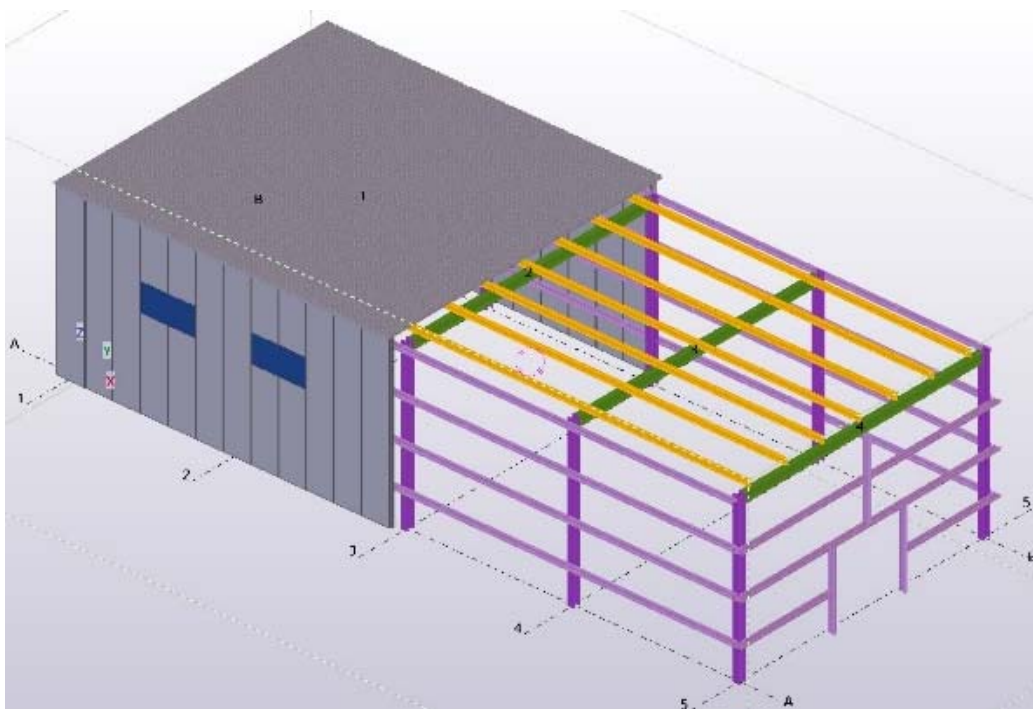
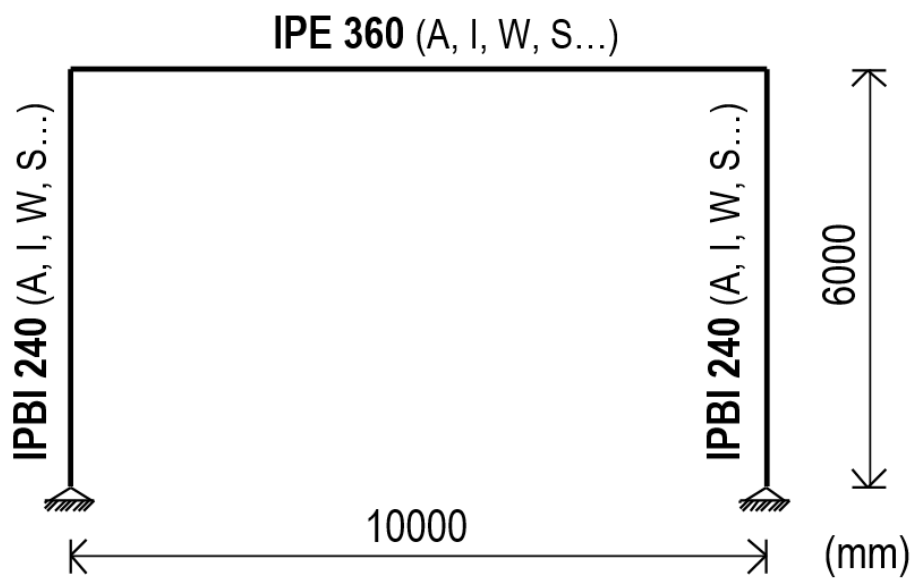


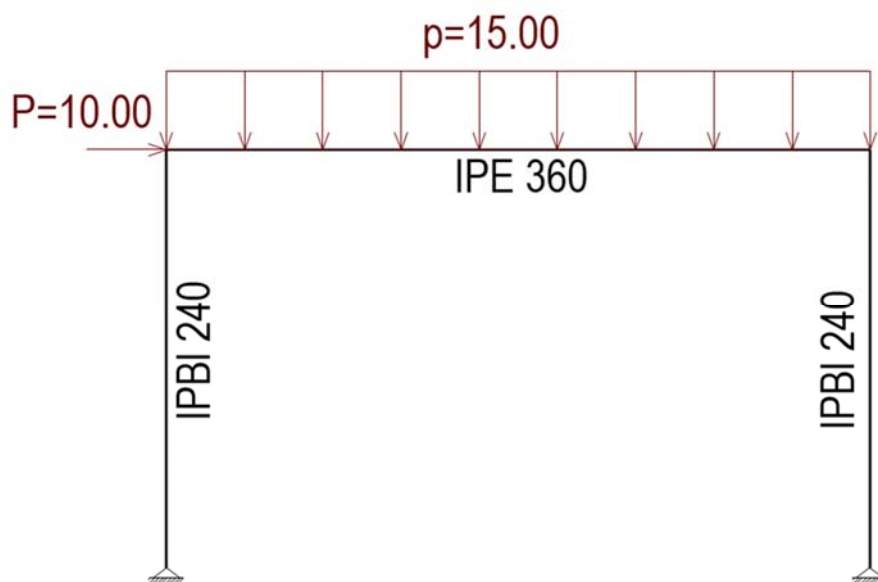
## PROCES PROJEKTOVANJA KONSTRUKCIJA

- Projektovanje konstrukcije podrazumijeva zadovoljavanje kriterijuma nosivosti (sigurnosti), funkcionalnosti i trajnosti.
- Kriterijum nosivosti podrazumijeva izbor konstruktivnih elemenata koji treba da izdrže sva opterećenja koja se mogu desiti u toku životnog vijeka konstrukcije.
- Kriterijum funkcionalnosti podrazumijeva projektovanje upotrebljivog objekta kod koga je obezbijeđen komfor ljudi, u kome korisnici neće osjećati strah ili neprijatnost. Najčešće se ovaj kriterijum obezbijeduje ograničavanjem deformacija ili frekvencija oscilovanja konstrukcije.
- Trajnost konstruktivnog sistema zavisi od pravilnog izbora materijala, pravilnog oblikovanja, ugradnje i održavanja.
- Pojednostavićemo postupak projektovanja kroz sljedeći primjer:

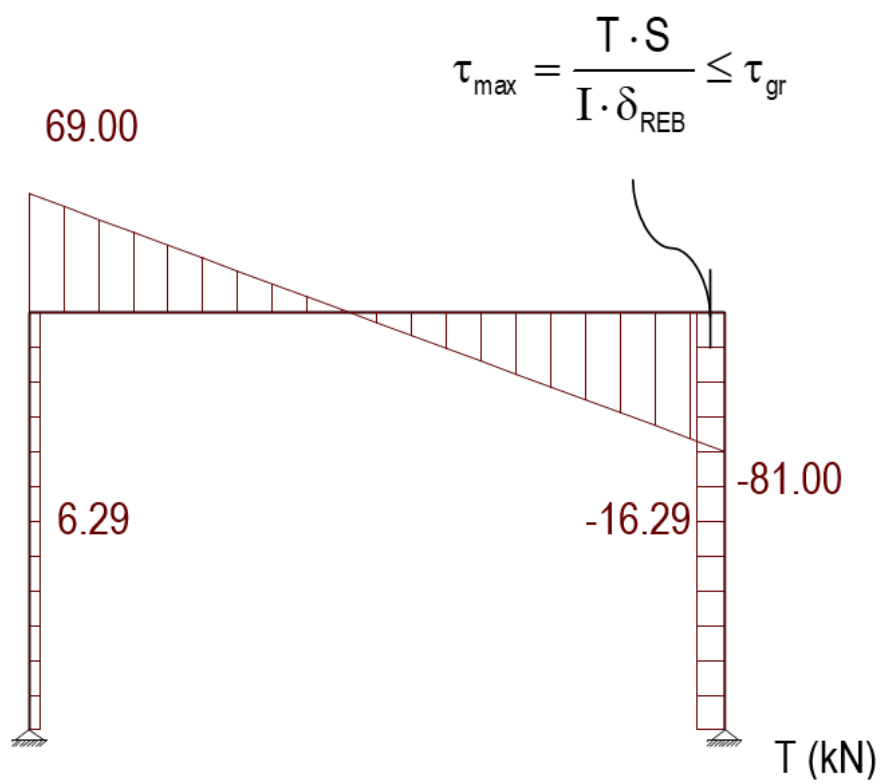
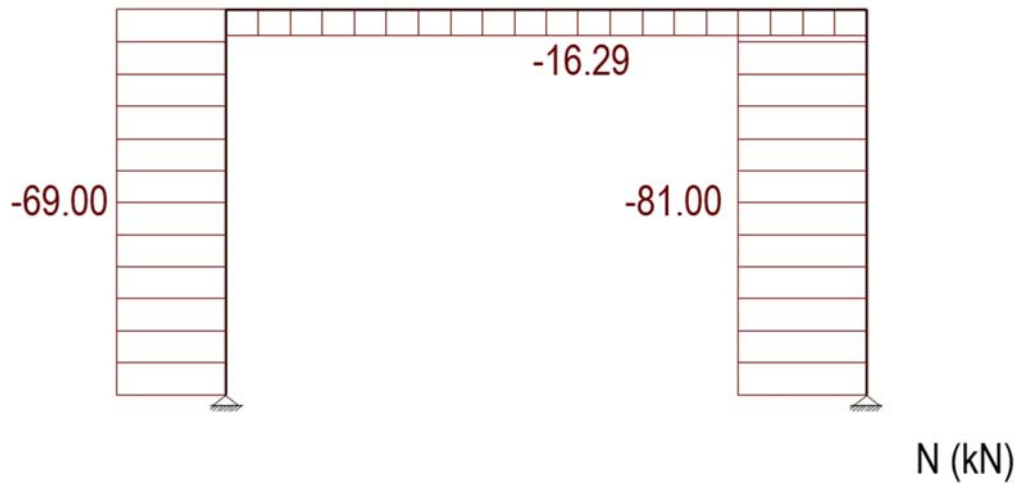


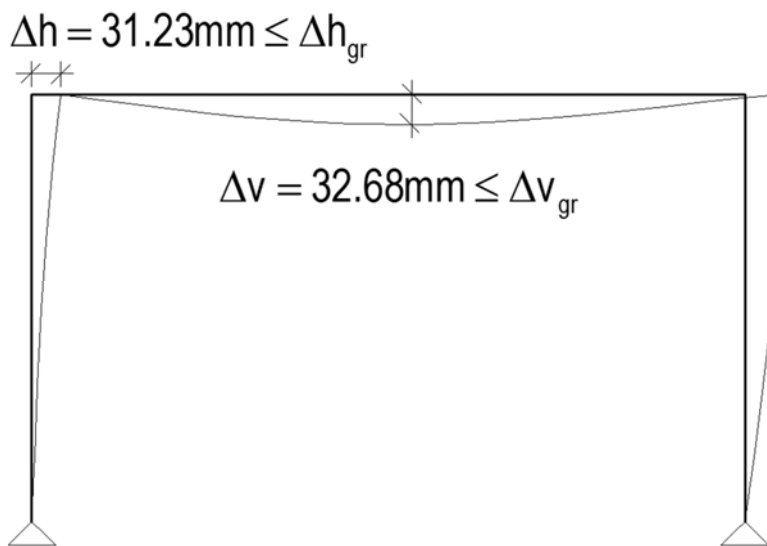
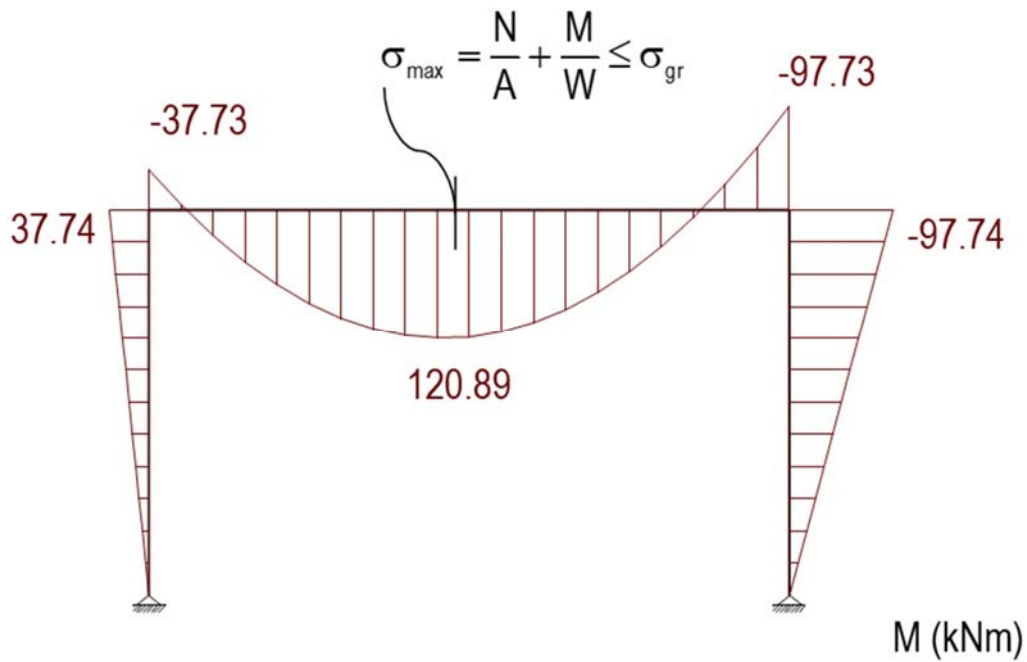


GEOMETRIJA ČELIČNOG RAMA I STATIČKI SISTEM



OPTEREĆENJA





POMJERANJA

- Konstruktivne elemente treba tako odabrati (u prethodnom primjeru IPBI 240 i IPE 360 - dvije vrste I profila), da najveća naprezanja - najveći normalni napon i najveći smičući napon, budu manji od nekog graničnog naprezanja. Takođe i najveće deformacije treba da bude manje od neke granične deformacije. Ovo je veoma pojednostavljena predstava projektovanja konstruktivnih elemenata, ali je zgodna da se prikaže suština i srž projektovanja.
  
- Projektovanje konstrukcije sastoji se od sljedećih faza:
  1. koncipiranje konstrukcije - postavljanje konstruktivnog sistema;
  2. analiza opterećenja;
  3. statičko i po potrebi dinamičko modeliranje konstruktivnog sklopa; proračun statičko-deformacijskih uticaja i po potrebi dinamičkih karakteristika sistema;
  4. dimenzionisanje elemenata konstrukcije;
  5. proračun veza;
  6. proračun temeljne konstrukcije;
  7. izrada grafičke dokumentacije čelične konstrukcije (crteža za izvođenje i montažu).
  
- Projektovanje, u današnjem smislu riječi, nije postojalo do kraja IXX vijeka.

## EUROKODOVI ZA ČELIČNE KONSTRUKCIJE

- Eurokodovi su zajednički standardi zemalja Evropske Unije za projektovanje građevinskih konstrukcija.
- Eurokodove sačinjava 10 dijelova, sa 58 posebnih dijelova.

EN 1990 Eurokod 0: Osnove projektovanja konstrukcija

EN 1991 Eurokod 1: Dejstva na konstrukcije

EN 1992 Eurokod 2: Projektovanje betonskih konstrukcija

EN 1993 Eurokod 3: Projektovanje čeličnih konstrukcija

EN 1994 Eurokod 4: Projektovanje spregnutih konstrukcija od čelika i betona

EN 1995 Eurokod 5: Projektovanje drvenih konstrukcija

EN 1996 Eurokod 6: Projektovanje zidanih konstrukcija

EN 1997 Eurokod 7: Geotehničko projektovanje

EN 1998 Eurokod 8: Projektovanje seizmički otpornih konstrukcija

EN 1999 Eurokod 9: Projektovanje aluminijumskih konstrukcija

- Ukupno oko 5000 strana i 1281 nacionalno određeni parametar.
- Eurokod definiše odredbe u kojima je dopušten nacionalni izbor određenih parametara.
- Ovi parametri - NOP nacionalno određeni parametri, treba da se definišu u odgovarajućim Nacionalnim aneksima pojedinih zemalja.

- Eurokod 3 ili EN 1993 obrađuje projektovanje čeličnih konstrukcija. Sadrži šest pod dijelova koji su dodatno podijeljeni u još 20 posebnih dijelova sa 1281 stranom i 377 NOP-a.

EN 1993-1-1: Eurokod 3 - Dio 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade

EN 1993-1-2: Eurokod 3 - Dio 1-2: Projektovanje konstrukcija na dejstvo požara

EN1993-1-3: Eurokod 3 - Dio 1-3: Dodatna pravila za hladno oblikovane elemente i limove

EN1993-1-4: Eurokod 3 - Dio 1-4: Dodatna pravila za nerđajuće čelike

EN1993-1-5: Eurokod 3 - Dio 1-5: Puni limeni elementi

EN1993-1-6: Eurokod 3 - Dio 1-6: Čvrstoća i stabilnost ljski

EN1993-1-7: Eurokod 3 - Dio 1-7: Pune limene konstrukcije opterećene van ravni

EN 1993-1-8: Eurokod 3 - Dio 1-8: Projektovanje veza

EN 1993-1-9: Eurokod 3 - Dio 1-9: Zamor

EN 1993-1-10: Eurokod 3 - Dio 1-10: Žilavost materijala i svojstva po debljini

EN1993-1-11: Eurokod 3 - Dio 1-11: Projektovanje konstrukcija sa zategnutim komponentama

EN1993-1-12: Eurokod 3 - Dio 1-12: Dodatna pravila za proširenje primjene EN 1993 na vrste čelika do S 700

EN1993-2: Eurokod 3 - Dio 2: Čelični mostovi

EN1993-3-1: Eurokod 3 - Dio 3-1: Tornjevi, jarboli i dimnjaci - Tornjevi i jarboli

EN1993-3-2: Eurokod 3 - Dio 3-2: Tornjevi, jarboli i dimnjaci - Dimnjaci

EN1993-4-1: Eurokod 3 - Dio 4-1: Silosi

EN1993-4-2: Eurokod 3 - Dio 4-2: Rezervoari

EN1993-4-3: Eurokod 3 - Dio 4-3: Cjevovodi

EN1993-5: Eurokod 3 - Dio 5: Šipovi

EN1993-6: Eurokod 3 - Dio 6: Konstrukcije za nošenje kranova

- U ovom predmetu uglavnom ćemo se baviti osnovnim eurokodom EN 1993-1-1: Eurokod 3 - Dio 1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade, u kome su obrađene osnovne odredbe o projektovanju elemenata čeličnih konstrukcija.
- U EN 1993-1-1 standardu ima ukupno 27 odredbi u kojima se dopušta nacionalni izbor!
- Pored ovog osnovnog standarda koristićemo u manjem obimu i potrebne odredbe iz standarda:

EN 1990 Eurokod 0: Osnove projektovanja konstrukcija

EN 1993-1-10: Eurokod 3 - Dio 1-10: Žilavost materijala i svojstva po debljini

- U narednom semetru, u predmetu Čelične konstrukcije II, u većem ili manjem obimu, obradićemo dijelove:

EN1993-1-5: Eurokod 3 - Dio 1-5: Puni limeni elementi

EN 1993-1-8: Eurokod 3 - Dio 1-8: Projektovanje veza

- U svakoj državi originalni dokumenti Eurokodova treba da se uvedu preko nacionalnog tijela zaduženog za standardizaciju. U Crnoj Gori, to je Institut za standardizaciju CG.
- Svi Eurokodovi u Crnoj Gori imaju prefiks MEST. Recimo:  
MEST EN 1993-1-1: Opšta pravila i pravila za zgrade



## PROJEKTOVANJE PREMA GRANIČNIM STANJIMA

- MEST EN 1990: Osnove projektovanja konstrukcija, može se smatrati suštinskim dokumentom Eurokodova za konstrukcije jer se u njemu uspostavljaju principi i zahtjevi za sigurnost, upotrebljivost i trajnost konstrukcija.
- Eurokodovi za konstrukcije su zasnovani na projektovanju prema graničnim stanjima. MEST EN 1990 definiše granično stanje kao "stanje nakon koga konstrukcija nije više u stanju da ispuni relevantne kriterijume projektovanja".
- Projektovanje prema graničnim stanjima obezbjeđuje sigurnost konstrukcije od loma, tako što osigurava da neće biti prekoračene **proračunske vrijednosti** kada se analiziraju opterećenja, materijal (čelik), geometrijske karakteristike profila i geotehnički parametri.
- **Proračunske vrijednosti** se dobijaju množenjem **karakterističnih vrijednosti** opterećenja i geometrijskih karakteristika sa parcijalnim faktorima.
- U postupku projektovanja razmatraju se dva granična stanja: granično stanje nosivosti i granično stanje upotrebljivosti.

### GRANIČNO STANJE NOSIVOSTI

- Granično stanje nosivosti (ULS) je povezano sa lomom pojedinog konstruktivnog elementa ili konstrukcije u cjelini. Proračunske provjere koje su povezane sa sigurnošću ljudi u i oko konstrukcije su provjere graničnih stanja nosivosti.
- Granična stanja nosivosti koja treba provjeriti su:
  - gubitak ravnoteže konstrukcije u cijelini ili pojedinog elementa (EQU);
  - lom konstrukcije ili pojedinog elementa (STR) i
  - lom oslonca ili temelja (GEO).

## GRANIČNO STANJE UPOTREBLJIVOSTI

- Granično stanje upotrebljivosti razmatra funkcionalnost konstrukcije u uslovima normalne upotrebe, komfor ljudi koji koriste konstrukciju, tj. objekat i izgled konstrukcije.
- Kriterijumi koji se razmatraju kod provjere graničnog stanja upotrebljivosti su:
  - ugibi ili pomjeranja koji utiču na izgled konstrukcije, komfor korisnika i funkcionalnost objekta;
  - vibracije koje utiču na neudobnost kod korišćenja konstrukcije i koje mogu uticati da se smanji funkcionalnost konstrukcije, tj. objekta;
  - oštećenja koja mogu uticati na izgled objekta ili trajnost.
- Eurokod ne daje ograničenja u pogledu graničnog stanja upotrebljivosti. Daje se mogućnost da investitor odredi uslove ili da se kroz Nacionalni Aneks daju određena ograničenja.
- U MEST EN 1993-1-1 NA, daju se sljedeća ograničenja za vertikalne ugibe:

Konstrukcija	$w_{max}$
Glavni nosači:	
- krovova	$L/300$
- međuspratnih tavanica	$L/500$
Konzola	$L/180$
Rožnjače	$L/200$
Trapezasti lim uslijed sviježeg betona	$L/300$
$L$ je raspon elemenata	

- U MEST EN 1993-1-1 NA, daju se sljedeća ograničenja za horizontalna pomjeranja zgrada:

Vrsta objekta	Dopušteno horizontalno pomjeranje vrha objekta (stuba)
Prizemne hale bez kranskih nosača*	$H/150$
Višespratne zgrade: - relativna spratna pomjeranja ( $u_i = h_i - h_{i-1}$ ) - pomjeranja vrha zgrade	$H_i/300$  $H/500$
* Za hale sa kranskim nosačima, vidjeti EN 1993-6 i njegov nacionalni aneks. $H$ visina vrha objekta (visina zadnjeg korisnog sprata) $H_i$ međuspratna visina $i$ – tog sprata NAPOMENA Definicija horizontalnih pomjeranja je u skladu sa Aneksom A u EN 1990. Proračunske vrijednosti pomjeranja treba da se odrede na osnovu karakteristične kombinacije dejstava (vidjeti EN 1990). U slučaju seizmičkih dejstava, za ograničenja horizontalnih pomjeranja vidjeti EN 1998-1.	

- U MEST EN 1990 NA, daju se iskustvene vrijednosti za prihvatljive sopstvene frekvencije konstrukcije zgrada (tavanica) i ograničenja ubrzanja:

Namjena objekta	Obično zadovoljavajuće ponašanje	Često nezadovoljavajuće ponašanje	Ograničenje vertikalnih ubrzanja (u % od g)
Sportske dvorane, javni prostori	$n_e > 10$ Hz	$n_e < 6$ Hz	1.0%
Stambene zgrade	$n_e > 8$ Hz	$n_e < 5$ Hz	0.1%
Poslovne zgrade	$n_e > 8$ Hz	$n_e < 5$ Hz	0.2%

## KOMBINACIJE UTICAJA

- Svaki konstruktivni element treba da se proračuna na kritični slučaj opterećenja, dobijen kombinacijom opterećenja koja se mogu pojaviti istovremeno.
- Kombinacija uticaja od opterećenja treba da se zasniva na:
  - proračunskoj vrijednosti od stalnog opterećenja;
  - proračunskoj vrijednosti glavnog povremenog opterećenja i
  - proračunskoj vrijednosti kombinacije pridruženih povremenih opterećenja.
- Stalno opterećenje je sopstvena težina konstrukcije i sva opterećenja stalnog karaktera, kao što je težina podova, asfalt na drumskim mostovima itd. Povremena opterećenja su težina snijega na krovu, sile vjetrova itd.
- Za granično stanje nosivosti daje se sljedeći izraz za kombinaciju opterećenja:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} \text{ "+" } \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Za granično stanje upotrebljivosti daje se sljedeći izraz za kombinaciju opterećenja:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \text{ "+" } Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Gdje su:

$G_{k,j}$  karakteristična vrijednost stalnog opterećenja

$Q_{k,1}$  karakteristična vrijednost glavnog povremenog opterećenja

$Q_{k,i}$  karakteristična vrijednost pridruženog povremenog opterećenja

$\gamma_{G,j}$  parcijalni faktor stalnog opterećenja (najčešće 1.35)

$\gamma_{Q,1}$   $\gamma_{Q,i}$  parcijalni faktori povremenog opterećenja (najčešće 1.50)

$\psi_{0,i}$  faktor kombinacije opterećenja (manji od 1.00)

- U MEST EN 1990 NA, daju se detaljniji podaci o vrijednostima parcijalnih faktora i faktora kombinacije opterećenja.

## **PREDAVANJE 02**

### **Pitanja:**

1. Projektovanje podrazumjeva zadovoljavanje koja tri kriterijuma?
2. Koji eurokod obrađuje projektovanje čeličnih konstrukcija?
3. U kom eurokodu se obrađuju opšta pravila i pravila za zgrade izvedene od čelika?
4. Kako se od karakterističnih vrijednosti dejstava dobijaju proračunske vrijednosti dejstava?
5. Koja granična stanja nosivosti treba provjeriti?
6. Što se podrazumijeva pod provjerom graničnog stanja upotrebljivosti?