

7.3.4.8 Direktna dinamička analiza

Ovim postupkom se određuje odgovor konstrukcije na dejstvo prinudnih oscilacija. Zapis nekog realnog zemljotresa može biti upotrebljen kao izvor za prinudne oscilacije za koje se želi dobiti odgovor konstrukcije. Zbog proizvoljne prirode prinudnih oscilacija, za rešavanje diferencijalnih jednačina kretanja koriste se numerički postupci. Odgovor konstrukcije se dobija superpozicijom dejstava svih impulsa sila koje na model deluju u toku vremena.

Jednačina kretanja je data Duhamelovim integralom, a njegov oblik za homogene početne uslove je:

$$x(t) = \frac{1}{m\omega_d} \int_0^t P(\tau) e^{-\zeta\omega(t-\tau)} \sin\omega_d(t-\tau) d\tau$$

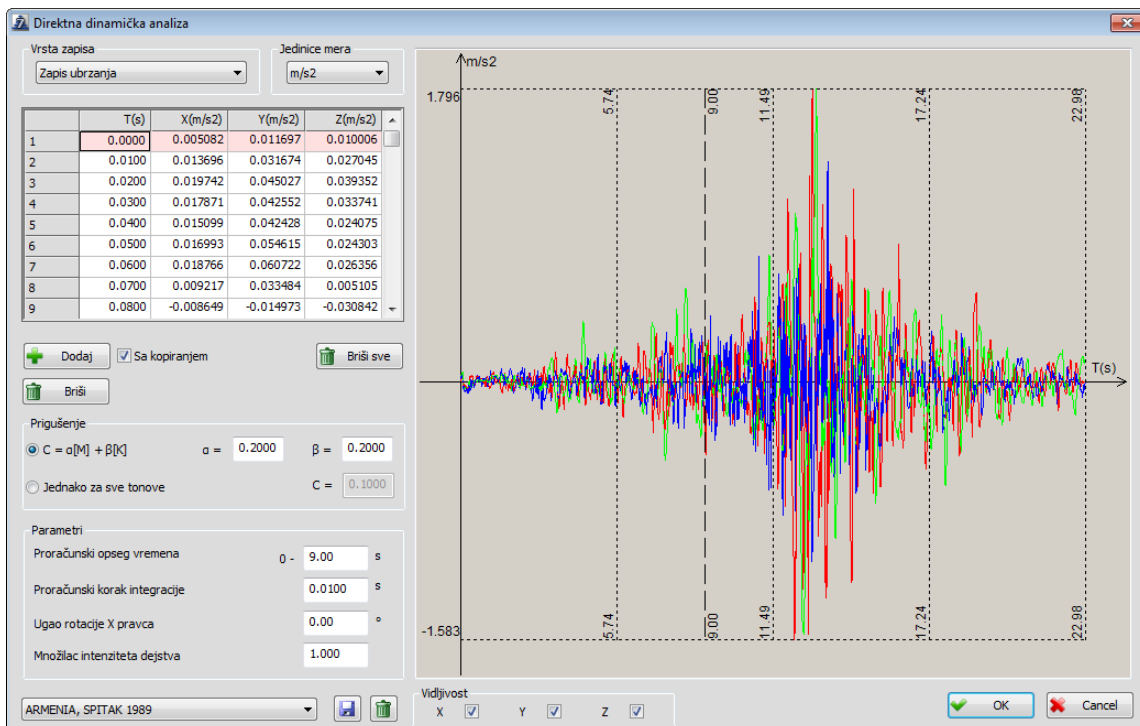
gde su:

ζ - prigušenje

$P(\tau)$ - funkcija promene opterećenje u funkciji vremena

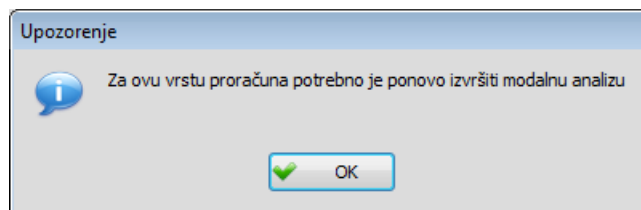
Za dimenzionisanje konstrukcije izložene ovakvom tipu dinamičkog dejstva potrebne su ekstremne vrednosti odgovora konstrukcije.

Izborom direktne dinamičke analize iz zatvorene liste, iz koje se vrši izbor seizmičkog proračuna, otvara se dijalog sledećeg izgleda:

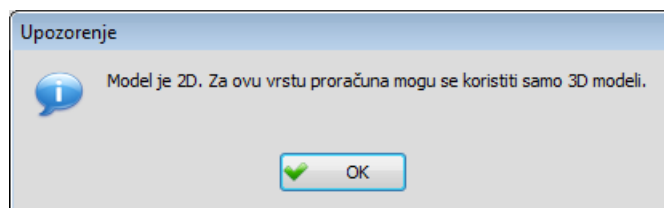


Izgled dijaloga za definisanje parametra direktne dinamičke analize

S obzirom da se za ranije proračunate modele sa modalnom analizom nisu pamtili svi podaci potrebni za direktnu dinamičku analizu, potrebno je izvršiti ponovni proračun modalne analize i u tom slučaju program će pri pokretanju direktne dinamičke analize izdati odgovarajuće upozorenje:



Potrebno je naglasiti da se direktna dinamička analiza može sprovesti samo za 3D modele, a program će pri pokretanju direktne dinamičke analize za 2D modele izdati odgovarajuće upozorenje:



Vrsta zapisa

Zatvorena lista iz koje se bira vrsta zapisa zemljotresa:

Zapis ubrzanja - u tabelu će se unositi vrednosti ubrzanja tla.

Zapis pomeranja - u tabelu će se unositi vrednosti pomeranja tla.

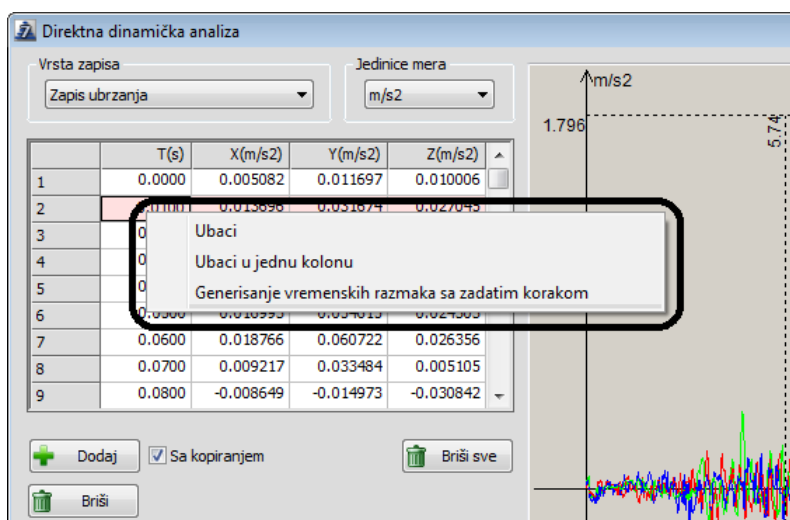
Jedinice mera

Zatvorena lista iz koje se biraju jedinice mera za odgovarajuću vrstu zapisa zemljotresa.

Ispod ove liste nalazi se tabela u kojoj se definiše zapis zemljotresa. U zavisnosti od izabrane vrste zapisa, u tabelu će se unositi zapis ubrzanja ili zapis pomeranja.

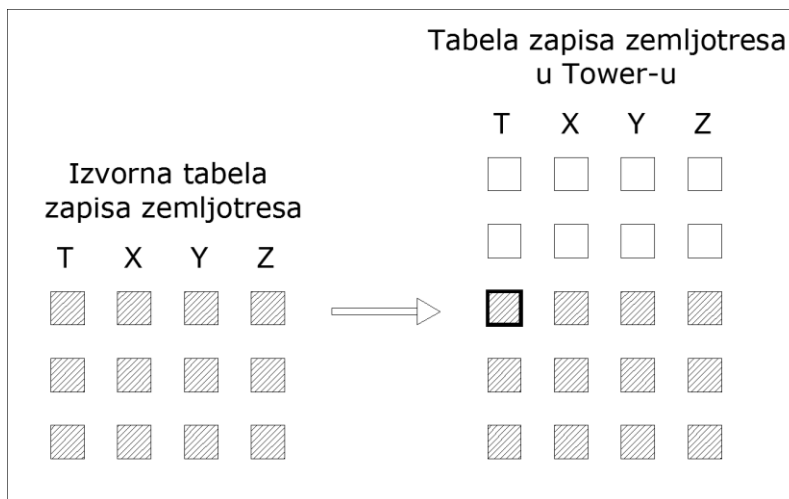
T(s)

Kolona u koju korisnik unosi vremenske trenutke zapisa zemljotresa. Radi lakšeg rada sa programom, omogućeno je da se u tabelu ubaci sadržaj iskopiran iz neke druge tabele, čime se znatno ubrzava unos podataka. Desnim klikom miša na ćeliju u ovoj koloni otvara se padajući meni sa opcijama "Ubaci" i "Ubaci u jednu kolonu".

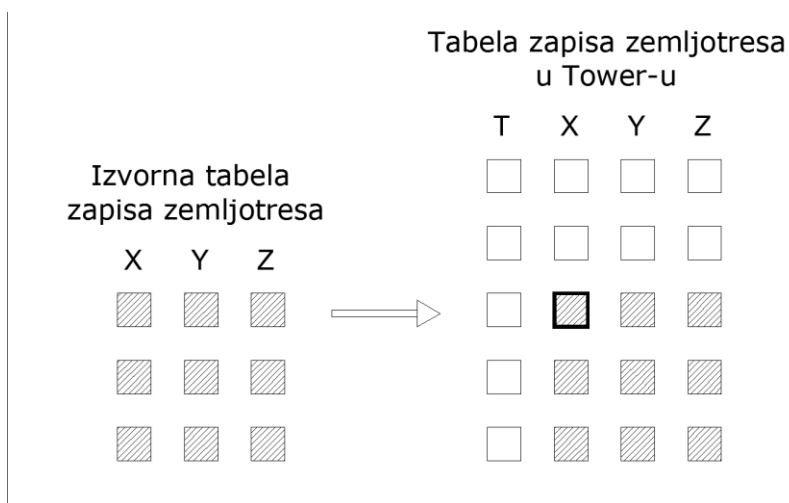


Padajući meni koji se otvara na desni klik miša preko ćelije

U slučaju da je iskopiran jedan podatak, aktiviranjem opcije "**Ubaci**" iskopirani sadržaj će biti ubačen u selektovanu ćeliju. S obzirom da je u tabelu potrebno ubaciti veći broj podataka, iz izvorne tabelle zapisa zemljotresa iskopirati sve podatke, a zatim aktivirati opciju "**Ubaci**". Na ovaj način će svi iskopirani podaci biti ubačeni po horizontali u tabelu zapisa zemljotresa, počevši od trenutno selektovane ćelije:

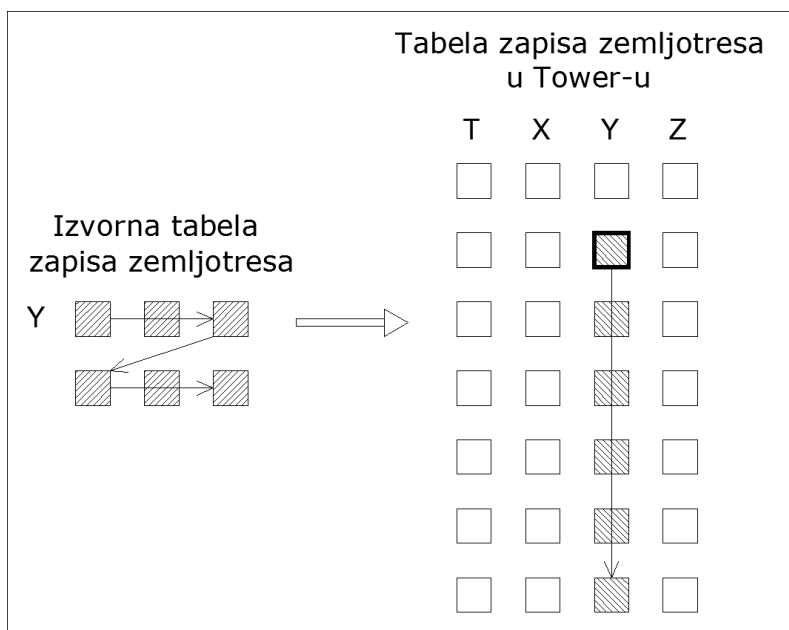


Šematski prikaz ubacivanja kopiranih podataka u tabelu pomoću opcije "Ubaci" počevši od trenutno selektovane ćelije



Šematski prikaz ubacivanja kopiranih podataka u tabelu pomoću opcije "Ubaci" počevši od trenutno selektovane ćelije

Ukoliko je potrebno ubaciti veći broj podataka u jednu kolonu, iskopirati sve podatke iz izvorne tabelle zapisa zemljotresa, a potom aktivirati opciju "**Ubaci u jednu kolonu**", čime će se svaki podatak ubaciti u novu ćeliju ove kolone, počevši od trenutno selektovane ćelije:



Šematski prikaz ubacivanja kopiranih podataka u tabelu pomoću opcije "Ubaci u jednu kolonu", počevši od trenutno selektovane ćelije

Potrebno je naglasiti da u slučaju da u tabeli ne postoji dovoljan broj redova, program automatski generiše onoliko redova koliko je potrebno da se ubace svi iskopirani podaci.

Ukoliko se u koloni nalaze bar dva vremenska trenutka, u meniju koji se otvara na desni klik miša nalaziće se još jedna komanda - "**Generisanje vremenskih razmaka sa zadatim korakom**". Izborom ove opcije korisniku je omogućeno automatsko generisanje vremenskih intervala počevši od trenutno selektovanog trenutka vremena, pri čemu će generisani interval biti jednak razlici između selektovanog i prethodnog trenutka vremena.

Ako nakon ubacivanja vremenskih trenutaka želite da se svi vremenski trenuci u koloni nalaze u rastućem poretku, potrebno je izabrati komandu "**Ređanje u rastući poredak**", koja se nalazi padajućem meniju koji se otvara na desni klik miša preko naziva kolone "T(s)".

Direktna dinamička analiza

Vrsta zapisa: Zapis ubrzanja Jedinice mera: m/s²

	T(s)	X(m/s ²)	Y(m/s ²)	Z(m/s ²)
1	0.0000			
2	0.0100			
3	0.0200	0.019742	0.045027	0.039352
4	0.0300	0.017871	0.042552	0.033741
5	0.0400	0.015099	0.042428	0.024075
6	0.0500	0.016993	0.054615	0.024303
7	0.0600	0.018766	0.060722	0.026356
8	0.0700	0.009217	0.033484	0.005105
9	0.0800	-0.008649	-0.014973	-0.030842

Ređanje u rastući poredak

Sa kopiranjem

Padajući meni koji se otvara na desni klik miša preko naziva kolone "T(s)"

X(m/s²) Kolona u koju korisnik unosi vrednosti ubrzanja tla u X pravcu. U zagradi se ispisuju jedinice mera koje je korisnik izabrao iz liste "Jedinice mera". Ova kolona se nalazi u tabeli samo u slučaju da je iz liste izabran zapis ubrzanja tla. Rad u ovoj koloni je identičan radu sa kolonom "T(s)", te ga nećemo ovde ponovo objašnjavati.

Y(m/s²) Kolona u koju korisnik unosi vrednosti ubrzanja tla u Y pravcu. Rad u ovoj koloni je identičan radu sa kolonom "T(s)", te ga nećemo ovde ponovo objašnjavati.


Z(m/s²) Kolona u koju korisnik unosi vrednosti ubrzanja tla u Z pravcu. Rad u ovoj koloni je identičan radu sa kolonom "T(s)", te ga nećemo ovde ponovo objašnjavati.


Ukoliko je iz liste izabran zapis pomeranja, tabela će dobiti novi izgled i u nju će se unositi vrednosti pomeranja tla:


X(m) Kolona u koju korisnik unosi vrednosti pomeranja tla u X pravcu. U zagradi se ispisuju jedinice mera koje je korisnik izabrao iz liste "Jedinice mera". Rad u ovoj koloni je identičan radu sa kolonom "X(m/s²)", te ga nećemo ovde ponovo objašnjavati.

Y(m) Kolona u koju korisnik unosi vrednosti pomeranja tla u Y pravcu. Rad u ovoj koloni je identičan radu sa kolonom "X(m/s²)", te ga nećemo ovde ponovo objašnjavati.

Z(m) Kolona u koju korisnik unosi vrednosti pomeranja tla u Z pravcu. Rad u ovoj koloni je identičan radu sa kolonom "X(m/s²)", te ga nećemo ovde ponovo objašnjavati.

 **Dodaj** Dugme čijim aktiviranjem se u tabelu ubacuje novi red zapisa zemljotresa. Ukoliko je uključen check box "Sa kopiranjem" novom redu ubačenom u tabelu biće pridruženi podaci koji odgovaraju prethodno selektovanom redu.

 **Briši** Dugme čijim aktiviranjem se iz tabele izbacuje trenutno selektovani red zapisa zemljotresa.

 **Briši sve**
Dugme čijim aktiviranjem se iz tabele uklanjaju svi redovi zapisa zemljotresa.

Prigušenje

Programom je omogućeno definisanje prigušenja na jedan od dva načina:

C = α [M] + β [K]

Formula kojom se definiše prigušenje. Uključivanjem ovog prekidača postaju aktivna edit polja za unos koeficijenata prigušenja:

α = Edit polje za unos koeficijenta prigušenja.

β = Edit polje za unos koeficijenta prigušenja.

Jednako za sve tonove

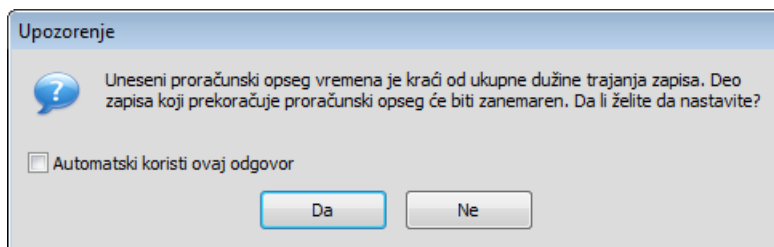
Uključivanjem ovog prekidača definiše se prigušenje koje će biti jednako za sve tonove.

C = Edit polje za unos prigušenja.

Parametri

Proračunski opseg vremena

Edit polje za unos intervala vremena za koji će se vršiti postupak direktne dinamičke analiza. Ukoliko se unese proračunski opseg vremena kraći od ukupne dužine trajanja zapisa zemljotresa program će izdati sledeće upozorenje:



Aktiviranjem dugmeta "Da", program će nastaviti proračun pri čemu će se zanemariti deo zapisa zemljotresa koji prekoračuje proračunski opseg.

Proračunski korak integracije

Edit polje za unos vremenskog koraka za postupak direktne dinamičke analize.

Ugao rotacije X pravca

Edit polje za unos ugla za koji se X pravac rotira u odnosu na globalnu X osu modela.

Množilac intenziteta dejstva

Edit polje za unos vrednosti sa kojom će se množiti intenziteti dejstva zemljotresa.

U donjem levom delu ovog dijaloga, nalazi se lista sa svim do tada kreiranim zapisima zemljotresa.



Dugme čijim je aktiviranjem omogućeno snimanje svih parametara koji definišu zapis zemljotresa.



Dugme čijim aktiviranjem se briše ranije definisani zapis zemljotresa.

U desnom delu dijaloga se nalazi grafička interpretacija zapisa ubrzanja, odnosno zapisa pomeranja u zavisnosti od toga koji zapis je definisan. Dijagram ubrzanja, odnosno pomeranja tla u X pravcu prikazan je crvenom bojom, u Y pravcu zelenom i u Z pravcu plavom bojom.

Vidljivost

U ovom delu dijaloga nalaze se check box-ovi pomoću kojih korisnik ima mogućnost da podešava koji dijagram želi da se prikaže na crtežu u dijalogu:

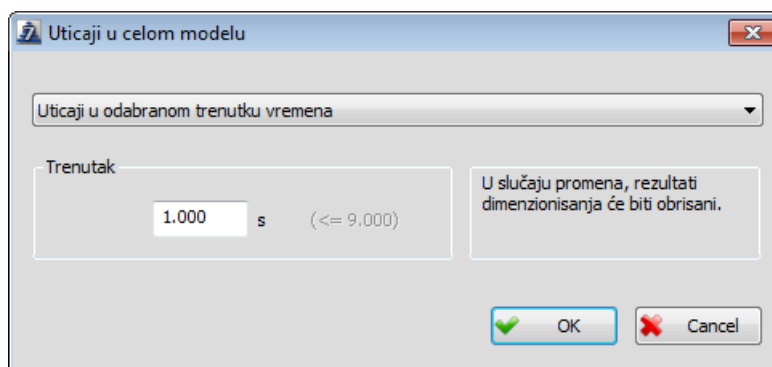
- X** Check box čijim uključivanjem će se na crtežu prikazivati dijagram ubrzanja, odnosno pomeranja tla u X pravcu. Ovaj dijagram se na crtežu predstavlja crvenom bojom.
- Y** Check box čijim uključivanjem će se na crtežu prikazivati dijagram ubrzanja, odnosno pomeranja tla u Y pravcu. Ovaj dijagram se na crtežu predstavlja zelenom bojom.
- Z** Check box čijim uključivanjem će se na crtežu prikazivati dijagram ubrzanja, odnosno pomeranja tla u Z pravcu. Ovaj dijagram se na crtežu predstavlja plavom bojom.

Aktiviranjem komandnog polja "OK", otpoćeće proračun konstrukcije u kome će se sada pored svih zadatih osnovnih slučajeva opterećenja, u listi za izbor slučajeva opterećenja dodati i DDA slučaj opterećenja.

Uticiji u celom modelu



Izborom naredbe "Uticiji u celom modelu", koja se nalazi u okviru padajućeg menija "Uticiji ► Direktna dinamička analiza", otvara se dijalog sledećeg izgleda:



Dijalog za definisanje prikaza uticaja u celom modelu

Potrebno je naglasiti da je ova komanda aktivna samo u slučaju da je u listi za izbor slučajeva opterećenja izabran DDA slučaj opterećenja ili kombinacija sa ovim slučajem opterećenja.

U gornjem delu dijaloga nalazi se zatvorena lista iz koje se bira da li će se uticaji u modelu prikazivati u određenom vremenskom trenutku ili će se prikazivati ekstremni uticaji za izabrani interval vremena.

Uticiji u odabranom trenutku vremena

Ukoliko je iz liste izabrano prikazivanje uticaja u odabranom trenutku vremena, od korisnika se očekuje da u edit polje unese željeni vremenski trenutak. Napomenućemo da ovaj trenutak mora biti u okviru proračunskog opsega vremena, koji se ispisuje desno od edit polja.

Ekstremni uticaji tokom odabranog intervala vremena

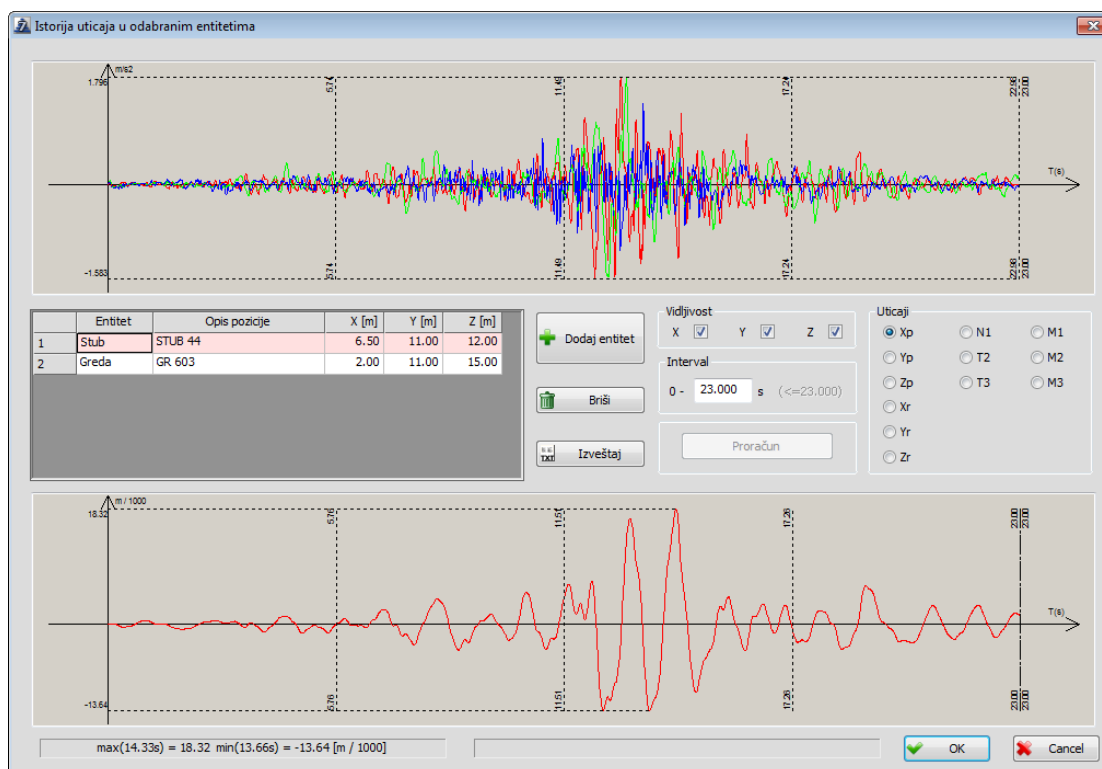
Ukoliko je iz liste izabrano prikazivanje ekstremnih uticaja tokom odabranog intervala vremena, od korisnika se očekuje da u edit polje unese željeni interval vremena. Napomenućemo da ovaj interval mora biti u okviru proračunskog opsega vremena, koji se ispisuje desno od edit polja.

Izlaskom iz dijaloga aktiviranjem dugmeta "OK", u listi za izbor slučajeva opterećenja nalazi se DDA slučaj opterećenja, za koji je jasno naznačeno da li će se uticaji u modelu prikazivati u određenom vremenskom trenutku ili će se prikazivati ekstremni uticaji za izabrani interval vremena.

Istorija uticaja u odabranim entitetima



Izborom naredbe "Istorija uticaja u odabranim entitetima", koja se nalazi u okviru padajućeg menija "Uticiji ► Direktna dinamička analiza", otvara se dijalog sledećeg izgleda:



Dijalog za prikaz istorije uticaja u odabranim entitetima

Potrebno je naglasiti da je ova komanda aktivna samo u slučaju da je u listi za izbor slučajeva opterećenja izabran DDA slučaj opterećenja ili kombinacija sa ovim slučajem opterećenja.

U gornjem delu dijaloga nalazi se grafička interpretacija zapisa ubrzanja, odnosno pomeranja tla u okviru proračunskog opsega vremena.

Vidljivost

Korisniku je omogućeno da sam podešava koji dijagram želi da se prikaže u dijalogu:

- X** Check box čijim će se uključivanjem na crtežu prikazivati dijagram ubrzanja, odnosno pomeranja tla u X pravcu. Ovaj dijagram se na crtežu predstavlja crvenom bojom.
 - Y** Check box čijim će se uključivanjem na crtežu prikazivati dijagram ubrzanja, odnosno pomeranja tla u Y pravcu. Ovaj dijagram se na crtežu predstavlja zelenom bojom.
 - Z** Check box čijim će se uključivanjem na crtežu prikazivati dijagram ubrzanja, odnosno pomeranja tla u Z pravcu. Ovaj dijagram se na crtežu predstavlja plavom bojom.
- Interval** Edit polje u kome korisnik zadaje interval vremena za koji se vrši prikazivanje rezultata. Potrebno je naglasiti da ovaj interval mora biti u okviru proračunskog opsega vremena, koji se ispisuje desno od edit polja.

U tabelu koja se nalazi u dijalogu, unose se entiteti za koje korisnik želi da prikaže istoriju uticaja.

Dodaj entitet

Dugme čijim se izborom dijalog zatvara i ulazi se u proceduru selektovanja entiteta za koje će se prikazivati istorija uticaja, pri čemu komandna linija dobija sledeći oblik:

<0 sel.> Ploča ili greda - Selektovanje (<krAj>):

Nakon selekcije ploče ili grede, potrebno je selektovati i tačku sa selektovanog entiteta pri čemu komandna linija dobija novi izgled:

Tačka sa entiteta:

Nakon izbora tačke sa entiteta dijalog se ponovo otvara, a selektovani entitet se prikazuje u tabeli.

Entitet Kolona u kojoj se prikazuju nazivi entiteta za koje će se prikazivati istorija uticaja: ploča, zid, greda ili stub. Ispred ove kolone nalazi se kolona u kojoj se prikazuju redni brojevi ubačenih entiteta. Ukoliko za neki entitet nije izvršen proračun pored odgovarajućeg rednog broja nalazi se oznaka "!!!".


Opis pozicije

Kolona u kojoj se prikazuju opisi pozicija entiteta za koje će se prikazivati istorija uticaja. U slučaju da neki od entiteta nema definisan opis pozicije, ova ćelija će biti prazna.

X[m] Kolona u kojoj se prikazuju X koordinate tačaka selektovanih sa entiteta za koje se prikazivati istorija uticaja.

Y[m] Kolona u kojoj se prikazuju Y koordinate tačaka selektovanih sa entiteta za koje će se prikazivati istorija uticaja.

Z[m] Kolona u kojoj se prikazuju Z koordinate tačaka selektovanih sa entiteta za koje će se prikazivati istorija uticaja.

 **Briši** Dugme čijim se aktiviranjem iz tabele izbacuje trenutno selektovani entitet.

Proračun Dugme čijim aktiviranjem će se za sve entitete koji se nalaze u tabeli izvršiti proračun istorije uticaja u zadatom intervalu vremena. Simbol "!!!" koji se nalazi pored rednog broja entiteta u tabeli, pruža korisniku informaciji da za određeni entitet nije izvršen proračun.

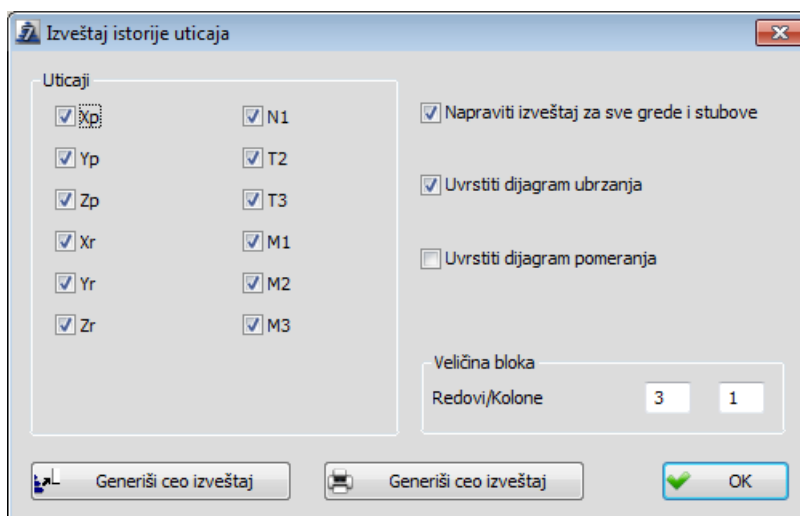
Uticaji

S obzirom da se za grede i ploče ne prikazuju iste vrste uticaja, u ovom delu dijaloga će biti prikazani uticaji koje odgovaraju trenutno selektovanom entitetu u tabeli. Menjanjem trenutno selektovanog entiteta menjaju se i uticaji u ovom delu dijaloga. Izbor uticaja se vrši postavljanjem odgovarajućeg prekidača na uključeno stanje, pri čemu će se na crtežu u donjem delu dijaloga prikazivati dijagrami za izabranu vrstu uticaja trenutno selektovanog entiteta u tabeli.

Izveštaj

Za sve entitete za koje je izvršen proračun istorije uticaja može se kreirati izveštaj. S obzirom da se uticaji mogu u jednom vremenskom intervalu gledati samo za jedan tip entiteta (ploče ili grede), to će izbor trenutno selektovanog entiteta u tabeli odrediti za koje sve entitete moguće kreiranje izveštaja. Ukoliko želite da kreirate izveštaj za grede i stubove, tada je potrebno da u tabeli bude trenutno

izabrana jedna od željenih grada ili stubova. Program će u zavisnosti od tipa selektovanog entiteta u tabeli otvoriti odgovarajući dijalog:



Izgled dijaloga za izveštaj istorije uticaja u gredama i stubovima

Postavljanjem na uključeno stanje check box-a koji se nalaze sa leve strane naziva uticaja, određujete da li će se ovaj uticaj naći u sastavu izveštaja.

Napraviti izveštaj za sve grede i stubove

Check box čijim će se postavljanjem na uključeno stanje napraviti izveštaji za sve grede i stubove koji se nalaze u tabeli. Ukoliko je ovaj check box isključen izveštaj će se praviti samo za trenutno selektovanu gredu, odnosno stub u tabeli.

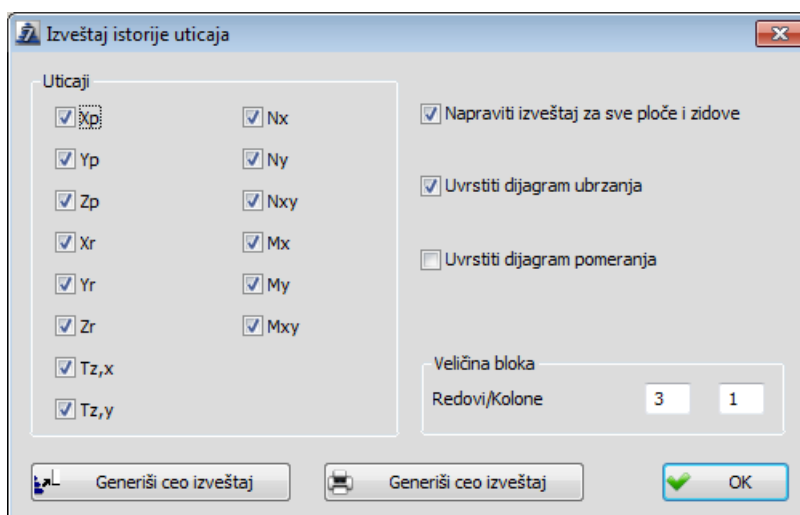
Uvrstiti dijagram ubrzanja

Check box čijim će se postavljanjem na uključeno stanje u izveštaju za istoriju uticaja entiteta, prikazivati i dijagrami ubrzanja tla u X, Y i Z pravcu.

Uvrstiti dijagram pomeranja

Check box čijim će se postavljanjem na uključeno stanje u izveštaju za istoriju uticaja entiteta, prikazivati i dijagrami pomeranja tla u X, Y i Z pravcu.

Način rada sa ovom naredbom je potpuno isti i kada je u tabeli selektovana ploča, odnosno zid, a jedina razlika je u vrsti uticaja koji se mogu naći u izveštaju:



Izgled dijaloga za izveštaj istorije uticaja u pločama i zidovima

Napraviti izveštaj za sve ploče i zidove

Check box čijim će se postavljanjem na uključeno stanje napraviti izveštaji za sve ploče i zidove koji se nalaze u tabeli. Ukoliko je ovaj check box isključen izveštaj će se praviti samo za trenutno selektovanu ploču, odnosno zid u tabeli.

Veličina bloka

Da bi projektna dokumentacija izgledala što preglednije, veličina grafičkih blokova se određuje veličinom prostora na hartiji koja se dobija njenom podelom na zadati broj redova i kolona.

Redovi Zadavanjem podatka u edit polje, slobodna površina hartije za štampu, deli se po horizontali na zadati broj jednakih delova.

Kolone Zadavanjem podatka u edit polje, slobodna površina hartije za štampu, deli se po vertikali na zadati broj jednakih delova.



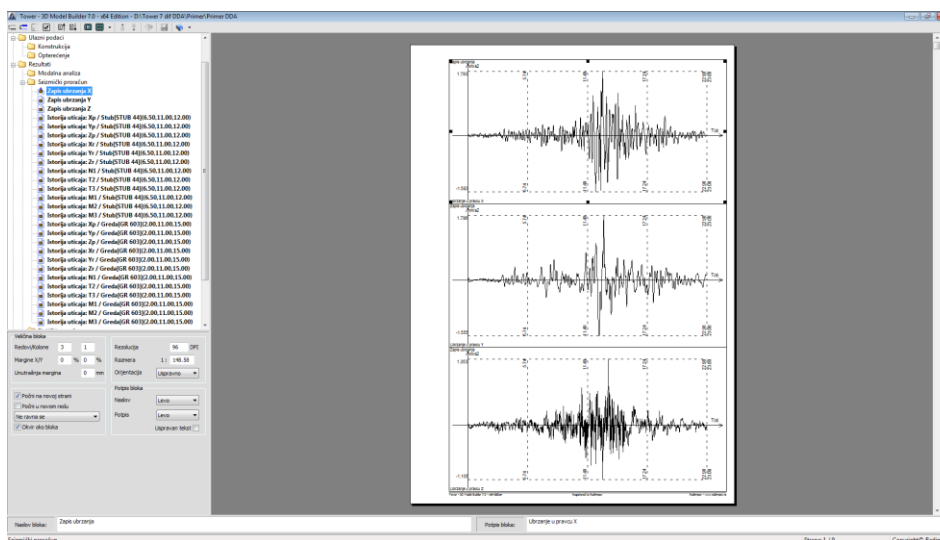
Generiši ceo izveštaj

Dugme čijim izborom je moguće izveštaj eksportovati u projektnu dokumentaciju.



Generiši ceo izveštaj

Dugme čijim izborom je moguće izveštaj poslati direktno na štampu.



Aktiviranjem dugmeta "OK", program će se vratiti na osnovni izgled dijaloga u okviru ove naredbe.