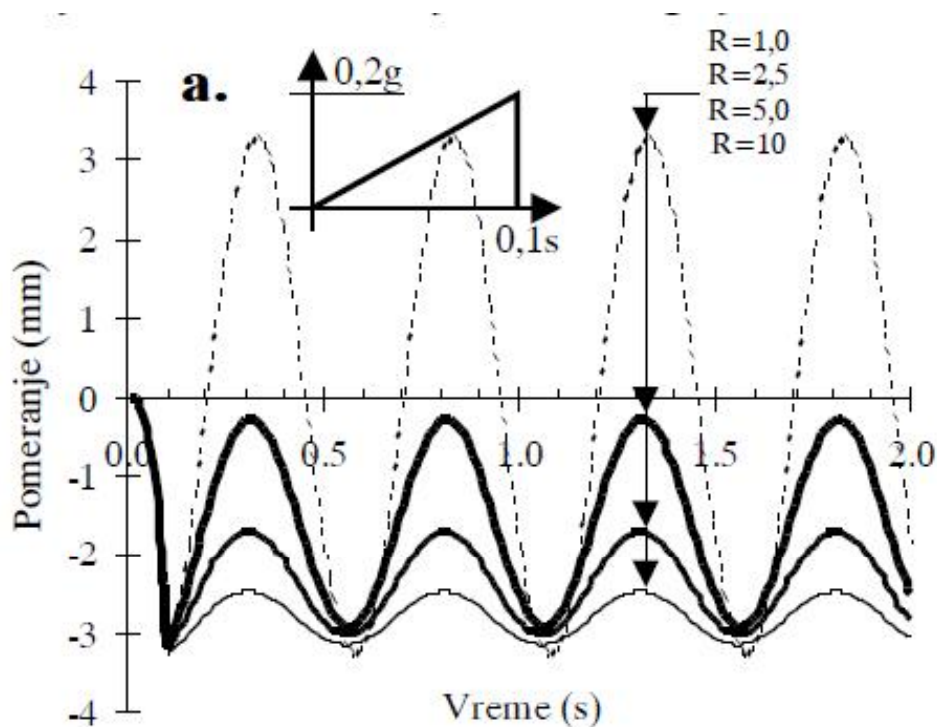
Elastično-plastično ponašanje

$$F_y = F_e / R$$

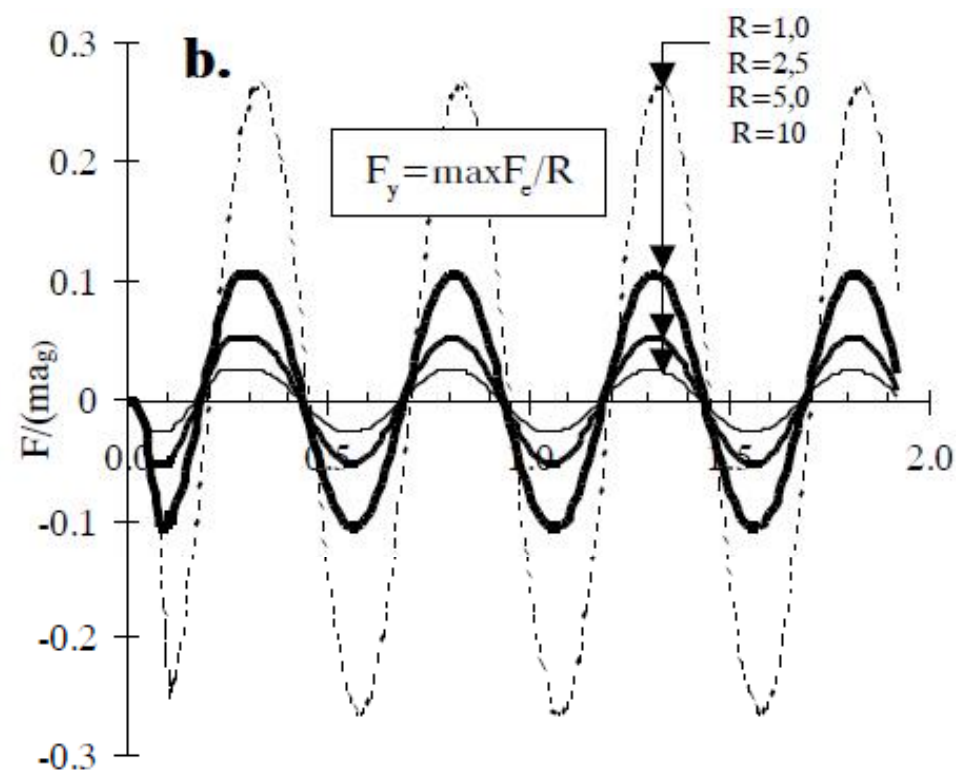
E_h – nepovratna energija potrošena na trajnu deformaciju d_p

$$E_p = E_{e2}$$

Odgovor elasto-plastičnog sistema



Relativno pomeranje

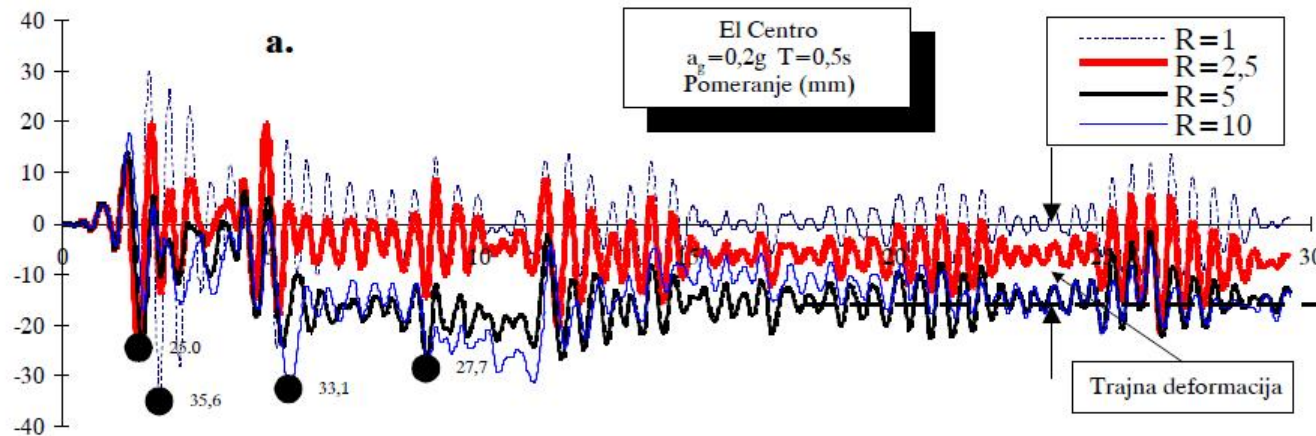


Opterećenje na konstrukciju

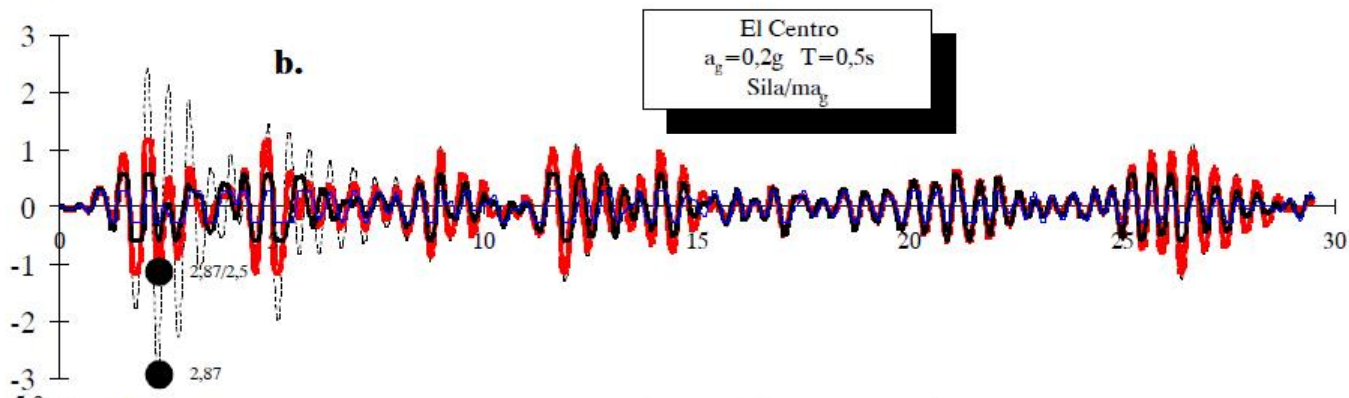
Primer bez prigušenja

Oscilovanje sistema u deformisanom položaju

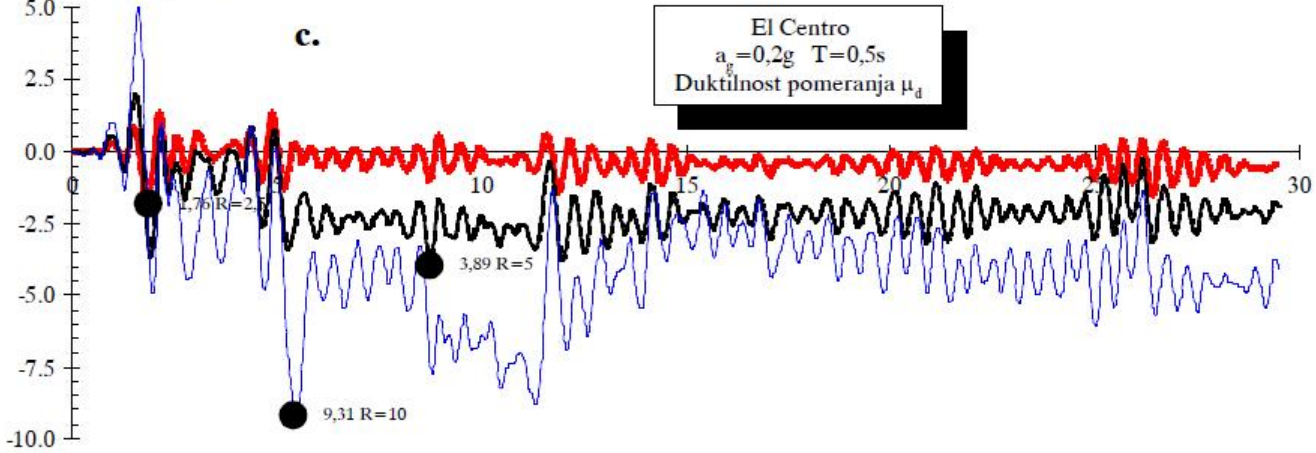
Odgovor elasto-plastičnog sistema – primer El Centro



Pomeranje

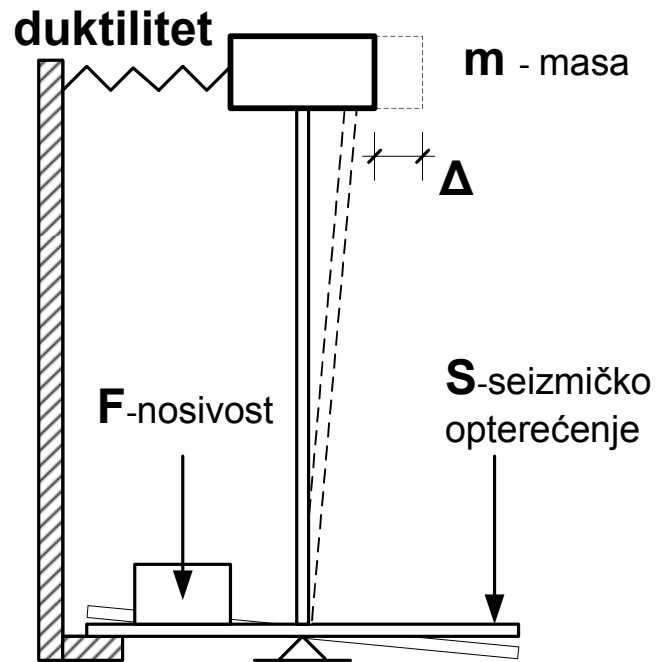


Sila

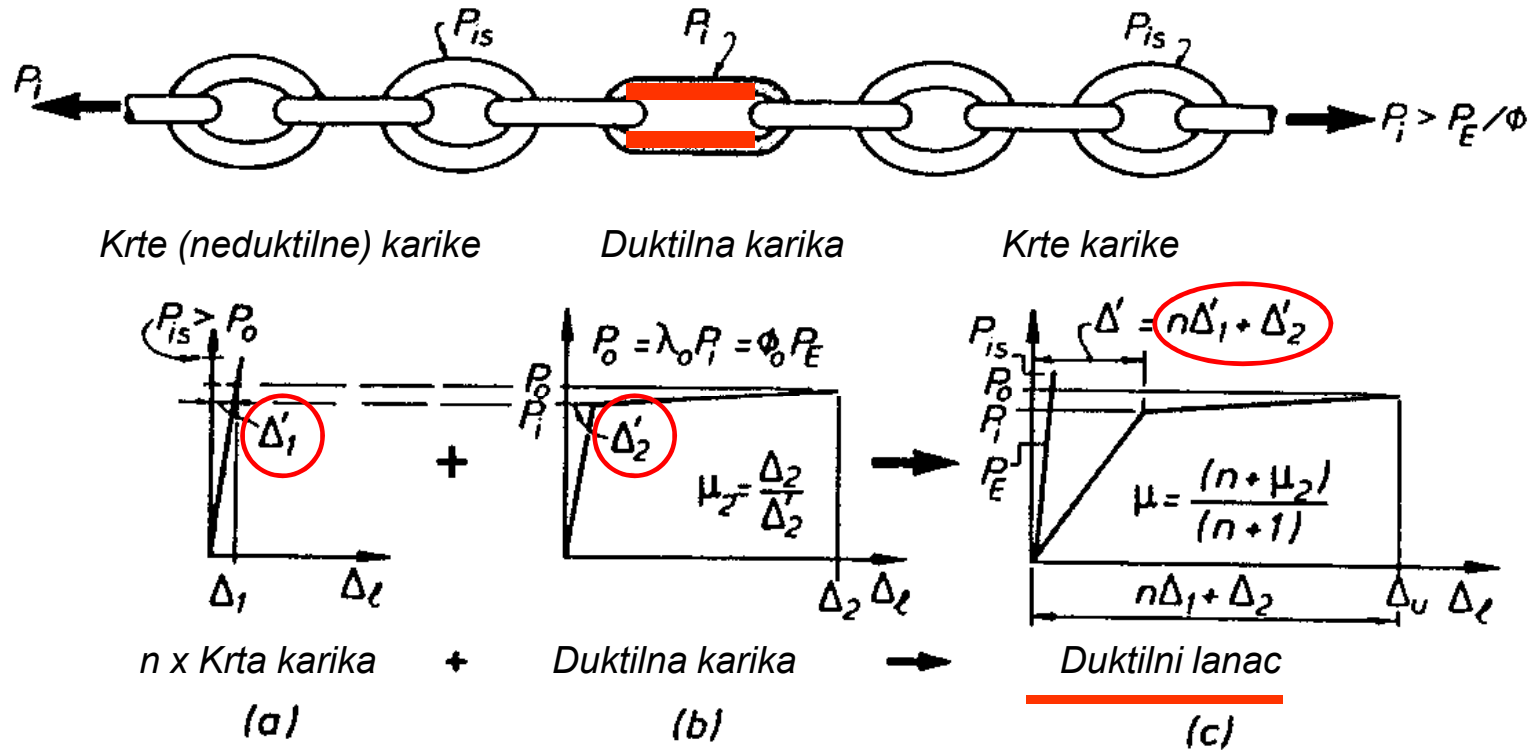


*Potrebna
duktilnost
pomeranja*

Nelinearni sistemi - koncept nelinearnog odgovora konstrukcije

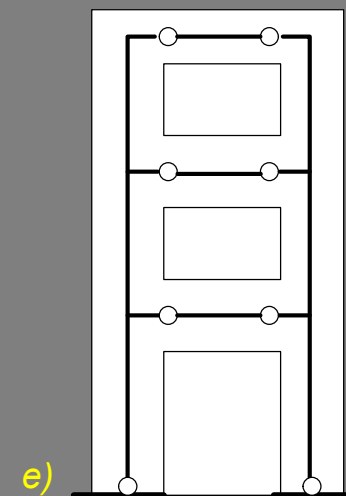
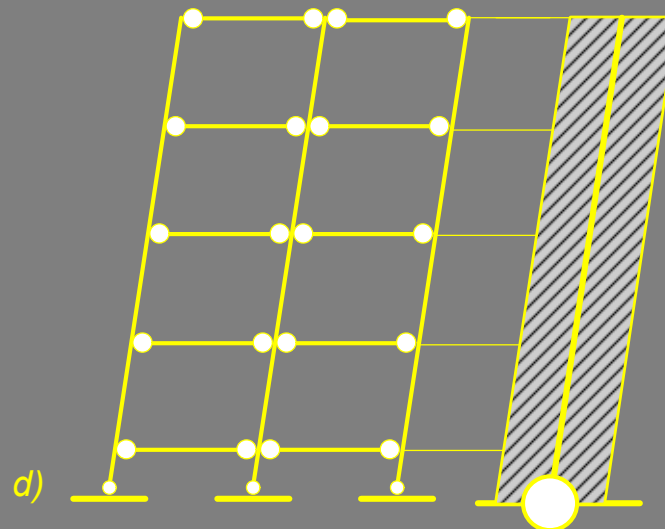
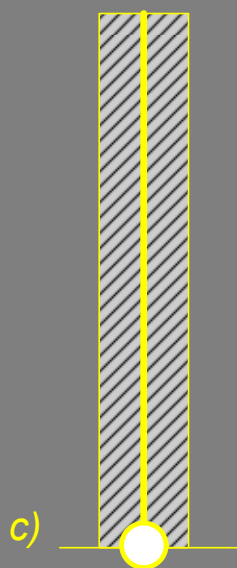
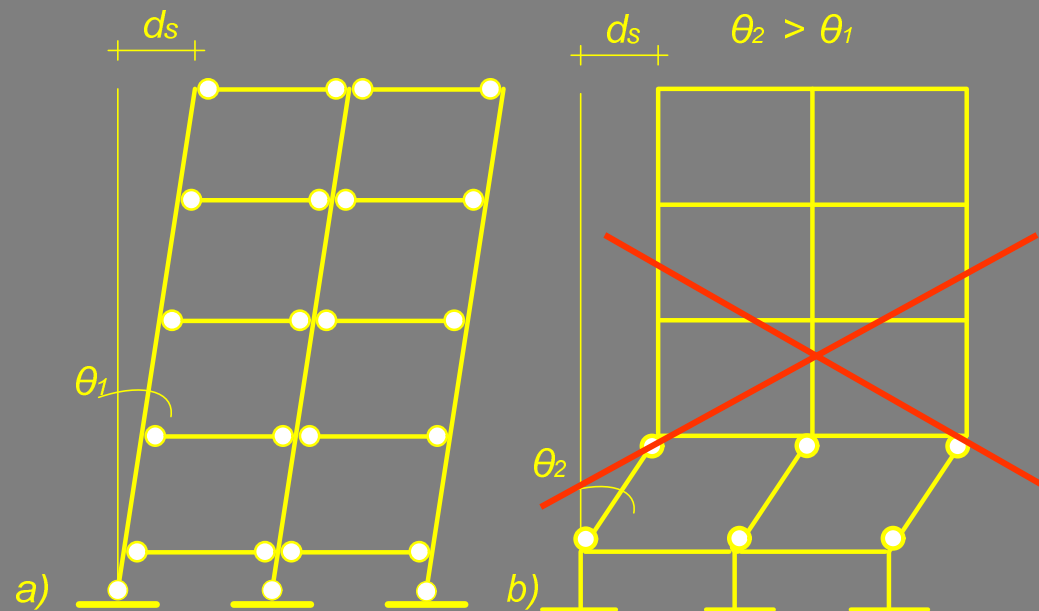


Nosivost i duktilnost konstrukcije – analogija sa duktilnim lancem

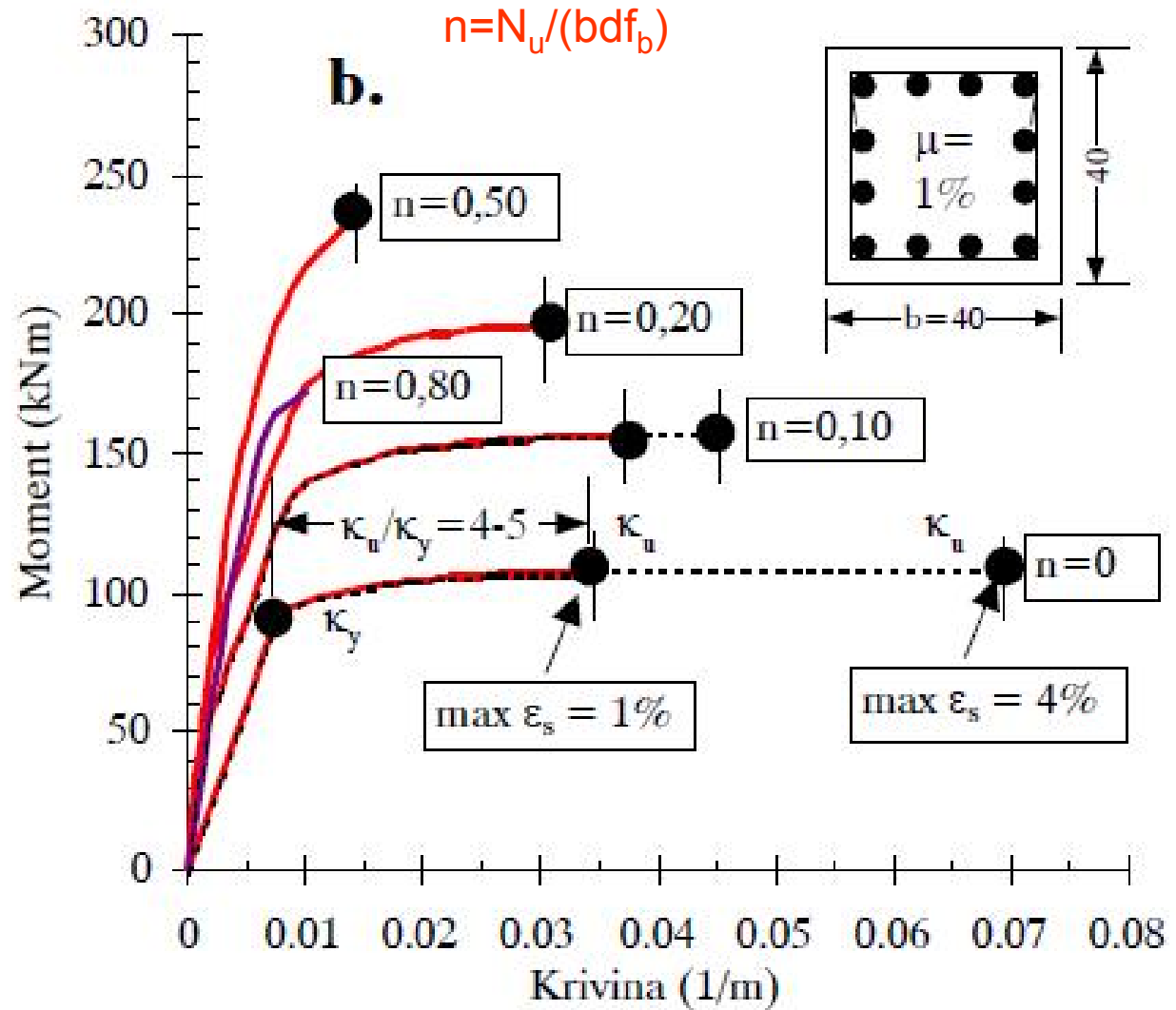
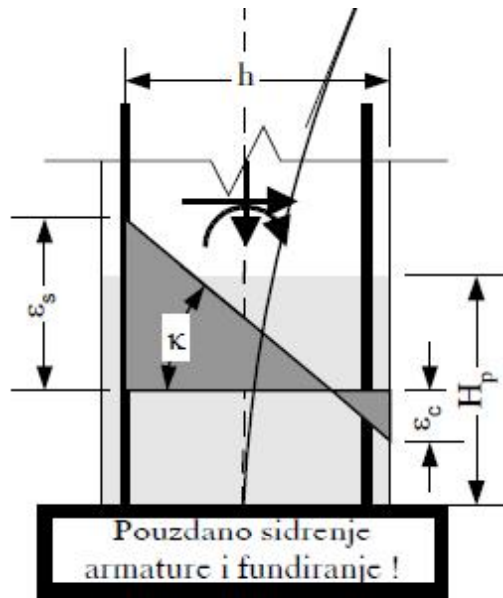


Duktilnost lanca određuje duktilnost najslabije karike

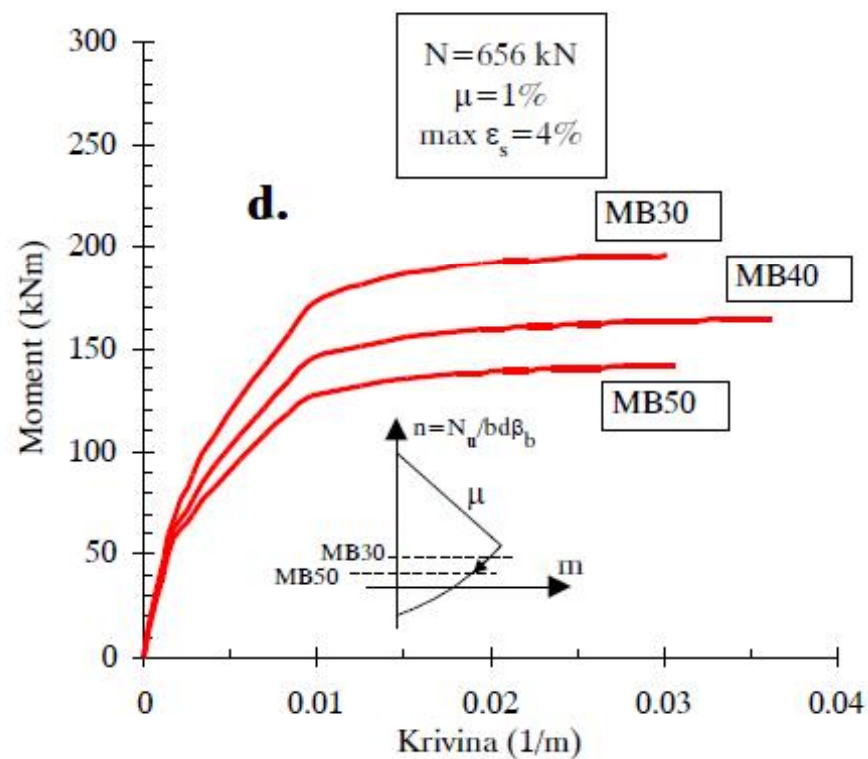
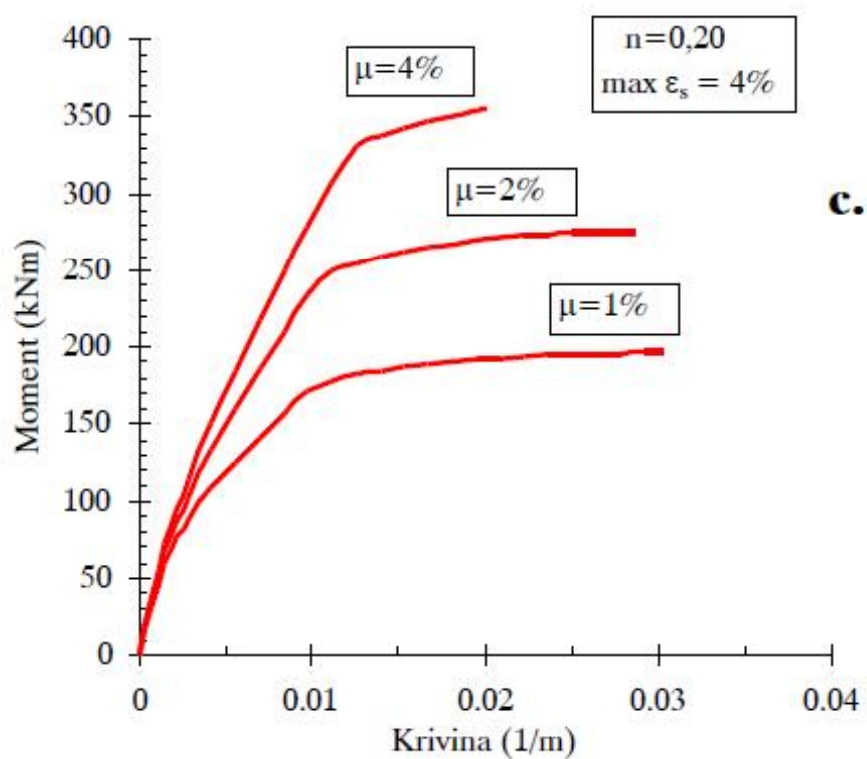
Položaji plastičnih zglobova u elementima konstrukcije



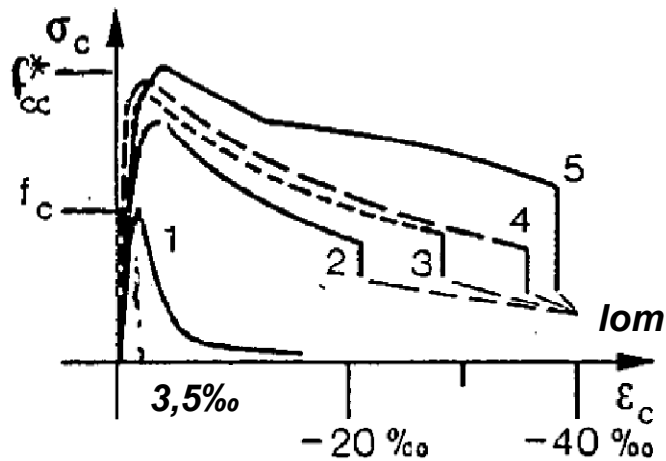
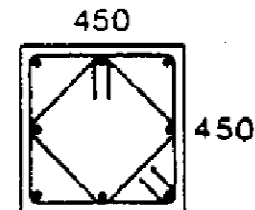
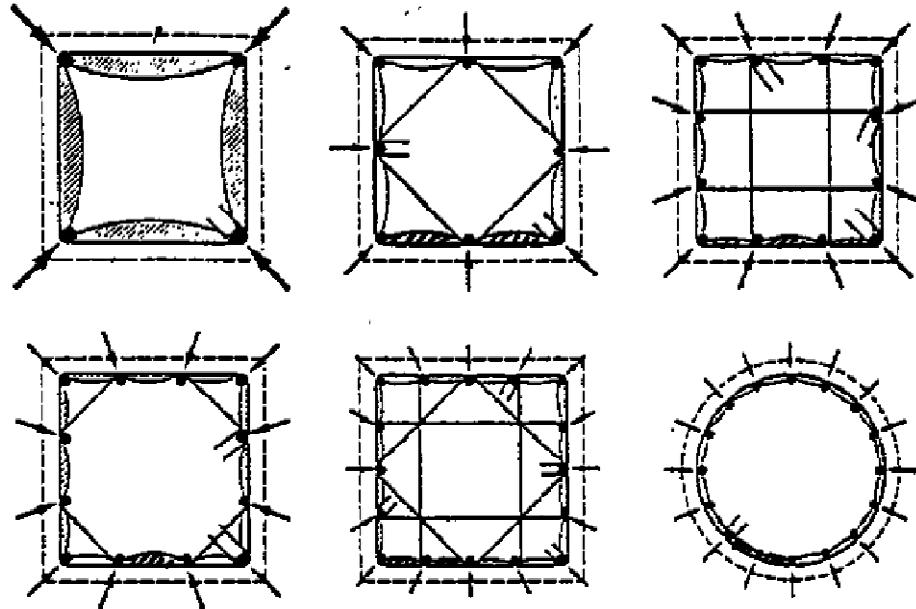
Uticaj normalne sile na krivinu



Uticaj MB i podužne armature na krivinu

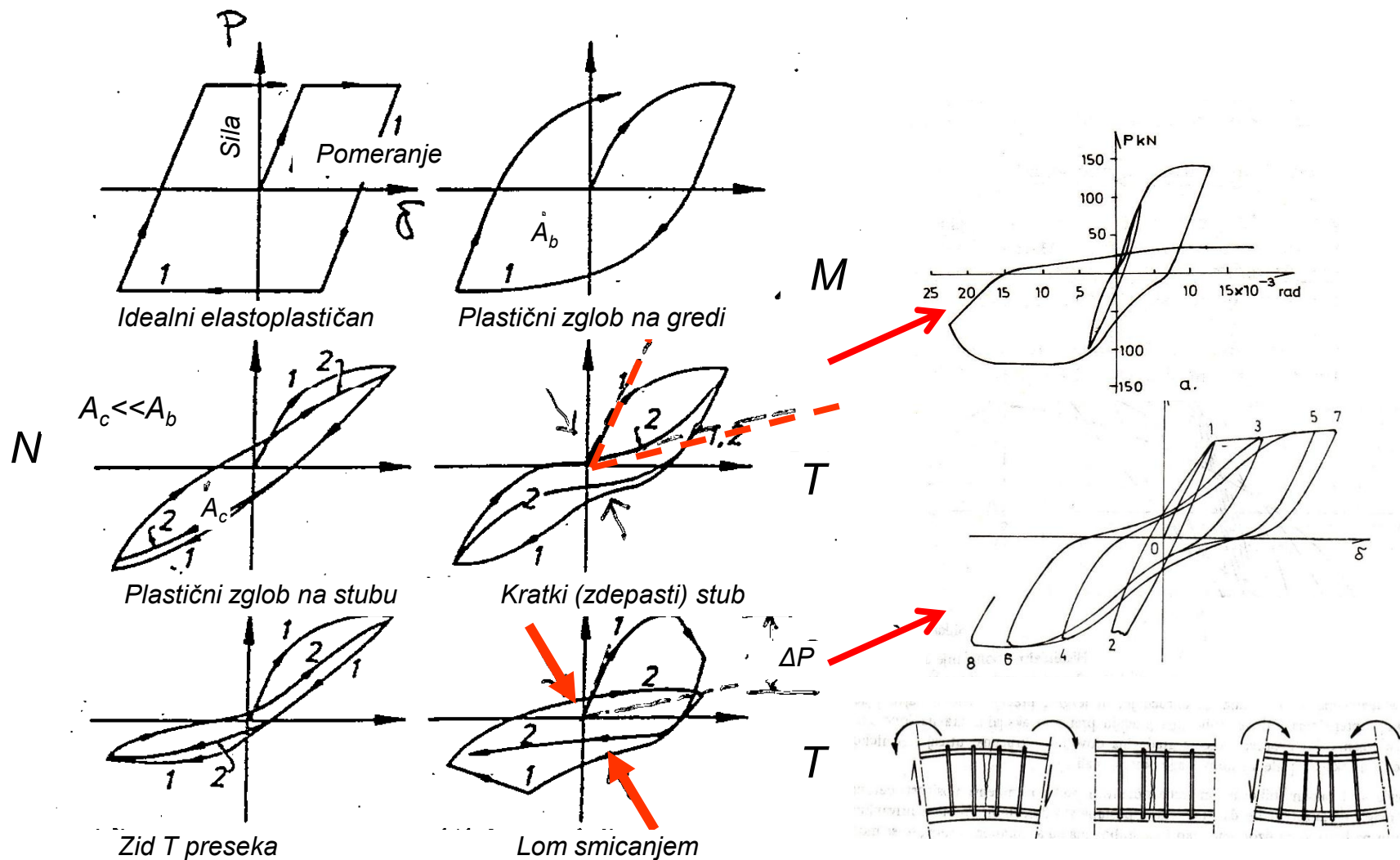


Efekat poprečne armaturena na odnos napon – dilatacija u betonu



- ① *bez uzengija*
- ② $\emptyset 10, s = 98 \text{ mm}$
- ③ $\emptyset 10, s = 72 \text{ mm}$
- ④ $\emptyset 12, s = 88 \text{ mm}$
- ⑤ $\emptyset 12, s = 64 \text{ mm}$

Elasto-plastično ponašanje AB elementa pri cikličnem opterečenju



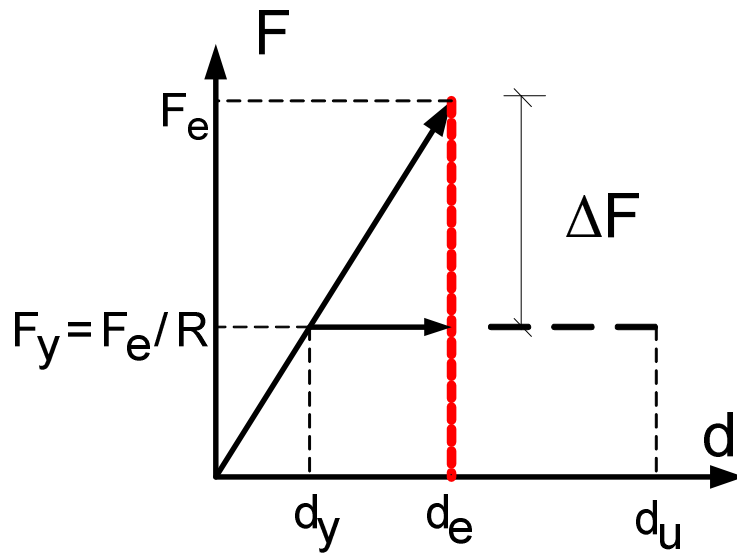
Oblici histerezisnih petlji na dijagramima sila pomeranje za AB elemente

Nelinearno ponašanje konstrukcije u toku zemljotresa

(Konstrukcije manje krutosti)

$$T \geq 0.7 \text{ s}$$

$$\mu_d = d_e / d_y = F_e / F_y = R = q$$

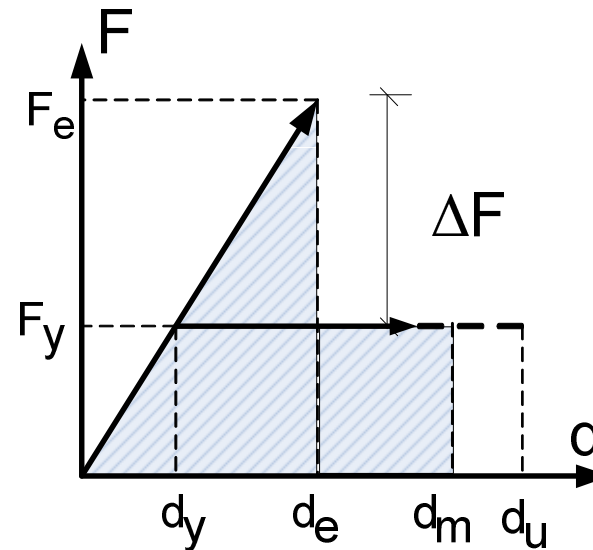


$$d_e = R d_y = \mu_d d_y$$

$$T < 0.7 \text{ s}$$

(Konstrukcije srednje krutosti)

R – faktor redukcije,
q – faktor ponašanja (EC8)

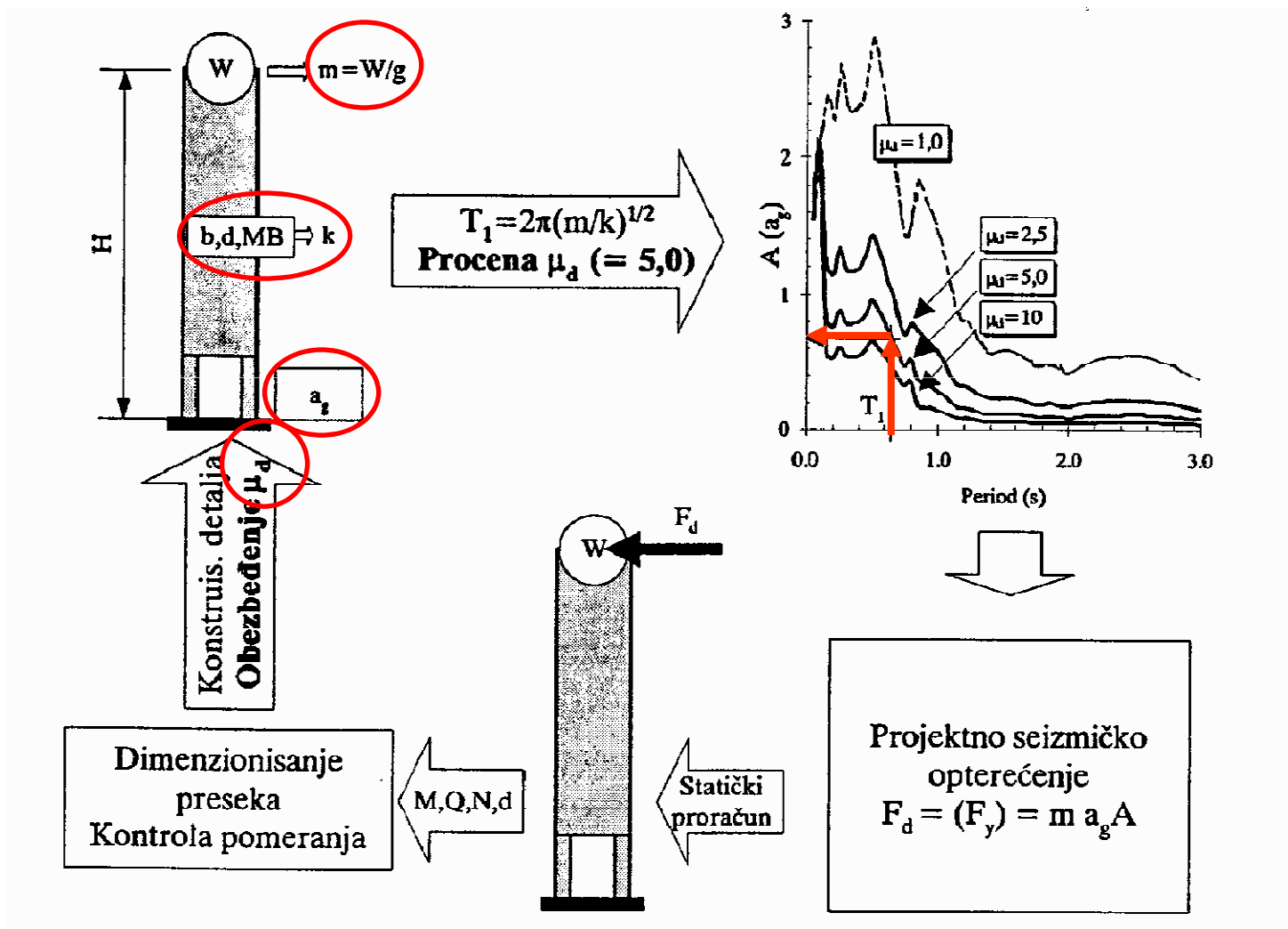


$$d_m = \mu_d d_y$$

$$\mu_d = (R^2 + 1) / 2$$

Za $T < 0.2 \text{ s}$ (izrazito krute konstr.) $\rightarrow R=1$ – objekti se projektuju kao elastični

Postupak proračuna konstrukcije primenom projektnog spektra



**SAVREMENI KONCEPT PROJEKTOVANJA
ZGRADA U SEIZMIČKI AKTIVNIM OBLASTIMA**
(Filozofija racionalnog seizmičkog proračuna)

- Računski intenzitet zemljotresa sa povratnim periodom od 100 - 500 godina
- Elastično ponašanje \Rightarrow veliki uticaji \rightarrow ekonomski razlozi \rightarrow nelinearne deformacije \rightarrow disipacija energije
- Moguća sanacija konstrukcije
- Manji zemljotresi u elastičnoj oblasti
- Velika oštećenja \rightarrow pad nosivosti \rightarrow kolaps?

Koncepcija projektovanja ab konstrukcija:

- Zone sa koncentracijama nelinearnih deformacija ("plastični zglobovi")
- Za dejstvo projektnog zemljotresa konstrukcija mora da poseduje integritet (bez rušenja)
- Mora da poseduje kapacitet preostale nosivosti (gravitaciono opterećenje, naknadni potresi)
- Oštećenja da, ali takva da je moguća sanacija i da ona bude tehnički i ekonomski opravdana

GRANIČNA STANJA

a) **UPOTREBLJIVOSTI (GSU)** → ograničavaju se pomeranja:

- Objekti: stanovanje, komercijalni

Za zemljotrese niskog intenziteta → tp = 50 GODINA:

- Nema oštećenja; ograničena spratna pomeranja
- Funkcija objekta očuvana
- Rad u elastičnom području
- Prsline male širine
- Nepotrebna sanacija
- $\sigma_A < \sigma_v$

- Objekti: bolnice, telekomunikacije, policija ...
 - viši stepen zaštite
 - PRORAČUN **GSU** SA $t_p \geq 100$ GODINA

B) NOSIVOSTI (GSN**)– DOKAZUJE SE:**

- Zahtevana nosivost i duktilnost
- Preturanje objekta
- Klizanje objekta
- Temelji i podtemeljno tlo objekta
- Efekti II reda
- Stabilnost nekonstruktivnih elemenata

c) **KONTROLA OŠTEĆENJA**

(Pri zemljotresu većeg intenziteta)

Dopušta se:

- $\sigma_A > \sigma_V \rightarrow$ Prsline velike širine
- Otpadanje zaštitnog sloja pritisnutog betona

\Rightarrow Moguća sanacija oštećenja:

- Tehnički izvodljiva
- Ekonomski opravdana

\rightarrow Lako se uspostavlja prvobitna funkcija objekta

D) PRINCIP PREŽIVLJAVANJA

- Pri najjačem mogućem zemljotresu na datoj lokaciji → nema gubitaka ljudskih života
- Oštećenja nepopravljiva
- Nema kolapsa konstrukcije
- Očuvan integritet za prenos gravitacionog opterećenja

ZAKLJUČAK

Seizmička otpornost konstrukcije može se postići:

- a) Velikom nosivošću (bez bilo kakvog oštećenja) - velika početna ulaganja
- b) Kombinacijom: manja nosivost + odgovarajuća duktilnost (jači zemljotres \Rightarrow prihvatljiva oštećenja + sanacija) \rightarrow optimalno rešenje \rightarrow manja početna ulaganja

Duktilno ponašanje podrazumeva → otvaranje
plastičnih zglobova → preraspodelu statičkih uticaja
(način da konstrukcije prežive jake zemljotrese) uz
mali pad nosivosti

⇒ Dobrodošle konstrukcije sa **većom statičkom
neodređenošću**

Evrokod 8 (EC8)

Sa ciljem da se izbegne nelinearna analiza, a uzimajući u obzir kapacitet konstrukcije za disipaciju energije kroz duktilno ponašanje njenih elemenata, sprovodi se elastična analiza zasnovana na “**projektom spektru odgovora**” koji je redukovan u odnosu na elastični spektar. Ova redukcija se ostvaruje uvođenjem **faktora ponašanja q** .

Ukupna seizmička sila u osnovi objekta za posmatrani pravac:

$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda$$

$S_d(T_1)$ – ordinata projektnog spektra za period T_1 ,

T_1 – osnovni period sopstvenih oscilacija objekta

m – ukupna masa objekta iznad temelja ili krutog podruma,

λ – korekcionni faktor: $\lambda=0.85$ za $T_1 \leq 2T_c$ i $n > 2$ sprata; $\lambda = 1$

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

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

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

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

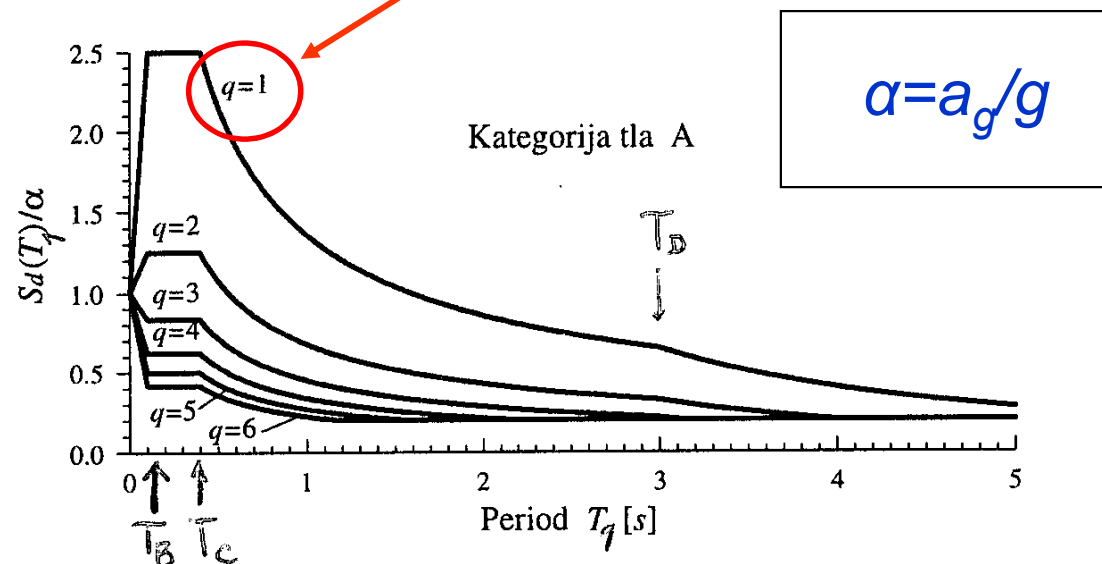
Projektni spektr za elastičnu analizu $S_d(T)$

a_g - projektno ubrzanje tla

$\beta = 0.2$ (faktor donje granice projektnog spektra)

S – parametar tla

Elastičan spektr ($q=1$)



- a) **okvirni sistemi**: vertikalna i horizontalna opterećenja se prihvataju pretežno prostornim okvirima, čija je nosivost na smicanje u osnovi veća od **65%** ukupne nosivosti na smicanje
- b) **dvojni sistemi**: u prijemu horizontalnih opterećenja učestvuju delom okvirni sistem, a delom konstrukcijski zidovi, pojedinačni ili spojeni;
- c) **dvojni sistem sa dominantnim delovanjem zidova**: nosivost na smicanje zidova u nivou temelja je veća od **50%** ukupne nosivosti

duktilni sistem zidova (povezani ili nepovezani): vertikalna i horizontalna opterećenja prihvataju se pretežno vertikalnim konstrukcijskim zidovima, bilo povezanim ili nepovezanim, a čija je nosivost na smicanje u osnovi veća od **65%** ukupne nosivosti na smicanje

sistem velikih lako armiranih zidova;

sistem obrnutog klatna: sistem kod koga je **50%** ili više od ukupne mase locirano u gornjoj trećini visine konstrukcije;

torziona fleksibilni sistem: dvojni sistem ili sistem zidova koji nemaju dovoljnu torzionu krutost.

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5$$

- q_0 - osnovna vrednost faktora ponašanja, zavisna od tipa konstrukcijskog sistema
- k_w - faktor koji uzima u obzir preovlađujuću vrstu loma konstrukcijskih sistema: sa zidovima $\rightarrow 0.5 \leq k_w \leq 1$; okvirne konstr. $\rightarrow k_w = 1$

Osnovne vrednosti faktora ponašanja q_0 za sisteme regularne po visini

Tip konstrukcije	DCM	DCH
Okvirni sistem, dvojni sistem, sistem povezanih zidova	3.0 do 3.9	4.5 do 5.9
Sistem nevezanih zidova	3.0	4.0 do 5.2
Torziono fleksibilni sistem	2.0	3.0
Sistem obrnutog klatna	1.5	2.0

DCM – zgrade srednje duktilnosti

DCH – zgrade visoke duktilnosti