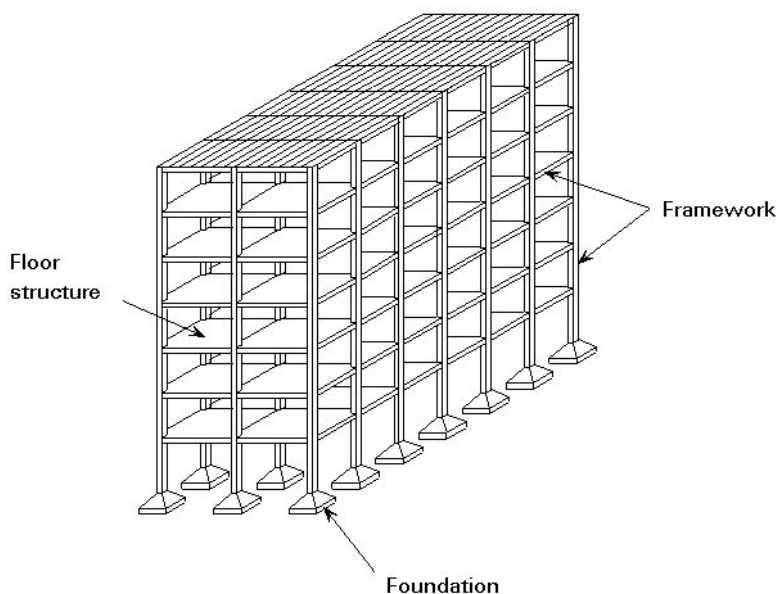


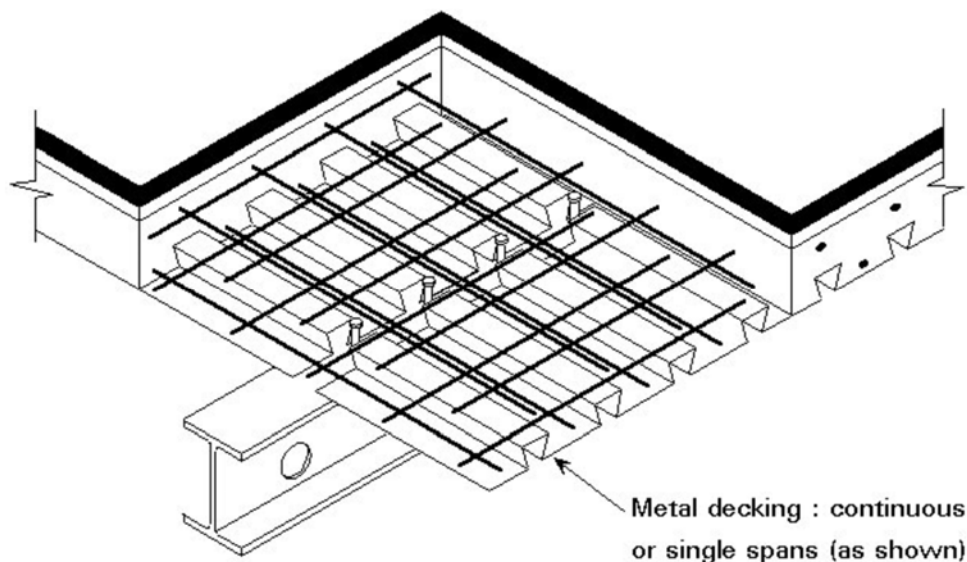
## VIŠESPRATNI RAMOVI

### OSNOVNI ELEMENTI SPRATNIH ZGRADA

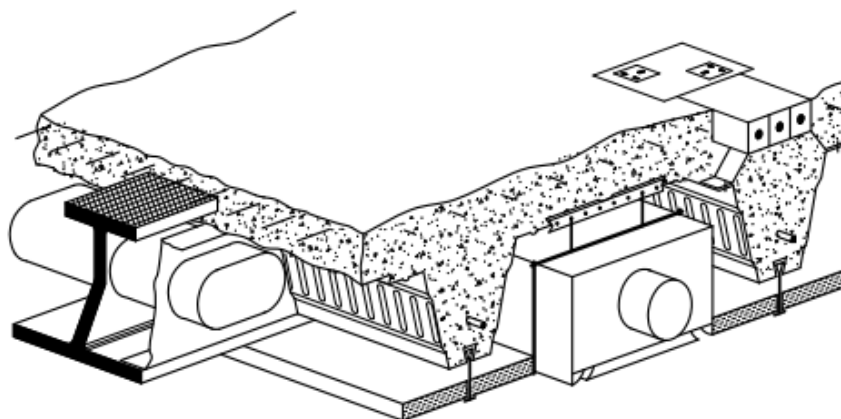
- Kod industrijskih hala glavni nosači su uglavnom jednospratni sistemi. Međutim, u slučaju višespratnih zgrada, za nošenje međuspratnih konstrukcija, potrebno je formirati ramove sa riglama za nošenje spratova. Osnovni elementi, prema tome, jedne višespratne zgrade su višespratni ramovi, međuspratna konstrukcija i temelji.



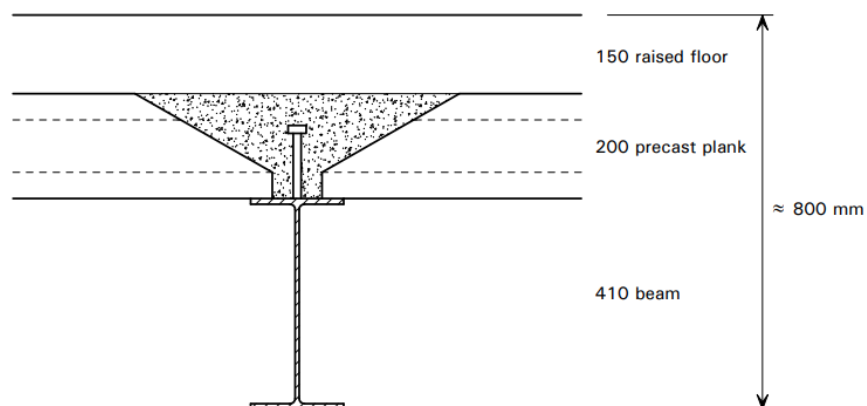
- Međuspratne konstrukcije se, najčešće, projektuju kao spregnute tavanice, zatim kao tanke ploče ili pomoću prefabrikovanih betonskih elemenata.
- Spregnuti presjek međuspratne ploče se sastoji od trapezastog čeličnog lima sa donje strane i armiranog betona sa gornje. Trapezasti čelični lim je ujedno i oplata spratne ploče (služi da se preko njega izlije svježi beton i treba da izdrži težinu svježeg betona) i noseći dio spregnutog presjeka (nakon očvršćavanja betona). Na sljedećem crtežu se vidi karakteristični presjek jedne spregnute međuspratne ploče.



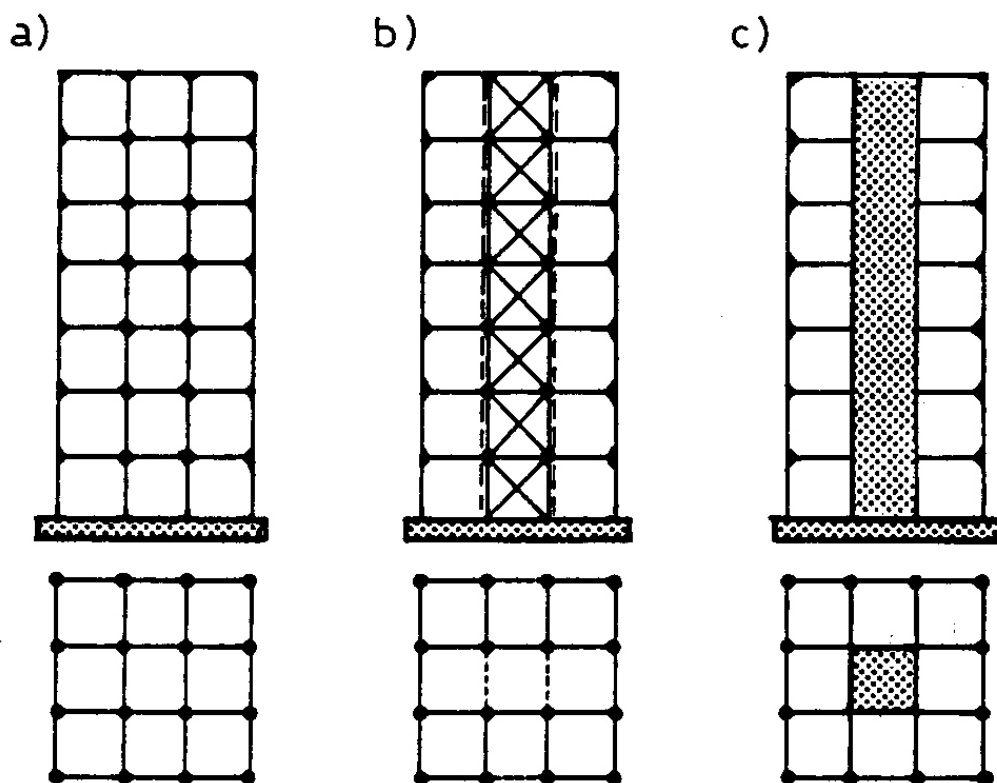
- Tanke ploče (slimdek), su takođe spregnute ploče od čelika i betona. Trapezasti lim se oslanja na donji pojas spratne rigle. U ovom slučaju i spratna rigla ostaje ubetonirana. Na sljedećem crtežu, prikazan je sistem tanke ploče sa integrisanim servisnim instalacijama.



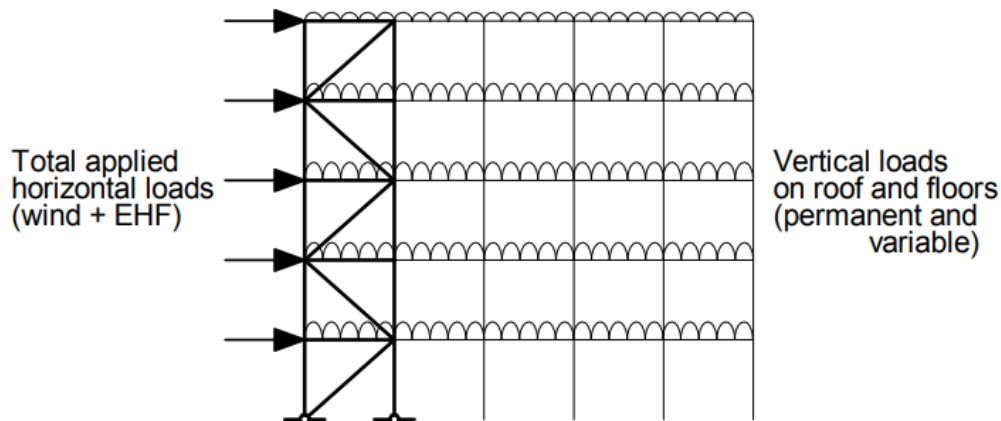
- Prefabrikovani betonski elementi su armirane ploče napravljene od lakih betona. Ovi elementi su osnovni noseći elementi za spratne terete. Svoje opterećenje prenose na spratne rigle, na koje se oslanjaju. Na sljedećoj skici prikazan je sistem čelične rigle i prefabrikovane betonske ploče.



- Vertikalno opterećenje se, preko međuspratnih ploča, povjerava višespratnim ramovima. Horizontalno opterećenje se može povjeriti ramovima, u slučaju nižih zgrada, a mogu se projektovati vertikalni spregovi ili armirano betonska jezgra, za slučaj viših spratnih zgrada. Na sljedećoj skici, ramovi bez ukrućenja su prikazana na skici a), sa vertikalnim čeličnim spregovima na skici b) i na kraju sa ab jezgrom na skici c).



- Horizontalna dejstva su sile vjetra i ekvivalentne horizontalne sile, usljed imperfekcija i uticaja drugog reda (sljedeći crtež). Kod višespratnih čeličnih zgrada seizmičke sile su veoma rijetko mjerodavne za dimenzionisanje. Razlog leži u dinamičkim karakteristikama čeličnih ramova, posebno u slučaju veoma visokih zgrada.



- Kada su razmatrani glavni nosači hala (ramovi), bilo je riječi o dodatnim horizontalnim silama, nazvanim "ekvivalentne horizontalne sile" (EHF), koje su posljedica imperfekcija i uticaja drugog reda. U nastavku će se dati napomene specifične za višespratne ramove. Određeni pojmovi će biti ponovljeni da bi se dobila cjelovita slika o dodatnom horizontalnom opterećenju.

## **EHF ZA VIŠESPRATNE RAMOVE**

### *Uticaji deformisane geometrije konstrukcije*

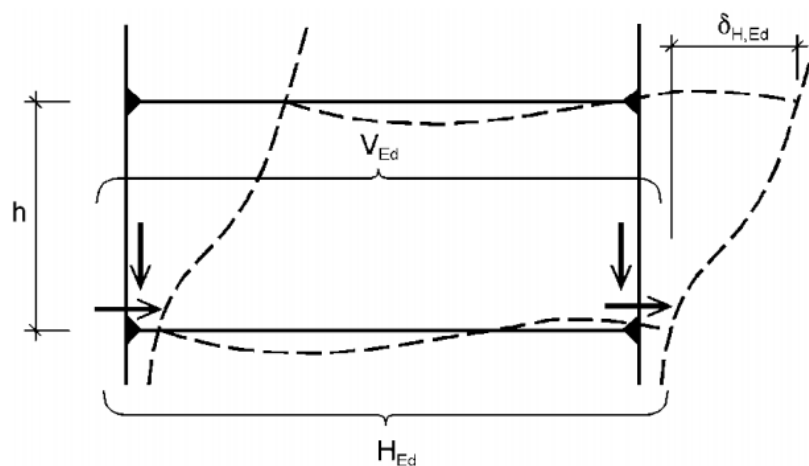
- Kao što je već rečeno, analiza prvog reda može da se koristi za konstrukcije, ako povećanje relevantnih unutrašnjih sila i momenata ili druge promjene u ponašanju konstrukcije izazvane deformacijama mogu da se zanemare. Može se smatrati da je ovaj uslov ispunjen, ako je zadovoljen sljedeći kriterijum:

$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} \geq 10 \text{ za elastičnu analizu}$$

$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} \geq 15 \text{ za plastičnu analizu}$$

- Pojednostavljenje se uvodi za portalne ramove sa blagim nagibom krova i ravanske ramove tipa greda-i-stub u zgradama. U ovim slučajevima može da se koristi teorija prvog reda, ukoliko je prethodni kriterijum zadovoljen za svaki sprat. Pod uslovom da aksijalni pritisak u gredama ili krovnim riglama nije značajan, kod ovakvih konstrukcija  $\alpha_{cr}$  treba da se odredi korišćenjem sljedećeg približnog izraza (za detaljnije objašnjenje treba pogledati Predavanje 09):

$$\alpha_{cr} = \left( \frac{H_{Ed}}{V_{Ed}} \right) \left( \frac{h}{\delta_{H,Ed}} \right)$$



- Smatra se da je aksijalni pritisak u gredama ili krovnim riglama značajan ako je:

$$\bar{\lambda} \geq 0,3 \sqrt{\frac{A f_y}{N_{Ed}}}$$

### *Konstruktivska stabilnost ramova*

- Ako prethodni uslov za  $\alpha_{cr}$  nije zadovoljen, provjeru stabilnosti ramova ili njihovih dijelova treba sprovesti vodeći računa o imperfekcijama i uticajima drugog reda.
- Za višespratne ramove uticaji bočnog pomjeranja drugog reda mogu da se sračunaju uvećanjem horizontalnih opterećenja  $H_{Ed}$  (npr. vjetra) i ekvivalentnih opterećenja  $V_{Ed}$   $\phi$  usljed imperfekcija (vidjeti u nastavku) i drugih mogućih bočnih uticaja, faktorom:

$$\frac{1}{1 - \frac{1}{\alpha_{cr}}}$$

pod uslovom:

- da je  $\alpha_{cr} \geq 3.0$ ;
  - da svi spratovi imaju sličnu raspodjelu vertikalnih opterećenja;
  - da svi spratovi imaju sličnu raspodjelu horizontalnih opterećenja i
  - da svi spratovi imaju sličnu raspodjelu krutosti rama.
- Kada je  $\alpha_{cr} < 3.0$ , primjenjuje se tačnija analiza drugog reda.

### *Imperfekcije za globalnu analizu ramova*

- Pri analizi konstrukcije treba preduzeti odgovarajuće mjere da bi se obuhvatili uticaji imperfekcija neopterećene konstrukcije, uključujući zaostale napone i geometrijske imperfekcije, kao što su odstupanje od vertikalnosti, odstupanje od pravca, odstupanje od ravnosti, greške pri izradi i ekscentričnosti u vezama.
- Pretpostavljen oblik globalne imperfekcije može da se odredi na osnovu elastičnog oblika izvijanja konstrukcije u ravni razmatranog izvijanja.
- Za ramove osjetljive na bočno pomjerljiv oblik izvijanja, uticaje imperfekcija treba uračunati pri analizi ramova pomoću ekvivalentne imperfekcije u obliku početne imperfekcije zakošenja. Početne globalne imperfekcije zakošenja (sljedeći crtež) mogu da se odrede na sljedeći način:

$$\phi = \phi_0 \alpha_h \alpha_m$$

gdje je:

$\phi_0$  osnovna vrijednost:  $\phi_0 = 1/200$ ;

$\alpha_h$  faktor redukcije za visinu  $h$  koji se primjenjuje za stubove:

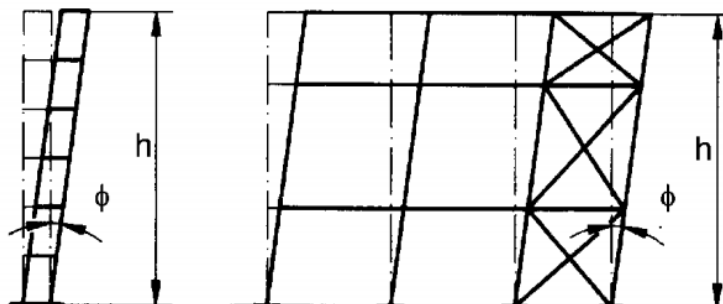
$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} \text{ ali } \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1,0$$

$h$  visina konstrukcije u metrima;

$\alpha_m$  faktor redukcije za broj stubova u redu:

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m}\right)}$$

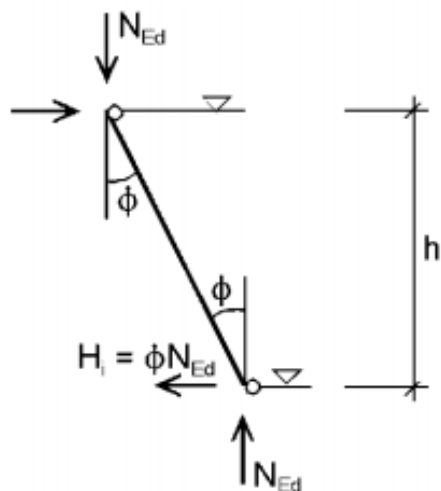
$m$  broj stubova u redu uključujući samo one stubove koji nose vertikalno opterećenje  $N_{Ed}$  ne manje od 50% prosječne vrijednosti po stubu u vertikalnoj ravni koja se razmatra.



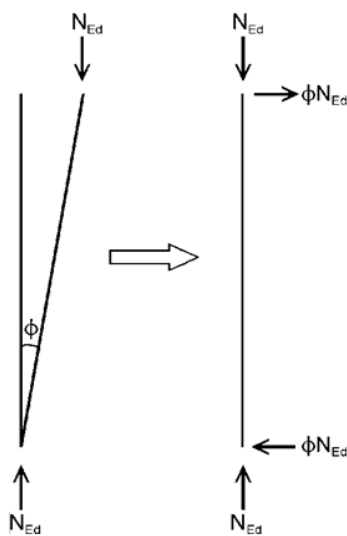
- Za ramovske sisteme zgrada imperfekcije zakošenja mogu da se zanemare kada je:

$$H_{Ed} \geq 0.15 V_{Ed}$$

- Za određivanje horizontalnih sila koje djeluju na međuspratne dijafragme treba da se koristi konfiguracija imperfekcija kako je prikazano na sljedećem crtežu, gdje je  $\phi$  imperfekcija zakošenja dobijena iz izraza datog gore, pretpostavljajući jedan sprat visine  $h$ .



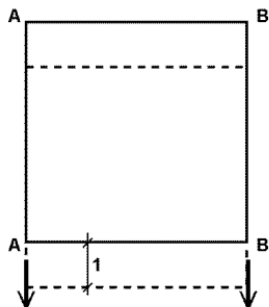
- Prema tome, fiktivna horizontalna sila, usljed imperfekcije zakošenja, može da se zamijene sistemom ekvivalentnih horizontalnih sila (EHF - Ekvivalentna horizontalna sila), koje se uvode za svaki stub, prema sljedećoj skici:



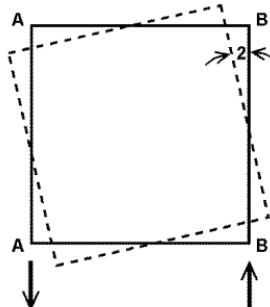
- Ove početne imperfekcije zakošenja treba da se primjene u svim relevantnim horizontalnim pravcima, ali ih istovremeno treba razmatrati samo u jednom pravcu.
- Kada se u višespratnim ramovima greda-i-stub primjenjuju ekvivalentne sile, one treba da djeluju u nivou svake međuspratne konstrukcije i u nivou krova.



- Takođe treba da se razmotre mogući torzioni uticaji na konstrukciju usljed antisimetričnog bočnog pomjeranja na dvije suprotne strane, vidjeti sljedeću sliku:



(a) Strane A-A i B-B bočno se pomjeraju u istom smjeru

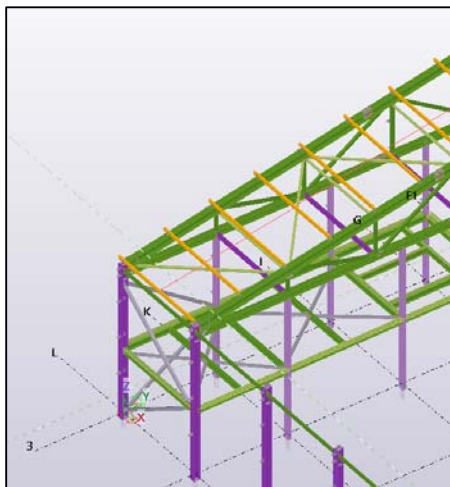


(b) Strane A-A i B-B bočno se pomjeraju u suprotnim smjerovima

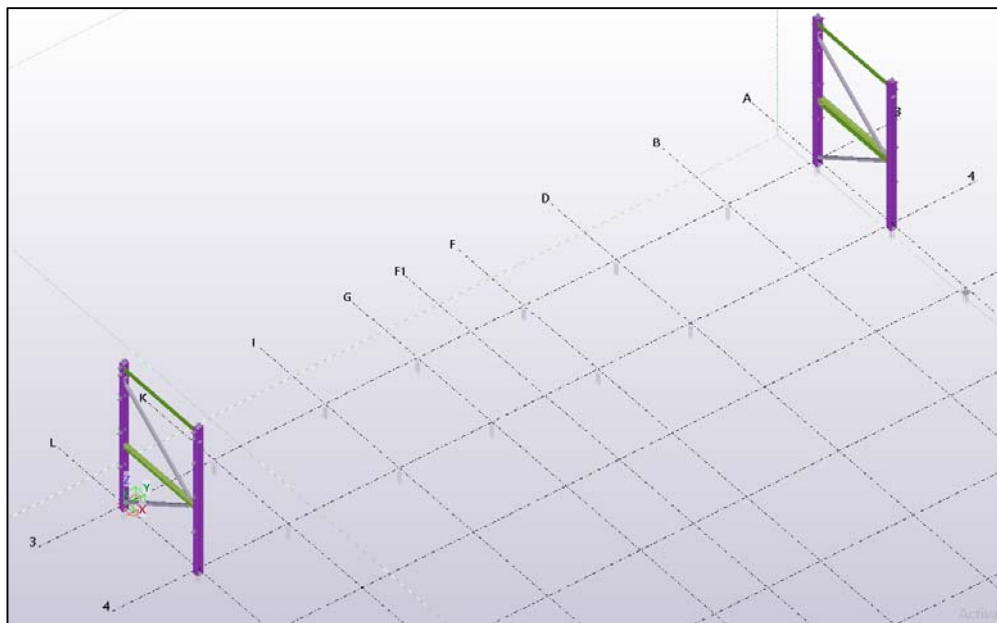
- 1 translatorno bočno pomjeranje*
- 2 rotaciono bočno pomjeranje*

## **MONTAŽA ČELIČNIH KONSTRUKCIJA**

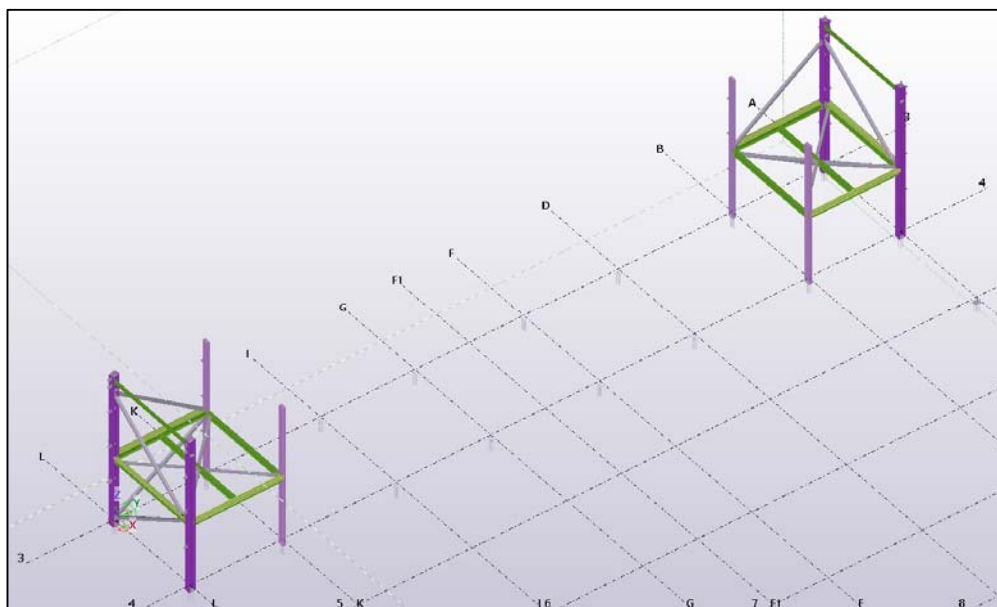
- Montaža čeličnih konstrukcija treba da se povjeri radnicima sa iskustvom za rad na visini, uz primjenu i pridržavanje svih odgovarajućih mjera zaštite na radu.
- Pri montaži treba da se poštuju odgovarajuće odredbe iz:
  - Pravilnika o tehničkim zahtjevima za noseće čelične konstrukcije ("Službeni list Crne Gore", br. 025/18 od 20.04.2018., sa kasnijim izmjenama i dopunama) i
  - Standarda MEST EN 1090-2: Izvođenje čeličnih i aluminijumskih konstrukcija – Dio 2: Tehnički zahtjevi za čelične konstrukcije.
- Cio tok montaže obavezno treba pratiti geodetski.
- Montaža čelične konstrukcije se vrši nakon završetka armirano betonskih radova na temeljnoj konstrukciji.
- U toku izrade armirano betonskih radova, potrebno je postaviti sve anker blokove geodetski precizno i nakon betoniranja provjeriti položaj.
- Montažu treba organizovati tako da se u svakom dijelu najprije montiraju elementi koji će formirati takozvana stabilizaciona polja, a zatim nastaviti montažu tako da se novi elementi uvijek oslanjaju na prethodne stabilizovane elemente (precizno montirane i nepomjerljive elemente). Stabilizaciono polje obezbijeduje tačnost geometrije i nedeformabilnost montiranog dijela konstrukcije.
- Za stabilizaciono polje treba izabrati polje u kome se nalaze poprečni (krovni) i vertikalni spregovi (elementi za stabilizaciju konstrukcije objekta).



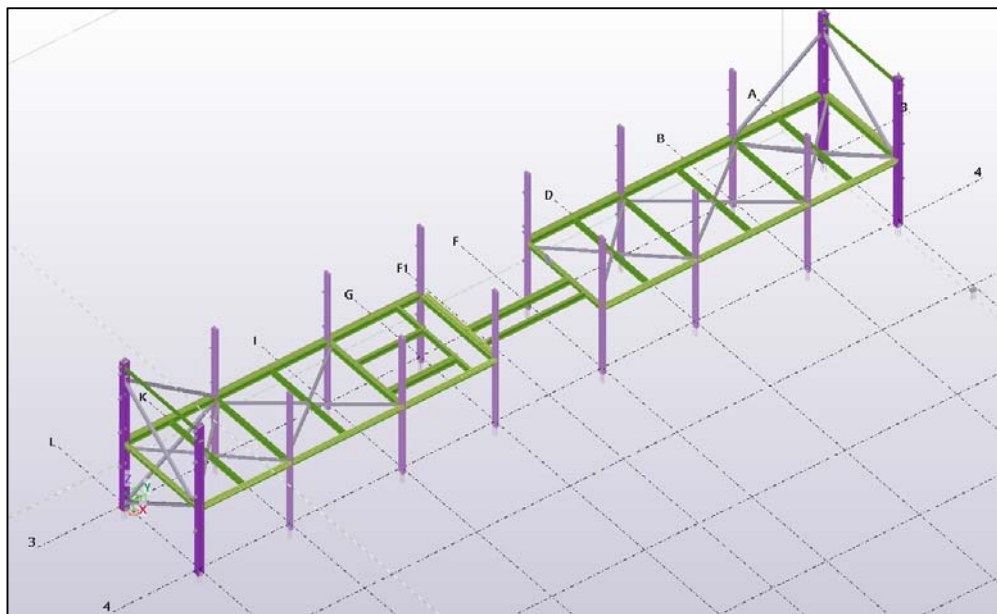
- Polja sa spregovima se sastoje od sistema trouglova. Trougao kao geometrijska figura je znatno stabilniji i nedeformabilniji od sistema četvorouglova.
- Prije nastavka montaže, na stabilizacionom polju moraju biti montirani svi elementi. Montaža se nastavlja sukcesivno oslanjanjem na prethodno montirane stabilizovane i nedeformabilne elemente.
- Nakon montaže čelične konstrukcije pristupa se izvođenju podložnog betona (libažnog sloja) ispod podne ploče objekta i postavljanju hidroizolacije. Zatim postavljanju armature podne ploče i betoniranju ploče.
- Nakon svega potrebno je izbetonirati coklu oko objekta, montirati limariju, bravariju, postaviti krovni pokrivač, fasadne zidove i izvesti trotoar.
- Prije početka montaže čelične konstrukcije potrebno je izraditi projekat montaže i dostaviti ga nadzornom inženjeru na saglasnost.
- U nastavku je dat okvirni plan montaže čelične konstrukcije Helikopterskog hangara u Golubovcima. Unutar hangara između polja 3 i 4 projektovan je kancelarijski prostor na dvije etaže. Za stabilizaciono polje je odabrano upravo polje 3-4 jer u njemu postoje i vertikalni spregovi u podužnim zidovima i krovni spregovi. U redu 11 su projektovana klizna vrata u punoj širini tog kalkanskog zida.



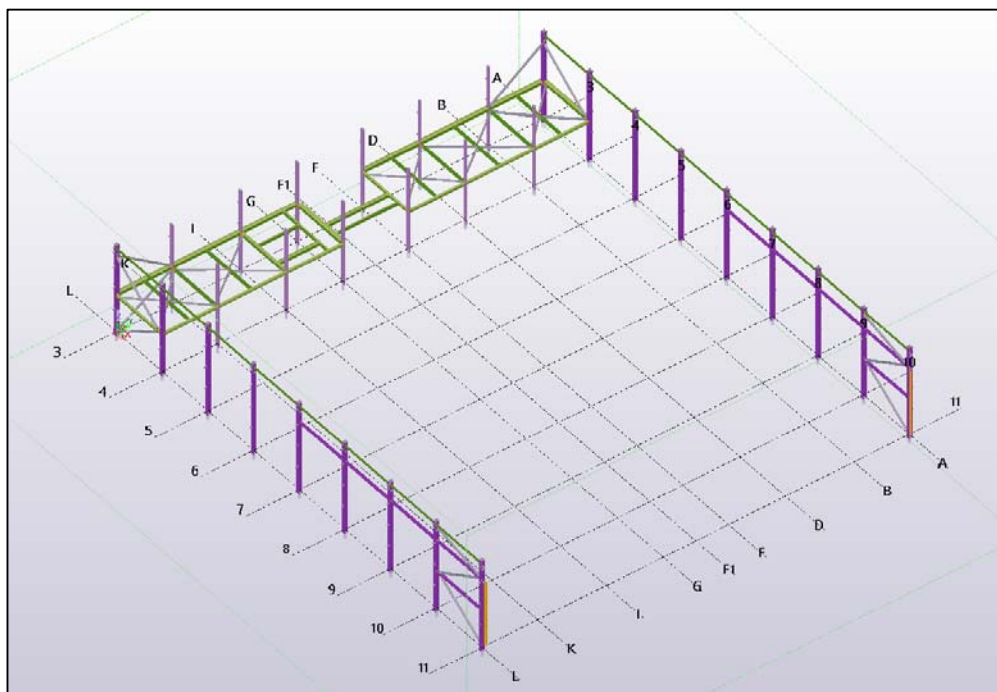
*Montaža glavnih stubova sa vertikalnim spregom*



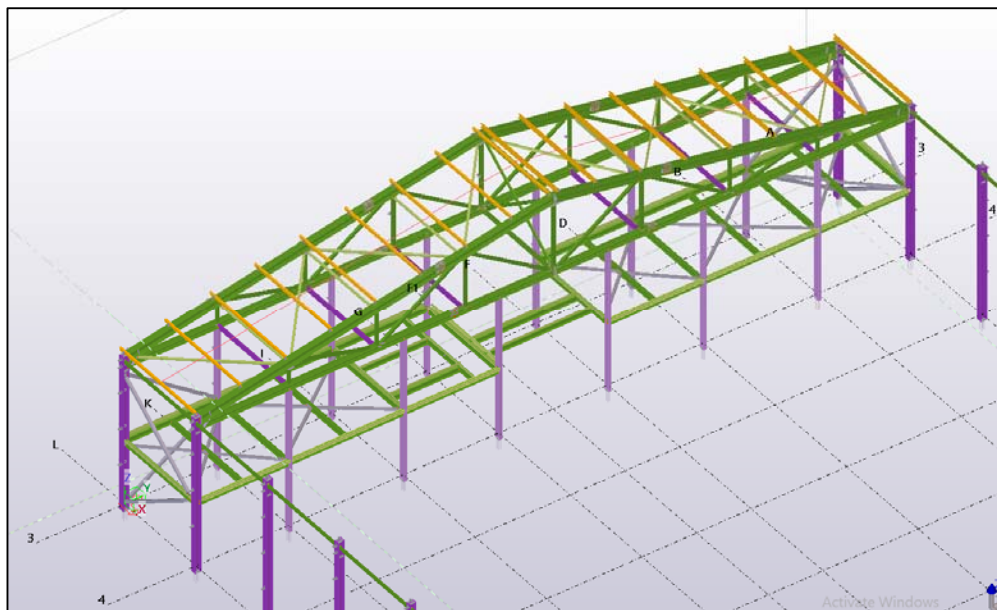
*Nastavljanje montaže stabilizacionog polja, montaža međustubova sa paralelnom montažom nosača međuspratne tavanice*



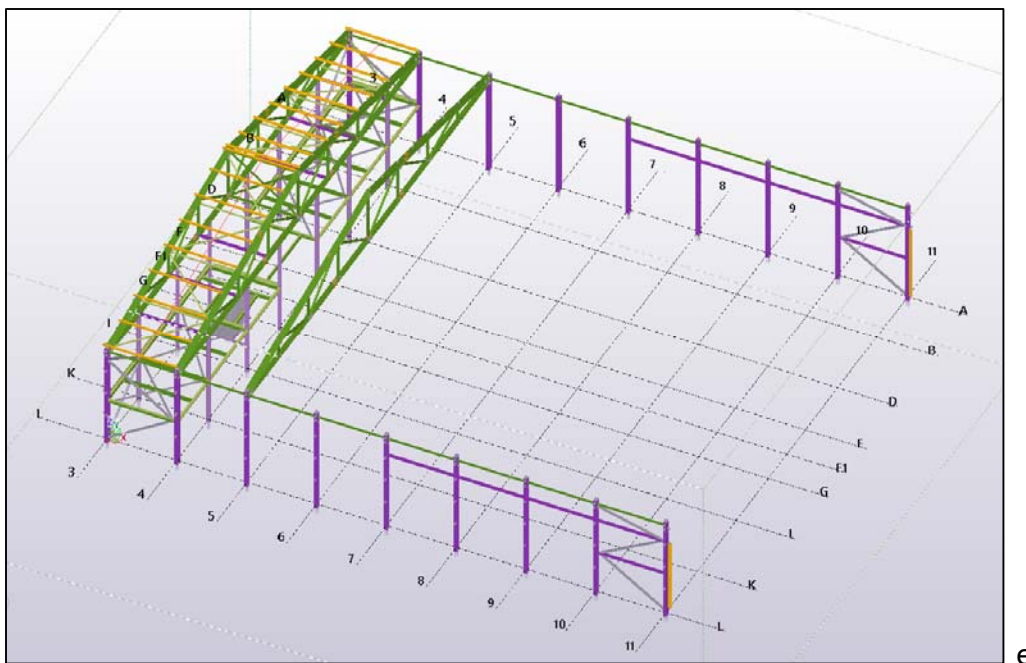
*Montirani stubovi u osi 3 i 4 i nosači međuspratne tavanice*



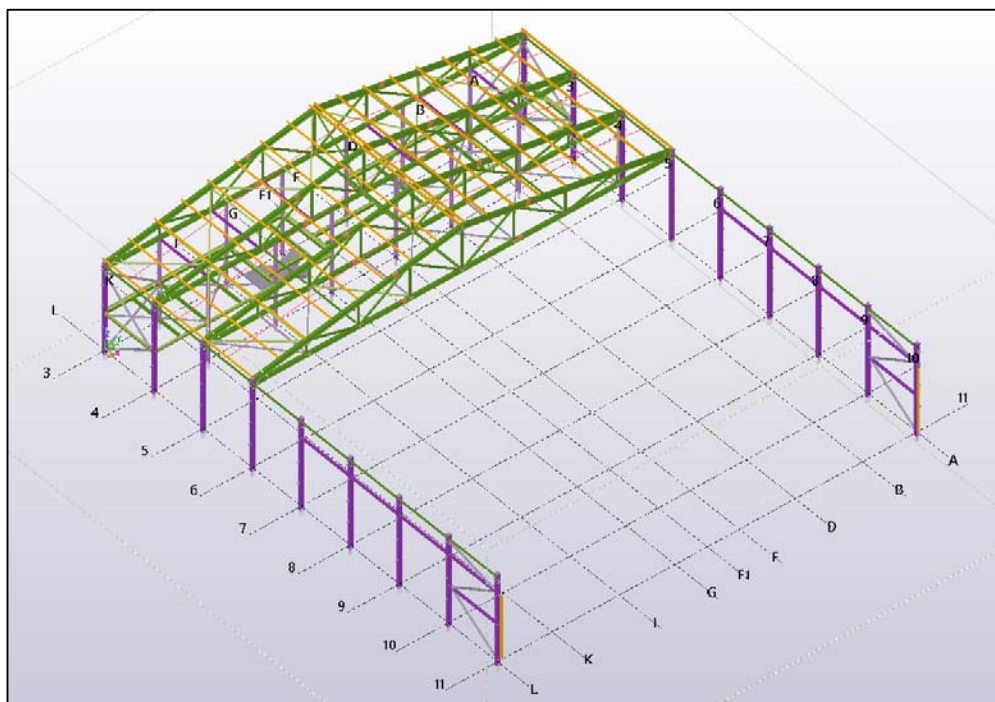
*Moguća paralelna montaža ostalih glavnih stubova*



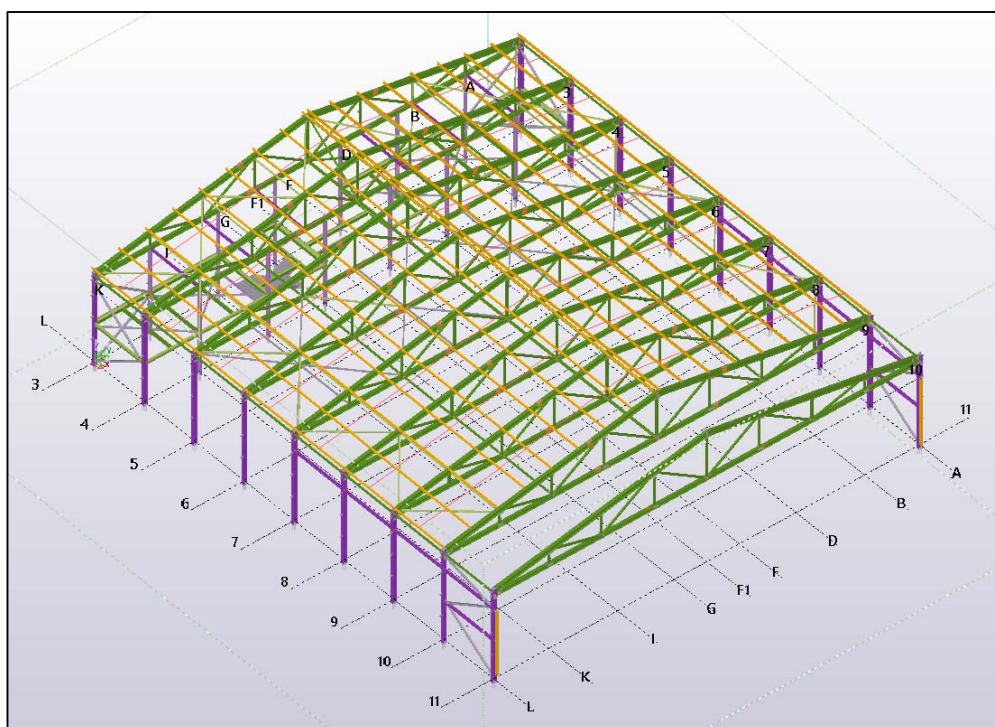
*Na prethodno montirane stubove u osi 3 i 4 postavljaju se glavni nosači povezani rožnjacima i spregovima, čime je formirano prvo stabilizaciono polje*



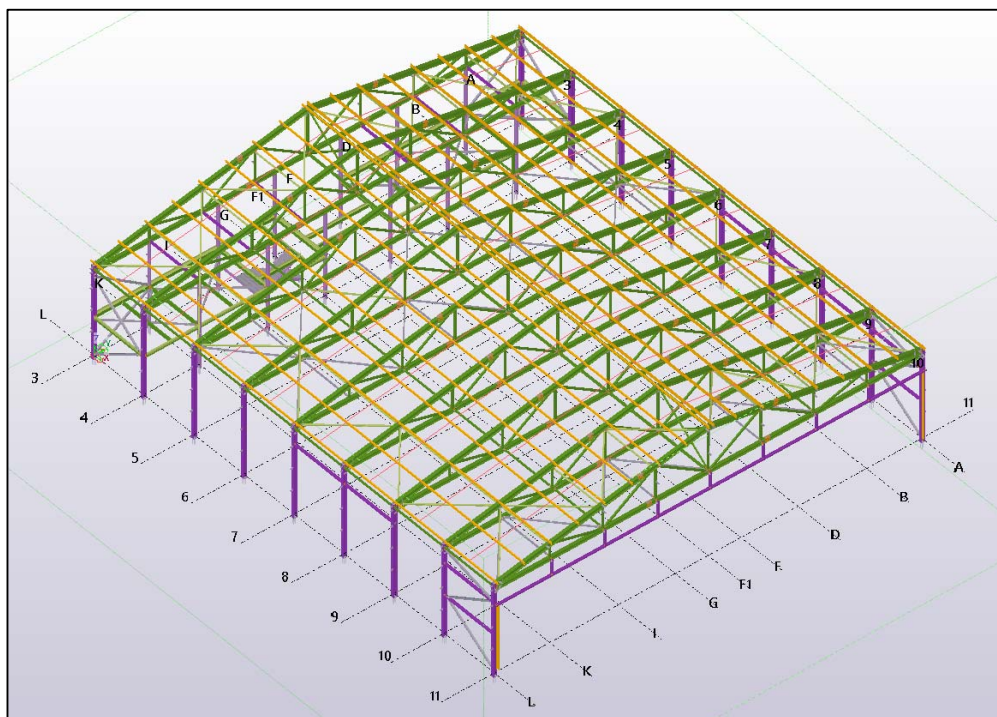
*Nastavljanje montaže, montaža sljedeće krovne rešetke*



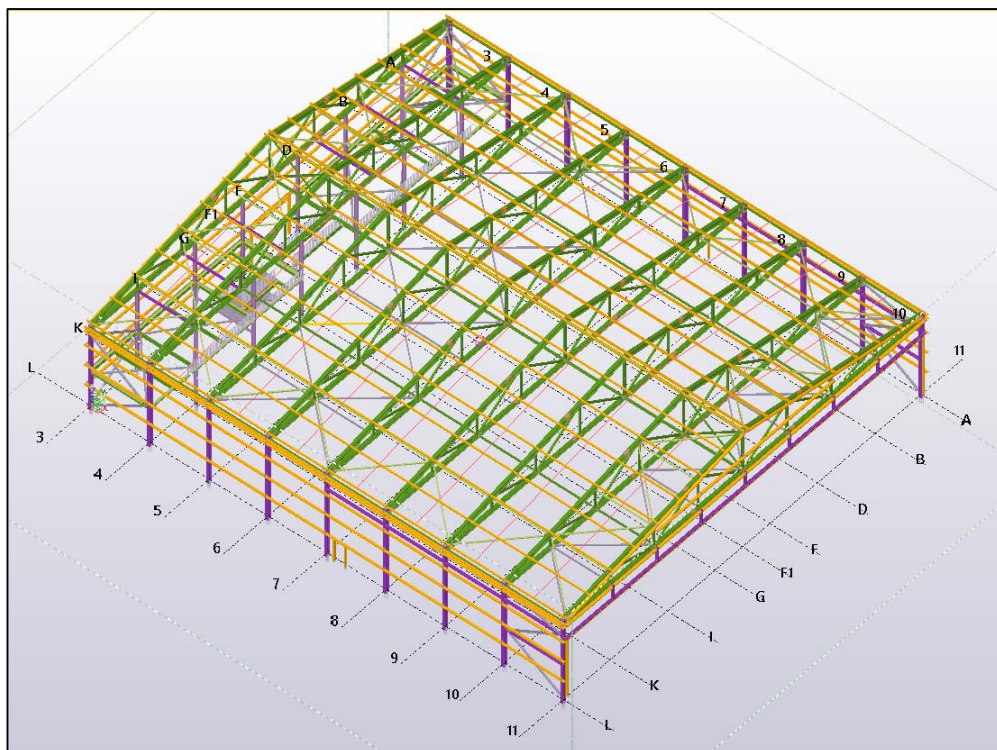
*Povezivanje susjednih krovnih rešetki i rožnjača*



*Montiran poslednji glavni nosač u kalkanskom redu 11*



*Montirana noseća konstrukcija bez fasadnih rigli*



*Montirana čelična konstrukcija u cjelosti*



## **PREDAVANJE 11**

### **Pitanja:**

1. Koja su tri osnovna konstrukcijska elementa kod višespratnih zgrada?
2. Koji su najčešći sistemi međuspratnih konstrukcija kod čeličnih višespratnih zgrada?
3. Koju ulogu ima trapezasti lim kod spregnute međuspratne tavanice?
4. Na koji način se može prihvatiti horizontalno opterećenje kod višespratnih zgrada?
5. Koja horizontalna dejstva su mjerodavna kod čeličnih višespratnih ramova?
6. Koji konstruktivni elementi treba da se završe prije nego što se započne sa montažom čelične konstrukcije jedne industrijske hale?
7. Kako se zove konstrukciono polje industrijske hale od koga počinje montaža?
8. Koje polje može biti izabrano za stabilizaciono polje na montaži hale?
9. Kada se pristupa izradi podne ploče?
10. Kako se zove projekat koji treba predati nadzornom inženjeru na saglasnost prije početka montaže?