

# SSAIYAN 2

## 2D Statika — Metoda direktne krutosti Korisnički priručnik

### 1. Uvod

Modul **2D Statika** je alat za analizu ravninskih konstrukcija (grede, okviri, rešetke) metodom direktne krutosti. Podržava neograničen broj čvorova i elemenata, sve vrste oslonaca, unutarnje zglobove, tri vrste opterećenja (sila, raspodijeljeno, moment) te automatsko generiranje ECO kombinacija prema EN 1990.

Rezultati se prikazuju interaktivno: dijagrami unutarnjih sila (M, V, N) i deformacija s hover interakcijom, tablica reakcija oslonaca te maksimalnih sila po elementima.

Teorijska osnova korištene metode možete naći unutar modula u postavkama (teorija docx).

### 2. Pokretanje i sučelje

#### 2.1 Pokretanje alata

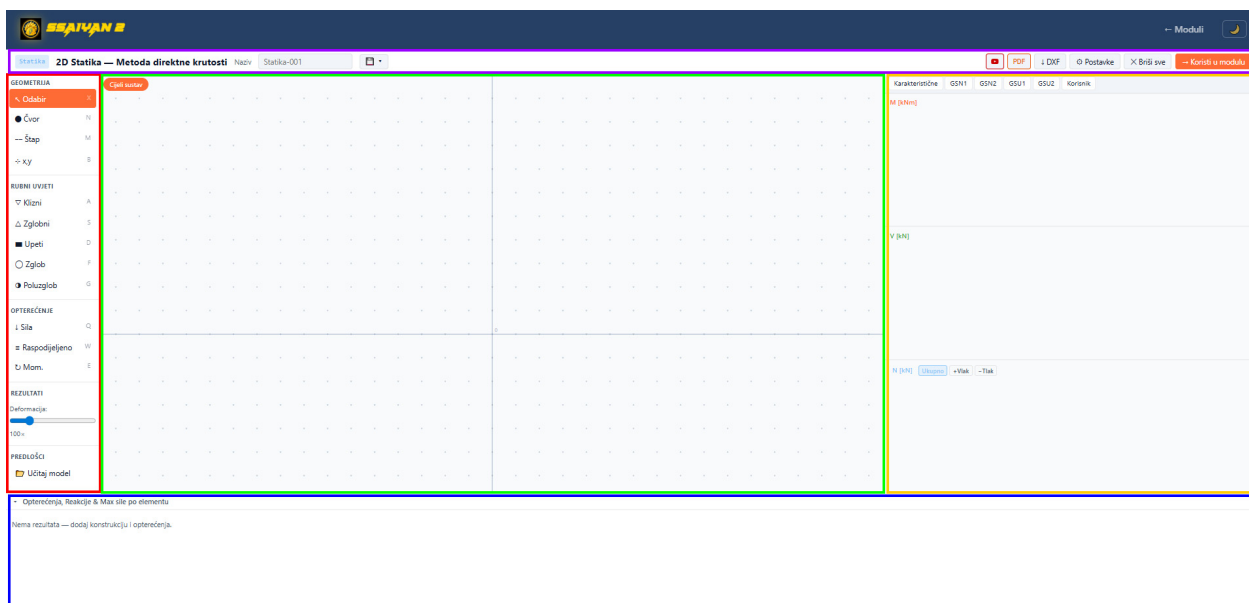
Alat radi isključivo u pregledniku.

*Preporučeni preglednici: Chrome, Edge, Firefox. Safari podržan uz ograničenja.*

#### 2.2 Pregled sučelja

Sučelje se dijeli na pet zona:

- **Lijevi alatni panel** — odabir načina unosa (čvorovi, elementi, oslonci, opterećenja)
- **Gornji panel** — naziv proračuna, spremanje, predlošci, export u dxf, postavke i korištenje u modulu
- **Radna površina (canvas)** — crtanje i uređivanje konstrukcije
- **Desni dijagramski panel** — M/V/N dijagrami po tabovima, ECO kombinacije
- **Donji panel** — opterećenja, reakcije oslonaca, max sile u elementima (toggle tipkom Space)



### 3. Unos geometrije

#### 3.1 Dodavanje čvorova

Čvor (node) je točka u ravnini definirana koordinatama (x, y) u metrima.

- Kliknuti gumb ● Čvor u lijevom panelu ili pritisnuti tipku N
- Kliknuti na radnu površinu — čvor se postavlja na poziciju klik
- Desni klik na čvor → brisanje čvora (*desni klik u programu općenito briše svaki entitet*)
- **Lijevi klik i držanje tipke miša → pomicanje čvora u x ili y smjeru!**

*Čvorovi se automatski numeriraju (Č1, Č2...) i prikazuju koordinate pri hoveru. Za pomicanje čvora potrebno je odabrati opciju "Odabir (X)". Kada dodajete čvor, hvata se na točku postavljenog koordinatnog sustava (u postavkama se može korigirati gustoća).*



#### 3.2 Dodavanje elemenata (štapova)

Element (štap) spaja dva čvora. Može biti greda (s momentom savijanja) ili rešetkasti štap (samo uzdužna sila, bez momenta) — definira se kao zglobno priključen na oba kraja).

- Kliknuti gumb — Štap ili pritisnuti tipku M
- Kliknuti prvi čvor → kliknuti drugi čvor — element se crta
- Dupli lijevi klik na element → editiranje elementa

*Elementi se automatski numeriraju (El 1, El 2...). Duljina i kut prikazuju se u statusnoj traci. Kada čvor dodajete na element, ne vrijedi više zadana gustoća.*

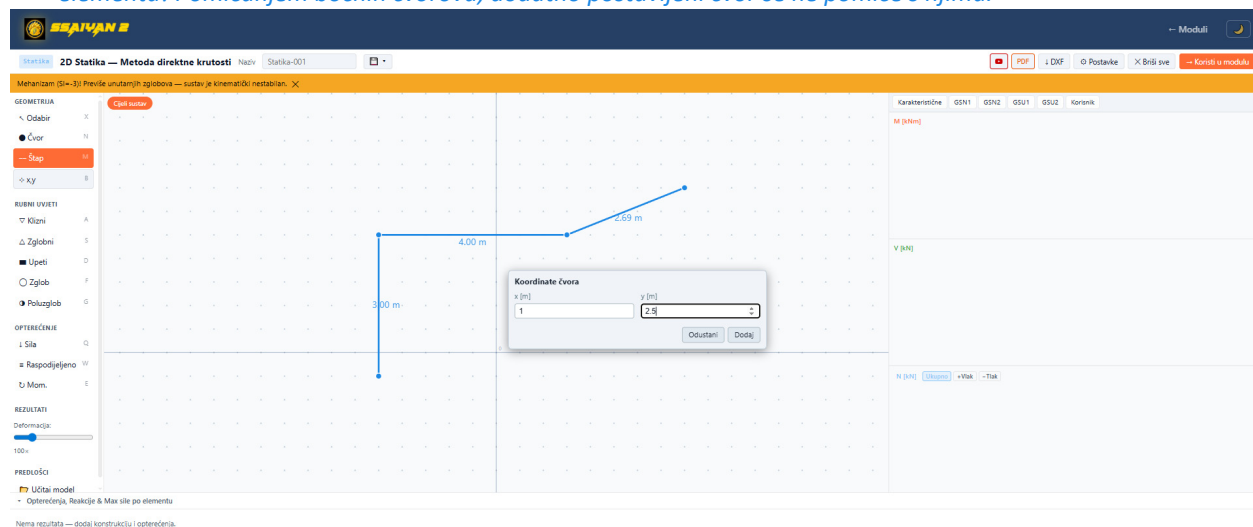


### 3.3 Precizni unos koordinata

Za precizno zadavanje položaja čvora:

- Pritisnuti tipku B (ili kliknuti na prikaz koordinata u gornjem panelu)
- Otvorit će se dijaloški okvir za unos x i y koordinata u metrima

*i Ovo koristiti za dodavanje čvorova na element za točno definirane koordinate sile. Čvor dodan na element prepoznaje opterećenje dodano u toj točki, ne veže se direkt na štap, odnosno ne dijeli element na dva elementa! Pomicanjem bočnih čvorova, dodatno postavljeni čvor se ne pomiče s njima.*



### 3.4 Uređivanje i brisanje

Odabir elemenata:

- Tipka X ili klik na gumb Odabir za način odabira
- Ctrl + Z → undo
- Ctrl + A → odabir svega
- Delete ili Backspace → brisanje odabranih elemenata (ili desni klik mišom na bilo koji element/čvor/silu)

Pomicanje čvorova:

- Odabrati čvor (način Odabir ili X) → povući mišem na novu poziciju (ovo mora biti aktivno za pomicanje čvorova/opterećenja).
- Opcija **BRIŠI SVE** u desnom gornjem kutu resetira modul statika 2D. Ukoliko dođe do greške, očistite cijelu radnu površinu i krenite ispočetka.

## 4. Rubni uvjeti (oslonci i zglobovi)

### 4.1 Vrste oslonaca

Oslonac se dodaje odabirom vrste u lijevom panelu i klikom na željeni čvor.

Kada program prepozna statički sustav, u desnom panelu se automatski nacrtaju dijagrami.

Kratica	Oslonac	Stupnjevi slobode
A	Klizni	Sprječava pomak u jednom smjeru (y), slobodan x i $\phi$
S	Zglobni	Sprječava pomak x i y, slobodna rotacija $\phi$
D	Upeti	Sprječava sve pomake i rotaciju (x, y, $\phi$ )
F	Zglob	Unutarnji zglob na čvoru ili kraju elementa — $M = 0$
G	Polu-zglob	Reducirana krutost veze — parcijalni prijenos momenta



## 4.2 Zglobovi/poluzglobovi

Zglob osigurava  $M = 0$  u određenoj točki elementa ili na spoju dvaju elemenata. Koristi se za modeliranje Gerber greda, rešetki i zglobnih okvira.

- Odabir elemenata s unutarnjim zglobom: desni klik → Postavi zglob na početak/kraj → tipka F (zglob) ili G (polu-zglob)
- Unutarnji zglobovi prikazani su kružićem (o) na kraju elementa

*! Za rešetkastu konstrukciju: svaki element mora imati zglobove na oba kraja ili se zadati kao rešetkasti štap.*

## 5. Opterećenja

### 5.1 Vrste opterećenja

Podržane su tri vrste opterećenja:

Kratica	Vrsta	Opis
<b>Q</b>	Koncentrirana sila	Sila u čvoru ili na elementu, smjer i iznos u kN
<b>W</b>	Raspodijeljeno opt.	Konstantno ili trapezno na elementu ili dijelu elementa, iznos u kN/m
<b>E</b>	Moment	Koncentrirani moment u čvoru ili na elementu, iznos u kNm

*! Raspodijeljeno opterećenje se može zadavati na cijelom elementu ili djelomično – relativno ili apsolutno*

### 5.2 Dodavanje opterećenja

Postupak dodavanja opterećenja:

- Odabrati vrstu opterećenja klikom na gumb u lijevom panelu ili odgovarajućom tipkom (Q, W, E)
- Kliknuti na željeni čvor (sila/moment) ili na element (sila/element/raspodijeljeno)
- Otvorit će se popup prozor za unos parametara
- Unijeti iznos, smjer (kut ili komponente) i vrstu opterećenja te točnu lokaciju na štapu u apsolutnim ili relativnim koordinatama
- Kliknuti Primijeni za potvrdu

*! Ukoliko se sila ili moment nanese u interni čvor na štapu, sila se može trenutno pomicati po elementima, ali je uvijek vezana za čvor. Kada se čvor pomakne, vrati silu na njegovu lokaciju.*

Uređivanje i brisanje opterećenja:

- Za pomicanje opterećenja mora biti aktivna opcija „Odabir (X)“ i mora se pojaviti znak ruke
- Desni klik na opterećenje (koncentrirana sila), moment ili liniju (raspodijeljeno) za brisanje

*! Iznos opterećenja prikazuje se uz crvenu strelicu ili uz liniju na elementu.*

Na slici ispod je primjer dijaloškog okvira za dodavanje raspodijeljenog opterećenja.

**Raspodijeljeno opterećenje**

Smjer: [↑] [↓] [←] [→]

Tip: Trapezno (q1 ≠ q2)

q početak [kN/m]: 10

q kraj [kN/m]: 30

Vrsta opterećenja: Promjenjivo Q, Stalno G

Opseg opterećenja: Cijeli element, Djelomično

Relativno (%), Apsolutno (m)

Opseg: 0 - 4.00 m

Početak: 1.00 m

Kraj: 3.00 m

[Odustani] [Postavi]

REAKCIJE OSLOVNACA						MAX SILE U ELEMENTIMA						
Čvor	x [m]	y [m]	Rx [kN]	Ry [kN]	Mz [kNm]	Štap	L [m]	max M [kNm]	min M [kNm]	max V [kN]	min V [kN]	max N [kN]
C1	-2.50	-0.50	0.00	0.00	0.00	E1	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C4	4.00	3.50	0.00	0.00	0.00	E2	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C5	2.00	0.50	0.00	0.00	0.00	E3	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
						E4	2.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

## 6. Proračun i prikaz rezultata

### 6.1 Automatski proračun

Proračun se pokreće **automatski** nakon svakog unosa ili izmjene (čvor, element, oslonac, opterećenje). Nije potrebno ručno pokretanje. Ako konstrukcija nije statički određena ili nestabilna, prikazuje se upozorenje u statusnoj traci.

### 6.2 Dijagrami unutarnjih sila

Dijagrami se prikazuju u desnom dijagramskom panelu. Tabovi za odabir:

- Tab Cijeli sustav — svi prikazi (deformacijska linija + M/V/N)
- Tab g1, g2, ... — rezultati za pojedino opterećenje zasebno

*👉 Klikom na tipku tab kružite redom po opterećenjima (cijeli sustav pa svaka sila zasebno)*

**Poluzglob**

Smjer: [↑] [↓] [←] [→]

Tip: Poluzglob

q1 [kN/m]: 10

q2 [kN/m]: 30

Vrsta opterećenja: Promjenjivo Q, Stalno G

Opseg opterećenja: Cijeli element, Djelomično

Relativno (%), Apsolutno (m)

Opseg: 0 - 4.00 m

Početak: 1.00 m

Kraj: 3.00 m

[Odustani] [Postavi]

REAKCIJE OSLOVNACA						MAX SILE U ELEMENTIMA												
Identi	Tip	Mjesto	Imen	Vrsta	EC2 status	Čvor	x [m]	y [m]	Rx [kN]	Ry [kN]	Mz [kNm]	Štap	L [m]	max M [kNm]	min M [kNm]	max V [kN]	min V [kN]	max N [kN]
g1	Raspodijeljeno	E12	10.00-30.00 kN/m	Stalno G	-	C1	-2.50	-0.50	0.00	18.33	0.00	E1	3.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	-18.33
						C4	4.00	3.50	4.90	1.96	0.00	E2	4.00	30.27	0.00	18.33	-21.67	0.00
						C5	2.00	0.50	-4.90	19.71	-0.06	E3	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.27
												E4	2.06	0.00	-0.06	-0.03	-0.03	-20.31

Dostupni prikazi (prebacivanje unutar taba):

- M — dijagram momenta savijanja [kNm] (narančasta ispunja)
- V — dijagram poprečnih sile [kN] (plava ispunja)
- N — dijagram uzdužnih sile [kN] (crvena = tlak, plava = vlak)
- Deformacija — elastična linija (uvećana za vizualizaciju u mjerilu od 1 do 500)

### 6.3 Hover interakcija na dijagramima

Prelaskom miša (hover) po dijagramu prikazuje se **točna vrijednost sile/momenta** u odabranoj točki:

- Mali kružić prati kursor duž dijagrama
- Tooltip prikazuje vrijednost (npr.  $M = 23.44$  kNm pri  $x = 2.35$  m)
- Vrijednosti se ažuriraju u realnom vremenu pri pomicanju miša
- Na sjecištu s osi ( $M=0$ ) prikazuje se nultočka

*! Hover radi za M, V i N dijagrame.*

### 6.4 Donji panel — tablica rezultata

Donji panel (toggle tipkom **Space**) prikazuje tri tablice:

- Opterećenja — popis svih opterećenja s vrstom, iznosom i ECO statusom ( $\gamma$  koeficijent)
- Reakcije oslonaca —  $R_x$ ,  $R_y$ ,  $M_z$  po čvoru [kN, kNm]
- Max sile u elementima — max M, min M, max V, max N po elementu + kritična kombinacija

## 7. ECO kombinacije (EN 1990)

### 7.1 Osnova

ECO kombinacije omogućuju automatsko generiranje projektiranih kombinacija prema EN 1990 (metoda matrice krutosti s parcijalnim faktorima). Za svako opterećenje se određuje je li **povoljno ( $\gamma_G = 1,00$ )** ili **nepovoljno ( $\gamma_G = 1,35 / \gamma_Q = 1,50$ )** za odabrani smjer kombinacije.

Algoritam: za svako opterećenje  $i$ , pronalazi se točka maksimalnog  $|M_i|$  (vlastiti kritični presjek), gleda predznak tog momenta (ili uzdužne sile za rešetkaste štapove) i uspoređuje se s traženim smjerom kombinacije.


### 7.2 Dostupne kombinacije

Kratica	Kombinacija	Opis
<b>Tab</b>	Cijeli sustav	Karakteristični rezultati ( $\gamma = 1,00$ za sve)
<b>1</b>	GSN1	Max pozitivni moment — $\gamma_G = 1,35 / \gamma_Q = 1,50$ nepovoljno
<b>2</b>	GSN2	Max negativni moment — $\gamma_G = 1,35 / \gamma_Q = 1,50$ nepovoljno
<b>3</b>	GSU1	Max pozitivni pomak — $\gamma_G = 1,00 / \gamma_Q = 1,00$
<b>4</b>	GSU2	Max negativni pomak — $\gamma_G = 1,00 / \gamma_Q = 1,00$
<b>5</b>	Korisnik	Korisnički definirana kombinacija — slobodan unos $\gamma$ po opterećenju

*! Tipke 1–5 aktivne su samo kada je aktivan tab "Cijeli sustav". ECO status svakog opterećenja vidljiv je u donjem panelu (kolona "ECO status").*

### 7.3 Korisnička kombinacija

Kombinacijom **Korisnik** (tipka 5) omogućuje se ručno zadavanje  $\gamma$  faktora:

- Kliknuti  Definiraj pokraj Korisnik
- Za svako opterećenje unijeti željeni  $\gamma$  koeficijent (npr. 0, 1, 1.35, 1.5)
- Kliknuti Primijeni — kombinacija se računa s unesenim koeficijentima

*! Korisna za nestandardne kombinacije: požar, potres i sl.*

## 8. Navigacija i manipulacija prikazom

### 8.1 Zoom i pomicanje

- Zoom in/out: kotačić miša na radnoj površini
- Pan (pomicanje): srednja tipka miša

### 8.2 Tab cycling (prelaz između prikaza opterećenja)

Tipka **Tab** ciklički prebacuje između prikaza:

- Cijeli sustav → g1 → g2 → ... → gN → Cijeli sustav → ...

U prikazu pojedinog opterećenja (gX) desni dijagramski panel prikazuje dijagrame samo za to opterećenje s prikazanim ECO statusom.




## 9. Spremanje i učitavanje

### 9.1 Automatsko spremanje


Svaka izmjena automatski se sprema u **localStorage** preglednika pod ključem "**ssaiyan2-statika-last**". Osvježavanje stranice vraća posljednje stanje. Brisanje cache-a preglednika briše autosave.

### 9.2 Ručno spremanje

Za trajno spremanje s imenom:

- Upisati naziv proračuna u polje "Naziv" u gornjem panelu
- Kliknuti gumb  → odabrati  Spremi (ažurira postojeći) ili  Spremi kao novi... (novi zapis)
- Maksimalno 20 spremljenih proračuna; najstariji se automatski briše

Učitavanje:

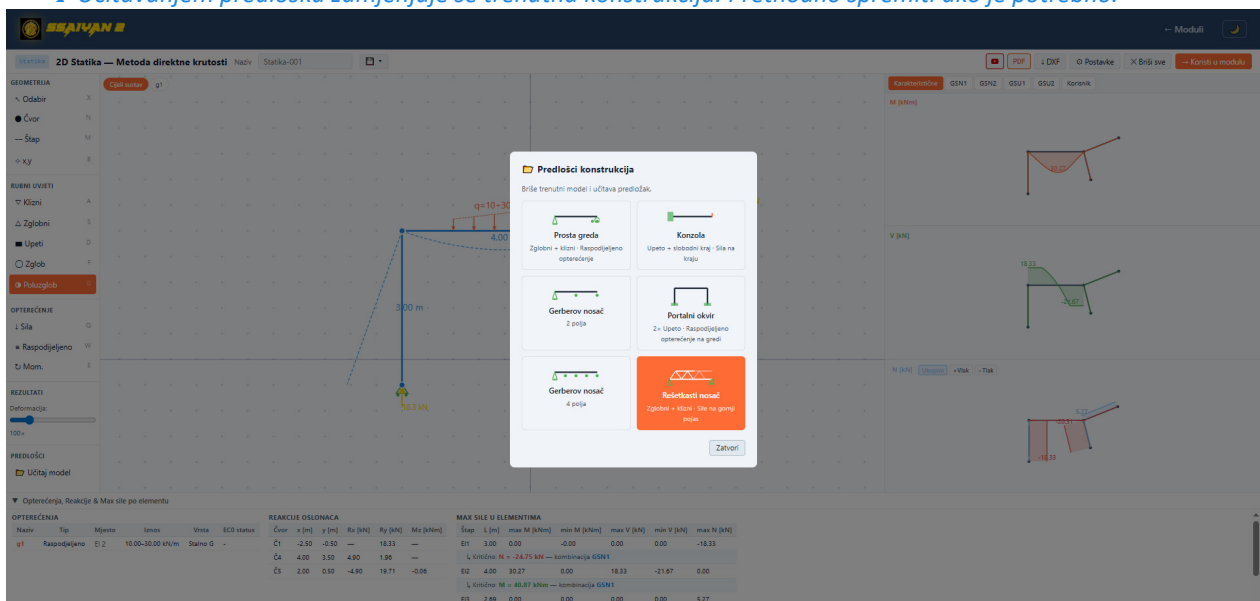
- Kliknuti gumb  → popis svih spremljenih proračuna → radna površina se ažurira odabirom

### 9.3 Predložci

Ugrađeni predložci tipičnih konstruktivnih sustava (gumb Predložci):

- Prosta greda, konzola, kontinuirana greda (2 i 3 polja)
- Gerber greda (s unutarnjim zglobom)
- Portalni okvir
- Rešetka (jednostavna Pratt)


*[i Učitavanjem predložka zamjenjuje se trenutna konstrukcija. Prethodno spremiti ako je potrebno.](#)*



OPTEREĆENJA						REAKCIJE OSLOVNACA				MAX SILE U ELEMENTIMA									
Naziv	Tip	Mjesto	Intenzitet	Vrsta	ECO status	Čvor	x [m]	y [m]	Rx [kN]	Ry [kN]	Mz [kNm]	Štap	L [m]	max M [kNm]	min M [kNm]	max V [kN]	min V [kN]	max N [kN]	min N [kN]
g1	Raspodijeljeno	E:2	10.00-30.00 kN/m	Stalno	0	Č1	-2.50	-0.50	—	18.33	—	E11	3.00	0.00	-0.00	0.00	0.00	—18.33	—
						Č4	4.00	3.00	4.90	1.95	—								
						Č5	2.00	0.50	-4.90	19.71	-0.08								

## 10. Export i integracija

### 10.1 DXF export

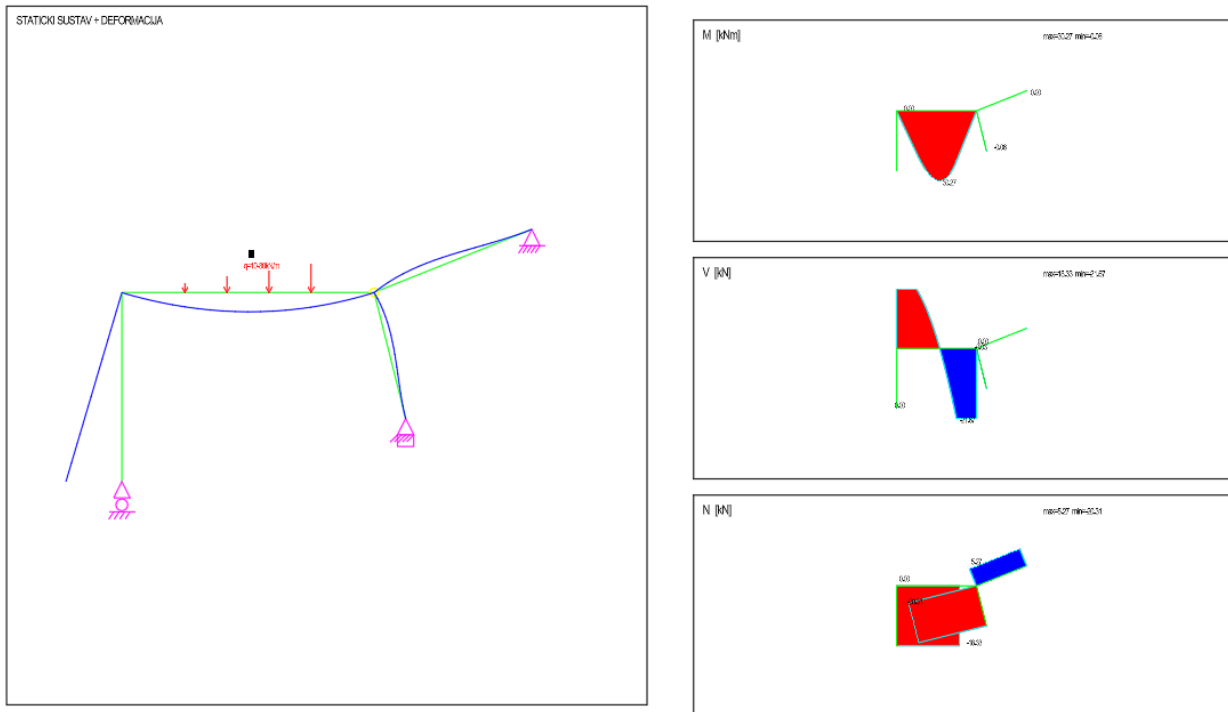
Kliknuti gumb  DXF u gornjem desnom uglu. Generira se DXF datoteka s:

- Geometrijom konstrukcije (elementi i čvorovi)
- Dijagramima M, V i N (skalirani)
- Tablicama reakcija i max sila

* DXF je kompatibilan s AutoCAD-om i sličnim CAD programima.*


STATIKA — DSM | Statika-001



5.0x0x4 4.0x0x3 3.0x0x2 1.0x0x1 | M\_max=30.27 kNm




REZULTATI — DSM analiza							
M_max=30.27 kNm		M_min=0.00 kNm		V_max=16.23 kN		V_min=21.67 kN	
N_max=5.27 kN		N_min=0.00 kN		N_max=0.00 kN		N_min=0.00 kN	
Sl.	l [m]	N [kN]	V [kN]	M [kNm]	M [kNm]	N [kN]	V [kN]
1	3.00	-15.55	-15.55	0.00	0.00	0.00	-3.00
2	4.00	0.00	0.00	15.55	-15.57	0.00	0.00
3	2.88	5.27	5.27	0.00	0.00	0.00	0.00

### 10.2 Koristi u modulu

Gumb  Koristi u modulu prebacuje rezultate proračuna direktno u modul za dimenzioniranje

- Kliknuti  Koristi u modulu  odabrati element klikom na radnu površinu
- Odabrani element i sile (M, V, N) prenose se u odabrani Eurocode modul
- Otvara se novi tab s predpopunjenim vrijednostima MEd, VEd, Ned koje se automatski dimenzioniraju pronalaskom optimalnog presjeka

* Transfer trenutno radi samo za EC3 nosač. Ukoliko na odabranom element postoji moment savijanja, EC3 modul automatski odabire HEA nosač. Ukoliko postoji samo uzdužna sila, modul automatski odabire kvadratni cijevni nosač.*



## 11. Popis prečaca na tipkovnici

### Geometrija i načini unosa:


Tipka	Akcija
<b>X</b>	<b>Način odabira (Selection mode)</b>
<b>N</b>	Dodaj čvor
<b>M</b>	Dodaj element (štap)
<b>B</b>	Precizni unos koordinata (x, y)
<b>A</b>	Dodaj klizni oslonac
<b>S</b>	Dodaj zglobni oslonac
<b>D</b>	Dodaj upeti oslonac
<b>F</b>	Postavi zglob na elementu ili u čvoru
<b>G</b>	Postavi polu-zglob na kraj elementa
<b>Q</b>	Dodaj koncentriranu silu
<b>W</b>	Dodaj raspodjeljeno opterećenje
<b>E</b>	Dodaj moment
<b>R</b>	Koristi u modulu
<b>Delete / Backspace</b>	Briši odabrane elemente
<b>Ctrl + Z</b>	Undo (poništi zadnju akciju)
<b>Ctrl + A</b>	Odaberi sve elemente
<b>Escape</b>	Zatvori popup/modal; otkaži trenutni mode

### Prikaz i ECO kombinacije:

Tipka	Akcija
<b>Space</b>	Toggle donjeg panela (opterećenja / reakcije / max sile)
<b>Tab</b>	Ciklički prebaci: Cijeli sustav → g1 → g2 → ... → gN → Cijeli sustav
<b>1</b>	GSN1 kombinacija (max pozitivni M/V) — samo za aktivan "Cijeli sustav"
<b>2</b>	GSN2 kombinacija (max negativni M/V) — samo za aktivan "Cijeli sustav"
<b>3</b>	GSU1 kombinacija (max pozitivni pomak) — samo za aktivan "Cijeli sustav"
<b>4</b>	GSU2 kombinacija (max negativni pomak) — samo za aktivan "Cijeli sustav"
<b>5</b>	Korisnička kombinacija — samo za aktivan "Cijeli sustav"

## 12. Tipičan dijagram toka rada

---

- 1. Unos geometrije:** Otvoriti modul → odabrati predložak ili početi od nule → dodati čvorove (N) → spojiti elementima (M) → zadati koordinate precizno (B po potrebi)
- 2. Rubni uvjeti:** Odabrati vrstu oslonca (A/S/D) → kliknuti na čvorove oslonaca → po potrebi dodati unutarnje zglobove (F/G)
- 3. Opterećenja:** Za svako opterećenje: odabrati vrstu (Q/W/E) → kliknuti na čvor ili element → unijeti iznos, smjer, vrstu (G/Q) → Primijeni
- 4. Provjera rezultata:** Proračun se pokreće automatski → pregledati M/V/N dijagrame (hover za vrijednosti) → otvoriti donji panel (Space) → pregledati reakcije i max sile
- 5. ECO kombinacije:** Na tabu "Cijeli sustav" pritisnuti 1 (GSN1) → pregledati diagram s  $\gamma$  faktorima → po potrebi i ostale kombinacije (2, 3, 4) → provjera kritičnih vrijednosti
- 6. Export / transfer:** Spremiti proračun () → exportirati u DXF ili prebaciti u modul za dimenzioniranje → Koristi u modulu (K) → odabrati element → program trenutno podržava ispis samo u EC3 (potrebno odabrati čelik) na način da se preuzimaju aktivne MEd/VEd/NEd.

Upute su dostupne na sljedećoj poveznici:

<https://www.youtube.com/watch?v=5D6feUneTEY&list=PLCQmgZj7TUs5kV6Q6CKKB6v72UYdJOaP7>

---

Za pitanja, greške ili prijedloge: [goretamarko91@gmail.com](mailto:goretamarko91@gmail.com) ili [goretamarko@hotmail.co.uk](mailto:goretamarko@hotmail.co.uk)