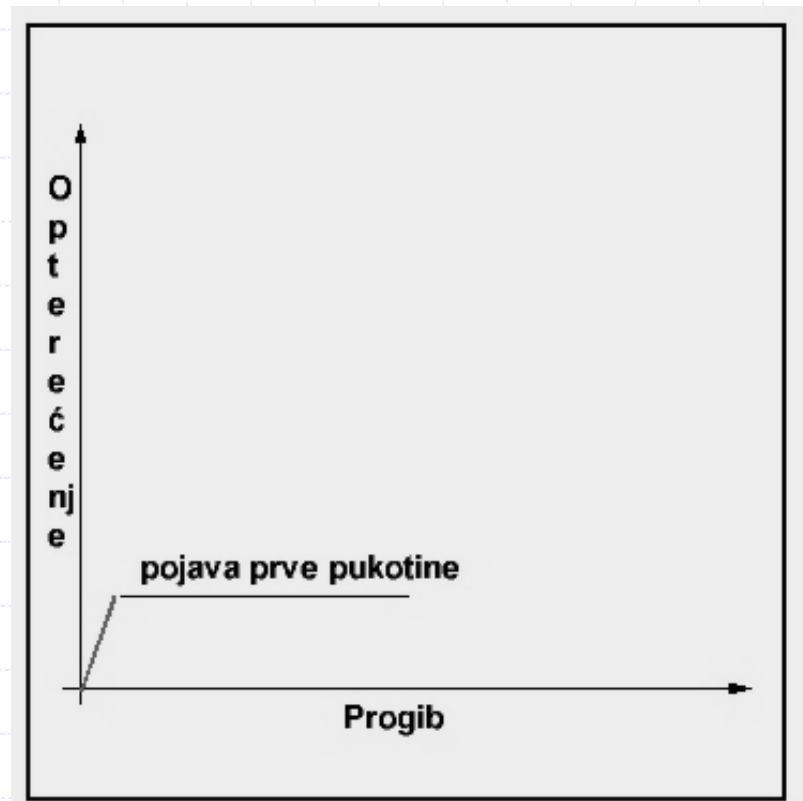
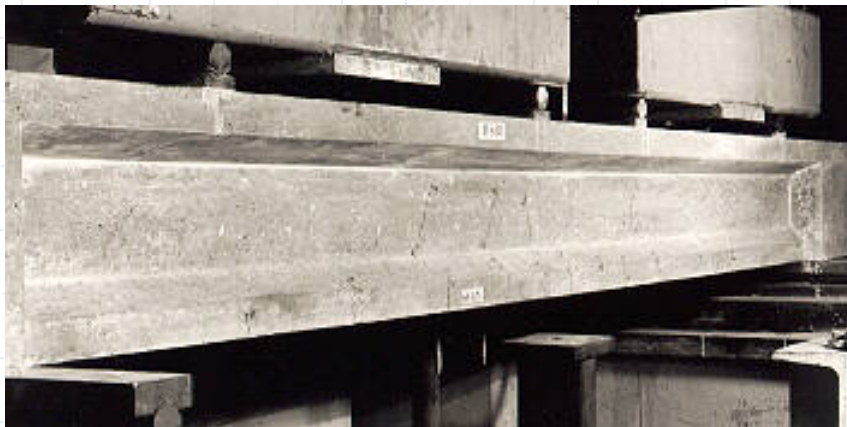




SUVREMENI PRISTUP OBLIKOVANJA A-B KONSTRUKCIJA (EC 2)

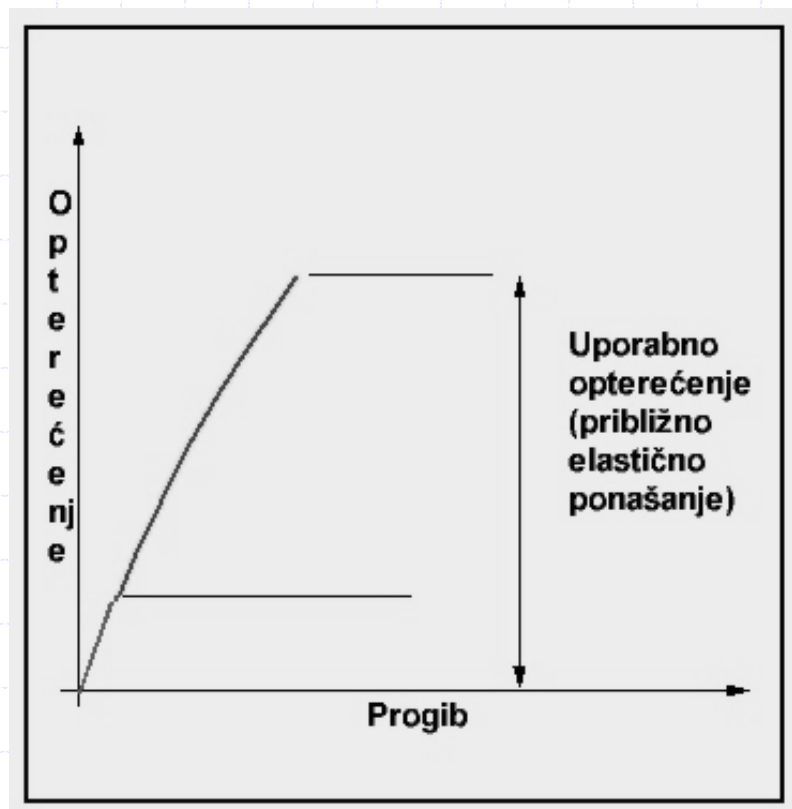
RAZVOJ OPTEREĆENJA – FAZA 1

- ◆ Beton i armatura djeluju homogeno sve dok vlačna naprezanja na donjem rubu ne dostignu vlačnu čvrstoću



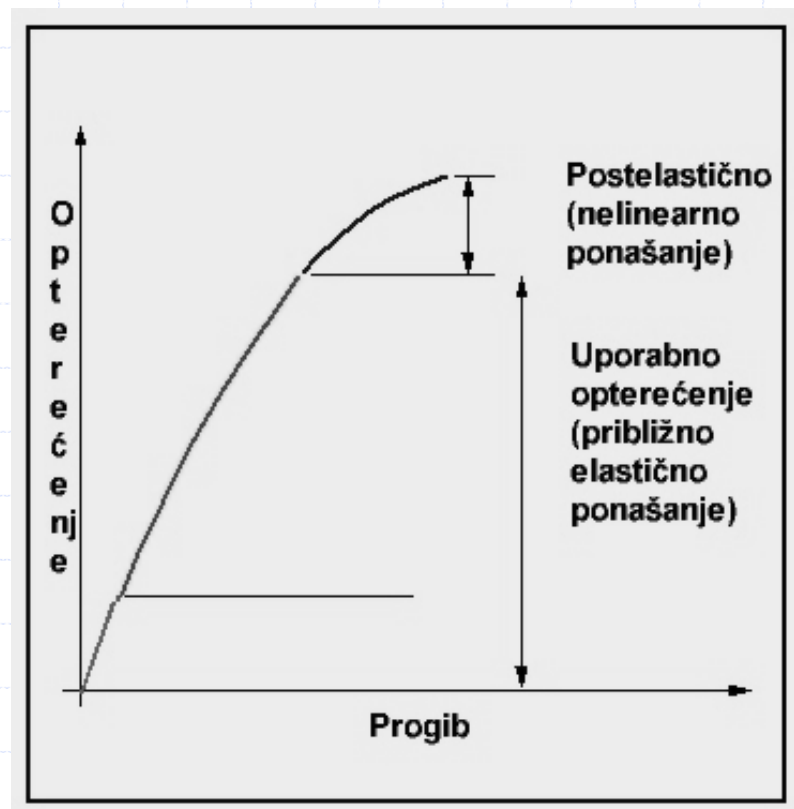
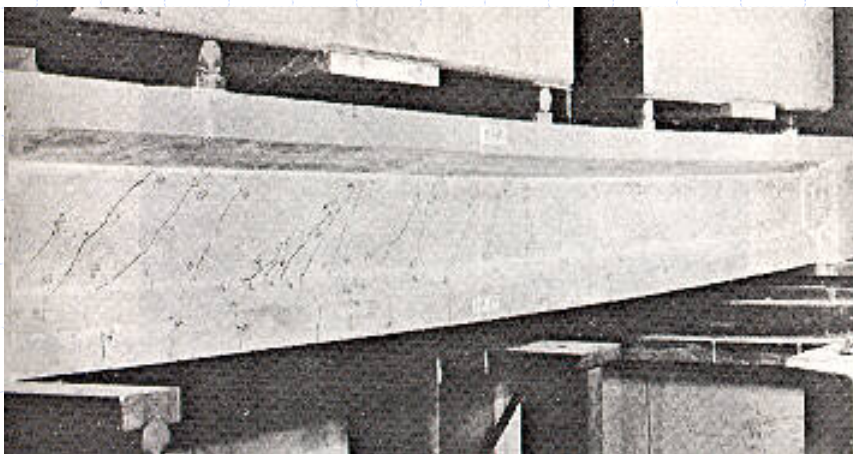
RAZVOJ OPTEREĆENJA – FAZA 2

- ◆ Porastom opterećenja povećavaju se deformacije i pukotine rastu prema gornjem rubu nosača. Beton u vlačnoj zoni više ne doprinosi nosivosti.



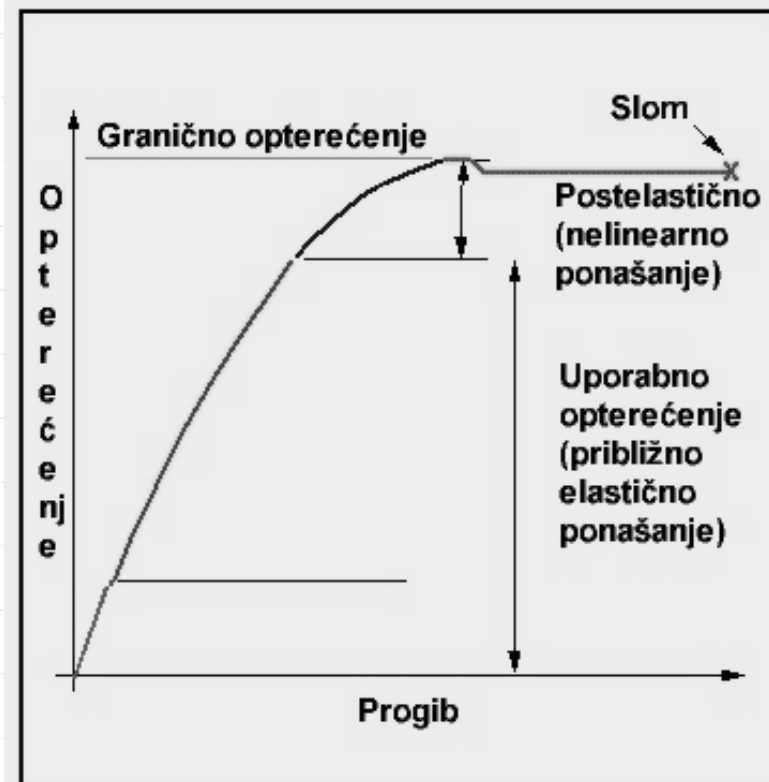
RAZVOJ OPTEREĆENJA – FAZA 3

- ◆ Daljnje povećanje opterećenja uzrokuje istežanje armature sve do plastifikacije. Beton na gornjem rubu trpi velika tlačna naprezanja, a deformacije nelinearno rastu.



RAZVOJ OPTEREĆENJA – FAZA 4

- ◆ Kada opterećenje dosegne graničnu vrijednost, deformacije se povećavaju bez prirasta opterećenja – nastaje slom, bilo prekoračenjem tlačne čvrstoće betona, bilo prekoračenjem granice razvlačenja čelika.



DEFINICIJA I PRETPOSTAVKE

Definicija: ARMIRANI BETON JEST BETON OJAČAN (ARMIRAN) BETONSKIM ČELIKOM

PRETPOSTAVKE PRORAČUNA:

1. Zajedničko djelovanje betona i čelika za armiranje
2. Vrijedi hipoteza ravnih presjeka
3. Beton u vlačnom području ne doprinosi nosivosti
4. Nelinearna raspodjela naprezanja u tlačnoj zoni

CILJ PRORAČUNA

◆ Cilj proračuna je da osigura:

- da će konstrukcija preuzeti sva opterećenja i vanjske utjecaje koji su vjerojatni da će se pojaviti tokom izgradnje i uporabe, sa dovoljnim stupnjem pouzdanosti. Također, konstrukcija mora imati dovoljnu trajnost i postojanost da su troškovi održavanja minimalni.

- s dostatnom vjerojatnošću, konstrukcija će biti uporabljiva u svrhu za koju je predviđena

Ovi zahtjevi postižu se na slijedeće načine:

- ◆ Pravilnim odabirom materijala
- ◆ Pravilnim odabirom statičkog sustava i detalja
- ◆ Definiranjem postupaka kontrole za sve faze projektiranja i izvedbe.

GRANIČNA STANJA

◆ Granična stanja definirana su kao ona stanja prekoračenjem kojih konstrukcija više ne zadovoljava projektirane zahtjeve. Razlikujemo dvije osnovne grupe graničnih stanja:

◆ GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI

Odnosi se na ona stanja konstrukcije kada nastuparušenje ili takva oštećenja koja mogu dovesti do ugrožavanja života.

◆ GRANIČNA STANJA UPORABLJIVOSTI

Odnosi se na ona stanja kada konstrukcija više ne ispunjava projektirane uvjete, iako stabilnost i nosivost nisu ugroženi.

- ◆ Proračun prema graničnim stanjima prepoznaje da postoje neizbježne i stvarne varijacije u opterećenju, kvaliteti materijala, prikladnosti proračuna i načina izgradnje, što rezultira time da je nemoguće postići potpunu sigurnost u odnosu na sve moguće događaje.

Stoga su definirani “parcijalni koeficijenti sigurnosti” za svaki materijal posebno i za svaki tip opterećenja. Ovo omogućava postizanje što stvarnijeg modela konstrukcije.

VRSTE GRANIČNIH STANJA



GRANIČNA STANJA NOSIVOSTI (Ultimate Limit States – ULS)

Ova stanja su u vezi s rušenjem ili drugim oblicima otkazivanja nosivosti koji mogu ugroziti živote ljudi. Granična stanja nosivosti sadrže:

- gubitak ravnoteže konstrukcije ili jednog od njezinih dijelova promatranih kao kruta tijela
- otkazivanje, zbog prekomjernog deformiranja, preko sloma ili gubitka stabilnosti konstrukcije ili jednog njezinog dijela, uključujući ležajeve i temelje

GRANIČNA STANJA UPORABLJIVOSTI (Serviceability limit state - SLS)

GSU su ona stanja kod čijih prekoračenja više nisu ispunjeni propisani uvjeti uporabljivosti. Ona obuhvaćaju:

- deformiranja ili progibe koji utječu na izgled ili predviđenu uporabu konstrukcije (uključujući smetnje u pogonu na strojevima i uređajima) ili koja prouzrokuju štete na površini betona ili na nenosivim dijelovima
- vibracije koje izazivaju nelagodu kod ljudi, štete na građevini ili uređajima ili koje ograničavaju njenu funkcionalnost
- pukotine u betonu koje mogu utjecati na izgled, trajnost ili vodonepropusnost
- oštećenja betona zbog prekomjernog tlačnog naprezanja koje mogu dovesti do smanjenja trajnosti

NAČELO DVAJU VRIJEDNOSTI TEMELJNIH VARIJABLI

**SVE TEMELJNE VRIJEDNOSTI IMAJU DVIJE VELIČINE:
STATISTIČKU i RAČUNSKU**

STATISTIČKE VRIJEDNOSTI MOGU BITI:

- 1. KARAKTERISTIČNA VRIJEDNOST**
- 2. REPREZENTATIVNA VRIJEDNOST**

KARAKTERISTIČNA VRIJEDNOST OTPORNOSTI (oznaka sa indeksom k)
je vrijednost te otpornosti koja, S DOVOLJNO VELIKOM VJEROJATNOŠĆU
(srednja vrijednost i standardna devijacija), NEĆE BITI DOSEGNUTA.

KARAKTERISTIČNA VRIJEDNOST DJELOVANJA (oznaka sa indeksom k)
je vrijednost djelovanja koja, S DOVOLJNO VELIKOM VJEROJATNOŠĆU
(srednja vrijednost i standardna devijacija), NEĆE BITI PREKORAČENA.

REPREZENTATIVNA VRIJEDNOST DJELOVANJA (oznaka sa indeksom r)
je EMPIRIJSKA vrijednost djelovanja izražena u normama (gustoće, korisna
opterećenja i sl.)

**RAČUNSKE VELIČINE OZNAČAVAMO INDEKSOM (d).
DOBIJU SE TAKO SE:**

**a) KARAKTERISTIČNE VELIČINE OTPORNOSTI (f_k) PODIJELE S
PARCIJALNIM KOEFICIJENTOM SIGURNOSTI γ_m za Materijale.**

$$f_d = f_k / \gamma_m$$

**b) REPREZENTATIVNE VELIČINE DJELOVANJA (S_r) POMNOŽE S
PARCIJALNIM KOEFICIJENTOM SIGURNOSTI γ_F za djelovanja.**

$$S_d = S_r \cdot \gamma_F$$

METODA GRANIČNOG STANJA NOSIVOSTI

$$S_d \leq R_d$$

nadogradnja na prelomnu metodu s primjenom više parcijalnih koeficijenata sigurnosti γ_i kojima se intervenira na djelovanja i otpornost.

U ovoj metodi provode se 2 ODVOJENA PRORAČUNA

- a) Utvrđivanje računskog djelovanja S_d**
- b) Utvrđivanje računske otpornosti R_d**

KOEFICIJENTI SIGURNOSTI – PBAB 87

Djelovanje	Tip sloma	Nepovoljno djelovanje	Povoljno djelovanje
STALNO	D	1,6	1,0
OPT.	K	1,9	1,2
KORISNO	D	1,8	0
OPT.	K	2,1	0
SILA	D	1,3	1,0
PREDNAP.	K	1,5	1,0
UDESNO	D	1,3	-
OPT.	K	1,5	-

D = duktilni slom

K = kruti slom

KOEFICIJENT SIGURNOSTI U FUNKCIJI MEHANIZMA SLOMA:

- a) PREKO ČELIKA
- b) PREKO BETONA

KOMBINACIJA:G+Q+P (G DJELUJE NEPOVOLJNO)

$$S_U = 1,6G + 1,8Q + 1,3P \quad \text{slom preko čelika}$$

$$S_U = 1,9G + 2,1Q + 1,5P \quad \text{slom preko betona}$$

KOMBINACIJA:G+Q+P (G DJELUJE POVOLJNO)

$$S_U = G + 1,8Q + 1,3P \quad \text{slom preko čelika}$$

$$S_U = 1,2 G + 2,1Q + 1,5P \quad \text{slom preko betona}$$

PARCIJALNI KOEFICIJENTI SIGURNOSTI PREMA HRN ENV 1991-1

Za materijal:

$\gamma_c=1,50$ beton
 $\gamma_s=1,15$ čelik

Za djelovanje:

$\gamma_G=1,35$ beton
 $\gamma_Q=1,50$ čelik

Parcijalni koeficijenti sigurnosti za djelovanja koriste se u kombinacijama djelovanja, propisanim za određena granična stanja i određene proračunske situacije.

GRANIČNA STANJA NOSIVOSTI

Stalna ili prolazna	$S_d = S_d \left[\sum_j \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_Q \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_Q \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} + \gamma_p \cdot P_k \right]$
Izvanredna	$S_d = S_d \left[\sum_j \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \psi_{11} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + A_d + \gamma_p \cdot P_k \right]$
Seizmička	$S_d = S_d \left[\sum_j G_{k,j} + \gamma_I \cdot A_{Ed} + \sum_i \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + P_k \right]$

GRANIČNA STANJA UPORABLJIVOSTI

Karakteristična kombinacija

$$S_d = S_d \left[\sum_j G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} + P_k \right]$$

Česta kombinacija

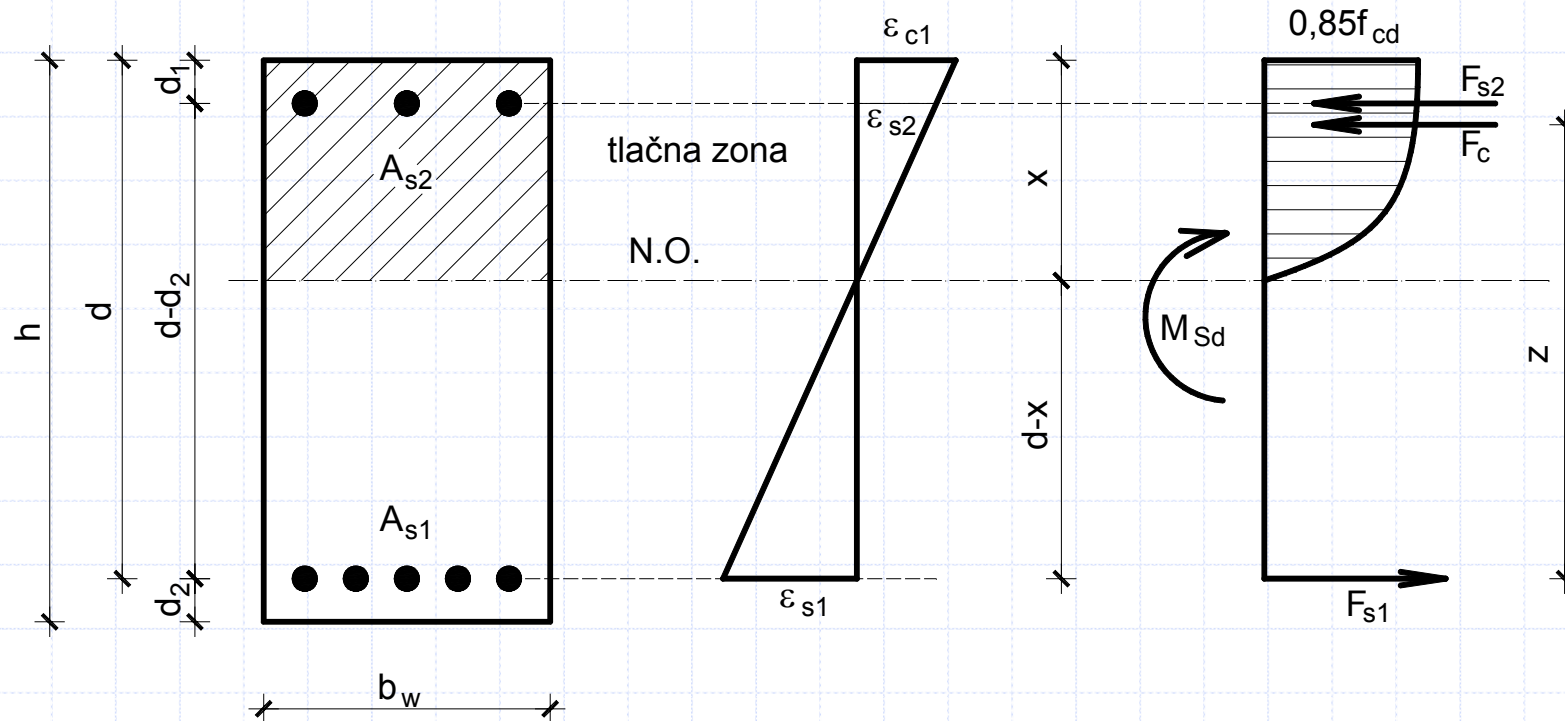
$$S_d = S_d \left[\sum_j G_{k,j} + \psi_{11} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + P_k \right]$$

Nazovistalna kombinacija

$$S_d = S_d \left[\sum_j G_{k,j} + \gamma_I \cdot A_{Ed} + \sum_i \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + P_k \right]$$

Promjenjivo djelovanje	U kombinaciji	Česta vrijednost	Nazovist. Vrijednost
	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Uporabna opterećenja u zgradama			
Stambene prostorije	0,7	0,5	0,3
Uredi	0,7	0,5	0,3
Prostorije za veće skupove	0,7	0,7	0,6
Trgovine	0,7	0,7	0,6
Skladišta	1,0	0,9	0,8
Prometna opterećenja u zgradama			
Vozila težine < 30 kN	0,7	0,7	0,6
Vozila težine < 160 kN	0,7	0,5	0,3
Krovovi	0,0	0,0	0,0
Opterećenje vjetrom	0,6	0,5	0,0
Opterećenje snijegom	0,6	0,2	0,0
Temperatura	0,6	0,5	0,0

OZNAKE



A_{s1}	Površina vlačne armature
A_{s2}	Površina tlačne armature
d	Statička visina
d_1	Udaljenost težišta vlačne armature do vlačnog ruba
d_2	Udaljenost težišta tlačne armature do tlačnog ruba
$\xi = x / d$	Koeficijent položaja neutralne osi
$\zeta = z / d$	Koeficijent kraka unutarnjih sila

TLAČNA ČVRSTOĆA BETONA f_c

KLASIFIKACIJA

PBAB87: MB 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60

EC2: C 12/15; 16/20; 20/25; 25/30; 30/37; 35/45; 40/50; 45/55; 50/60

PROBNA TIJELA:

PBAB87: KOCKA 20cm

EC2: VALJAK 15/30 / KOCKA 15cm

VEZA NAVEDENIH VRIJEDNOSTI $f_{c, kocka 20} / f_{c i}$

	KOCKA 20	KOCKA 15	VALJAK 15/30	VALJAK 10/10	PRIZMA 12/12/36	PRIZMA 20/20/60
	1,0	0,95	1,20	1,02	1,25	1,25
MB30	30	32	25	29	24	24

SAVIJANJE

Postupak dimenzioniranja na djelovanje momenta savijanja započinje određivanjem materijalnih karakteristika te računskih djelovanja:

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

- računski tlačna čvrstoća betona

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

- računski granica popuštanja čelika za armiranje

$$M_{sd} = M_G \cdot \gamma_G + M_Q \cdot \gamma_Q$$

- računski moment savijanja (osnovna kombinacija)

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Sd}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

μ_{Sd} se uspoređuje s limitiranim bezdimenzijskim koeficijentom da bi se utvrdilo da li je potrebno dvostruko armiranje (slično kao u PBAB87). Ukoliko je $\mu_{Sd} < \mu_{Rd,lim}$ dovoljno je jednostruko armiranje samo u vlačnoj zoni, u suprotnom, mora se predvidjeti tlačna armatura. Bezdimenzijski koeficijent $\mu_{Rd,lim}$ ovisi o kvaliteti čelika i zahtijevanoj duktilnosti presjeka:

	GA 240/360	RA 400/500	B 500/550
$\varepsilon_{s1,lim}$	1,04	1,74	2,17
ξ_{lim}	0,771	0,668	0,617
ζ_{lim}	0,679	0,722	0,744
$\mu_{Rd,lim}$	0,360	0,332	0,316

* Vrijednosti za dostatno duktilni presjek

Jednostruko armiranje

$$\mu_{Sd} < \mu_{Rd,lim} \Rightarrow$$

Iz tablica se odabiru deformacije betona i armature te odgovarajuće vrijednosti Koeficijenata položaja neutralne osi i kraka unutarnjih sila: ε_{c1} , ε_{s2} , ξ , ζ

Potrebna površina vlačne armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Sd}}{z \cdot f_{yd}} = \frac{M_{Sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$$

Dvostruko armiranje

$$\mu_{Sd} > \mu_{Rd,lim} \Rightarrow$$

Iz tablica se odabiru limitirajuće vrijednosti, u ovisnosti o kvaliteti čelika i zahtijevanoj duktilnosti: $\mu_{Rd,lim}$, ξ_{lim} , ζ_{lim}

Potrebna površina vlačne armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Rd,lim}}{\zeta_{lim} \cdot d \cdot f_{yd}} + \frac{M_{Sd} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot f_{yd}}$$

Potrebna površina tlačne armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Sd} - M_{Rd,lim}}{(d - d_2) \cdot \sigma_{s2}}$$

Gdje je:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Rd,lim} \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}$$

granični moment savijanja

$$\sigma_{s2} = -\varepsilon_{s2} \cdot E_s \leq f_{yd}$$

naprezanje u tlačnoj armaturi

$$\varepsilon_{s2} = -3,5 \cdot \frac{\xi_{lim} - (d_2 / d)}{\xi_{lim}}$$

deformacija tlačne armature

POPREČNA SILA

Standardna metoda: poprečna sila preuzima se preko dva mehanizma

- tlačnom zonom betona, uzdužnom armaturom i uklinjavanjem betona u kosoj pukotini (doprinos betona)

- sponama

$$V_{sd} = V_G \cdot \gamma_G + V_Q \cdot \gamma_Q \quad - \quad \text{računska poprečna sila}$$

$$V_{sd} = V_{cd} + V_{wd} \quad - \quad \text{uvjet ravnoteže}$$



dio poprečne sile koju preuzimaju spona



dio poprečne sile koju preuzima beton

$$V_{cd} = V_{Rd1} = \left[\tau_{Rd} \cdot k \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho_1) + 0,15 \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d$$

V_{Rd1}	Nosivost presjeka bez poprečne armature
τ_{Rd}	Računska čvrstoća
k	Koeficijent visine presjeka $k = 1,6 - d \geq 1$ (d u [m])
ρ_1	Koef. armiranja uzdužnom arm. $\rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d) \leq 0,02$
σ_{cp}	Središnje naprezanje $\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_c$
b_w	Širina presjeka
d	Statička visina

$f_{ck} / f_{ck,cube}$	12/15	16/20	20/25	25/30	30/37	35/45	40/50	45/55	50/60
τ_{Rd}	0,18	0,22	0,26	0,30	0,34	0,37	0,41	0,44	0,48

Računska čvrstoća betona na djelovanje glavnih kosih naprezanja [N/mm²]

U presjecima mora biti zadovoljena nosivost preko tlačnih štapova
Morschove rešetke:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd2} = 0,5 \cdot \nu \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z$$

V_{Rd2}	Nosivost tlačnih štapova
ν	Faktor redukcije tl. čvrstoće $\nu = 0,7 - f_{ck} / 200 \geq 0,5$
f_{cd}	Računska tlačna čvrstoća
z	Krak unutarnjih sila $z \approx 0,9 \cdot d$

Ukoliko u presjeku djeluje uzdužna sila, nosivost tlačnih štapova mora se reducirati izrazom:

$$V_{Rd2,red} = 1,67 \cdot V_{Rd2} \left(1 - \sigma_{cp,eff} / f_{cd} \right) \leq V_{Rd2}$$

Gdje je:

$$\sigma_{cp,eff} = (N_{Sd} - f_{yk} \cdot A_{s2} / \gamma_s) / A_c$$