

# 1. Faze projektovanja i proračuna konstrukcija

IDEJNO RJEŠENJE (Više varijantnih rješenja, multidisciplinarnost)

IDEJNI PROJEKT (Približan proračun)

GLAVNI PROJEKT Pozicioniranje, modeliranje, detaljan statički i dinamički proračun, dimenzionisanje presjeka, crteži oplata i armature, predmjer i orjentacioni predračun (osnova za ponudu)

Arhitektonski koncept konstrukcije uslovljen je konstruktivnim sistemom stoga je neophodno, da još u fazi izrade projekta idejnog rješenja objekta, projektant arhitekture i projektant konstrukcije ostvare kvalitetnu saradnju.

Objekti kao što su sportske dvorane, stadioni, antenski stubovi, visoke zgrade su objekti kod kojih konstruktivni sistem bitno utiče na arhitekturu objekta.

Arhitekta svoju stvaralačku maštu mogu pretvoriti u realnu konstrukciju samo uz razumijevanja načina na koji konstrukcija prenosi opterećenje.

## **2. Pouzdanost konstrukcija i eksploatacioni vijek objekta**

Svaka konstrukcija tokom svog eksploatacionog vijeka, u cjelini kao i svi njeni elementi, u bilo kom trenutku izgradnje ili eksploatacije, moraju posjedovati dovoljnu sigurnost, potrebnu upotrebljivost (funkcionalnost) i zahtijevanu trajnost.

Prilikom proračuna konstrukcije, neophodno je detaljno analizirati sva relevantna dejstva i njihove kombinacije, u fazi građenja i eksploatacije, te izabrati korektne proračunske modele za sračunavanje statičkih i dinamičkih uticaja.

Pravilno projektovanje konstrukcijskih detalja je često osnov trajnosti i pouzdanosti, konstrukcije u cjelini.

Pri građenju neophodno je izabrati adekvatnu metodu građenja, uzimajući u obzir sve tehnički i ekonomski relevantne parametre.

Konstrukcija se mora izvesti u potpunoj saglasnosti sa projektom, kako po pitanju geometrije elemenata i preciznosti položaja i količine armature (zaštitnih slojeva), tako i po pitanju kvaliteta ugrađenih materijala, obezbijeđenja graničnih uslova ili korektnog izvođenja detalja i neophodnih nastavaka betoniranja.

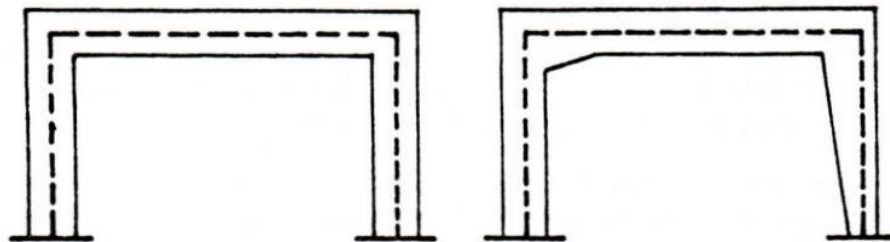
Spravljanju, ugradnji i njezi betona mora biti posvećena puna pažnja.

U Evrokodu 0 se navode projektni eksploatacioni vijekovi pojedinih vrsta građevinskih konstrukcija ili njihovih dijelova. Eksploatacioni vijek predstavlja period trajanja korišćenja konstrukcije uz održavanje, ali bez velikih popravki i ulaganja.

Kategorija projektnog veka	Primer konstrukcije ili dela konstrukcije	Indikativni eksploatacioni vek
1	Privremene konstrukcije	10 godina
2	Potrošni/zamenjivi delovi konstrukcije (npr. ležišta)	10 do 25 godina
3	Poljoprivredni i slični objekti	15 do 30 godina
4	Zgrade i slični česti objekti	50 godina
5	Monumentalne građevine, mostovi, industrijski objekti...	100 godina

### 3. Modeliranje konstrukcije

Proračunski sistem konstrukcije sačinjavaju systemske linije. Systemske linije spajaju težišta betonskih presjeka elemenata, a količina i položaj armature se zanemaruju.



**Rasponi** pojedinih elemenata u statičkom sistemu najčešće odgovaraju dužinama systemskih linija.

**Elementi konstrukcije** se prema svojoj prirodi i funkciji klasifikuju kao grede, stubovi, ploče, zidovi, lukovi, ljuske, kombinovani elementi...

- Gredom se smatra element čiji raspon je najmanje tri puta veći od visine njegovog poprečnog presjeka. U suprotnom, element se klasifikuje kao visoka greda (i/ili zidni nosač).
- Pločom se smatra element čija je minimalna dimenzija površine najmanje pet puta veća od njene debljine.
- Stub je element kod kojeg visina presjeka nije veća od četverostruke širine (u suprotnom je zid).

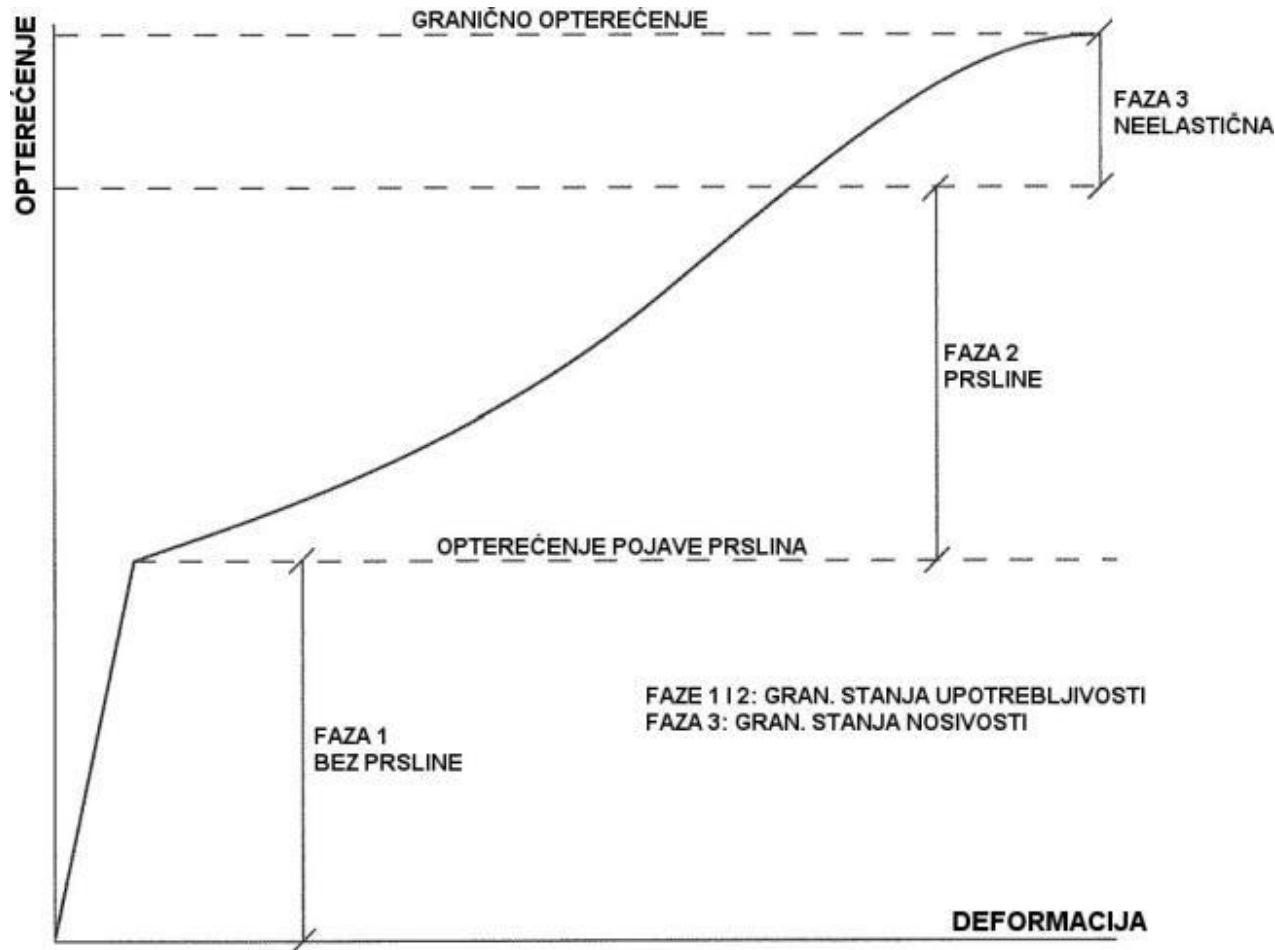
**Granične** uslove treba usvajati na način da što vjernije odgovaraju realnim. Pomjerljivost oslonaca može biti od velikog uticaja na nivo naprezanja pojedinih elemenata, posebno kada se radi o relativno krutim konstrukcijama. S tim u vezi, diferencijalna sleganja oslonaca, često, moraju biti obuhvaćena proračunom. Najbolje kroz proračunski model kojim se obuhvata interakcija konstrukcija-tlo, odnosno gdje se proračunskim modeliranjem deformabilnih oslonaca automatski određuju efekti slijeganja u konstrukciji.

**Geometrijske karakteristike elemenata** se modeliraju u skladu s njihovim nominalnim dimenzijama. U slučajevima komplikovane geometrije moguće je uvesti pojednostavljenja.

## 4. Granična stanja

**Granična stanja** su stanja izvan kojih konstrukcija više ne zadovoljava projektom predviđene zahtjeve. Razlikuju se:

- granična stanja nosivosti – GSN (eng. ULS) (gubitak ravnoteže, prekoračenje otpornosti elemenata, slom usljed zamora)
- granična stanja upotrebljivosti – GSU (eng. SLS) (prsline, ugibi, vibracije).



U dosadašnjem metodu graničnih stanja važili su globalni koeficijenti sigurnosti.

$$\gamma \cdot S \leq R \quad \text{Gdje je } S \text{ uticaj, a } R \text{ otpornost.} \quad \text{Primjer: } M_u = 1.6M_g + 1.8M_p$$

U novim evropskim propisima globalni koeficijent sigurnosti se rastavlja na parcijalne koeficijente, koeficijente za sile  $\gamma_s$  i koeficijente za materijale  $\gamma_R$ . Koeficijentima za materijale se redukuju čvrstoće, a koeficijentima za sile se umnožavaju uticaji usljed nekog dejstva.

### Parcijalni koeficijenti za materijale

$$\gamma_s \cdot S \leq \frac{R}{\gamma_R}$$

Proračunske situacije	$\gamma_C$	$\gamma_s$
Stalne i prolazne (EN 1992)	1.50	1.15
Incidentne (EN 1992)	1.20	1.00
Seizmičke (EN 1998)	1.50	1.15

Parcijalni koeficijenti za sile - stalna dejstva

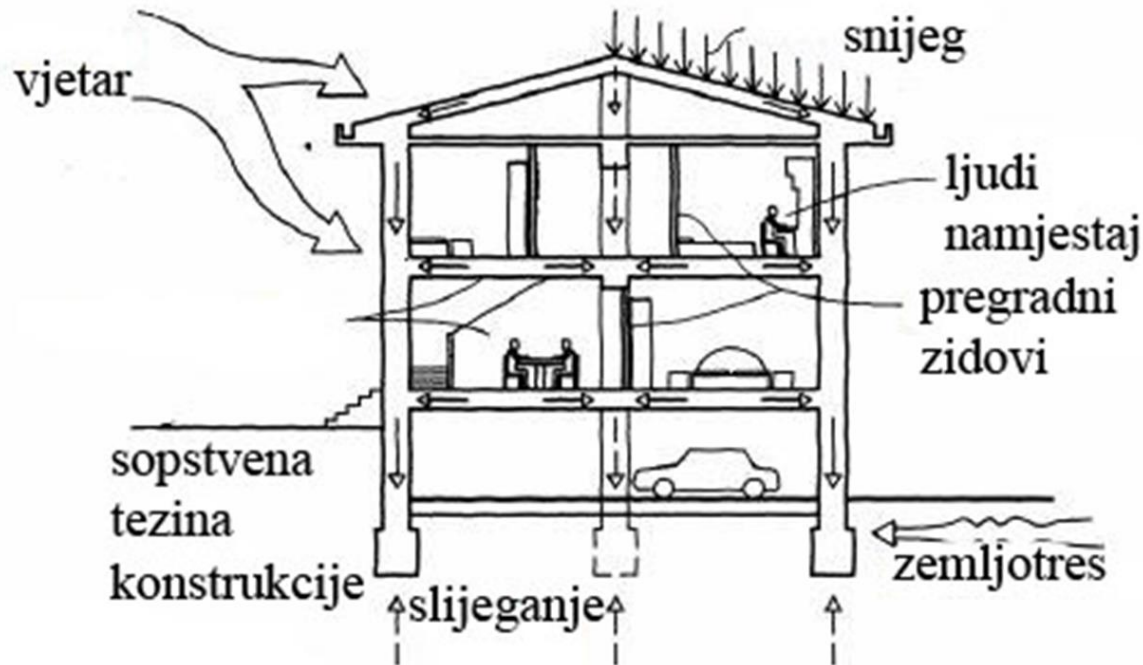
$$\gamma_G \rightarrow \gamma_{G,\text{inf}} = 1.00; \quad \gamma_{G,\text{sup}} = 1.35$$

Parcijalni koeficijenti za sile – promjenljiva dejstva

$$\gamma_Q \rightarrow \gamma_{Q,\text{inf}} = 0.00; \quad \gamma_{Q,\text{sup}} = 1.50$$

## 4. Dejstva

Dejstvo je spoljašnji ili unutrašnji uticaj koji izaziva naprezanja u konstrukciji objekta. Prema ponašanju (odgovoru) konstrukcije dejstva se dijele na: statička i dinamička. Dinamička izazivaju vibracije u konstrukciji.



Armiranobetonske konstrukcije su izložene brojnim dejstvima u svom eksploatacionom vijeku. U elementima konstrukcije se u svakom trenutku realizuje uticaj usljed kombinacije različitih dejstava, sa različitom vjerovatnoćom pojave.

**Dejstva se u Eurokodu** klasifikuju zavisno od promjenljivosti u vremenu na:

**Stalna dejstva (G):** dejstva kojima je konstrukcija neprekidno izložena i koja se ne mijenjaju u vremenu (sopstvena težina, dodatno stalno-nepokretna oprema, pritisak tla, pritisak vode, prednaprezanje, slijeganje oslonaca, deformacije usljed načina izgradnje).

**Promenljiva dejstva (Q):** Ovo su dejstva koja se karakterišu promjenom u intenzitetu i/ili položaju ili pravcu tokom vremena (korisno opterećenje, snijeg, vjetar, temperatura, saobraćajno opterećenje, opterećenje vodom koja mijenja nivo... Analizira se i mogućnost njihovog potpunog odsustva).

**Incidentna dejstva (A):** Dejstva koja su, posljedica neke vrste incidenta ili havarije (eksplozija, udara vozila, požar, slijeganje i klizanje tla i slično).

**Seizmička dejstva (A<sub>E</sub>):** Dejstva koja se realizuju tokom zemljotresa su izdvojena kao posebna vrsta dejstava.

Dugotrajnosti djelovanja uticaja je značajna prilikom proračuna eksploatacionog ponašanja konstrukcije. Dejstva se, tako, klasifikuju na:

- **Dugotrajna dejstva:** Dejstva koja napadaju elemente konstrukcije dovoljno dugo, bez prestanka, da se u ovima imaju vremena razviti efekti i uticaji koji su posledica reoloških karakteristika ponašanja betona.
- **Kratkotrajna dejstva:** Dejstva koja nisu dugotrajna.



## 4.1 Crnogorski standardi MEST EN 1991 – dejstva na konstrukcije

MEST EN 1991-1-1	Zapreminske težine, sopstvena težina, korisna opterećenja za zgrade
MEST EN 1991-1-2	Dejstva na konstrukcije izložene požaru
MEST EN 1991-1-3	Opterećenja snijegom
MEST EN 1991-1-4	Dejstva vjetra
MEST EN 1991-1-5	Toplotna dejstva
MEST EN 1991-1-6	Dejstva tokom izvođenja
MEST EN 1991-1-7	Incidentna dejstva
MEST EN 1991-2	Saobraćajno opterećenje na mostovima

### **Standardi koji treba da se usvoje kao nacionalni standardi su:**

- EN 1991-3 Dejstva od kranova i mašina
- EN 1991-4 Dejstva na silose i rezervoare

Osnovni podaci o dejstvima, na osnovi kojih se dolazi do potrebnih numeričkih vrijednosti, mogu se dobiti:

- osmatranjem (opterećenja snijegom i vjetrom),
- proračunom prema zakonima fizike (sopstvena težina),
- izborom (maksimalna težina vozila na mostu)
- procjenom (incidentna dejstva).

## 4.2 Sopstevna težina

U standardu MEST EN 1994-1-1 je dat poduži spisak ovo je izvod zapreminskih težina materijala koji se najčešće koriste.

Materijal	Zapreminska težina (kN/m <sup>3</sup> )
Armirani beton	25.0
Čelik	78.5
Meko drvo –četinari	6.00
Tvrdo drvo –lišćari	8.00
Puni zidni elementi od pečene gline	16.00 –18.00
Šuplji zidni elementi sa više od 25 % šupljina	8.20 –13.50
Vapneno –silikatni zidni element	17.00
Šamotni zidni elementi	18.50
Silikatni zidni elementi	18.00
Fasadni zidni elementi	18.00
Vapneni mort	12.00 –16.00
Produžni mort	17.50 –18.00
Cementni mort	21.00
Gipsani mort	14.00 –18.00
Žbuka od vapna i cementa	19.00
Plino-beton za toplinsku izolaciju	3.00 –6.00
Beton od pijeska i šljunka	22.5 –24.0
Pjeno-beton	6.00 –15.00
Zidovi od produžnog morta i opeke	15.00 –19.00
Zidovi od šupljih zidnih elemenata	11.50 –14.50
Asfalt	24.00

Bitumen	10.00 –14.00
Katran	11.00 –14.00
Keramičke pločice	24.00
Staklo	25.00
Armirano staklo	27.00
Gumeni pod	18.00
PVC podne pločice	16.00
Težina polunabijenog pijeska	18.00 –22.00
Težina polunabijenog šljunka	16.00 –18.00
Šperploča	7.50 –8.50
Iverica	4.50 –6.50
Voda	10

Pokrovi	Površinska težina (kN/m <sup>2</sup> )
Dvostruki biber crijep	0.75-0.82
Glineni crijep (utoreni, mediteran...)	0.42-0.48
Betonski crijep	0.44-0.53
Valoviti lim	0.15

## 4.3 Korisno opterećenje zgrada

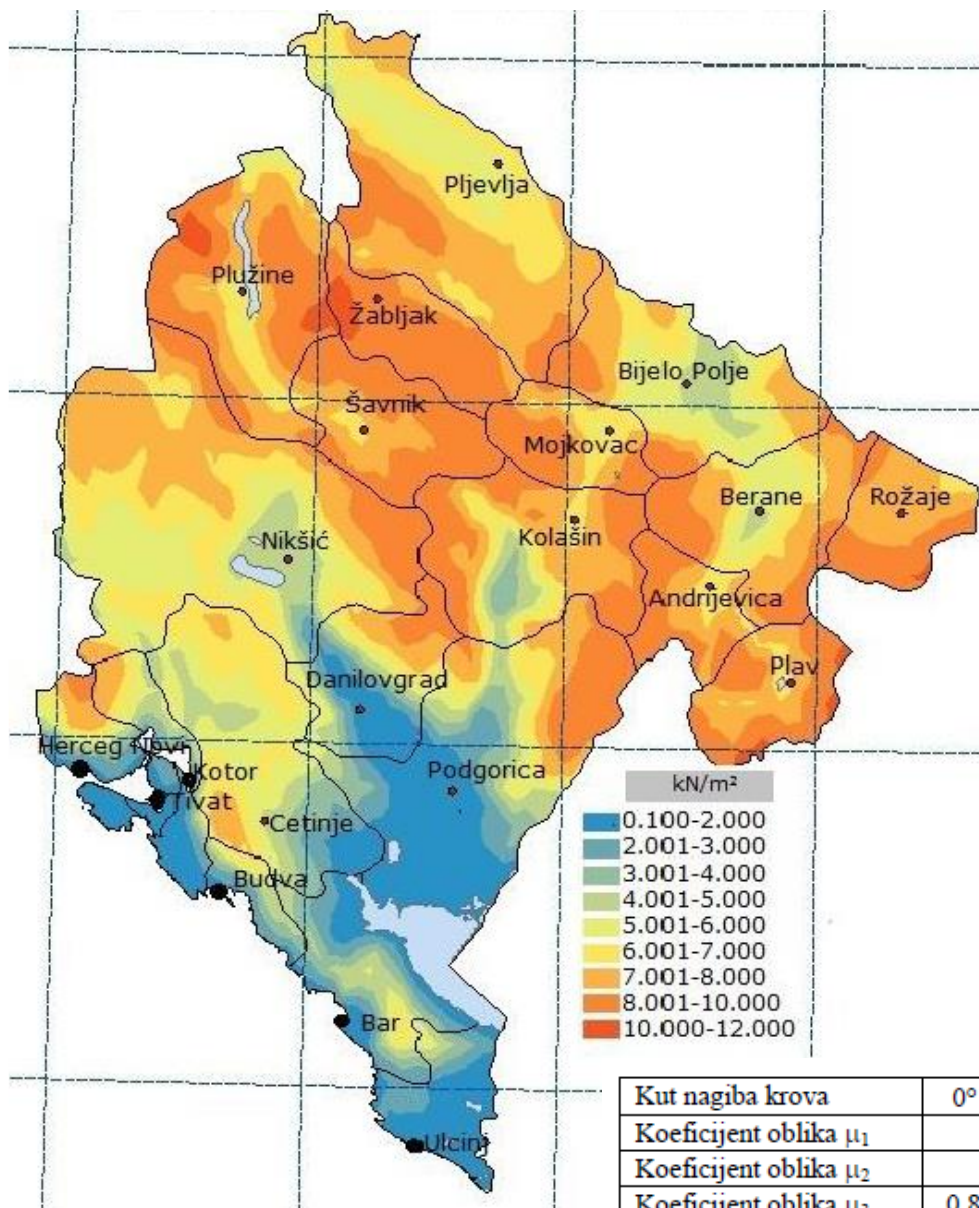
A	Stambene prostorije, odjeljenja u bolnicama, hotelske sobe
B	Uredi
C	Površine na kojima je moguće okupljanje ljudi (5 podrazreda prema vjerojatoj gustoći okupljanja i gužve)
D	Prodajne površine
E	Površine za skladištenje

KATEGORIJE OPTEREĆENIH POVRŠINA	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
<b>KATEGORIJA A</b>		
– podovi	2,0	2,0
– stepeništa	3,0	2,0
– balkoni	3,0	2,0
<b>KATEGORIJA B</b>	2,5	4,0
<b>KATEGORIJA C</b>		
– C1	3,0	4,0
– C2	4,0	4,0
– C3	5,0	4,0
– C4	5,0	7,0
– C5	5,0	4,5
<b>KATEGORIJA D</b>		
– D1	4,0	4,0
– D2	5,0	7,0

Koncentrirano opterećenje  $Q$  djeluje na bilo kojoj tački poda, balkona ili stepeništa ili na kvadratičnoj površini, stranice 50 mm.

## 4.4 Dejstva snijega

Standard MEST EN 1991-1-3



$$s = \mu_i C_e C_t s_k$$

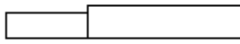

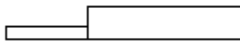
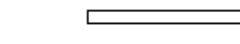
Gdje su:

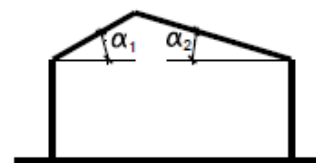
$\mu_i$  - *b*zavisi od oblika i nagiba krova

$s_k$  - karakteristična vrijednost snijega na zemlji

$C_e$  - koeficijent izloženosti, zavisi od topologije, obično je 1.0

$C_t$  - termički koeficijent, obično je 1.0

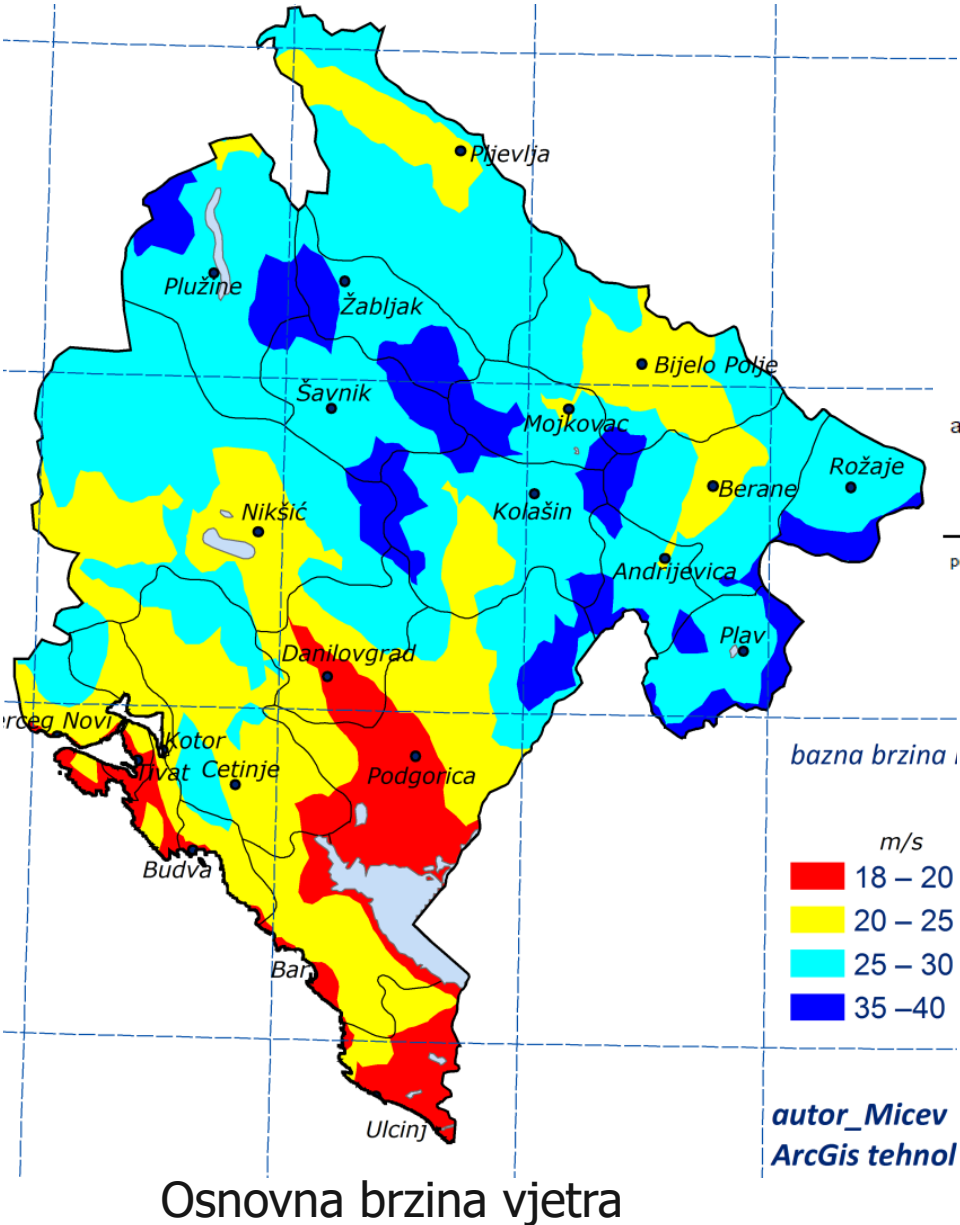
- I.  $\mu_2(\alpha_1)$    $\mu_1(\alpha_2)$
- II.  $0,5\mu_1(\alpha_1)$  
- III.  $\mu_1(\alpha_1)$    $\mu_2(\alpha_2)$
- IV.   $0,5\mu_1(\alpha_2)$



Kut nagiba krova	$0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$	$15^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
Koeficijent oblika $\mu_1$	0,8	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
Koeficijent oblika $\mu_2$	0,8	$0,8 + 0,6(\alpha - 15)/30$	$1,1(60 - \alpha)/30$	0,0
Koeficijent oblika $\mu_3$	$0,8 + 0,8\alpha/30$	$0,8 + 0,8\alpha/30$	1,6	-

## 4.5 Dejstvo vjetra

Standard MEST EN 1991-1-4



Pritisak vjetra na vanjsku i unutrašnju površinu.

$$w_e = q_{ref} \cdot c_e(z_e) \cdot c_{pe}$$

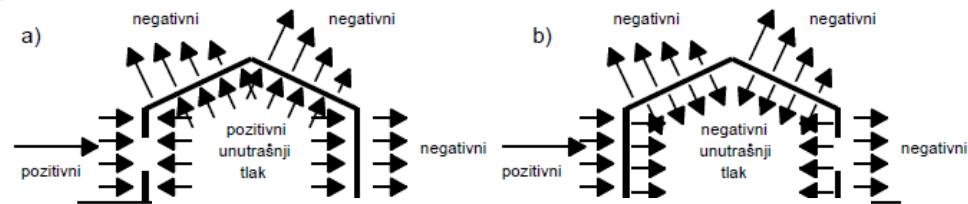
$$w_i = q_{ref} \cdot c_e(z_i) \cdot c_{pi}$$

gdje su

$q_{ref}$ : poredbeni tlak srednje brzine vjetra

$c_e(z_e)$ ,  $c_e(z_i)$ : koeficijenti izloženosti

$c_{pe}$  i  $c_{pi}$ : koeficijenti vanjskog i unutrašnjeg tlaka



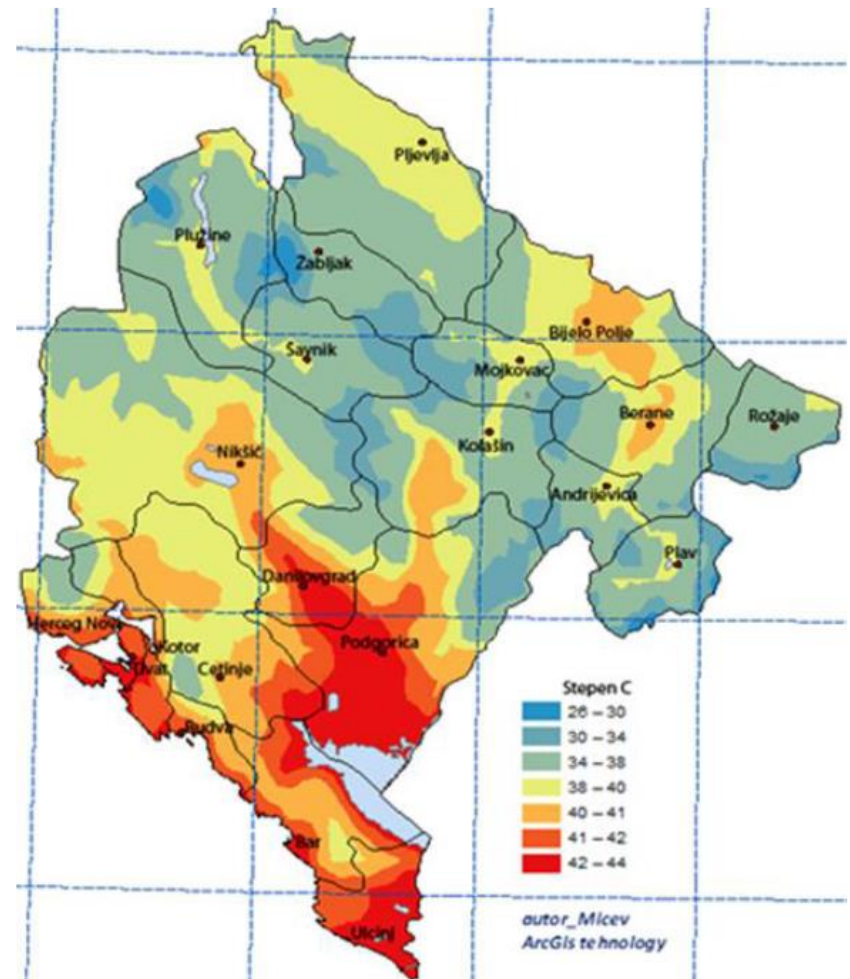
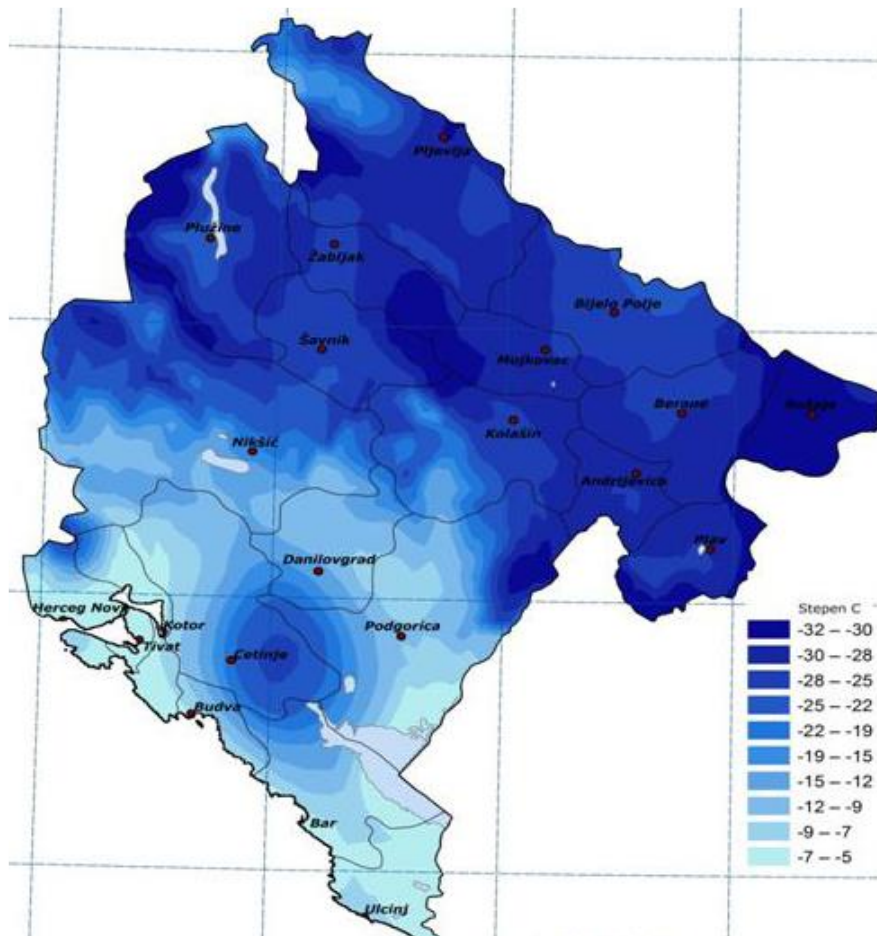
$$q_{ref} = \frac{\rho}{2} v_{ref}^2$$

Osnovna brzina vjetra,  $v_{b,0}$ , je karakteristična srednja brzina vetra određena statističkom analizom (dugoročnih zapisa /bar 15 godina/ osrednjenih brzina mjerenih na 10m iznad tla, na otvorenom terenu niske vegetacije) sa vjerojatnoćom godišnjeg prekoračenja od 2% (povratni period od 50 godina).

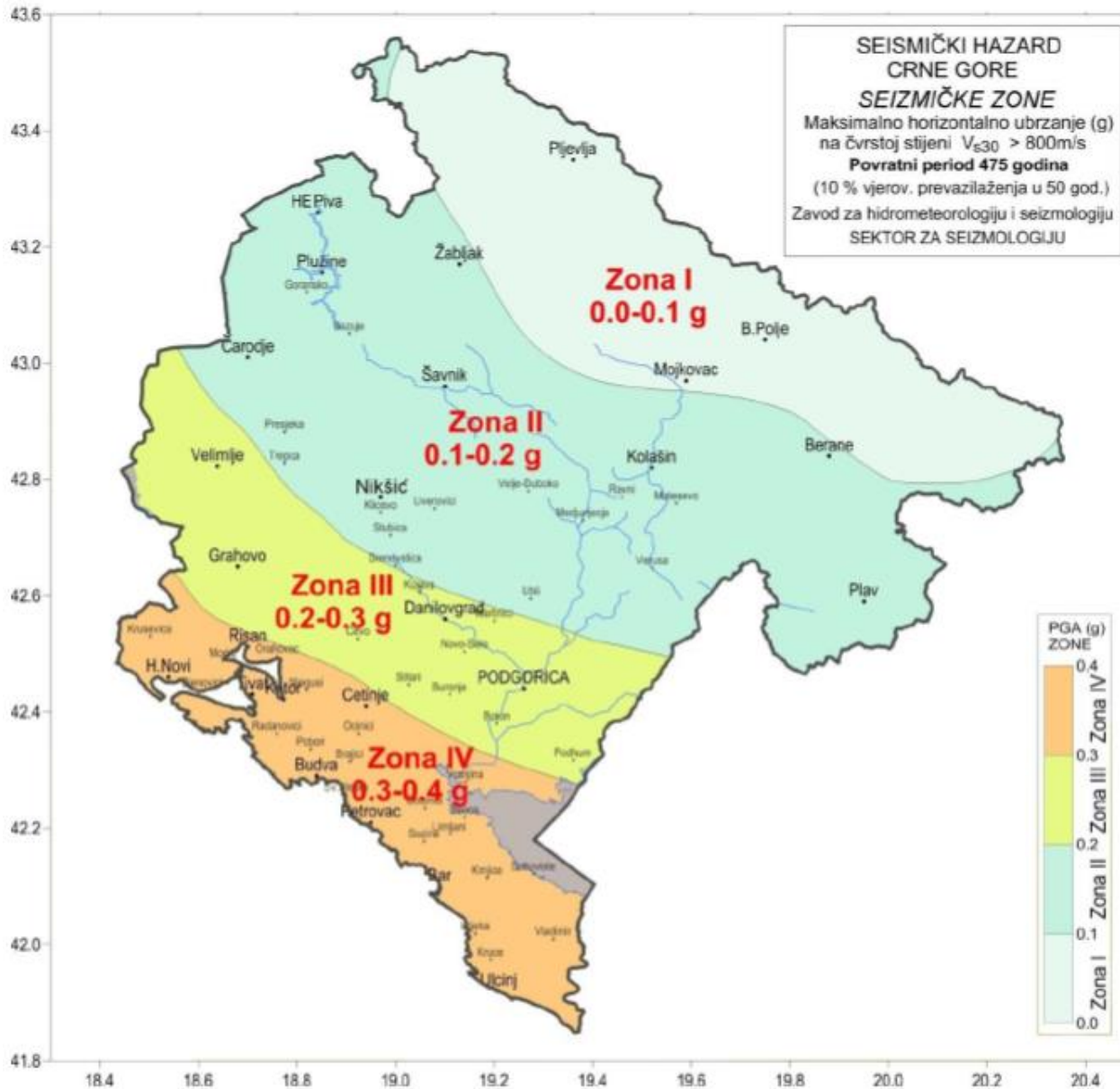
## 4.6 Toplotna dejstva

Standard MEST EN 1991-1-5

Konstrukcije višespratnih zgrada su uobičajeno termički izolovane i, na taj način, izložene relativno malim intenzitetima termičkih dejstava (konstruktivni elementi su u temperaturnim uslovima bliskim unutrašnjoj sredini). Zbog toga je često opravdano njihovo izostavljanje iz analize dejstava. Naravno, ovo je zavisno od specifičnosti konkretnog objekta/konstrukcije.



## 4.7 Dejstva zemljotresa



**Karta seizmičkih zona teritorije Crne Gore**



## Dejstvo zemljotresa

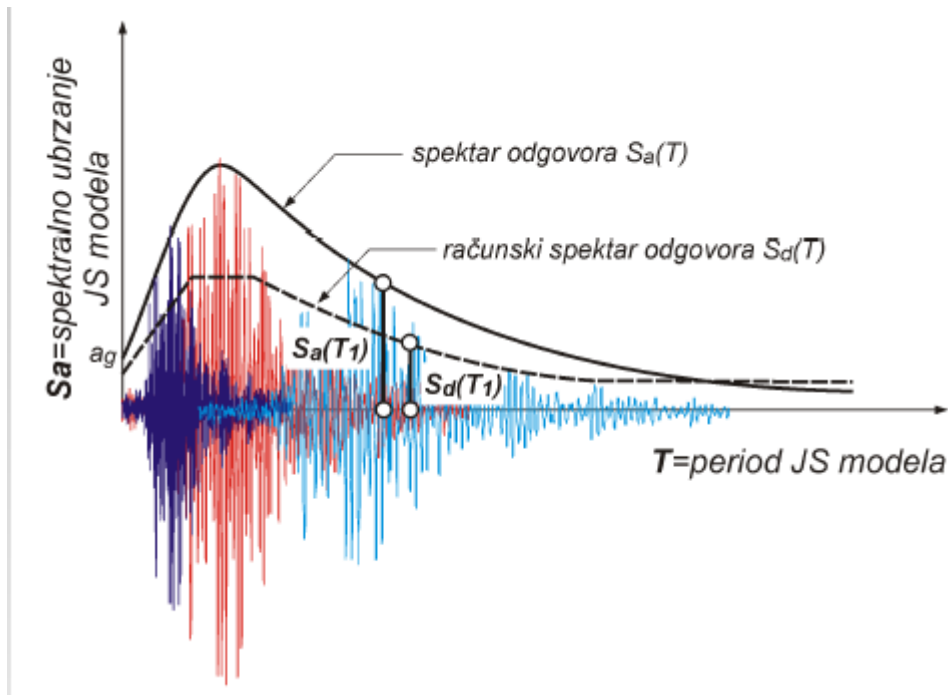
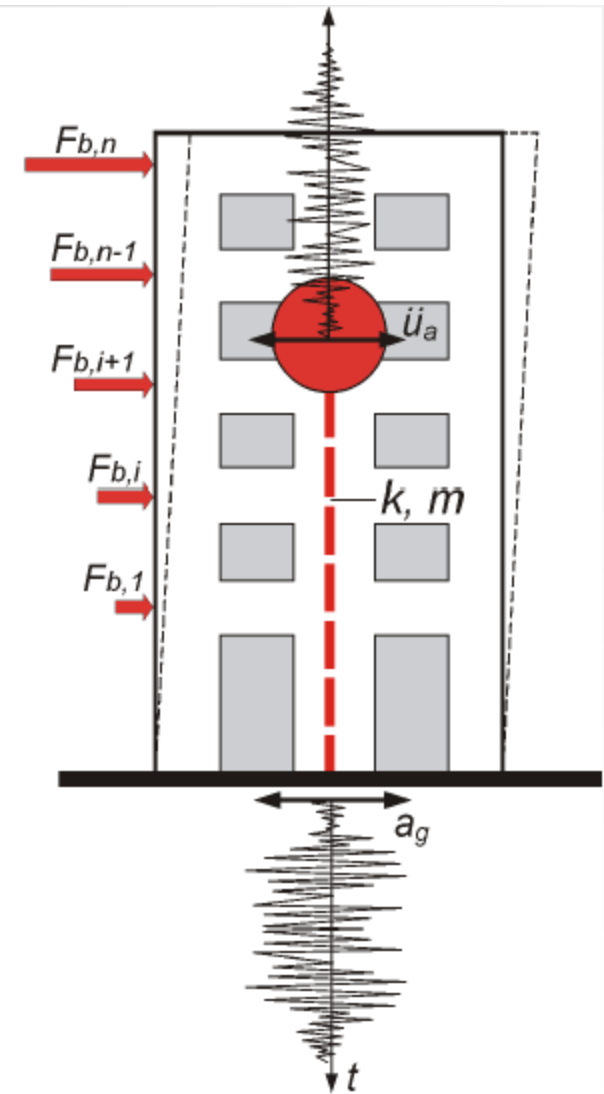
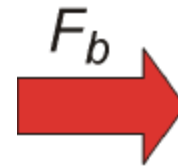
$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda$$

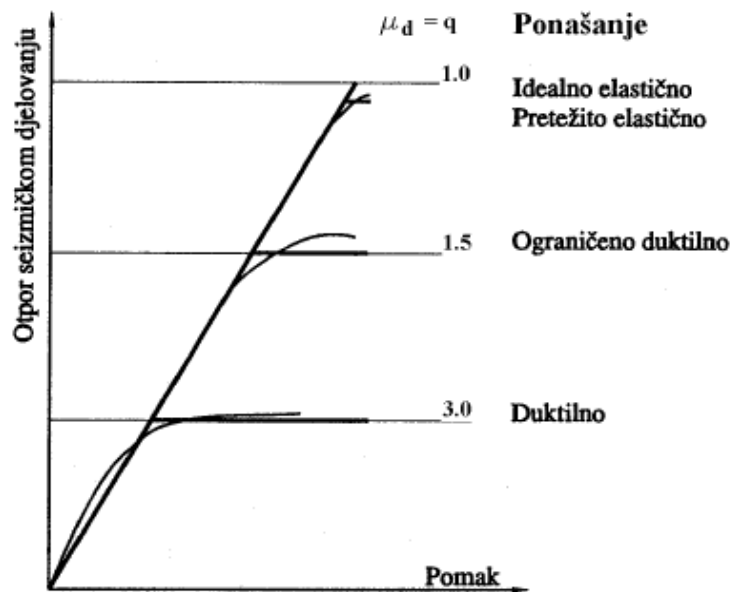
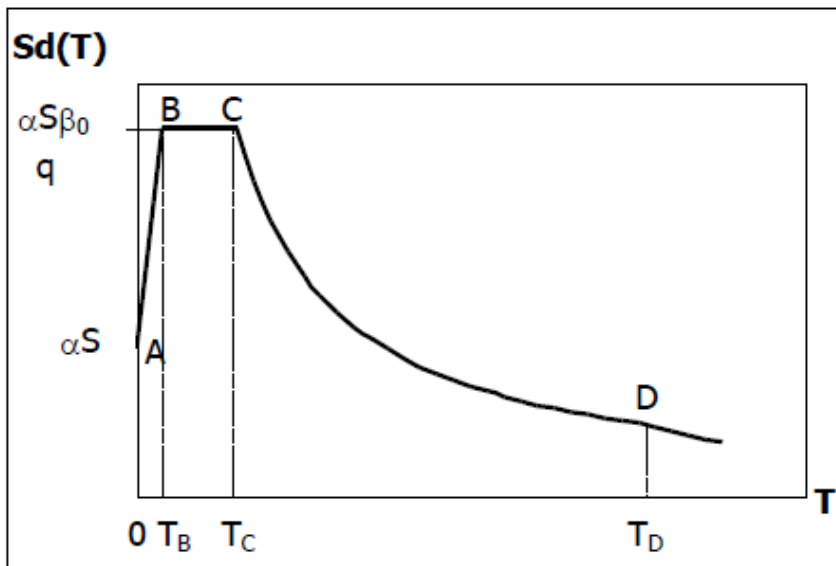
$F_b$  - poprečna seizmička sila u bazi

$S_d(T_1)$  – odzinata projektnog spektra odgovora za sopstvenu periodu oscilovanja konstrukcije  $T_1$

$m$  – cjelokupna masa zgrade

$\lambda$  – faktor korekcije koji uzima u obzir da je efektivna modalna masa prvog (osnovnog) oblika je manja u prosjeku 15% od cjelokupne mase zgrade





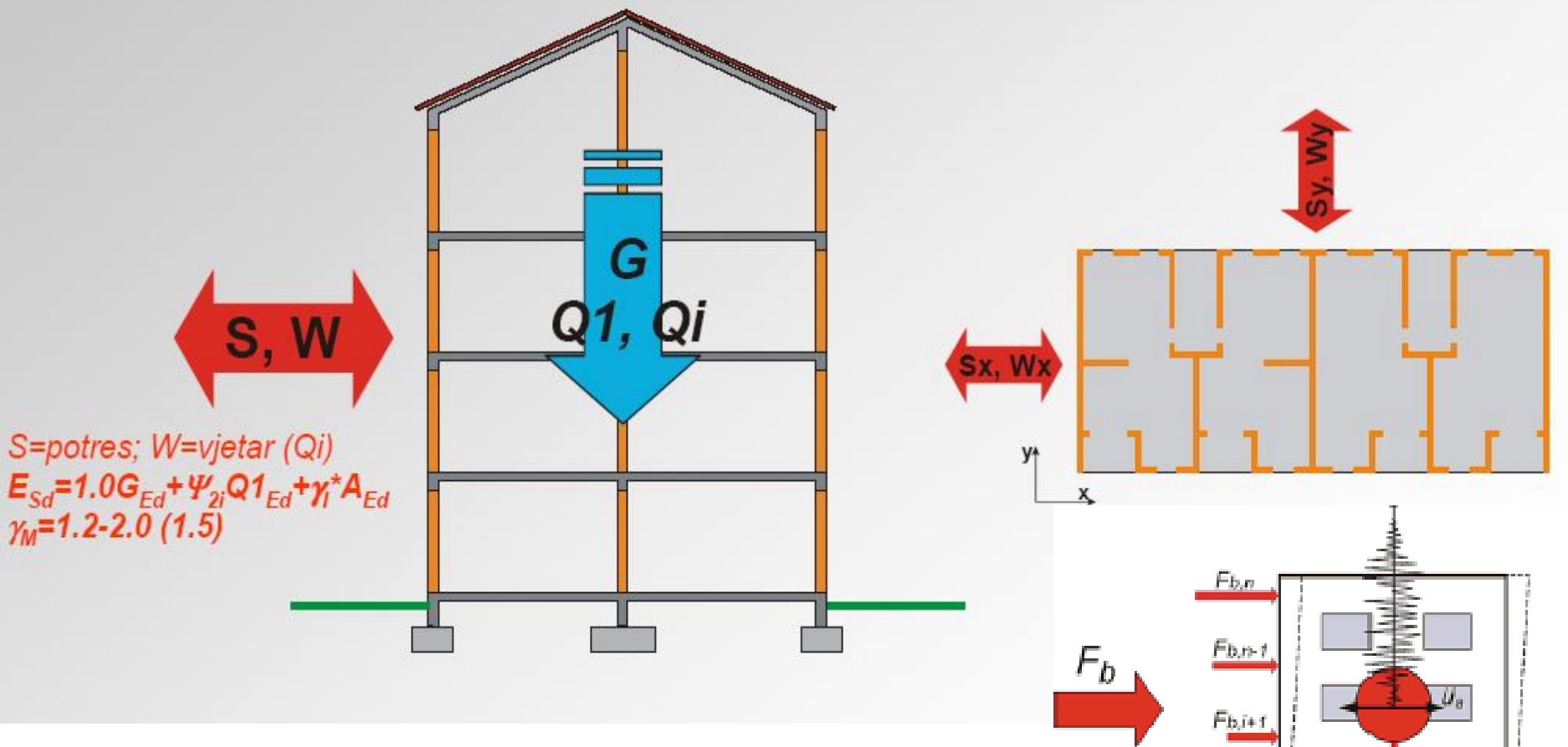
Klase duktilnosti objekata: DCL, DCM i DCH

*Armiranobetonski stupovi*  
 Vertikalni stup, savijanje  
 Nagnuti štap, savijanje  
 Kratki jaki stup

1,5	3,5
1,2	2,0
1,0	1,0

Faktor ponašanja, maksimalne vrijednosti

Tip temeljnog tla	S	T <sub>B</sub>	T <sub>C</sub>	T <sub>D</sub>
A – stijene i druge geološke formacije poput stijene	1,0	0,15	0,4	2,0
B – gusti pijesak, gusti šljunak i vrlo krute gline	1,2	0,15	0,5	2,0
C – duboki nanosi gustog ili srednje gustog pijeska, šljunaka ili krute gline debljine od nekoliko desetaka metara	1,15	0,2	0,6	2,0
D – nanosi rahlog do srednje zbijenog pijeska i šljunka ili pretežno meke gline i prahovi	1,35	0,2	0,8	2,0
E – loše tlo koje se sastoji od površinskog nanosa rijeka i mora	1,4	0,15	0,5	2,0



Dejstva vjetra i zemljotresa na konstrukciju

