

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo

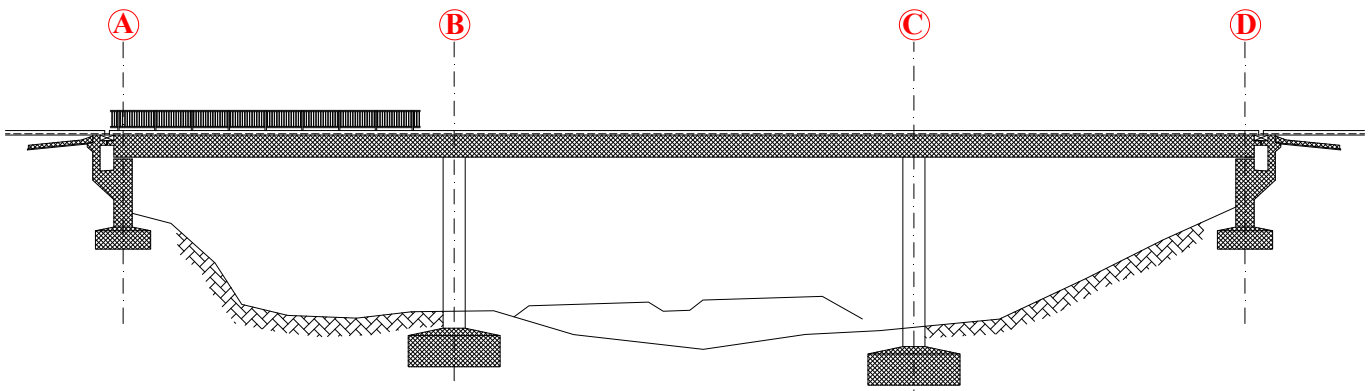
Katedra za masivne in
lesene konstrukcije

Jamova c. 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 476 85 98
faks (01) 425 06 83



ARMIRANOBETONSKI NADVOZ PREKO TREH POLJ

ŠTUDIJSKO GRADIVO PRI PREDMETU MASIVNI MOSTOVI
Operativno gradbeništvo (VS), št. leto 2016/17



Različica z dne: 17.2.2017

1. OSNOVNI PODATKI

1.1. Tehnično poročilo

Nadvoz x-y v km 4,4 + 40,000 do km 4,4 + xx,000 na krajevni cesti Naselje1 - Naselje2 premošča hitro cesto Naselje3 - Naselje4.

Trasa krajevne ceste poteka na območju objekta tlorisno v premi. Vertikalno poteka niveleta ceste v vzdolžnem padcu 0.25 %, prečni padelec pa je enostranski in je 2.5 %.

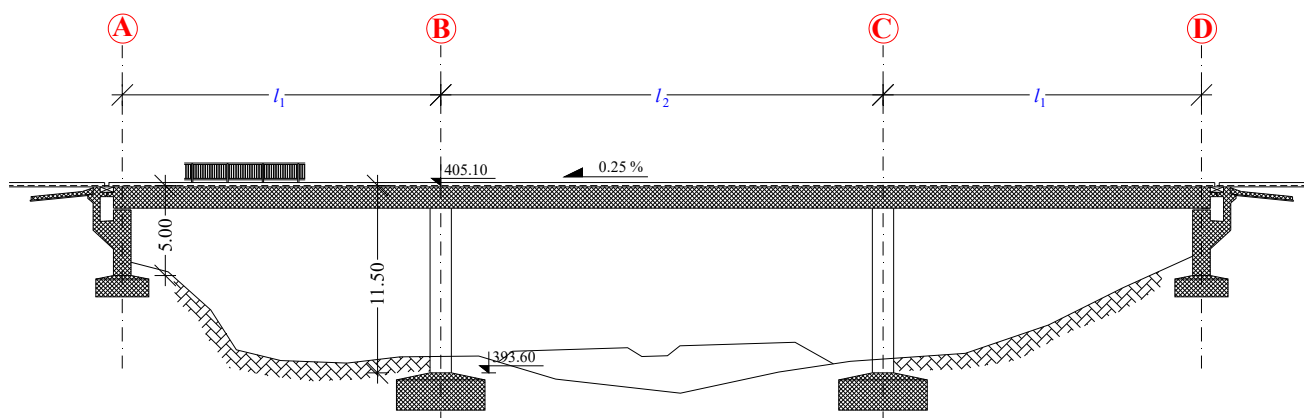
Objekt je opremljen s hodnikoma za prehod pešcev ter varovalno ograjo na zunanjih straneh. Širina hodnikov je 1 m.

1.1.1. Izbrane dimenzije

Skupina

$l_1 =$ m, $l_2 =$ m

1.1.2. Terenske razmere



1.1.3. Opis zgornje konstrukcije

Premostitvena armiranobetonska konstrukcija poteka v vzdolžni smeri neprekinjeno preko treh polj s statičnimi razponi $l_1 + l_2 + l_1 =$ m.

Celotna širina mostu je 8.7 m, širina prekladne konstrukcije pa 8.2 m. Prekladna konstrukcija nadvoza je sestavljena iz nosilnega rebra trapeznega prečnega prereza, ki je v osrednjem delu širine 3.0 m debelo h_1 , in obojestranskih konzol. Debelina 2.2 m dolgih konzol je na prostem robu 0.22 m, na vpetem robu pa 0.35 m.

Prekladna konstrukcija je preko neoprenskih ležišč 350/450/114 mm (predlagane dimenzije) položena na krajna opornika (os A in D), na vmesna opornika pa je elastično vpeta (os B in C).

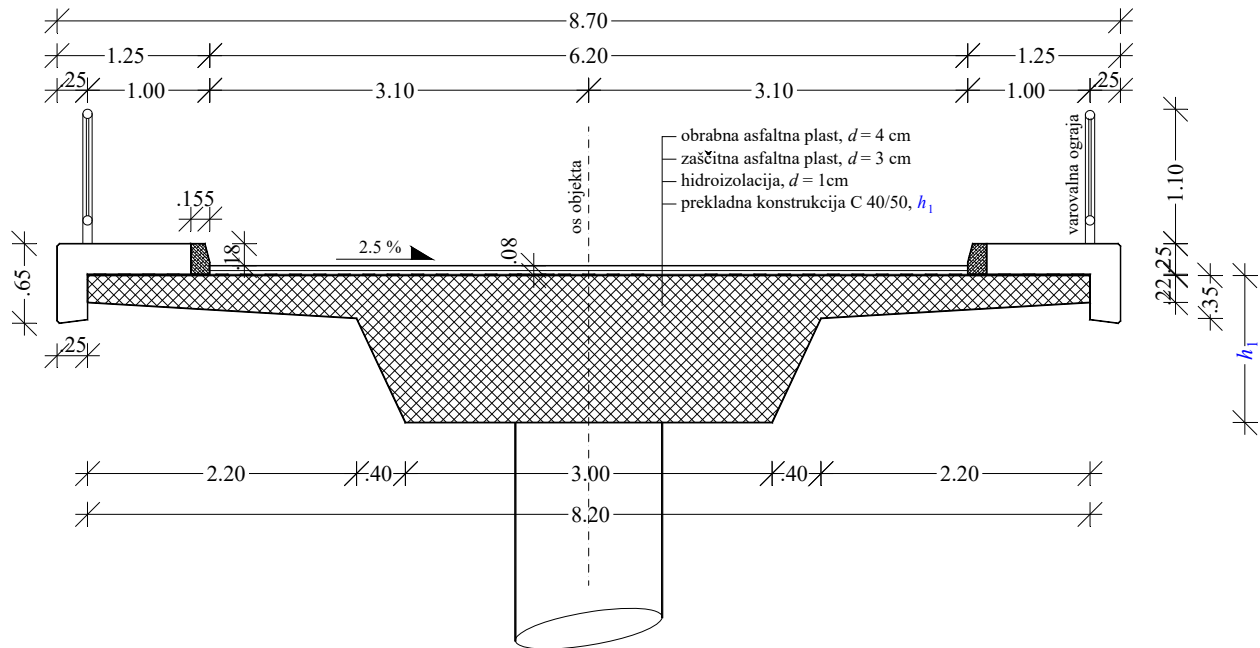
1.1.4. Opis podporne konstrukcije

Podporna konstrukcija nadvoza je sestavljena iz dveh vmesnih in dveh krajnih opornikov. Krajna opornika sta steni debeline 1.2 m, ki sta bočno zaključeni s paralelnimi krili in prehodna plošča.

Vmesna opornika sta okrogla stebra s premerom 1.2 do 1.4 m.

Vsi oporniki so plitvo temeljeni. Krajna opornika sta temeljena na pasovnih temeljih, srednja pa na točkovnih.

1.1.5. Cestišče



1.1.6. Geomehanske karakteristike

Iz geomehanskega poročila je razvidno, da je sestava temeljnih tal na območju objekta grušč s peščeno glinastim vezivom. Dopustna nosilnost temeljnih tal je na predvideni koti temeljenja ocenjena na $\sigma_{dop} = 500 \text{ kN/m}^2$.

Pričakovani posedki, ki se bodo odvili med gradnjo, znašajo 3-4 cm. Diferenčni posedki med posameznimi oporniki pa so ocenjeni na 1 cm.

1.1.7. Uporabljeni materiali

Beton: - podložni beton C10/12

- temelji, oporniki, prehodna plošča C30/37

- prekladna konstrukcija C40/50: $f_{ck} = 4 \text{ kN/cm}^2$, $E_{cm} = 3500 \text{ kN/cm}^2$, $f_{ctm} = 0.35 \text{ kN/cm}^2$,
 $f_{ctk,0.05} = 0.25 \text{ kN/cm}^2$

Rebraste armaturne palice B500 B: $f_{yk} = 50 \text{ kN/cm}^2$, $E_s = 20000 \text{ kN/cm}^2$

1.1.8. Pogoji okolja

Upoštevamo relativno vlažnost okolice $RH = 70 \%$.

Za prekladno konstrukcijo upoštevamo razred izpostavljenosti **XD1** glede korozije zaradi kloridov in razred **XF1** glede zmrzovanja in tajanja.

1.1.9. Krovni sloj betona

Nazivni krovni sloj določimo kot najmanjši krovni sloj c_{min} , povečan za dovoljeno projektno odstopanje Δc_{dev} (priporočena vrednost je 10 mm). Formalno to zapišemo kot:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = c_{min} + 10 \text{ mm} =$$

Za najmanjši krovni sloj c_{min} moramo upoštevati večjo izmed vrednosti, in sicer:

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm} \} =$$

Pri tem je:

- $c_{\min,b}$ najmanjša debelina krovnega sloja glede na zahteve sprijemnosti in je za posamično razvrstitev palic kar enaka premeru palice (če je nazivni premer največjega zrna agregata $d_g > 32$ mm, se $c_{\min,b}$ poveča za 5 mm): $c_{\min,b} =$ mm
- $c_{\min,dur}$ je najmanjša debelina krovnega sloja glede na pogoje okolja in razred konstrukcije. Odčitamo ga iz preglednice 4.4N v SIST EN 1992-1-1: $c_{\min,dur} =$ mm (razred izpostavljenosti **XD1** – zmerno vlažno okolje (betonske površine, izpostavljene kloridom, ki jih prenaša zrak). Priporočen razred konstrukcije za projektno življenjsko dobo 50 let je S4. Po kriteriju zvišane projektne življenjske dobe (100 let) moramo pri razredu izpostavljenosti XD1 zvišati razred konstrukcije za 2, za elemente z geometrijo plošč pa lahko razred konstrukcije znižamo za 1. Torej v računu upoštevamo razred konstrukcije **S5**)

Structural Class							
Criterion	Exposure Class according to Table 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1	XD2 / XS1	XD3 / XS2 / XS3
Design Working Life of 100 years	increase class by 2	increase class by 2	increase class by 2	increase class by 2	increase class by 2	increase class by 2	increase class by 2
Strength Class ¹⁾²⁾	\geq C30/37 reduce class by 1	\geq C30/37 reduce class by 1	\geq C35/45 reduce class by 1	\geq C40/50 reduce class by 1	\geq C40/50 reduce class by 1	\geq C40/50 reduce class by 1	\geq C45/55 reduce class by 1
Member with slab geometry (position of reinforcement not affected by construction process)	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1
Special Quality Control of the concrete production ensured	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1	reduce class by 1

Environmental Requirement for $c_{\min,dur}$ (mm)							
Structural Class	Exposure Class according to Table 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

- $\Delta c_{dur,\gamma}$ je dodatni varnostni sloj (priporočena vrednost je 0 mm): $\Delta c_{dur,\gamma} =$ mm
- $\Delta c_{dur,st}$ predstavlja zmanjšanje najmanjše debeline krovne plasti pri uporabi nerjavečega jekla (priporočena vrednost brez podrobnih pojasnil je 0 mm): $\Delta c_{dur,st} =$ mm
- $\Delta c_{dur,add}$ pa predstavlja zmanjšanje debeline krovne plasti pri uporabi dodatne zaščite (priporočena vrednost je 0 mm): $\Delta c_{dur,add} =$ mm

2. VPLIVI NA KONSTRUKCIJO

2.1. Stalni vplivi $G_{k,j}$

2.1.1. Lastna teža in stalna obtežba

Lastna teža objekta je stalni nepomični vpliv. Upoštevamo jo glede na težo materialov. Vključuje lastno težo konstrukcije in nekonstrukcijskih elementov (dodatni deli objekta, npr. robniki) s pritrjeno opremo ter težo balasta.

Pri projektiranju se celotna stalna obtežba konstrukcijskih in nekonstrukcijskih elementov upošteva kot en sam vpliv.

2.1.2. Diferenčni posedki podpor

Upoštevamo kot stalni vpliv. V primeru neugodnega vpliva je delni varnostni faktor $\gamma_{Gset} = 1.2$, v primeru ugodnega delovanja pa upoštevamo $\gamma_{Gset} = 0$.

V analizi predvidimo posedek posamezne podpore v velikosti 1 cm.

2.2. Spremenljivi vplivi $Q_{k,i}$

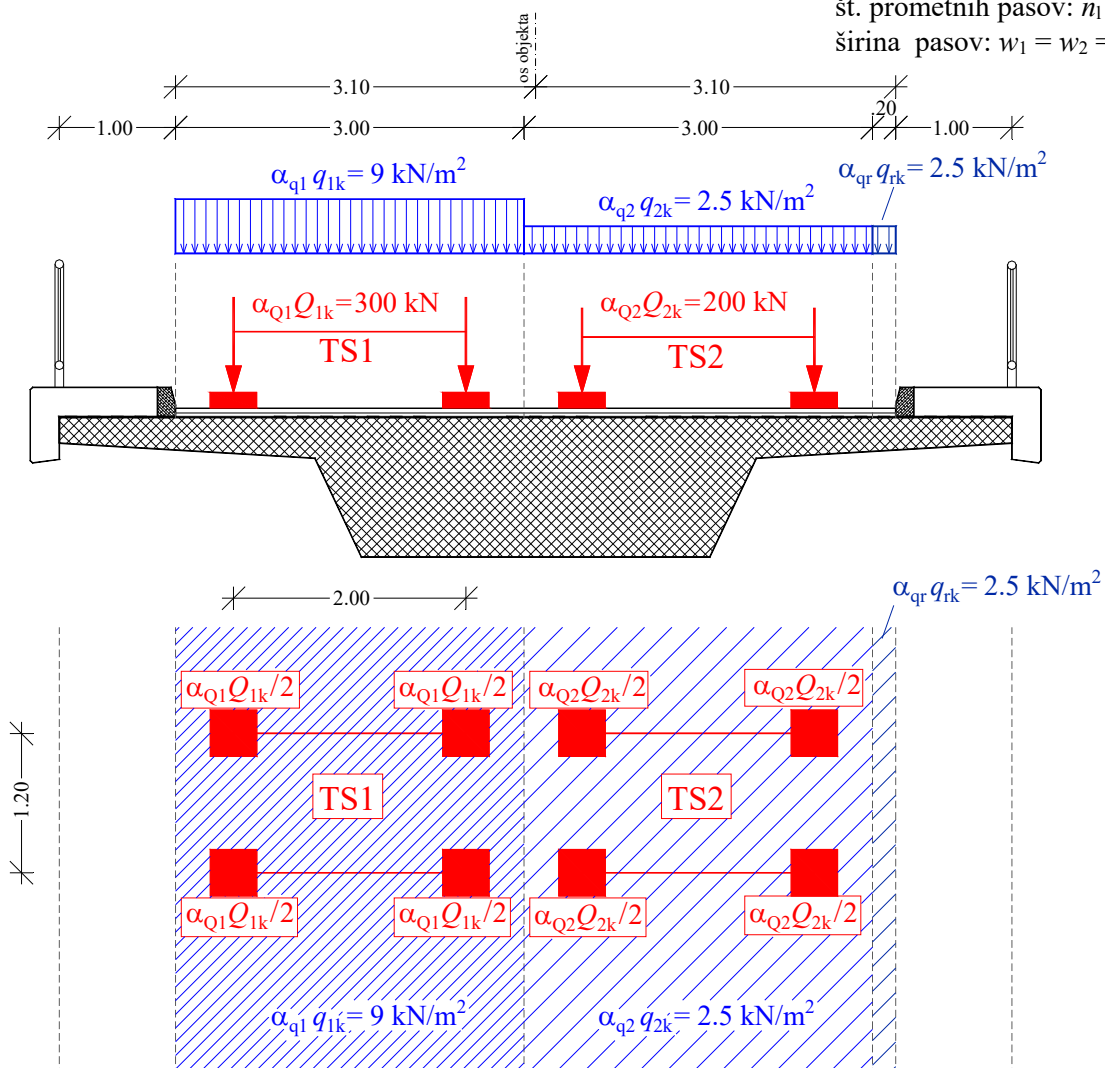
2.2.1. Prometna obtežba

- shema LM 1 (enakomerno porazdeljena obtežba UDL + koncentrirana obtežba dvoosnih vozil TS)

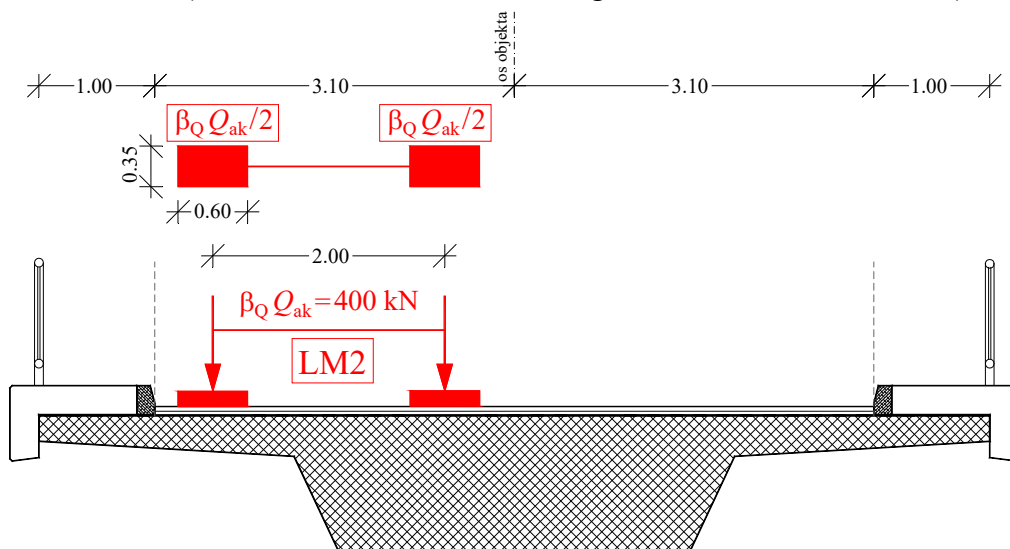
širina vozišča: $w = 6.2$ m

št. prometnih pasov: $n_1 = \text{int}(w/3.0) = 2$

širina pasov: $w_1 = w_2 = 3.0$ m



- shema LM 2 (koncentrirana obtežba enosnega vozila, za lokalno analizo)

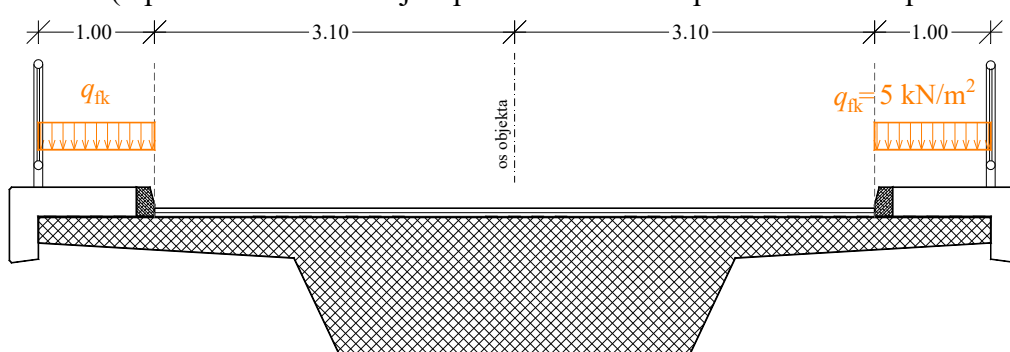


- horizontalna obtežba – zavorne sile in sile speljevanja

$$Q_{lk} = 0.6 \alpha_{Q1} (2Q_{lk}) + 0.1 \alpha_{q1} q_{lk} w_1 L$$

$$180 \alpha_{Q1} \leq Q_{lk} [\text{kN}] \leq 900$$

- hodnik (v primeru kombiniranja s prometno obtežbo po shemi LM1 upoštevamo $q_{fk} = 3 \text{ kN/m}^2$)



2.2.2. Temperaturni vplivi

Temperaturni vpliv v prekladni konstrukciji predstavimo z vsoto enakomerne spremembe temperature, linearnega temperaturnega gradienta po višini in preostalih vplivov.

- enakomerna sprememba temperature

Začetna temperatura konstrukcije T_0 – temperatura v času vzpostavitve podpiranja oz. povprečna temperatura v času gradnje. Če podatkov ni, privzamemo $T_0 = 10^\circ\text{C}$.

Ocenjene vrednosti najnižje in najvišje temperature ozračja v senci: $T_{\min} = \text{ }^\circ\text{C}$
 $T_{\max} = \text{ }^\circ\text{C}$

Na podlagi ekstremnih vrednosti temperature zraka v senci določimo pripadajočo najvišjo oziroma najnižjo enakomerno temperaturo konstrukcije: $T_{e,\min} = \text{ }^\circ\text{C}$

$$T_{e,\max} = \text{ }^\circ\text{C}$$

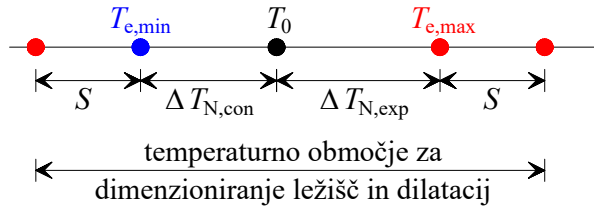
Pri tem smo upoštevali tip konstrukcije 3 – betonske voziščne konstrukcije (škatlasti prerezi, nosilci, plošče).

Pripadajoči enakomerni spremembi temperature konstrukcije sta:

- skrčenje (contraction): $\Delta T_{N,\text{con}} = T_0 - T_{e,\min} =$

- raztezanje (expansion): $\Delta T_{N,\text{exp}} = T_{e,\max} - T_0 =$

Opomba:



- **linearni temperaturni gradient (neenakomerna sprememba temperature)**

Vpliv neenakomerne spremembe temperature po višini upoštevamo z linearnima potekoma temperature po višini prekladne konstrukcije. Priporočeni vrednosti pri debelini obloge 50 mm sta:

$\Delta T_{M,heat} = 15^{\circ}\text{C}$ (zgoraj topleje, betonske plošče in betonski nosilci)

$\Delta T_{M,cool} = 8^{\circ}\text{C}$ (spodaj topleje, betonske plošče in betonski nosilci)

- **sočasen vpliv enakomerne in neenakomerne spremembe temperature**

$\Delta T_{M,heat}$ (ali $\Delta T_{M,cool}$) + 0.35 $\Delta T_{N,exp}$ (ali $\Delta T_{N,con}$) ali 0.75 $\Delta T_{M,heat}$ (ali $\Delta T_{M,cool}$) + $\Delta T_{N,exp}$ (ali $T_{N,con}$)

2.2.3. Krčenje betona

$\varepsilon_{cs}(t, t_s) = \varepsilon_{cd}(t, t_s) + \varepsilon_{ca}(t, t_s)$ $\varepsilon_{cs}(t, t_s)$... krčenje betona od časa t_s (začetek krčenja) pa do časa t (v dnevih)

$\varepsilon_{cd}(t, t_s)$... deformacija krčenja zaradi sušenja

$\varepsilon_{ca}(t, t_s)$... deformacija zaradi avtogenega krčenja

- ε_{cd} ... deformacija krčenja zaradi sušenja:

$$\varepsilon_{cd}(t, t_s) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0}$$

k_h ... koeficient odvisen od h_0 (EN 1992-1-1, Preglednica 3.3)

β_{ds} ... koeficient, ki opisuje časovni razvoj krčenja zaradi sušenja:

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0.04 \sqrt{h_0^3}}$$

$$h_0 = \frac{2A_c}{u} \text{ v [mm]}$$

u ... obseg elementa v stiku z ozračjem

$\varepsilon_{cd,0}$... nazivna deformacija neoviranega krčenja betona zaradi sušenja:

$$\varepsilon_{cd,0} = 0.85 \cdot \left[(220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot e^{\left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cmo}} \right)} \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH}, \quad \beta_{RH} = 1.55 \cdot \left[1 - \left(\frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right]$$

$$f_{cmo} = 10 \text{ MPa}$$

$$\alpha_{ds1} = 4 \text{ (cement razreda N)}, \quad \alpha_{ds2} = 0.12 \text{ (cement razreda N)}$$

$$RH_0 = 100 \%$$

- ε_{ca} ... deformacija zaradi avtogenega krčenja

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_s(t) \cdot \varepsilon_{ca}(\infty)$$

β_s ... koeficient, ki opisuje časovni razvoj avtogenega krčenja:

$$\beta_s(t) = 1 - e^{(-0.2 \cdot t^{0.5})}, \quad t \text{ je čas v dnevih}$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2.5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6}$$

2.2.4. Vpliv obtežbe vetra

Za normalne cestne in železniške mostove z razponi, manjšimi od 40 m, na splošno ni potreben dinamični postopek računa odziva (konstrukcijski faktor $c_s c_d = 1$).

Sila vetra v smeri vzporedni širini preklade, pravokotno na razpon, izračunamo s poenostavljeno metodo:

$$F_{w,x} = \frac{1}{2} \rho v_b^2 \cdot C \cdot A_{\text{ref},x},$$

ρ ... gostota zraka: $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$

v_b ... osnovna hitrost vetra: $v_b = c_{\text{dir}} c_{\text{season}} v_{b,0}$,

$c_{\text{dir}} = 1.0$ (smerni faktor)

$c_{\text{season}} = 1.0$ (faktor letnega časa)

$v_{b,0}$... temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra: $v_{b,0} = 20 \text{ m/s}$ (cona 1, < 800 m.n.v.)

C ... faktor obtežbe vetra: $C = c_e \cdot c_{f,x}$

c_e ... faktor izpostavljenosti: $c_e = \left[1 + 7 \frac{k_I k_r}{c_0 c_r} \right] c_0^2 c_r^2$

k_I ... faktor turbulence (= 1.0)

k_r ... faktor terena: $k_r = 0.19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0.07}$, $z_{0,II} = 0.05 \text{ m}$

c_0 ... faktor oblike terena, ki upošteva spremembo lokalne topografije. Upošteva se pri tistih lokacijah objektov, ki so na razmiku od vznožja manj kot polovico dolžine grebena, sicer ima vrednost 1.

c_r ... faktor hrapavosti:

$$c_r = \begin{cases} k_r \ln \left(\frac{z}{z_0} \right), & z_{\min} \leq z \leq z_{\max} = 200 \text{ m}, \\ k_r \ln \left(\frac{z_{\min}}{z_0} \right), & z < z_{\min} \end{cases}$$

$z = z_e$... referenčna višina: razdalja od najnižje točke tal pod mostom do sredine preklade mostu

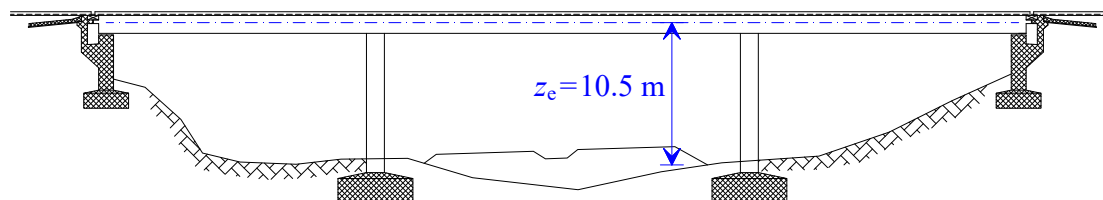
z_0 ... hrapavostna dolžina

z_{\min} ... minimalna višina nad tlemi, kjer je hitrost vetra konstantna

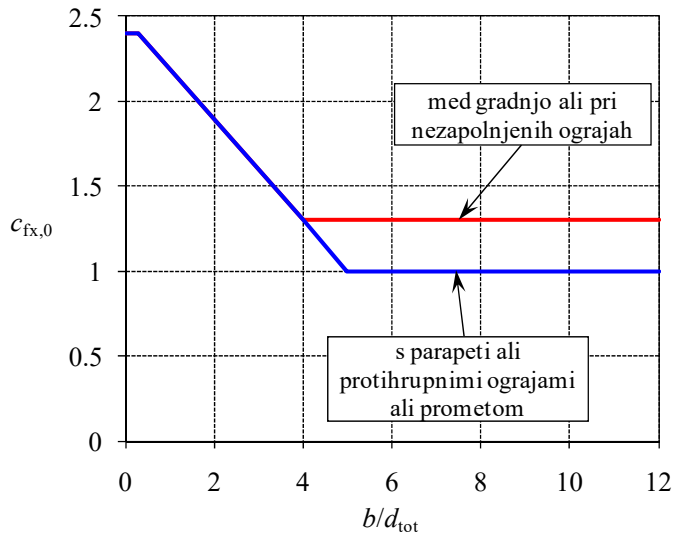
$c_{f,x}$... koeficient sile za vplive vetra na preklade v smeri x : $c_{f,x} = c_{f_x,0}$

$A_{\text{ref},x}$... referenčna površina: $A_{\text{ref},x} = d_{\text{tot}} \cdot L$

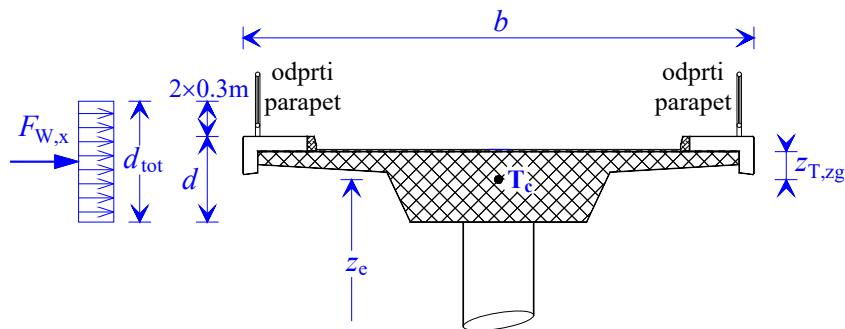
Referenčna višina:



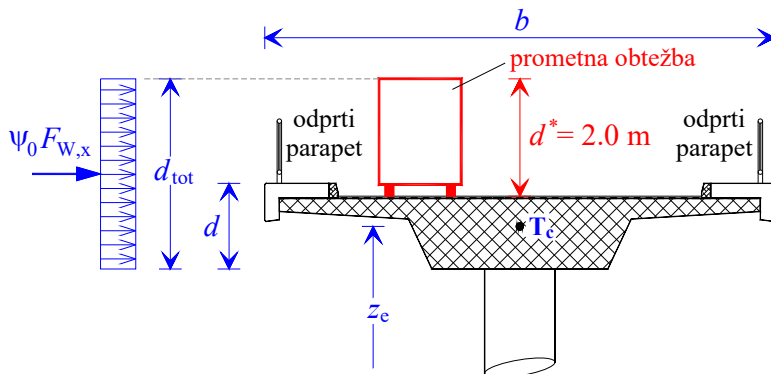
Koeficient sile za vplive vetra na preklade v smeri x :



Referenčna površina za obtežne kombinacije brez prometne obtežbe:



Referenčna površina za obtežne kombinacije s prometno obtežbo:



2.2.5. Dvig krajne podpore, menjava ležišč

V analizi predvidimo dvig krajne podpore v velikosti 1 cm.

2.3. Vpliv potresa A_E

2.3.1. Projektni spekter

Potresni vpliv na določenem mestu na površini je predstavljen v obliki elastičnega spektra pospeškov. Sposobnost konstrukcijskega sistema, da prenaša vplive tudi v nelinearnem območju, v splošnem dovoljuje, da pri projektiranju uporabljamo sile, ki so manjše od tistih, ki ustrezajo linearni elastični analizi z elastičnim spektrom odziva. To upoštevamo tako, da opravimo elastično analizo z zmanjšanim spektrom odziva - **projektnim spektrom**. To zmanjšanje izvedemo z uvedbo **faktorja obnašanja q** .

Projektni spekter za elastično analizo določajo naslednji izrazi:

$$1. \quad 0 \leq T \leq T_B: \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \left(\frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right],$$

$$2. \quad T_B \leq T \leq T_C: \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q},$$

$$3. \quad T_C \leq T \leq T_D: \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \left[\frac{T_C}{T} \right] \geq \beta \cdot a_g, \quad \beta = 0.2,$$

$$4. \quad T \geq T_D: \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \left[\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right] \geq \beta \cdot a_g$$

Pričakovana intenziteta potresa \rightarrow projektni pospešek za tla tipa A: $a_g =$

Kategorija tal - tip tal B \rightarrow parameter tal $S = 1.2,$

(zelo gost pesek, prod ali zelo toga glina): \rightarrow karakteristični nihajni časi spektra: $T_B = 0.15$ s,

$T_C = 0.5$ s,

$T_D = 2.0$ s.

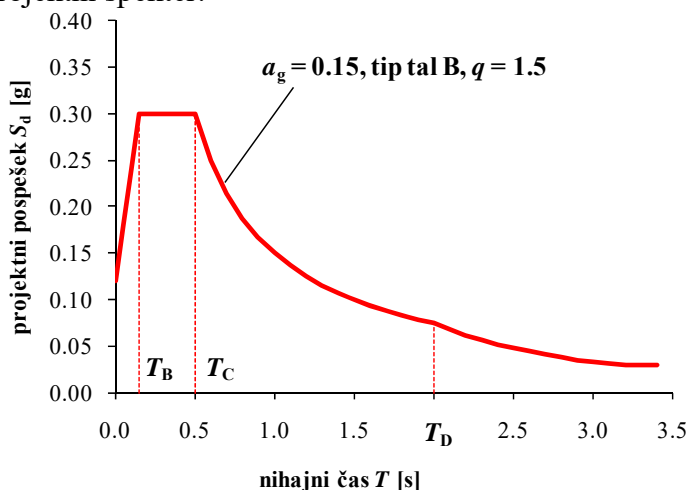
2.3.2. Faktor obnašanja q

TIP KONSTRUKCIJE	delno duktilno obnašanje	duktilno obnašanje
AB stebri:		
- navpični stebri, upogibno obremenjeni	1.5	3.5 $\lambda(\alpha_s)$
- poševni oporniki, upogibno obremenjeni	1.2	2.1 $\lambda(\alpha_s)$

Vrednosti v zgornji tabeli veljajo, če je normirana osna sila $\eta_k = N_{Ed}/(A_c f_{ck}) \leq 0.3$. Če je sila večja, faktor obnašanja reduciramo z izrazom:

$$q_r = q - \frac{\eta_k - 0.3}{0.3} (q - 1) \geq 1, \quad \text{za } 0.3 < \eta_k \leq 0.6$$

Projektni spekter:



2.3.3. Metoda z vodoravnimi silami (ekvivalentna statična analiza)

Celotna vodoravna sila F je za vsako od obeh glavnih smeri, ki ju analiziramo, določena z enačbo:

$$F = S_d(T_1) \cdot M$$

F ... celotna potresna sila, ki deluje na prekladno konstrukcijo (toga prekladna konstrukcija)

$S_d(T_1)$... ordinata v projektnem spektru pri osnovnem nihajnem času T_1

M ... celotna efektivna masa konstrukcije (je enaka masi prekladne konstrukcije ter masi zgornje polovice stebrov)

V prečni smeri silo F razdelimo vzdolž prekladne konstrukcije proporcionalno glede na razporeditev efektivne mase.

V vzdolžni smeri silo F razdelimo na stebre.

2.3.4. Račun mase konstrukcije

Pri določanju projektne potresne obtežbe je upoštevana verjetnost, da bo v času potresa na konstrukciji deloval samo del spremenljive obtežbe. Teža konstrukcije se računa po pravilu:

$$W = \sum G_{k,j} + \sum \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

$G_{k,j}$... karakteristična vrednost stalnega vpliva

$Q_{k,i}$... karakteristična vrednost spremenljivega vpliva

$\Psi_{2,i}$... koeficient za kombinacijo navidezno stalne vrednosti spremenljivega vpliva

(prometna obtežba cestnih mostov: $\Psi_{2,1} = 0.2$)

2.4. Nezagodni vplivi A

npr. trk vozila v robnik ali odbojno ograjo

2.5. Kombinacije vplivov

stalna projektna stanja (osnovne komb.): $\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$

potresna projektna stanja: $\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$

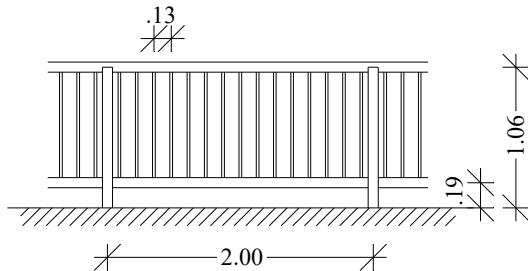
vrsta spremenljivega vpliva	γ_Q
prometna obtežba	1.35 ali 0
temperaturni vplivi	1.5 ali 0
krčenje betona	1.5 ali 0
obtežba vetra	1.5 ali 0

vrsta spremenljivega vpliva	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Prometna obtežba – skupina gr1a:			
LM1-TS	0.75	0.75	0.2 / 0
LM1-UDL	0.4	0.4	0.2 / 0
hodniki	0.4	0.4	0.2 / 0
Prometna obtežba – skupina gr1b:			
LM2	0	0.75	0
Prometna obtežba – skupina gr2:			
LM1-TS (ψ_1)	0	0	0
LM1-UDL (ψ_1)	0	0	0
zavorne sile/sile speljevanja	0	0	0
temperaturni vplivi	0.6	0.6	0.5
krčenje betona	0.5	0.4	0.2
obtežba vetra	0.6	0.2	0

3. STATIČNI RAČUN

3.1. Varovalna ograja

Kovinska varovalna ograja je tipske izvedbe. Stebrički in prečke so iz okroglih cevi $\varnothing 76.1/2.9$ mm, polnila pa so iz okroglih palic $\varnothing 20$ mm.

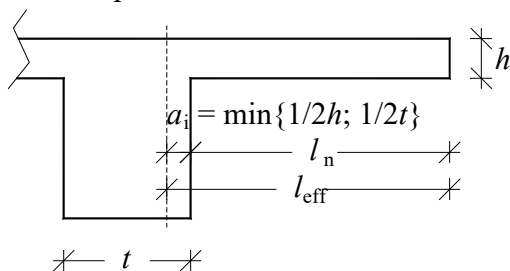


3.2. Voziščna plošča – konzolni del

3.2.1. Zasnova

Dolžina konzolnega dela plošče je 220 cm. Debelina plošče je na prostem robu 22 cm (minimalna debelina – DARS, DRSC), na vpetem robu pa predpostavimo debelino 35 cm.

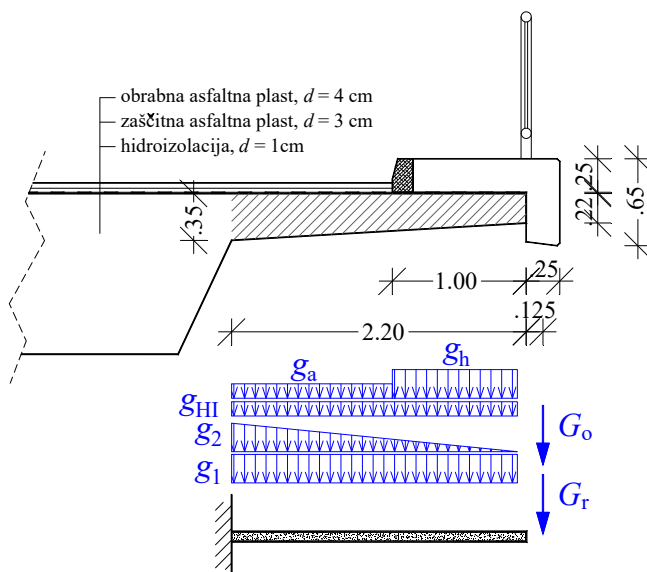
Učinkovita razpetina konzole – l_{eff} :



$$l_{eff} = l_n + a_i$$

Kadar sta nosilec oziroma plošča monolitno povezana s podporo, se za dimenzioniranje nad podporo upošteva projektni upogibni moment ob robu podpore $\rightarrow l_{eff} = l_n =$

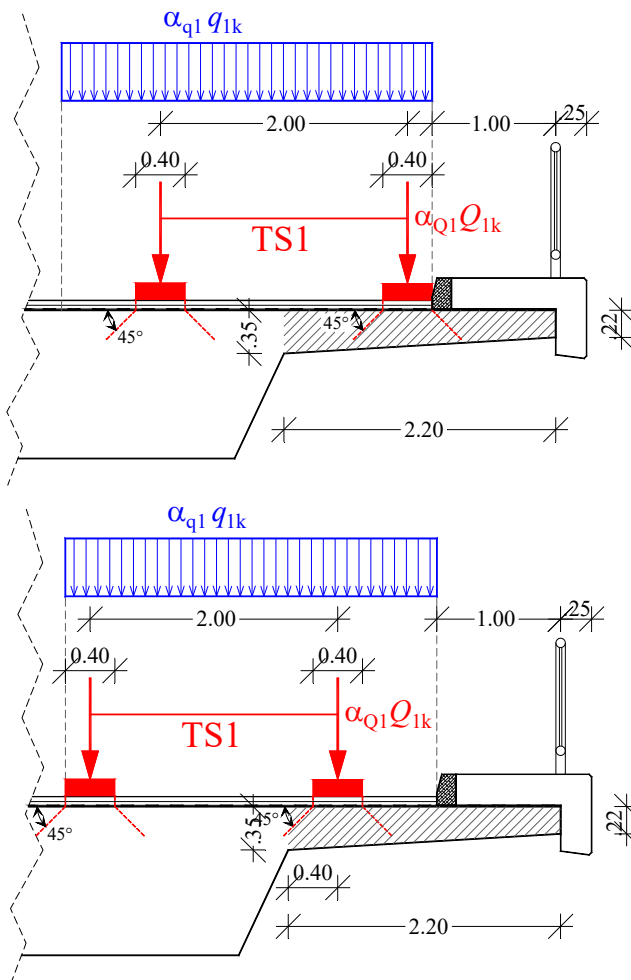
3.2.2. Lastna in stalna obtežba



- lastna teža g_1 :
- lastna teža g_2 :
- hidroizolacija g_{HI} :
- asfalt g_a :
- hodnik g_h :
- robni venec G_r :
- ograja G_o :

3.2.3. Prometna obtežba

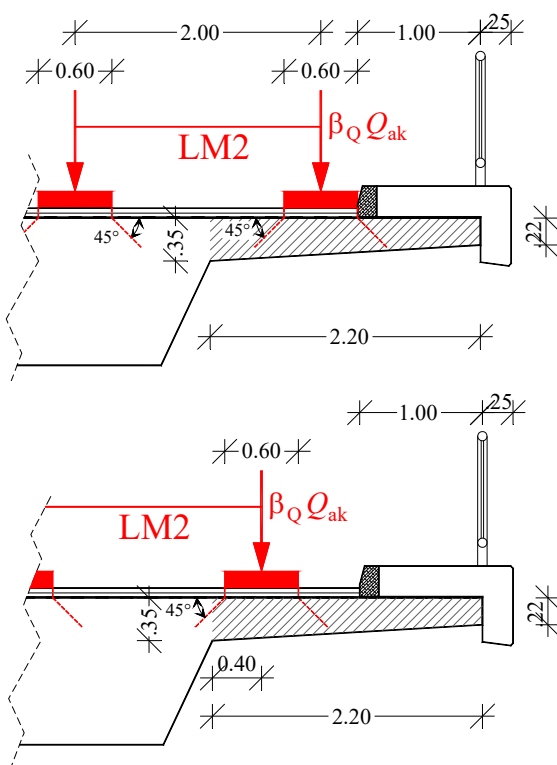
• shema LM 1 (UDL + TS):



- pri globalni analizi se dvoosno vozilo premika po osi prometnega pasu. Pri lokalni analizi pa vozilo lahko postavimo do roba prometnega pasu.
- kolesna površina: 0.4×0.4 m
- upoštevamo razširitev kolesne obtežbe glede na osrednjo ravnino plošče

- v drugem primeru vozilo postavimo tako, da se razširjena kolesna obtežba ravno dotika ravnine vpetja konzolne plošče (prečna sila ob vpetju)

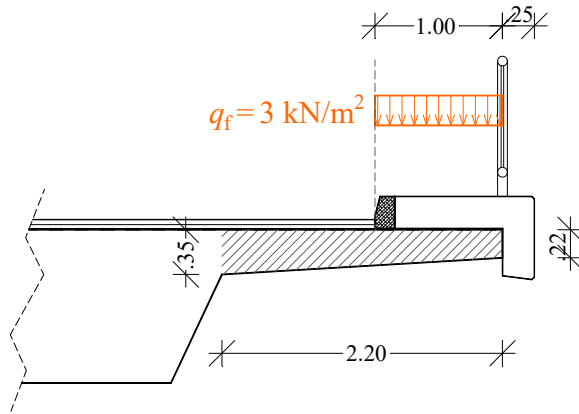
• shema LM 2 (koncentrirana obtežba enosnega vozila, za lokalno analizo):



- kolesna površina: 0.35×0.60 m (na vajah upoštevamo površino: 0.4×0.4 m)
- upoštevamo razširitev kolesne obtežbe glede na osrednjo ravnino plošče

- v drugem primeru vozilo postavimo tako, da se razširjena kolesna obtežba ravno dotika ravnine vpetja konzolne plošče (prečna sila ob vpetju)

• hodnik:



- v primeru kombiniranja obtežbe s prometno obtežbo po shemi LM1 v skupino prometne obtežbe grla upoštevamo kombinacijsko vrednost obtežbe za hodnike $g_f = 3 \text{ kN/m}^2$

3.2.4. Obtežni primeri in obtežne kombinacije

MSN:

$$\text{stalna projektna stanja (osnovne komb.): } \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

op.: vsa prometna obtežba je istega izvora!

MSU – omejitve tlačnih napetosti v betonu (pojav vzdolžnih razpok):

vzdolžne razpoke se lahko pojavijo, če raven napetosti pod vplivom karakteristične kombinacije obtežbe prekorači kritično vrednost. Takšne razpoke lahko povzročijo zmanjšanje trajnosti konstrukcije. Kadar ni drugih ukrepov, kot so povečanje krovnega sloja armature v tlačni coni ali objetje tlačne cone s prečno armaturo, je v okolju razredov izpostavljenosti XD, XF in XS tlačne napetosti primerno omejiti na vrednost $0.6 f_{ck}$:

$$\text{Karakteristična kombinacija vplivov: } \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} Q_{k,i} : \sigma_c \leq 0.6 f_{ck}$$

$$\sigma_c = \frac{\sigma_s}{\alpha_e} \cdot \frac{x}{d-x} \leq 0.6 f_{ck}, \quad \sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s}, \quad z \approx d - x/3, \quad \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}}$$

MSU – širina razpok:

za AB elemente se širino razpok dokazuje pri navidezno stalni kombinaciji vplivov:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

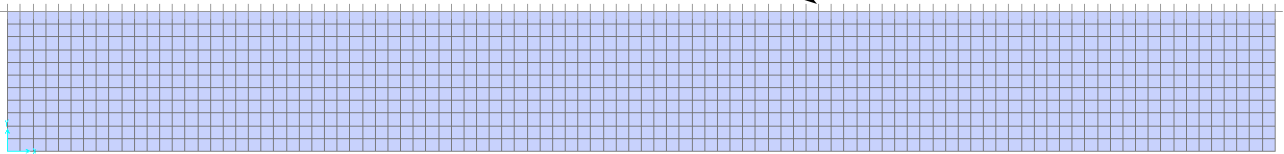
obt.primer \ kombinacija	MSN						MSU	
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
1. lastna+stalna obtežba								
2. LM 1 – samo TS								
3. LM 1 – UDL + TS								
4. LM 1 – UDL + TS ob podpori								
5. LM 2								
6. LM2 ob podpori								
7. hodnik								

3.2.5. Obremenitev - MSN

Daljši pas konzolnega dela voziščne plošče modeliramo z metodo končnih elementov. Uporabimo štirivozliščne končne elemente dimenzij 0.2×0.2 m.

Računski model plošče:

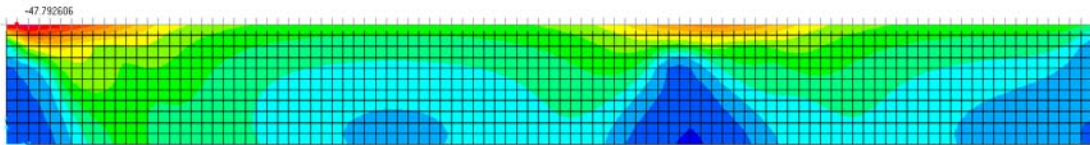
polno vpeti rob 



Plošča je vzdolž enega roba polno vpeta, na treh robovih pa je nepodprta.

• upogibni moment M_{xx} :

- ovojnica minimalnih momentov M_{xx}



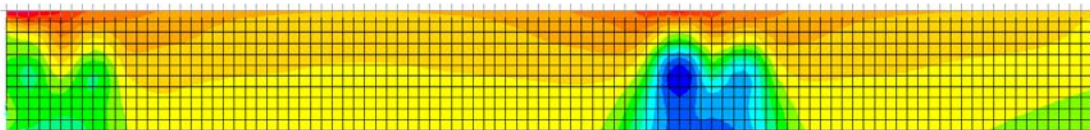
• vozilo v krajnem območju:

$$M_{xx,min} =$$

• vozilo v srednjem območju:

$$M_{xx,min} =$$

- ovojnica maksimalnih momentov M_{xx} :

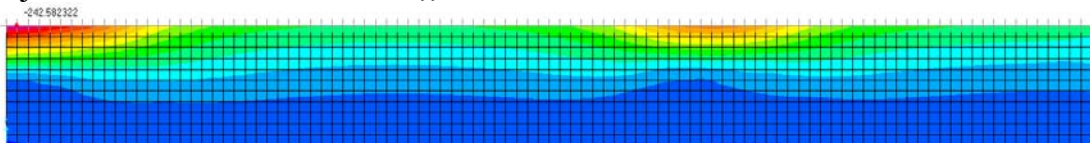


• vozilo v srednjem območju:

$$M_{xx,max} =$$

• upogibni moment M_{yy} :

- ovojnica minimalnih momentov M_{yy}



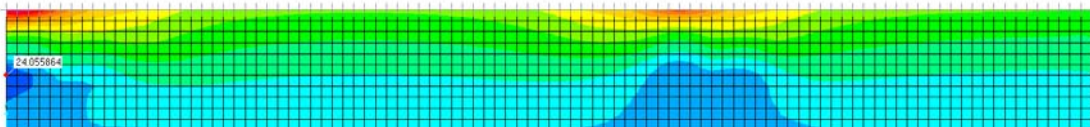
• vozilo v krajnem območju:

$$M_{yy,min} =$$

• vozilo v srednjem območju:

$$M_{yy,min} =$$

- ovojnica maksimalnih momentov M_{yy} :



• vozilo v krajnem območju:

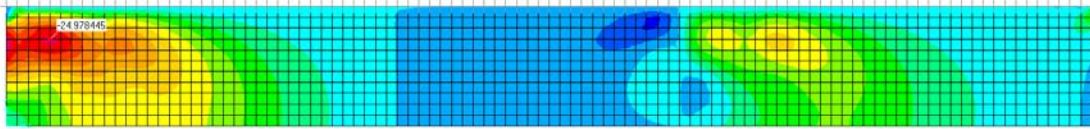
$$M_{yy,max} =$$

• vozilo v srednjem območju:

$$M_{yy,max} =$$

- torzijski moment M_{xy} :

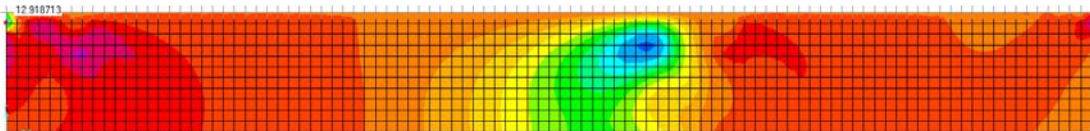
- ovojnica minimalnih torzijskih momentov M_{xy}



- vozilo v krajnem območju:
 $M_{xy,min} =$

- vozilo v srednjem območju:
 $M_{xy,min} =$

- ovojnica maksimalnih torzijskih momentov M_{xy} :

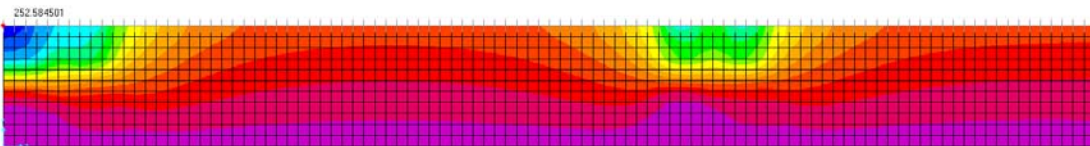


- vozilo v krajnem območju:
 $M_{xy,max} =$

- vozilo v srednjem območju:
 $M_{xy,max} =$

- prečna sila V_{yz} :

- ovojnica maksimalnih prečnih sil V_{yz} :



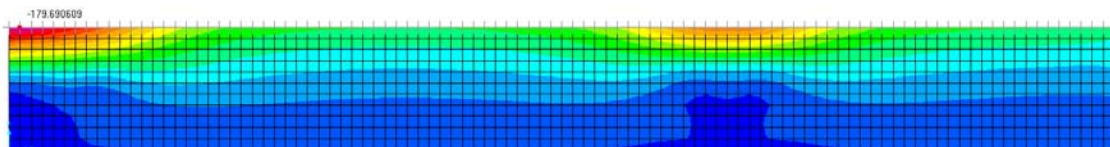
- vozilo v krajnem območju:

- vozilo v srednjem območju:

3.2.6. Obremenitev – MSU (tlačne napetosti v betonu)

- upogibni moment M_{yy} :

- kombinacija vplivov K7



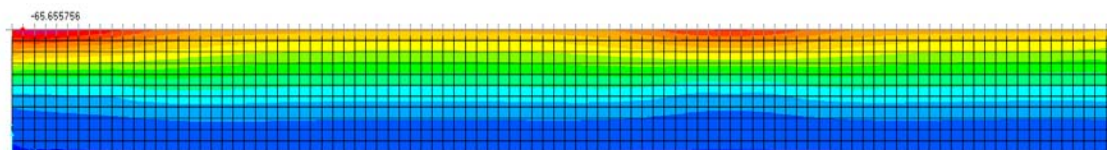
- vozilo v krajnem območju:
 $M_{yy,min} =$

- vozilo v srednjem območju:
 $M_{yy,min} =$

3.2.7. Obremenitev – MSU (razpoke)

- upogibni moment M_{yy} :

- kombinacija vplivov K8



- vozilo v krajnem območju:

$$M_{yy,min} =$$

- vozilo v srednjem območju:

$$M_{yy,min} =$$

3.2.8. Dimenzioniranje (MSN)

- upogibni moment

- armatura v vzdolžni smeri $a_{s,x}$ (spodaj, zgoraj, srednje območje, krajno območje)

- armatura v prečni smeri $a_{s,y}$ (spodaj, zgoraj, srednje območje, krajno območje)

- prečna sila

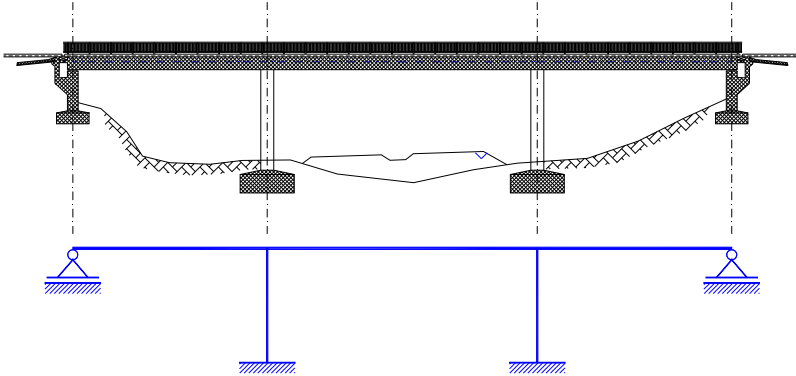
3.2.9. Omejitev tlačnih napetosti v betonu, račun širine razpok (MSU)

3.3. Zgornja (prekladna) konstrukcija

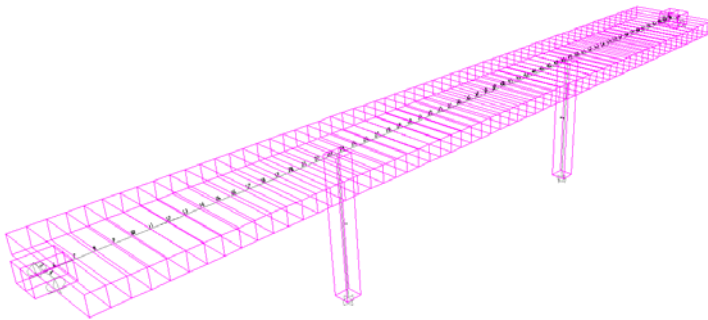
3.3.1. Zasnova

Obravnavamo prostorski (ravninski) okvir, pri katerem so stebri polno vpeti v temelje.

- **poenostavljen ravninski model** - za določitev potrebne višine rebra h_1

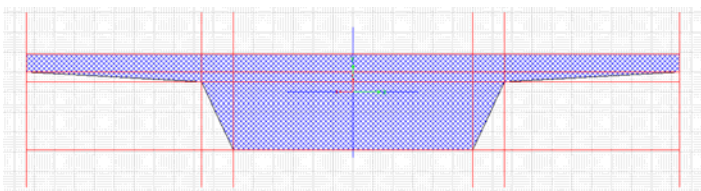


- **prostorski model** - za natančnejšo analizo zgornje konstrukcije

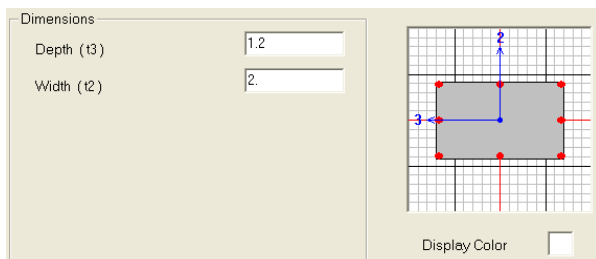


- prekladno konstrukcijo razdelimo na končne elemente dolžine 1 m

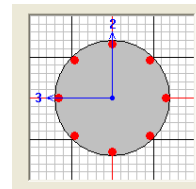
Prečni prerez prekladne konstrukcije:



Prečnik:



Steber:



3.3.2. Stalna obtežba

- **lastna teža prekladne konstrukcije**

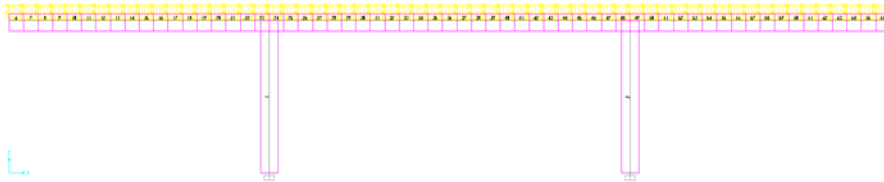
prekladna konstrukcija $A_b =$ m^2 ($\gamma_{AB} = 25 \text{ kN/m}^3$)

$$A_b \cdot 25 = \frac{\text{kN/m}}{g_1 = \text{kN/m}}$$

• **preostala stalna obtežba – krov**

jekleni varovalni ograji – ocena:	$2 \cdot 0.50 =$	kN/m
hodnika z robnima vencema ($\gamma_{AB} = 25 \text{ kN/m}^3$):	$2 \cdot (0.211 + 0.163) \cdot 25 =$	kN/m
granitna robnika ($\gamma = 28 \text{ kN/m}^3$):	$2 \cdot 0.036 \cdot 28 =$	kN/m
HI-bitumenski trak 1 cm ($\gamma_{HI} = 22 \text{ kN/m}^3$):	$8.2 \cdot 0.01 \cdot 22 =$	kN/m
asfaltna plast 7 cm ($\gamma_{as} = 23 \text{ kN/m}^3$):	$6.2 \cdot 0.07 \cdot 23 =$	kN/m
	<hr/>	
	$g_s =$	kN/m

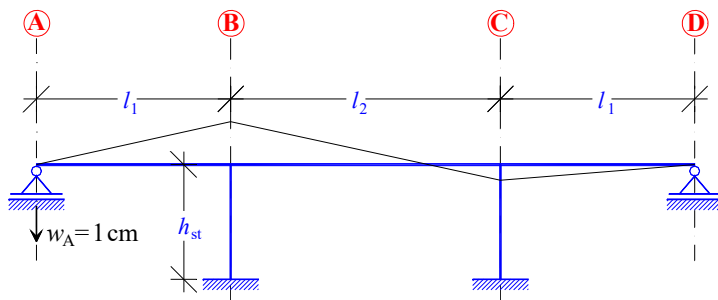
Skupni vpliv - enakomerna linijska obtežba $g_l + g_s$:



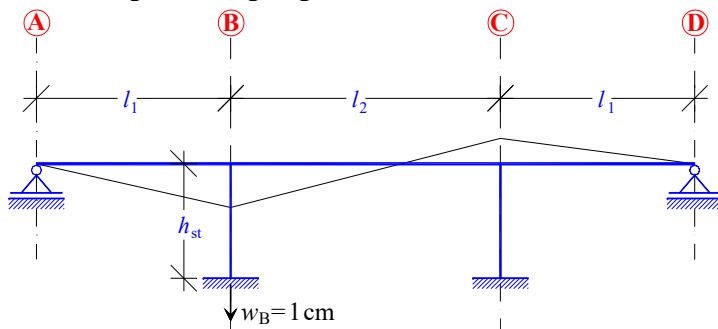
3.3.3. Diferenčni posedki podpor

Upoštevamo kot stalni vpliv. V primeru neugodnega vpliva je delni varnostni faktor $\gamma_{Gset} = 1.2$, v primeru ugodnega delovanja pa upoštevamo $\gamma_{Gset} = 0$.

• **diferenčni posedek podpore v osi A**

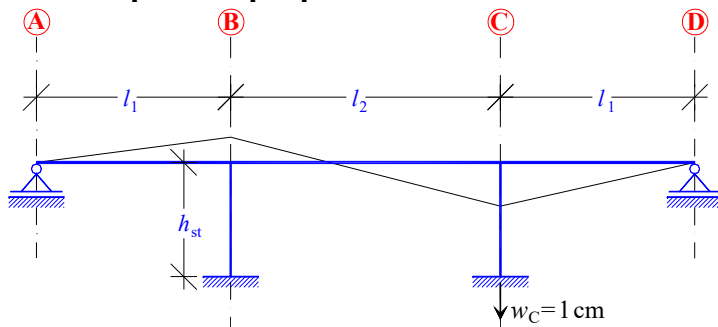


• **diferenčni posedek podpore v osi B**



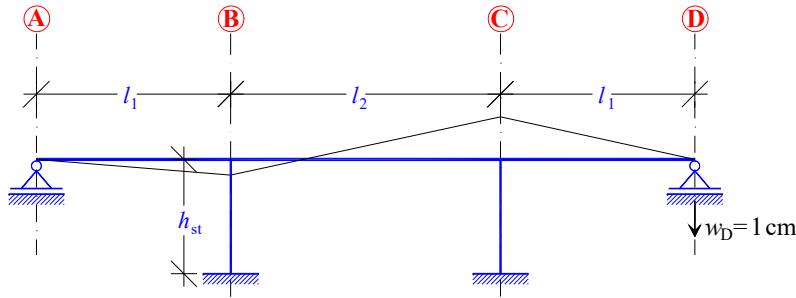
- $M_y > 0$ v podpori, kjer upoštevamo posedek
- $M_y < 0$ v obeh sosednjih podporah

• **diferenčni posedek podpore v osi C**



- $M_y > 0$ v podpori, kjer upoštevamo posedek
- $M_y < 0$ v obeh sosednjih podporah

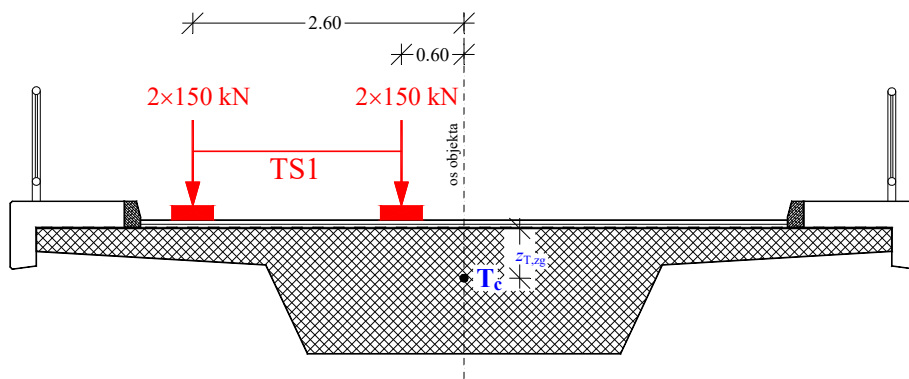
• **diferenčni posedek podpore v osi D**



3.3.4. Prometna obtežba

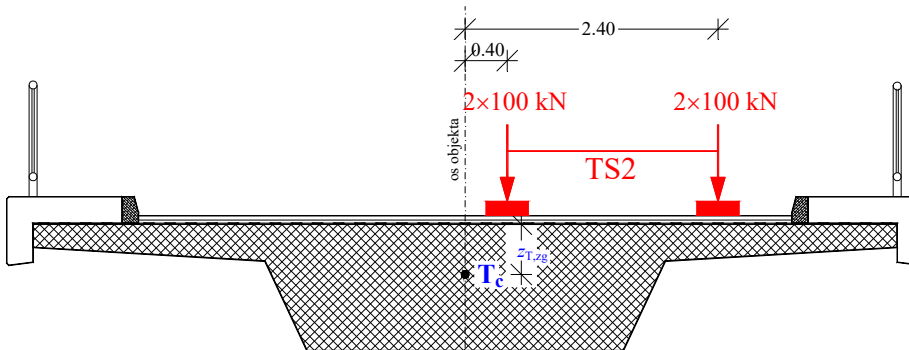
Obtežbo po prečnem prerezu postavimo tako, da je primerna za določanje ekstremnih upogibnih momentov M_y in ekstremne prečne sile V_z s pripadajočimi torzijskimi momenti $M_{x, \text{prip}}$ oziroma za ekstremne torzijske momente M_x s pripadajočimi količinami $V_{z, \text{prip}}$.

• **vozilo TS 1**



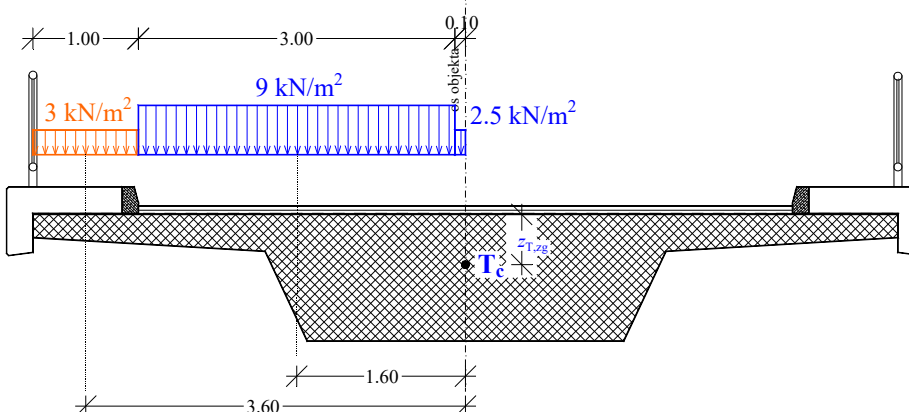
- upošteva se celoten tandem sistem
- v primeru konstrukcij z razponi, večjimi od 10 m, lahko dvoosno vozilo nadomestimo z enoosnim, pri katerem pa vpliv ustrezno povečamo
- vzdolžni korak je 1 m

• **vozilo TS 2**



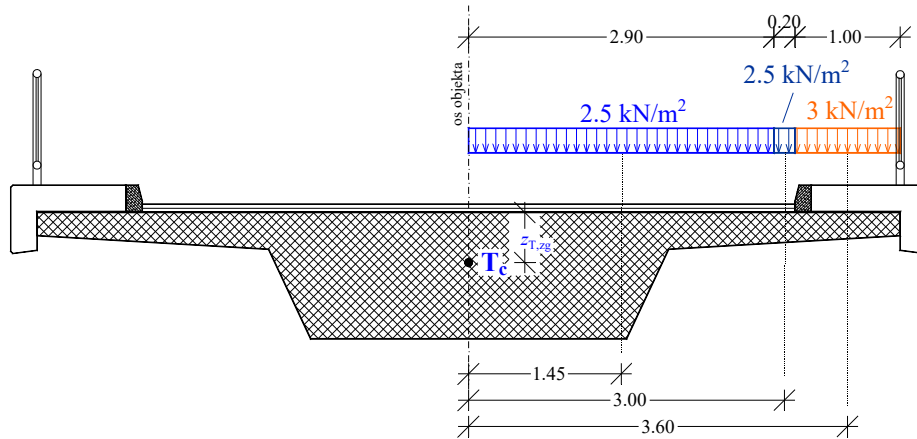
- upošteva se celoten tandem sistem
- tudi v tem primeru dvoosno vozilo nadomestimo z enoosnim, pri katerem pa vpliv ustrezno povečamo
- vzdolžni korak je 1 m

• **enakomerna obtežba UDL + hodnik levo od osi objekta**



- vpliv, ki je razporejen na najneugodnejših delih vplivne površine glede na obravnavani učinek vpliva (tako v vzdolžni kot prečni smeri)

- enakomerna obtežba UDL + hodnik desno od osi objekta



- vpliv, ki je razporejen na najneugodnejših delih vplivne površine glede na obravnavani učinek vpliva (tako v vzdolžni kot prečni smeri)

3.3.5. Temperaturni vplivi

- linearni temperaturni gradient (neenakomerna sprememba temperature)

Vpliv neenakomerne spremembe temperature po višini upoštevamo z linearnima potekoma temperature po višini prekladne konstrukcije. Priporočeni vrednosti pri debelini obloge 50 mm sta:

$$\Delta T_{M,heat} = 15^{\circ}\text{C} \text{ (zgoraj topleje, betonske plošče in betonski nosilci)}$$

$$\Delta T_{M,cool} = 8^{\circ}\text{C} \text{ (spodaj topleje, betonske plošče in betonski nosilci)}$$

Pri obravnavani betonski konstrukciji je debelina obloge 80 mm, zato je potrebno zgornje vrednosti pomnožiti s faktorjem k_{sur} , ki je:

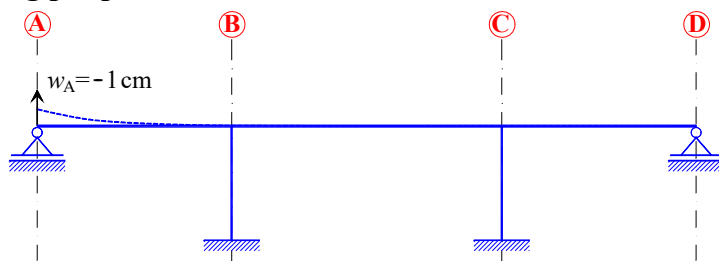
betonske plošče in nosilci		
debelina obloge (mm)	zgoraj topleje	spodaj topleje
50	1.0	1.0
100	0.7	1.0

$$\Delta T_{M,heat} = k_{sur} \cdot 15 = \quad ^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{M,cool} = k_{sur} \cdot 8 = \quad ^{\circ}\text{C}$$

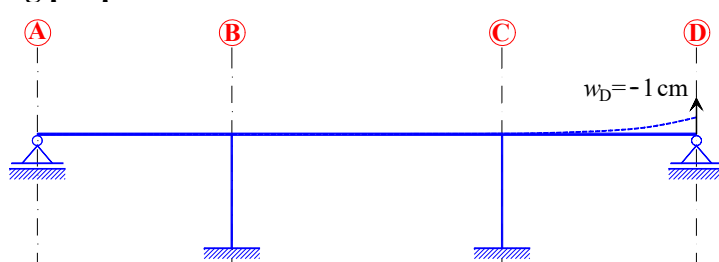
3.3.6. Dvig krajne podpore, menjava ležišč

- dvig podpore v osi A



- učinkuje le skupaj s stalno obtežbo

- dvig podpore v osi D




- učinkuje le skupaj s stalno obtežbo

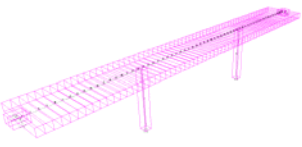
3.3.7. Obtežni primeri in obtežne kombinacije

MSN:

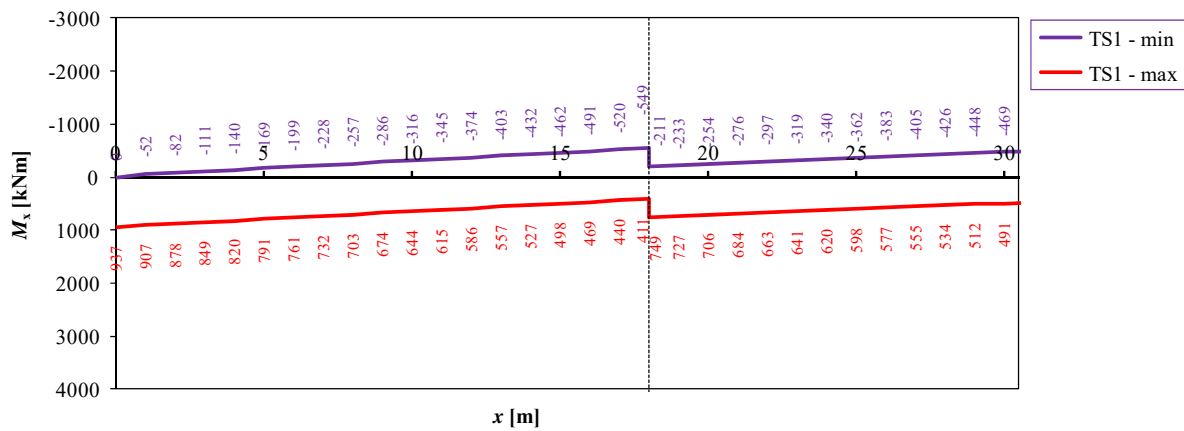
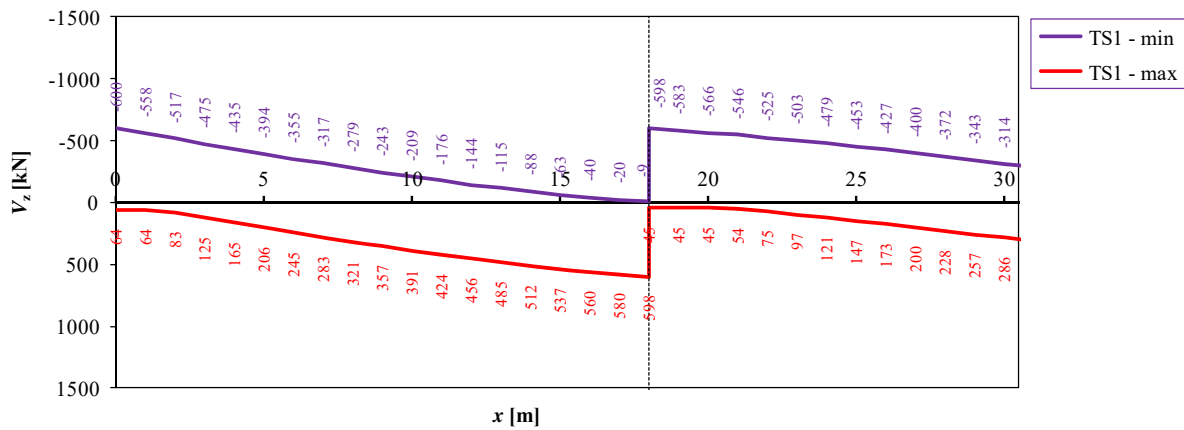
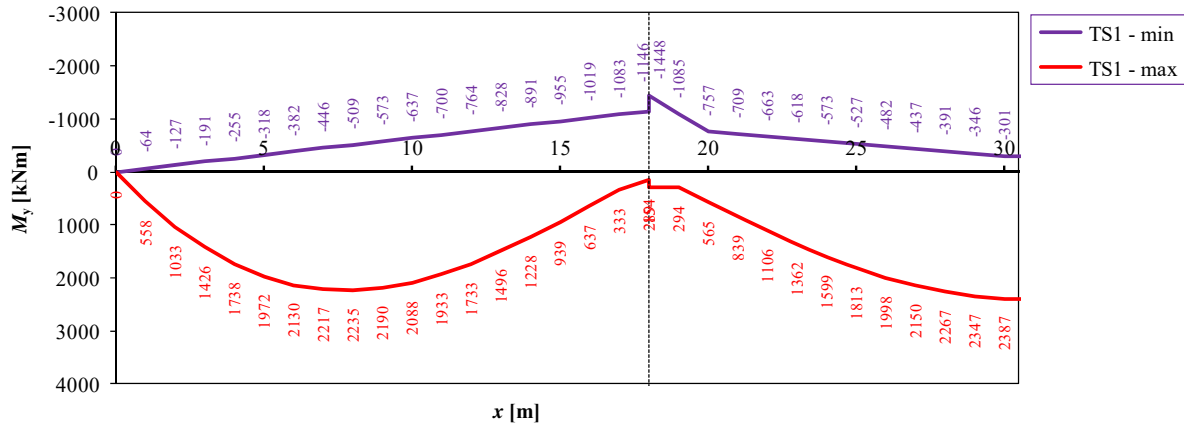
$$\text{stalna projektna stanja (osnovne komb.): } \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

op.: vsa prometna obtežba je istega izvora!

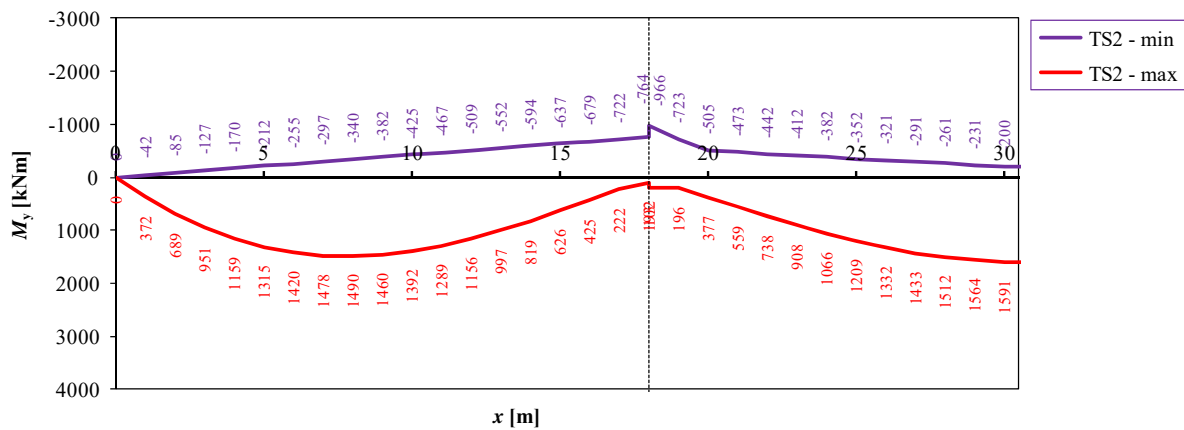
		 MSN – poenostavljen ravninski model				
obt.primer	kombinacija	K1	K2	K3	K4	K5
1.	lastna+stalna obtežba	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
2.	promet – TS1 in TS2 (najneugodnejša lega)	1.35 (v 1.polju; 0.4l ₁ od A)	1.35 (na sredini 2.polja)	1.35 (v 2.polju; 0.25l ₂ od B)	1.35 (v 1.polju ob podpori B)	1.35 (v 2.polju ob podpori B)
3.	promet – UDL+hodnik levo in desno (v 1.polju)	1.35		1.35	1.35	1.35
4.	promet – UDL+hodnik levo in desno (v 2.polju)		1.35	1.35	1.35	1.35
5.	promet – UDL+hodnik levo in desno (v 3.polju)	1.35				

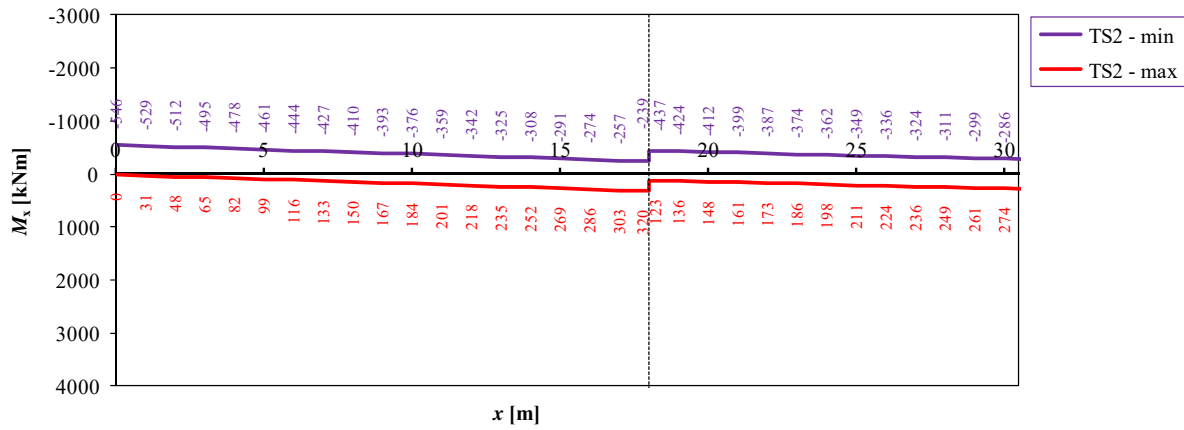
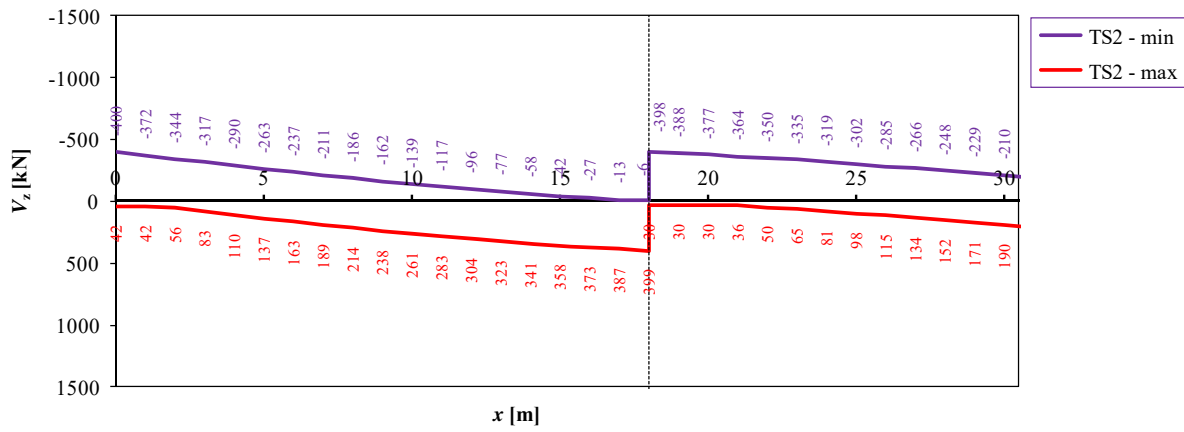
		 MSN – prostorski model
obt.primer	kombinacija	K _i
1.	lastna+stalna obtežba	$\gamma_G = 1.35$ ali 1.0
2.	diferenčni posedek A	$\gamma_{G,sup} = 1.2$ ali 0
3.	diferenčni posedek B	
4.	diferenčni posedek C	
5.	diferenčni posedek D	
6.	promet – TS1 (najneugodnejša lega)	
7.	promet – TS2 (najneugodnejša lega)	$\gamma_Q = 1.35$ ali 0 ($\Psi_0 = 0.75$)
8.	promet – UDL+hodnik levo (v vzdolžni smeri razporedimo po posameznih poljih)	$\gamma_Q = 1.35$ ali 0 ($\Psi_0 = 0.4$)
9.	promet – UDL+hodnik desno (v vzdolžni smeri razporedimo po posameznih poljih)	$\gamma_Q = 1.35$ ali 0 ($\Psi_0 = 0.4$)
10.	neenak.sprememba temp. – zgoraj topleje	$\gamma_Q = 1.5$ ali 0 ($\Psi_0 = 0.6$)
11.	neenak.sprememba temp. – spodaj topleje	
12.	dvig podpore A	$\gamma_Q = 1.5$ ali 0 ($\Psi_0 = 0.7$)
13.	dvig podpore D	

• prometna obtežba – TS1

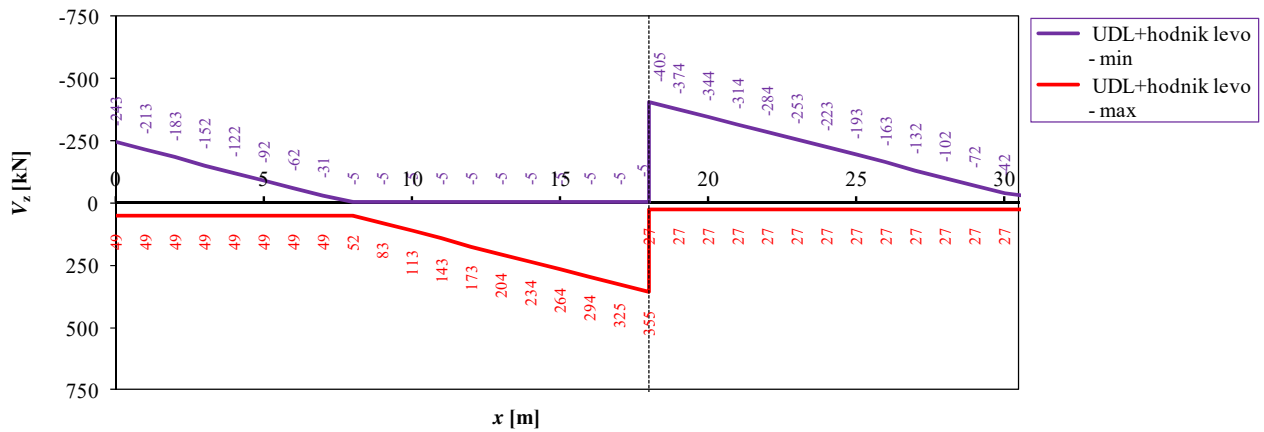
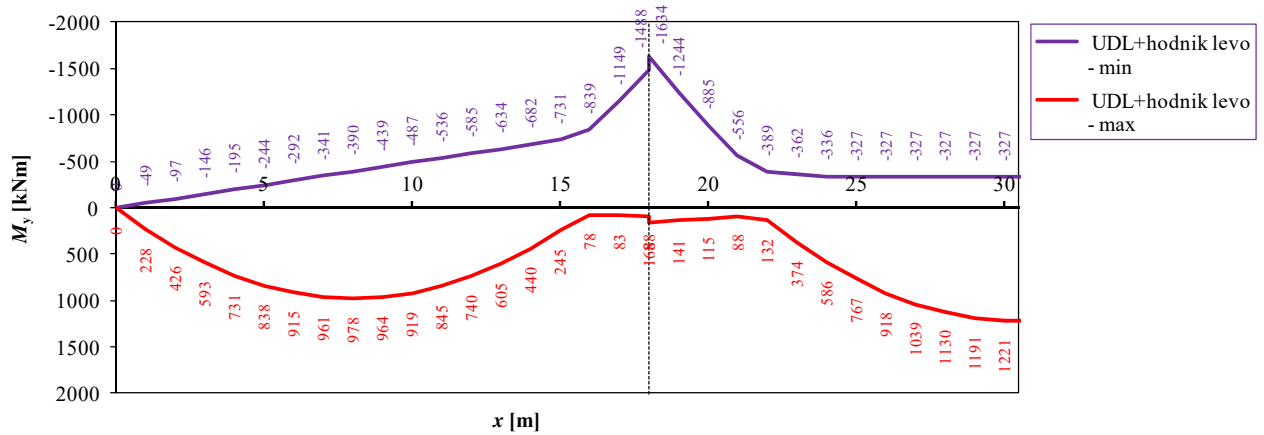


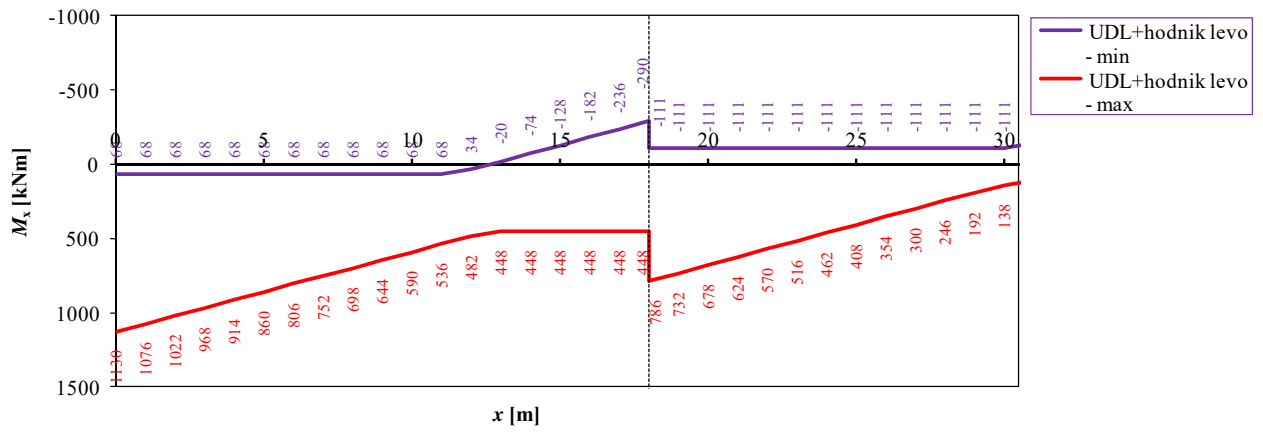
• prometna obtežba – TS2



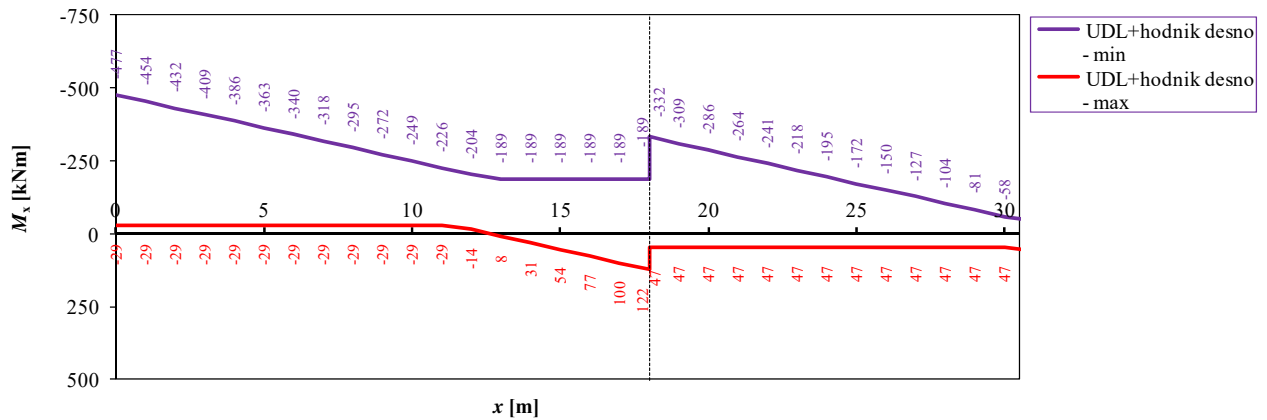
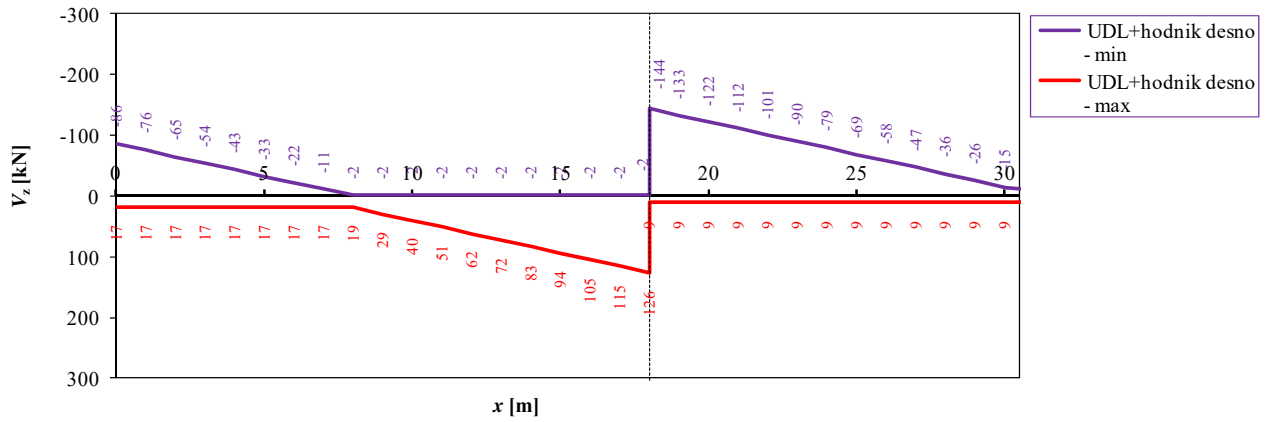
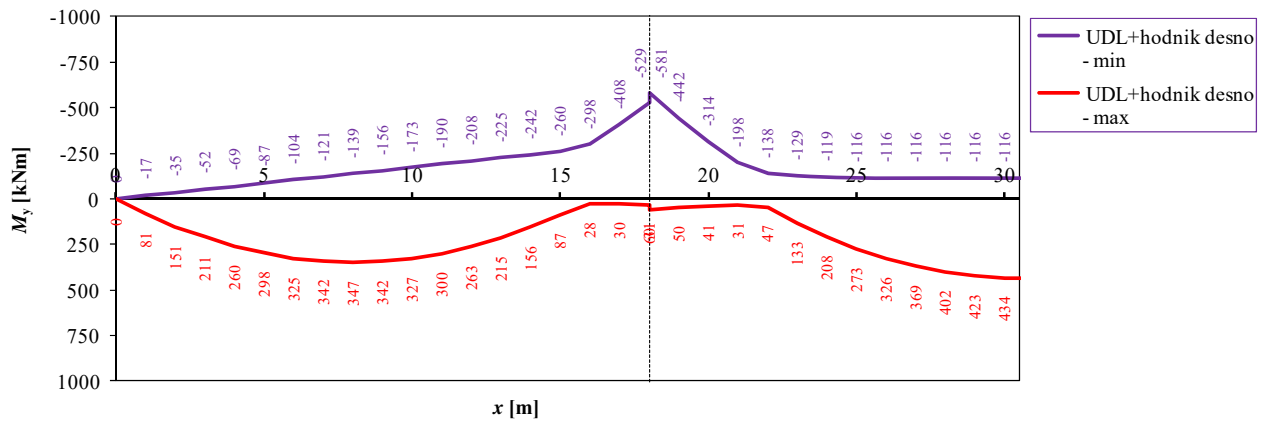


• prometna obtežba – UDL + hodnik levo

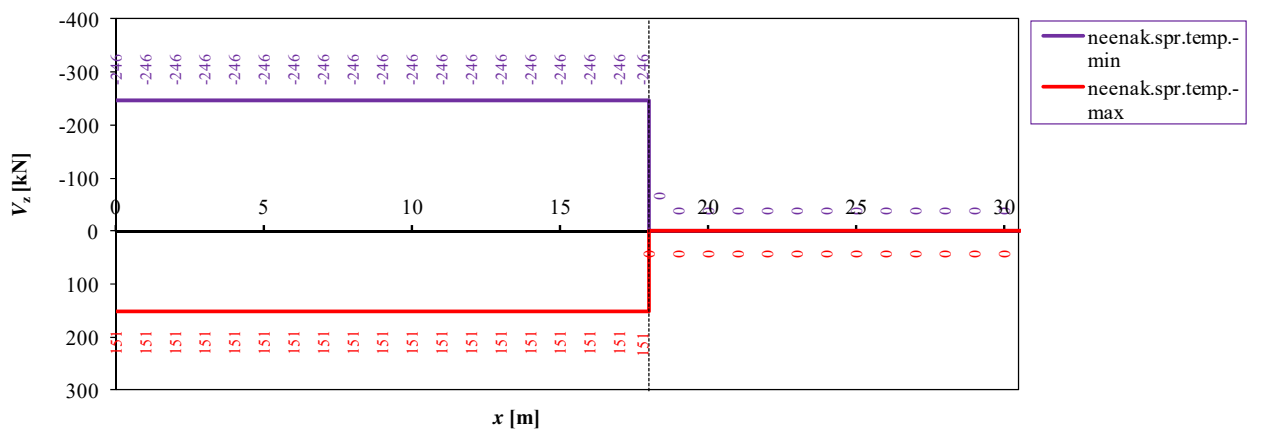
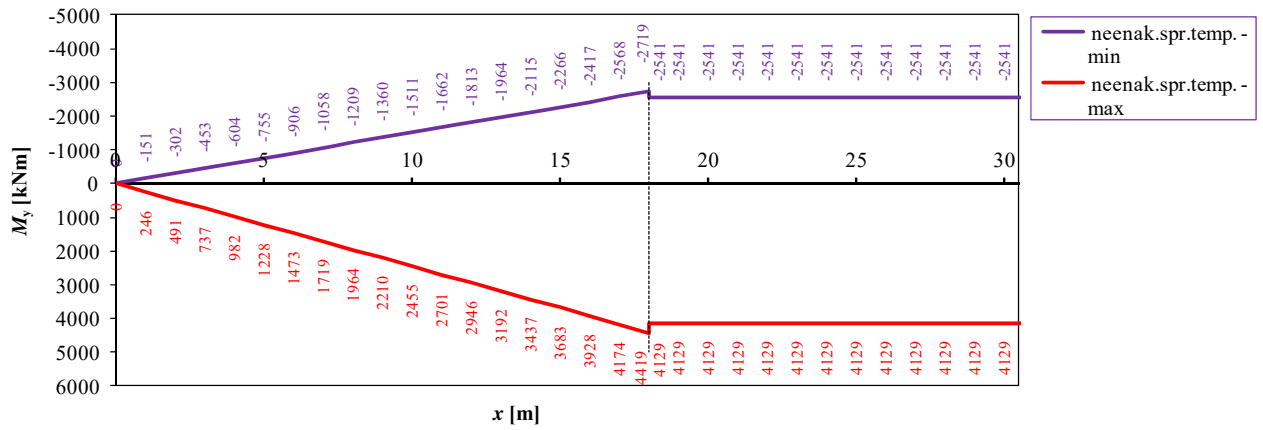




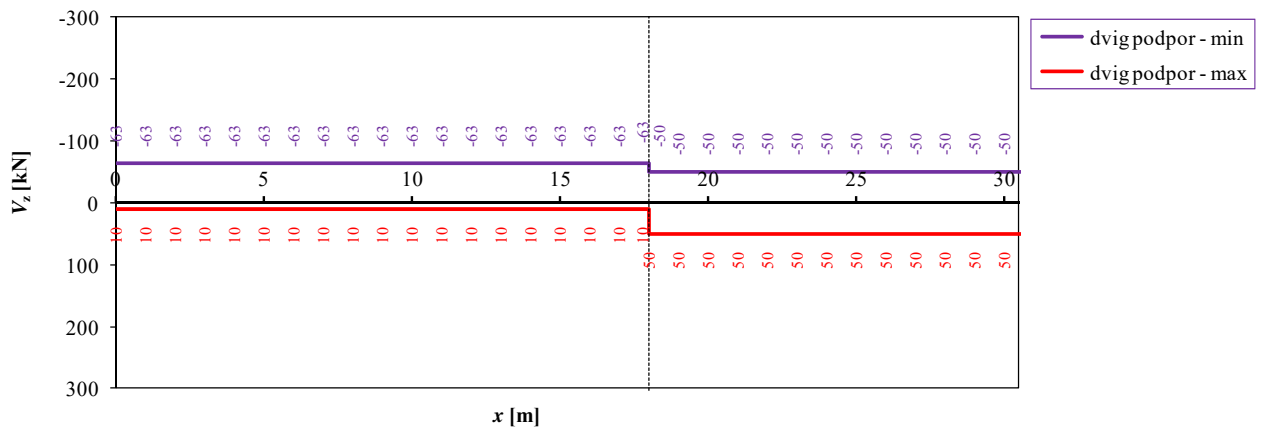
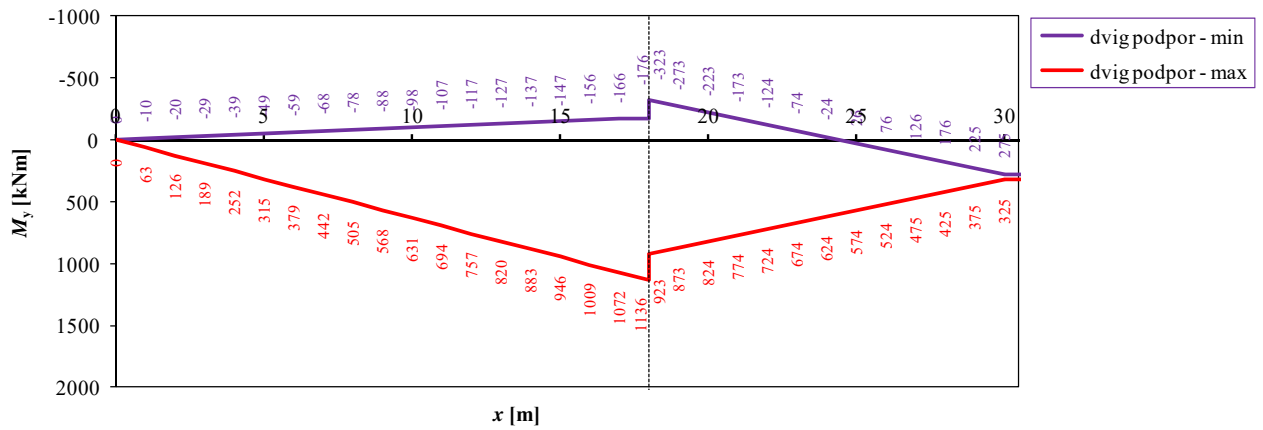
• prometna obtežba – UDL + hodnik desno



• neenakomerna sprememba temperature

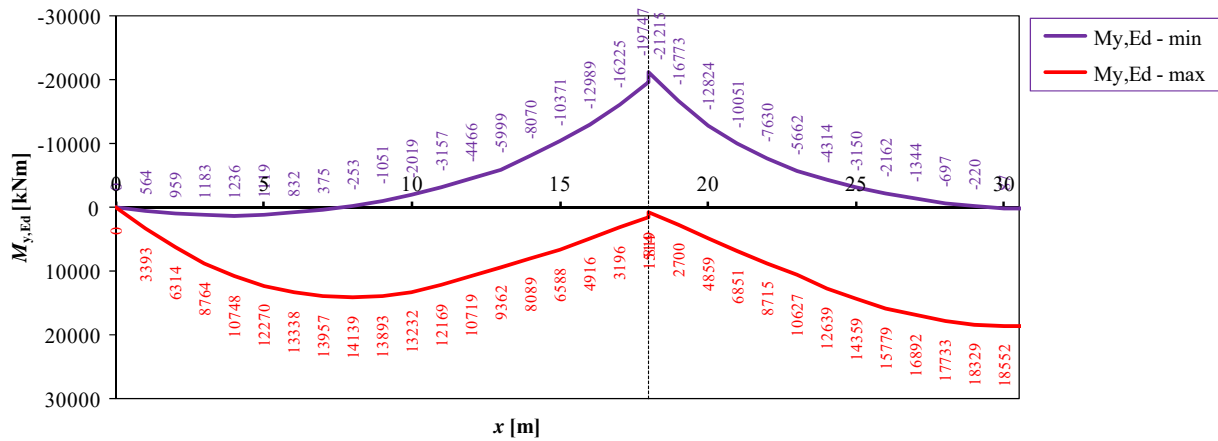


• dvig podpor

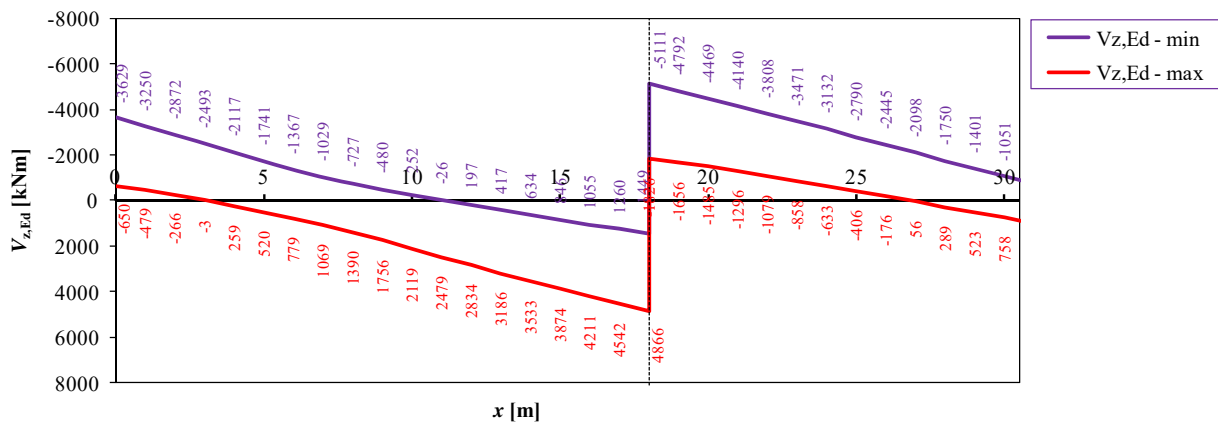


3.3.9. Ovojnice obremenitev ($l_1 = 18 \text{ m}$, $l_2 = 25 \text{ m}$)

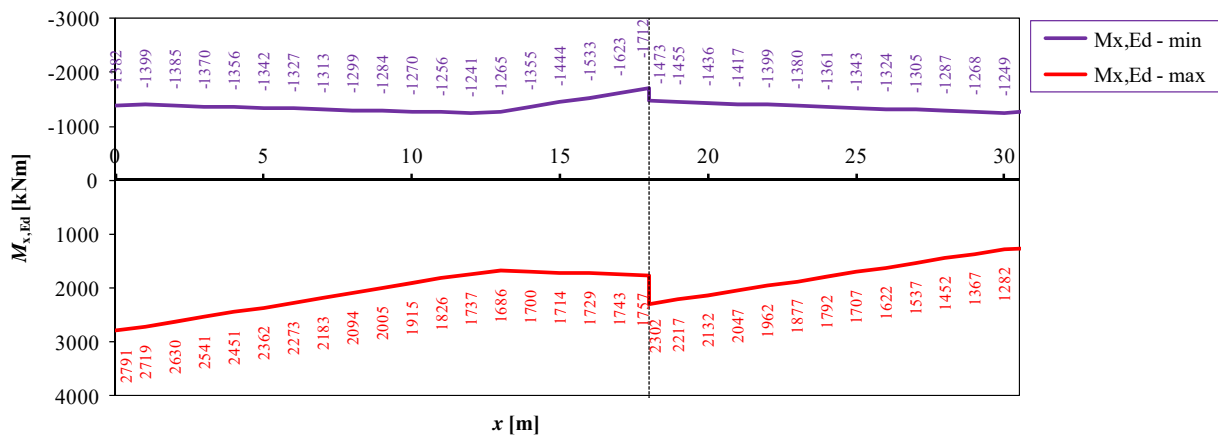
• upogibni moment $M_{y,Ed}$



• prečna sila $V_{z,Ed}$

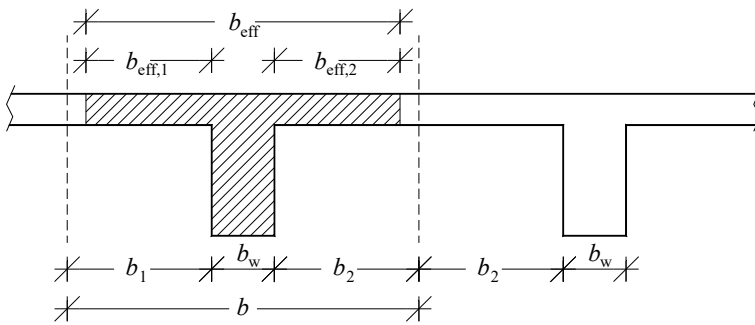


• torzijski moment $M_{x,Ed}$



3.3.10. Dimenzioniranje (MSN)

• upogibni moment (M_{Ed})



sodelujoča širina tlačno obremenjene plošče (za katero se po širini lahko privzame konstantno napetost):

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w \leq b$$

$$b_{\text{eff},i} = \min(0.2 b_i + 0.1 l_0; 0.2 l_0; b_i)$$

Prečni prerez v 1. polju: $l_0 = 0.85 l_1 =$

$$b = 8.2 \text{ m}, b_w = 3.8 \text{ m}$$

$$b_1 = b_2 = 2.2 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},2} = \min(0.44 + 0.085 l_1; 0.17 l_1; 2.2) =$$

Prečni prerez v 2. polju: $l_0 = 0.7 l_2 =$

$$b = 8.2 \text{ m}, b_w = 3.8 \text{ m}$$

$$b_1 = b_2 = 2.2 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff},1} = b_{\text{eff},2} = \min(0.44 + 0.07 l_2; 0.14 l_2; 2.2) =$$

- prečni prerez v 1.polju (x = 8 m)

		MSN – prostorski model			
obt.primer	kombinacija	merodajna kombinacija	M_i [kNm]	$N_{prip,i}$ [kN]	$T_{prip,i}$ [kNm]
1. lastna+stalna obtežba		$\gamma_G = 1.35$	3310.9	0	0
3. diferenčni posedek B		$\gamma_{G,sup} = 1.2$	903.5	0	0
6. promet – TS1 (lega pri x = 8 m)		$\gamma_Q = 1.35$	2235.0	0	702.9
7. promet – TS2 (lega pri x = 8 m)		$\gamma_Q = 1.35$	1490.0	0	-410.0
8. promet – UDL+hodnik levo (v 1. in 3. polju)		$\gamma_Q = 1.35$	977.6	0	318.5
9. promet – UDL+hodnik desno (v 1. in 3. polju)		$\gamma_Q = 1.35$	347.4	0	-134.5
10. neenak.sprememba temp. – zgoraj topleje		$\gamma_Q = 1.5 (\Psi_0 = 0.6)$	1964.1	0	0
			14139.0	0	643.8

Število podprerezov:

PODPREREZ	širina zg	širina sp	višina	število lamel
1	774	774	23.35	44
2	774	380	11.65	26
3	380	300	85	85

op.: dimenzije v cm

Legaj armature v prerezu:

a= cm
a'= cm

Karakteristike prečnega prereza:

A= 53695.0 cm²
h= 120.00 cm
z_{zg.rob}= -48.31 cm z_{s'}= -36.81 cm
z_{sp.rob}= 71.69 cm z_s= 60.19 cm

Deformacije prereza (v prom.):

Eps 1= -3.5 Eps s'= 15
Eps s**= 40 Eps (3/7h)= -2
** če je negativno velja za Eps 0 Eps 2= -3.5
(rdeče vrednosti so mejne) Eps 0= prom.
x [cm]= 9.52 duktilen Eps M= prom./cm

RAČUNSKA OBREMENITEV:

Nsd= kN
Msd= kNm

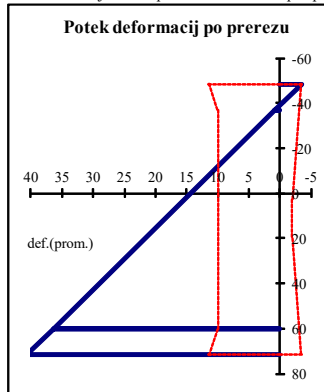
POTREBNA ARMATURA:

As=	<input type="text" value="311.09"/>	cm ²
As'=	<input type="text" value="0.00"/>	cm ²
As+As'=	311.09	cm ²
ΔAs=	311.09	cm ²
μ=	0.58	%

Kvaliteta materialov:

beton C40/50 α_{fcc}= kN/cm²
arm. S500 f_{yd}= kN/cm²

Tabela*
↓
IZRAČUN Skiciraj prečni prerez
* konstruiranje tabele pri izbranem številu podprerezov



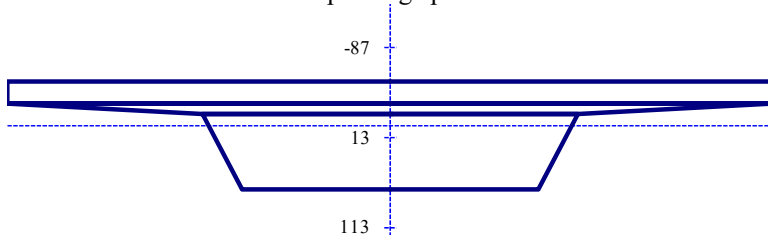
dvojna armatura

Minimalna arm.
Simetrična arm.

DEJANSKA ARMATURA:

št. profilov	profil palic φ v (mm)	As _{dej} =
<input type="text" value="39"/>	<input type="text" value="32"/>	<input type="text" value="313.66"/> cm ²
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="24"/>	<input type="text" value="0.00"/> cm ²

Skica prečnega prereza:



- prečni prerez v 2.polju (x = 30 m)

		MSN – prostorski model			
obt.primer	kombinacija	merodajna kombinacija	M_i [kNm]	$N_{prip,i}$ [kN]	$T_{prip,i}$ [kNm]
1. lastna+stalna obtežba		$\gamma_G = 1.35$	5034.3	-48.2	0
3. diferenčni posedek B		$\gamma_{G,sup} = 1.2$	363.6	-23.3	0
6. promet – TS1 (lega pri x = 30 m)		$\gamma_Q = 1.35$	2386.8	-40.1	490.8
7. promet – TS2 (lega pri x = 30 m)		$\gamma_Q = 1.35$	1591.2	-26.7	-286.3
8. promet – UDL+hodnik levo (v 2. polju)		$\gamma_Q = 1.35$	1220.8	-33.9	27.0
9. promet – UDL+hodnik desno (v 2. polju)		$\gamma_Q = 1.35$	433.8	-12.1	-11.4
10. neenak.sprememba temp. – zgoraj topleje		$\gamma_Q = 1.5$ ($\Psi_0 = 0.6$)	4128.6	-37.7	0
			18552.4	-279.2	297.1

Število podprerezov:

PODPREREZ	širina zg	širina sp	višina	število lamel
1	820	820	22	44
2	820	380	13	26
3	380	300	85	85

op.: dimenzije v cm

Legar armature v prerezu:

a= cm
a'= cm

Karakteristike prečnega prereza:

A= 54740.0 cm²
h= 120.00 cm
z_{zg.rob}= -47.61 cm
z_{sp.rob}= 72.39 cm
z_{s'}= -36.11 cm
z_s= 60.89 cm

Deformacije prereza (v prom.):

Eps 1= -3.5
Eps s**= 40
** če je negativno velja za Eps 0
(rdeče vrednosti so mejne)
x [cm]= 12.02 duktilen
Eps s'= 15
Eps (3/7h)= -2
Eps 2= -3.5
Eps 0= prom.
Eps M= prom./cm

RAČUNSKA OBREMENITEV:

Nsd= kN
Msd= kNm

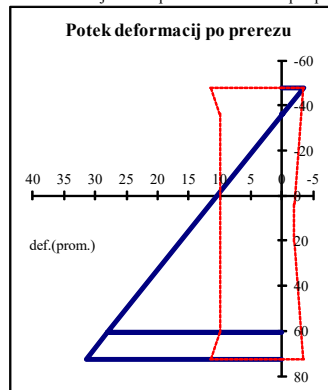
POTREBNA ARMATURA:

As=	<input type="text" value="409.64"/>	cm ²
As'=	<input type="text" value="0.00"/>	cm ²
As+As'=	409.64	cm ²
ΔAs=	409.64	cm ²
μ=	<input type="text" value="0.75"/>	%

Kvaliteta materialov:

beton C40/50 α_{fcd} = kN/cm²
arm. S500 f_{yd} = kN/cm²

Tabela*
↓
IZRAČUN Skiciraj prečni prerez
* konstruiranje tabele pri izbranem številu podprerezov



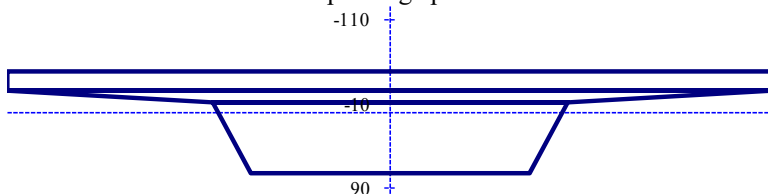
dvojna armatura

Minimalna arm.
Simetrična arm.

DEJANSKA ARMATURA:
št. profilov profil palic ϕ v (mm)
Asdej= cm²

As'dej= cm²

Skica prečnega prereza:



- prečni prerez ob podpori B - desno (x = 18 m)

		MSN – prostorski model			
obt.primer	kombinacija	merodajna kombinacija	M_i [kNm]	$N_{prip,i}$ [kN]	$T_{prip,i}$ [kNm]
1. lastna+stalna obtežba		$\gamma_G = 1.35$	-8249.1	-48.2	0
4. diferenčni posedek C		$\gamma_{G,sup} = 1.2$	-1286.9	-23.3	0
6. promet – TS1 (lega pri x = 28 m)		$\gamma_Q = 1.35$	-1448.4	-38.6	533.8
7. promet – TS2 (lega pri x = 28 m)		$\gamma_Q = 1.35$	-965.6	-25.7	-311.4
8. promet – UDL+hodnik levo (v 1. in 2. polju)		$\gamma_Q = 1.35$	-1633.7	-21.2	563.6
9. promet – UDL+hodnik desno (v 1. in 2. polju)		$\gamma_Q = 1.35$	-580.6	-7.5	-238.0
11. neenak.sprememba temp. – spodaj topleje		$\gamma_Q = 1.5$ ($\Psi_0 = 0.6$)	-2540.7	23.2	0
			-21215.5	-197.7	739.8

Število podprezov:

PODPREREZ	širina zg	širina sp	višina	število lamel
1	300	380	85	170
2	380	820	13	13
3	820	820	22	22

op.: dimenzije v cm

Legaj armature v prerezu:

a= cm
a'= cm

Karakteristike prečnega prereza:

A= 54740.0 cm²
h= 120.00 cm
z_zg.rob= -72.39 cm
z_sp.rob= 47.61 cm
z_s'= -60.89 cm
z_s= 36.11 cm

Deformacije prereza (v prom.):

Eps 1= -3.5
Eps s**= 40
** če je negativno velja za Eps 0
(rdeče vrednosti so mejne)
x [cm]= 28.13 duktilen
Eps s'= 15
Eps (3/7h)= -2
Eps 2= -3.5
Eps 0= prom.
Eps M= prom./cm

RAČUNSKA OBREMITEV:

Nsd= kN
Msd= kNm

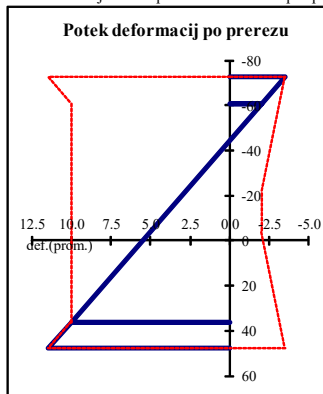
POTREBNA ARMATURA:

As=	<input type="text" value="501.53"/>	cm ²
As'=	<input type="text" value="143.79"/>	cm ²
As+As'=	645.32	cm ²
ΔAs=	357.75	cm ²
μ=	1.18	%

Kvaliteta materialov:

beton C40/50 $\alpha_{fcd} =$ kN/cm²
arm. S500 $f_{yd} =$ kN/cm²

Tabela*
↓
IZRAČUN Skiciraj prečni prerez
* konstruiranje tabele pri izbranem številu podprezov



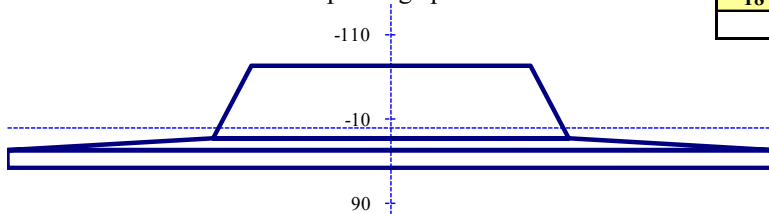
dvojna armatura

Minimalna arm.
Simetrična arm.

DEJANSKA ARMATURA:

št. profilov	profil palic ϕ v (mm)	Asdej=
<input type="text" value="63"/>	<input type="text" value="32"/>	<input type="text" value="506.68"/> cm ²
<input type="text" value="18"/>	<input type="text" value="32"/>	<input type="text" value="144.76"/> cm ²

Skica prečnega prereza:



• **prečna sila v kombinaciji s torzijskim momentom ($V_{Ed} + T_{Ed}$)**

- prečni prerez ob podpori A
- prečni prerez levo od podpore B
- prečni prerez desno od podpore B

op.: upoštevane kombinacije: $\max V_{Ed} + \text{prip. } T_{Ed}$
 $\min V_{Ed} + \text{prip. } T_{Ed}$
 $\max T_{Ed} + \text{prip. } V_{Ed}$
 $\min T_{Ed} + \text{prip. } V_{Ed}$

(i) največja nosilnost elementa, ki je izpostavljen strižni in torzijski obremenitvi (V_{Ed} in T_{Ed}), je omejena z nosilnostjo tlačnih diagonal:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} \leq 1$$

$V_{Rd,max}$... največja računsko prečna sila, ki jo lahko prenese element, omejena z drobljenjem tlačne diagonale formiranega loka pri strižnem mehanizmu:

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} b_w 0.9 d v_1 f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

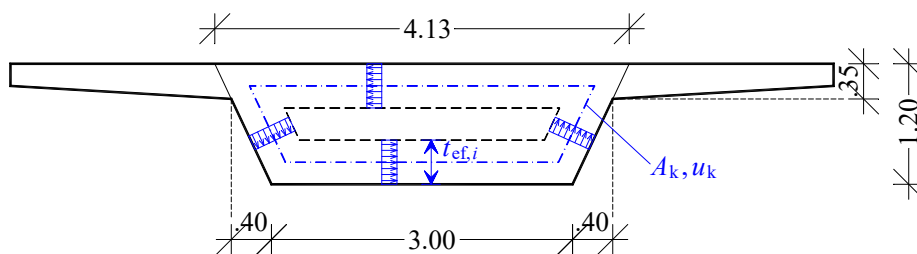
$T_{Rd,max}$... odpornostni torzijski moment tlačnih diagonal v betonu:

$$T_{Rd,max} = 2 v \alpha_{cw} f_{cd} A_k t_{ef,i} \sin \theta \cos \theta$$

$t_{ef,i}$... učinkovita debelina stene enakovrednega zaprtega tankostenskega prereza

A_k ... površina zaključenega poligona, ki ga določa sredinska črta vzdolž sten tankostenskega prereza

θ ... kot med betonsko tlačno razporo in osjo nosilca ($1 \leq \cot \theta \leq 2.5$) – za učinke torzije in prečne sile privzamemo enak naklon tlačne razpore



(ii) če je pri približno pravokotnih prečnih prerezi izpolnjen spodnji pogoj, zadostuje vgradnja minimalne strižne armature:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} + \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,c}} \leq 1$$

$V_{Rd,c}$... računsko strižna odpornost betonskega elementa brez strižne armature:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d \geq (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$$

$T_{Rd,c}$... torzijski moment, pri katerem se v betonu pojavijo razpoke: $T_{Rd,c} = 2 A_k t_{ef,i} f_{ctd}$

(iii) potrebna strižna armatura, če pogoj iz (ii) ni izpolnjen:

$$\text{strig: } \frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Ed}}{0.9 d f_{ywd} \cot \theta}, \quad \text{torzija: } \left(\frac{A_{sw}}{s} \right)_i = \frac{V_{Ed,i}}{z_i f_{ywd} \cot \theta} = \frac{T_{Ed}}{2 A_k f_{ywd} \cot \theta}$$

A_{sw} ... ploščina prečnega prereza strižne armature

$A_{sw,i}$... prečni prerez strižne armature v i -ti steni enakovrednega zaprtega tankostenskega prereza, armatura je pravokotna na vzdolžno os nosilca

$V_{Ed,i}$... strižna sila v i -ti steni enakovrednega zaprtega tankostenskega prereza zaradi torzijske

obremenitve:
$$V_{Ed,i} = \tau_{t,i} t_{ef,i} z_i = \frac{T_{Ed}}{2A_k} z_i$$

(iV) ploščina prereza vzdolžne armature, ki je potrebna za prevzem torzijske obremenitve:

$$\Sigma A_{sl} = \frac{T_{Ed} u_k}{2A_k f_{yd}} \cot \theta$$

u_k ... obsek ploskve A_k

(V) dodatna natezna sila, ki jo v vzdolžni natezni armaturi povzroča prečna sila V_{Ed} :

$$\Delta F_{td} = 0.5 V_{Ed} (\cot \theta - \cot \alpha)$$

α ... kot med strižno armature in osjo nosilca

- prečni prerez ob podpori A ($x = 0$ m): $\min V_{Ed} + \text{prip. } T_{Ed}$ (in prip. M_{Ed})

kombinacija	MSN – prostorski model			
	merodajna kombinacija	V_i [kN]	$T_{\text{prip},i}$ [kNm]	$M_{\text{prip},i}$ [kNm]
1. lastna+stalna obtežba	$\gamma_G = 1.35$	-1095.1	0	0
2. diferenčni posedek B	$\gamma_{G,\text{sup}} = 1.2$	-112.9	0	0
6. promet – TS1 (lega pri $x = 1$ m)	$\gamma_Q = 1.35$	-558.2 (-599.8 pri $x < 1$)	907.5	0
7. promet – TS2 (lega pri $x = 1$ m)	$\gamma_Q = 1.35$	-372.1 (-399.9 pri $x < 1$)	-529.4	0
8. promet – UDL+hodnik levo (v 1. in 3. polju)	$\gamma_Q = 1.35$	-243.2	750.5	0
9. promet – UDL+hodnik desno (v 1. in 3. polju)	$\gamma_Q = 1.35$	-86.4	-316.9	0
10. neenak.sprememba temp. – zgoraj topleje	$\gamma_Q = 1.5$ ($\Psi_0 = 0.6$)	-245.5	0	0
		-3535.7 (-3629.4)	1095.8	0

$A_{s1} = 67.1 \text{ cm}^2$... vzdolžna natezna armatura za prevzem osno-upogibne obremenitve ($A_{s,\text{min}}$)

$N_{Ed} = 0$ kN
$V_{Ed} = 3535.7$ kN
$T_{Ed} = 1095.8$ kNm

$\theta = 45^\circ$

$V_{Rd,c} = 1135.2$ kN $\rightarrow V_{Ed} / V_{Rd,c} = 3.11$

$V_{Rd,c,\text{min}} = 1135.2$ kN

$V_{Rd,\text{max}} = 17211.4$ kN $\rightarrow V_{Ed} / V_{Rd,\text{max}} = 0.21$

$\Delta A_{s1} = 40.6 \text{ cm}^2$... dodatna vzdolžna natezna armatura za prevzem prečne sile

$A = 42780 \text{ cm}^2$

$u = 978.2 \text{ cm}$

$t_{ef} = 43.73 \text{ cm}$

$A_k = 23400 \text{ cm}^2$

$u_k = 783.7 \text{ cm}$

$T_{Rd,c} = 3411.2$ kNm $\rightarrow T_{Ed} / T_{Rd,c} = 0.32$

$T_{Rd,\text{max}} = 11690.9$ kNm $\rightarrow T_{Ed} / T_{Rd,\text{max}} = 0.09$

$\Sigma A_{s1} = 42.2 \text{ cm}^2$... dodatna vzdolžna armatura za prevzem torzije

št. strižnih armatur: 8

$V_{ed,1,\text{strig}} = 442.0$ kN

$V_{ed,1,\text{torzija}} = 178.6$ kN

$(A_{sw/s})_1 = 0.104 \text{ cm}^2/\text{cm}$

$(A_{sw/s})_1 = 0.054 \text{ cm}^2/\text{cm}$

... ploščina prečnega prereza posamezne strižne armature zaradi striga

... ploščina prečnega prereza obodne strižne armature zaradi torzije

- prečni prerez ob podpori A ($x = 0$ m): $\max T_{Ed} + \text{prip. } V_{Ed}$ (in prip. M_{Ed})

kombinacija	MSN – prostorski model			
	merodajna kombinacija	T_i [kNm]	$V_{\text{prip},i}$ [kN]	$M_{\text{prip},i}$ [kNm]
1. lastna+stalna obtežba	$\gamma_G = 1.35$	0	-1095.1	0
2. diferenčni posedek B	$\gamma_{G,\text{sup}} = 1.2$	0	-112.9	0
6. promet – TS1 (lega pri $x = 1$ m)	$\gamma_Q = 1.35$	907.5 (936.7 pri $x < 1$)	-558.2	0
8. promet – UDL+hodnik levo (v 1., 2. in 3. polju)	$\gamma_Q = 1.35$	1130.4	-194.5	0
10. neenak.sprememba temp. – zgoraj topleje	$\gamma_Q = 1.5$ ($\Psi_0 = 0.6$)	0	-245.5	0
		2751.2 (2790.6)	-2851.0	0

$A_{s1} = 67.1 \text{ cm}^2$... vzdolžna natezna armatura za prevzem osno-upogibne obremenitve ($A_{s,\text{min}}$)

$N_{Ed} = 0$ kN
$V_{Ed} = 2851.0$ kN
$T_{Ed} = 2751.2$ kNm

$\theta = 45^\circ$

$V_{Rd,c} = 1135.2$ kN $\rightarrow V_{Ed} / V_{Rd,c} = 2.51$

$V_{Rd,c,\text{min}} = 1135.2$ kN

$V_{Rd,\text{max}} = 17211.4$ kN $\rightarrow V_{Ed} / V_{Rd,\text{max}} = 0.17$

$\Delta A_{s1} = 32.8 \text{ cm}^2$... dodatna vzdolžna natezna armatura za prevzem prečne sile

$A = 42780 \text{ cm}^2$

$u = 978.2 \text{ cm}$

$t_{ef} = 43.73 \text{ cm}$

$A_k = 23400 \text{ cm}^2$

$u_k = 783.7 \text{ cm}$

$T_{Rd,c} = 3411.2$ kNm $\rightarrow T_{Ed} / T_{Rd,c} = 0.81$

$T_{Rd,\text{max}} = 11690.9$ kNm $\rightarrow T_{Ed} / T_{Rd,\text{max}} = 0.24$

$\Sigma A_{s1} = 105.9 \text{ cm}^2$... dodatna vzdolžna armatura za prevzem torzije

št.strižnih armatur: 8

$V_{ed,1,\text{strig}} = 356.4$ kN

$V_{ed,1,\text{torzija}} = 448.3$ kN

$(A_{sw/s})_1 = 0.084 \text{ cm}^2/\text{cm}$... ploščina prečnega prereza posamezne strižne armature zaradi striga

$(A_{sw/s})_1 = 0.135 \text{ cm}^2/\text{cm}$... ploščina prečnega prereza obodne strižne armature zaradi torzije

- prečni prerez levo od podpore B ($x = 18$ m): $\max V_{Ed} + \text{prip. } T_{Ed}$ (in prip. M_{Ed})

kombinacija	MSN – prostorski model			
	merodajna kombinacija	V_i [kN]	$T_{\text{prip},i}$ [kNm]	$M_{\text{prip},i}$ [kNm]
1. lastna+stalna obtežba	$\gamma_G = 1.35$	1970.3	0	-7877.4
2. diferenčni posedek A	$\gamma_{G,\text{sup}} = 1.2$	63.1	0	-1135.6
6. promet – TS1 (lega pri $x = 17$ m)	$\gamma_Q = 1.35$	580.4 (597.9 pri $17 < x < 18$)	-520.2	-246.7
7. promet – TS2 (lega pri $x = 17$ m)	$\gamma_Q = 1.35$	386.9 (398.6 pri $17 < x < 18$)	303.5	-164.5
8. promet – UDL+hodnik levo (v 1. in 2. polju)	$\gamma_Q = 1.35$	354.9	89.9	-1488.4
9. promet – UDL+hodnik desno (v 1. in 2. polju)	$\gamma_Q = 1.35$	126.1	-38.0	-528.9
10. neenak.sprememba temp. – spodaj topleje	$\gamma_Q = 1.5$ ($\Psi_0 = 0.6$)	151.1	0	-2719.5
		4826.8 (4866.3)	-222.5	-17723.3

$A_{sI} = 501.5 \text{ cm}^2$... vzdolžna natezna armatura za prevzem osno-upogibne obremenitve ($A_{s,\text{min}}$)

$N_{Ed} = 0$ kN
$V_{Ed} = 4826.8$ kN
$T_{Ed} = 222.5$ kNm

$\theta = 45^\circ$

$V_{Rd,c} = 2089.0$ kN $\rightarrow V_{Ed} / V_{Rd,c} = 2.31$

$V_{Rd,c,\text{min}} = 1135.2$ kN

$V_{Rd,\text{max}} = 17211.4$ kN $\rightarrow V_{Ed} / V_{Rd,\text{max}} = 0.28$

$\Delta A_{sI} = 55.5 \text{ cm}^2$... dodatna vzdolžna natezna armatura za prevzem prečne sile

$A = 42780 \text{ cm}^2$

$u = 978.2 \text{ cm}$

$t_{ef} = 43.73 \text{ cm}$

$A_k = 23400 \text{ cm}^2$

$u_k = 783.7 \text{ cm}$

$T_{Rd,c} = 3411.2$ kNm $\rightarrow T_{Ed} / T_{Rd,c} = 0.07$

$T_{Rd,\text{max}} = 11690.9$ kNm $\rightarrow T_{Ed} / T_{Rd,\text{max}} = 0.02$

$\Sigma A_{sI} = 8.6 \text{ cm}^2$... dodatna vzdolžna armatura za prevzem torzije

št. strižnih armatur: 12

$V_{ed,1,\text{strig}} = 402.2$ kN

$V_{ed,1,\text{torzija}} = 36.3$ kN

$(A_{sw/s})_I = 0.095 \text{ cm}^2/\text{cm}$

$(A_{sw/s})_I = 0.011 \text{ cm}^2/\text{cm}$

...ploščina prečnega prereza posamezne strižne armature zaradi striga

...ploščina prečnega prereza obodne strižne armature zaradi torzije

- prečni prerez levo od podpore B ($x = 18$ m): $\max T_{Ed} + \text{prip. } V_{Ed}$ (in prip. M_{Ed})

		MSN – prostorski model			
obt.primer	kombinacija	merodajna kombinacija	T_i [kNm]	$V_{\text{prip},i}$ [kN]	$M_{\text{prip},i}$ [kNm]
1. lastna+stalna obtežba		$\gamma_G = 1.35$	0	1970.3	-7877.4
2. diferenčni posedek A		$\gamma_{G,\text{sup}} = 1.2$	0	63.1	-1135.6
6. promet – TS1 (lega pri $x = 18$ m)		$\gamma_Q = 1.35$	410.6 (410.5 pri $x = ?$)	-2.1	37.6
7. promet – TS2 (lega pri $x = 17$ m)		$\gamma_Q = 1.35$	303.5 (320.5 pri $x = ?$)	386.9	-164.5
8. promet – UDL+hodnik levo (v 2. in 3. polju)		$\gamma_Q = 1.35$	448.3	43.8	-788.9
9. promet – UDL+hodnik desno (v 1. polju)		$\gamma_Q = 1.35$	122.4	108.8	-217.2
			1734.5 (1757.3)	3461.1	-13526.8

$A_{sI} = 501.5 \text{ cm}^2$... vzdolžna natezna armatura za prevzem osno-upogibne obremenitve ($A_{s,\text{min}}$)

$N_{Ed} = 0$ kN
$V_{Ed} = 3461.1$ kN
$T_{Ed} = 1734.5$ kNm

$\theta = 45^\circ$

$V_{Rd,c} = 2089.0$ kN $\rightarrow V_{Ed} / V_{Rd,c} = 1.66$

$V_{Rd,c,\text{min}} = 1135.2$ kN

$V_{Rd,c,\text{max}} = 17211.4$ kN $\rightarrow V_{Ed} / V_{Rd,c,\text{max}} = 0.20$

$\Delta A_{sI} = 39.8 \text{ cm}^2$... dodatna vzdolžna natezna armatura za prevzem prečne sile

$A = 42780 \text{ cm}^2$

$u = 978.2 \text{ cm}$

$t_{ef} = 43.73 \text{ cm}$

$A_k = 23400 \text{ cm}^2$

$u_k = 783.7 \text{ cm}$

$T_{Rd,c} = 3411.2$ kNm $\rightarrow T_{Ed} / T_{Rd,c} = 0.51$

$T_{Rd,c,\text{max}} = 11690.9$ kNm $\rightarrow T_{Ed} / T_{Rd,c,\text{max}} = 0.15$

$\Sigma A_{sI} = 66.8 \text{ cm}^2$... dodatna vzdolžna armatura za prevzem torzije

št. strižnih armatur: 12

$V_{ed,1,\text{strig}} = 288.4$ kN

$V_{ed,1,\text{torzija}} = 282.7$ kN

$(A_{sw/s})_I = 0.068 \text{ cm}^2/\text{cm}$

$(A_{sw/s})_I = 0.085 \text{ cm}^2/\text{cm}$

...ploščina prečnega prereza posamezne strižne armature zaradi striga

...ploščina prečnega prereza obodne strižne armature zaradi torzije

- prečni prerez desno od podpore B ($x = 18$ m): $\min V_{Ed} + \text{prip. } T_{Ed}$ (in prip. M_{Ed})

kombinacija	MSN – prostorski model			
	merodajna kombinacija	V_i [kN]	$T_{\text{prip},i}$ [kNm]	$M_{\text{prip},i}$ [kNm]
1. lastna+stalna obtežba	$\gamma_G = 1.35$	-2128.8	0	-8249.1
2. diferenčni posedek C	$\gamma_{G,\text{sup}} = 1.2$	-127.0	0	-1286.9
6. promet – TS1 (lega pri $x = 19$ m)	$\gamma_Q = 1.35$	-582.7 (-597.6 pri $18 < x < 19$)	727.3	-287.9
7. promet – TS2 (lega pri $x = 19$ m)	$\gamma_Q = 1.35$	-388.5 (-398.4 pri $18 < x < 19$)	-424.3	-192.0
8. promet – UDL+hodnik levo (v 1. in 2. polju)	$\gamma_Q = 1.35$	-404.6	563.6	-1633.7
9. promet – UDL+hodnik desno (v 1. in 2. polju)	$\gamma_Q = 1.35$	-143.8	-238.0	-580.6
		-5077.7 (-5111.3)	848.6	-16317.7

$A_{sI} = 501.5 \text{ cm}^2$... vzdolžna natezna armatura za prevzem osno-upogibne obremenitve ($A_{s,\text{min}}$)

$N_{Ed} = 0$ kN
$V_{Ed} = 5077.7$ kN
$T_{Ed} = 848.6$ kNm

$\theta = 45^\circ$

$V_{Rd,c} = 2089.0$ kN $\rightarrow V_{Ed} / V_{Rd,c} = 2.43$

$V_{Rd,c,\text{min}} = 1135.2$ kN

$V_{Rd,\text{max}} = 17211.4$ kN $\rightarrow V_{Ed} / V_{Rd,\text{max}} = 0.30$

$\Delta A_{sI} = 58.4 \text{ cm}^2$... dodatna vzdolžna natezna armatura za prevzem prečne sile

$A = 42780 \text{ cm}^2$

$u = 978.2 \text{ cm}$

$t_{ef} = 43.73 \text{ cm}$

$A_k = 23400 \text{ cm}^2$

$u_k = 783.7 \text{ cm}$

$T_{Rd,c} = 3411.2$ kNm $\rightarrow T_{Ed} / T_{Rd,c} = 0.25$

$T_{Rd,\text{max}} = 11690.9$ kNm $\rightarrow T_{Ed} / T_{Rd,\text{max}} = 0.07$

$\Sigma A_{sI} = 32.7 \text{ cm}^2$... dodatna vzdolžna armatura za prevzem torzije

št. strižnih armatur: 12

$V_{ed,1,\text{strig}} = 423.1$ kN

$V_{ed,1,\text{torzija}} = 138.3$ kN

$(A_{sw}/s)_I = 0.100 \text{ cm}^2/\text{cm}$... ploščina prečnega prereza posamezne strižne armature zaradi striga

$(A_{sw}/s)_I = 0.042 \text{ cm}^2/\text{cm}$... ploščina prečnega prereza obodne strižne armature zaradi torzije

- prečni prerez desno od podpore B ($x = 18$ m): $\max T_{Ed} + \text{prip. } V_{Ed}$ (in prip. M_{Ed})

obt.primer \ kombinacija	MSN – prostorski model			
	merodajna kombinacija	T_i [kNm]	$V_{\text{prip},i}$ [kN]	$M_{\text{prip},i}$ [kNm]
1. lastna+stalna obtežba	$\gamma_G = 1.35$	0	-2128.8	-8249.1
2. diferenčni posedek C	$\gamma_{G,\text{sup}} = 1.2$	0	-127.0	-1286.9
6. promet – TS1 (lega pri $x = 19$ m)	$\gamma_Q = 1.35$	727.3 (748.8 pri $x = ?$)	-582.7	-287.9
7. promet – TS2 (lega pri $x = 18$ m)	$\gamma_Q = 1.35$	123.2 (123.2 pri $x = ?$)	1.6	23.3
8. promet – UDL+hodnik levo (v 2. in 3. polju)	$\gamma_Q = 1.35$	786.4	-351.6	-970.8
9. promet – UDL+hodnik desno (v 1. polju)	$\gamma_Q = 1.35$	47.0	-9.4	-175.9
		2273.3 (2302.4)	-4298.1	-14585.8

$A_{sI} = 501.5 \text{ cm}^2$... vzdolžna natezna armatura za prevzem osno-upogibne obremenitve ($A_{s,\text{min}}$)

$N_{Ed} = 0$ kN
$V_{Ed} = 4298.1$ kN
$T_{Ed} = 2273.3$ kNm

$\theta = 45^\circ$

$V_{Rd,c} = 2089.0$ kN $\rightarrow V_{Ed} / V_{Rd,c} = 2.06$

$V_{Rd,c,\text{min}} = 1135.2$ kN

$V_{Rd,\text{max}} = 17211.4$ kN $\rightarrow V_{Ed} / V_{Rd,\text{max}} = 0.25$

$\Delta A_{sI} = 49.4 \text{ cm}^2$... dodatna vzdolžna natezna armatura za prevzem prečne sile

$A = 42780 \text{ cm}^2$

$u = 978.2 \text{ cm}$

$t_{ef} = 43.73 \text{ cm}$

$A_k = 23400 \text{ cm}^2$

$u_k = 783.7 \text{ cm}$

$T_{Rd,c} = 3411.2$ kNm $\rightarrow T_{Ed} / T_{Rd,c} = 0.67$

$T_{Rd,\text{max}} = 11690.9$ kNm $\rightarrow T_{Ed} / T_{Rd,\text{max}} = 0.19$

$\Sigma A_{sI} = 87.5 \text{ cm}^2$... dodatna vzdolžna armatura za prevzem torzije

št. strižnih armatur: 12

$V_{ed,1,\text{strig}} = 358.2$ kN

$V_{ed,1,\text{torzija}} = 370.5$ kN

$(A_{sw/s})_I = 0.084 \text{ cm}^2/\text{cm}$

$(A_{sw/s})_I = 0.112 \text{ cm}^2/\text{cm}$

...ploščina prečnega prereza posamezne strižne armature zaradi striga

...ploščina prečnega prereza obodne strižne armature zaradi torzije

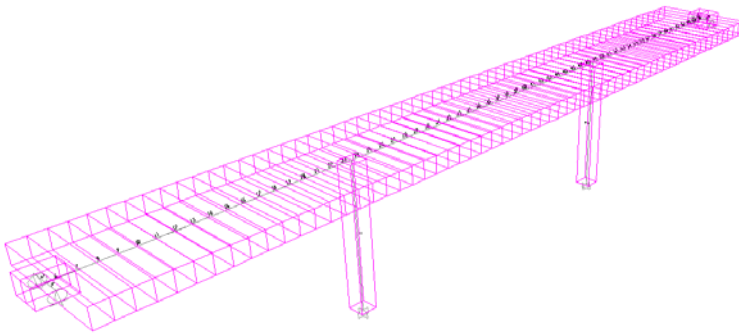
3.4. Spodnja konstrukcija

- vmesna opornika
- krajna opornika
- ležišča
- temelji

3.4.1. Zasnova

Uporabimo enak računski model kot pri analizi zgornje konstrukcije.

- prostorski model



- ohranimo razdelitev prekladne konstrukcije na končne elemente dolžine 1 m

3.4.2. Stalna obtežba

- lastna teža prekladne konstrukcije

$$g_1 = \quad \text{kN/m}$$

- preostala stalna obtežba – krov

$$g_s = \quad \text{kN/m}$$

- lastna teža stebrov

$$g_{st} = \quad \text{kN/m}$$

3.4.3. Diferenčni posedki podpor

Upoštevamo kot stalni vpliv. V primeru neugodnega vpliva je delni varnostni faktor $\gamma_{Gset} = 1.2$, v primeru ugodnega delovanja pa upoštevamo $\gamma_{Gset} = 0$.

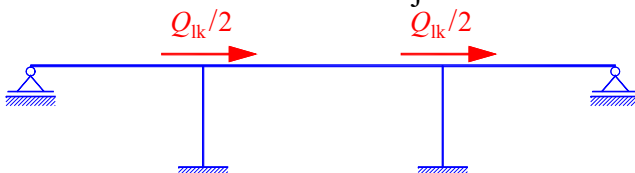
3.4.4. Prometna obtežba

- vozilo TS 1
- vozilo TS 2
- enakomerna obtežba UDL + hodnik levo od osi objekta
- enakomerna obtežba UDL + hodnik desno od osi objekta
- horizontalna obtežba – zavorne sile in sile speljevanja

$$Q_{lk} = 0.6 \alpha_{Q1} (2Q_{1k}) + 0.1 \alpha_{q1} q_{1k} w_1 L$$

$$180 \alpha_{Q1} \leq Q_{lk} [\text{kN}] \leq 900$$

Postavitev obtežbe na konstrukcijo:



- smer x - s prometno obtežbo

- $d = 1.46$...globina prekladne konstrukcije v smeri z [m], op.: $h_1 = 1.2$ m
- $b = 8.7$...širina prekladne konstrukcije v smeri x [m]
- $L = 61$...dolžina prekladnega mostu v smeri y [m]
- $d_{\text{tot}} = 3.28$...višina prereza za račun referenčne površine [m]
- $b/d_{\text{tot}} = 2.65$
- $c_{f,x} = 1.704$...koeficient sile za vplive vetra na preklado v smeri x (brez upoštevanja vitkosti)
- $C = 4.062$...faktor obtežbe vetra
- $A_{\text{ref},x} = 200.08$...referenčna površina [m²]
- $F_{w,x} = 203.18$...sila vetra v smeri x [kN] \longrightarrow $q_{w,x} = 3.33$ kN/m
- $m_{w,x} = 3.05$ kNm/m

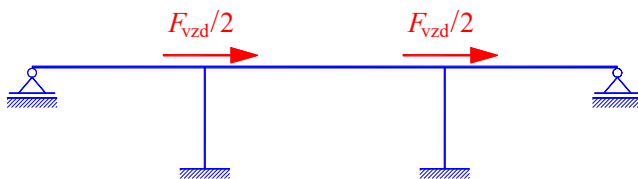
3.4.8. Potresna obtežba

- masa konstrukcije

$$W = \sum G_{k,j} + \sum \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}, \quad M = \frac{W}{g}$$

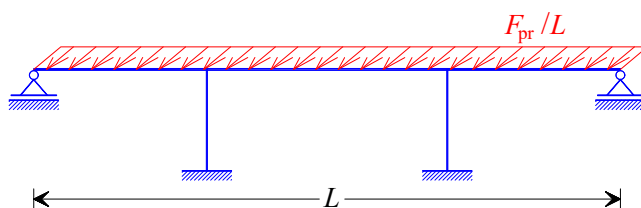
- potresna obtežba v vzdolžni smeri

- osnovni nihajni čas konstrukcije: $T_{1,\text{vzd}} =$ s
- ordinata v projektnem spektru pri osnovnem nihajnem času: $S_d(T_{1,\text{vzd}}) =$ ms⁻²
- skupna potresna sila: $F_{\text{vzd}} = S_d(T_{1,\text{vzd}}) \cdot M =$



- potresna obtežba v prečni smeri

- osnovni nihajni čas konstrukcije: $T_{1,\text{pr}} =$ s
- ordinata v projektnem spektru pri osnovnem nihajnem času: $S_d(T_{1,\text{pr}}) =$ ms⁻²
- skupna potresna sila: $F_{\text{pr}} = S_d(T_{1,\text{pr}}) \cdot M =$



- kombinacija potresnih vplivov

Učinek potresnega vpliva zaradi kombinacije vodoravnih komponent potresnega vpliva izračunamo z naslednjima kombinacijama:

$$E_{\text{Ed,vzd}} + 0.3 E_{\text{Ed,pr}}$$

$$0.3 E_{\text{Ed,vzd}} + E_{\text{Ed,pr}}$$

3.4.9. Obtežni primeri in obtežne kombinacije

MSN:

$$\text{stalna projektna stanja (osnovne komb.): } \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

op.: vsa prometna obtežba je istega izvora!

		MSN – prostorski model
obt.primer	kombinacija	K_i
1. lastna+stalna obtežba		$\gamma_G = 1.35$ ali 1.0
2. diferenčni posedek A		$\gamma_{G,\text{sup}} = 1.2$ ali 0
3. diferenčni posedek B		
4. diferenčni posedek C		
5. diferenčni posedek D		
6. promet – TS1 (najneugodnejša lega)		
7. promet – TS2 (najneugodnejša lega)		$\gamma_Q = 1.35$ ali 0 ($\Psi_0 = 0.75$)
8. promet – UDL+hodnik levo (v vzdolžni smeri razporedimo po posameznih poljih)		$\gamma_Q = 1.35$ ali 0 ($\Psi_0 = 0.4$)
9. promet – UDL+hodnik desno (v vzdolžni smeri razporedimo po posameznih poljih)		$\gamma_Q = 1.35$ ali 0 ($\Psi_0 = 0.4$)
10. promet – zavorne sile in sile speljevanja		$\gamma_Q = 1.35$ ali 0 ($\Psi_0 = 0$)
11. enakomerna sprememba temp. – raztezek		$\gamma_Q = 1.5$ ali 0 ($\Psi_0 = 0.6$)
12. enakomerna sprememba temp. – skrček		
13. krčenje betona		$\gamma_Q = 1.5$ ali 0 ($\Psi_0 = 0.5$)
14. obtežba vetra – brez prometne obt.		$\gamma_Q = 1.5$ ali 0 ($\Psi_0 = 0.6$)
15. obtežba vetra – s prometno obtežbo		$\gamma_Q = 1.5$ ali 0 ($\Psi_0 = 0.6$)

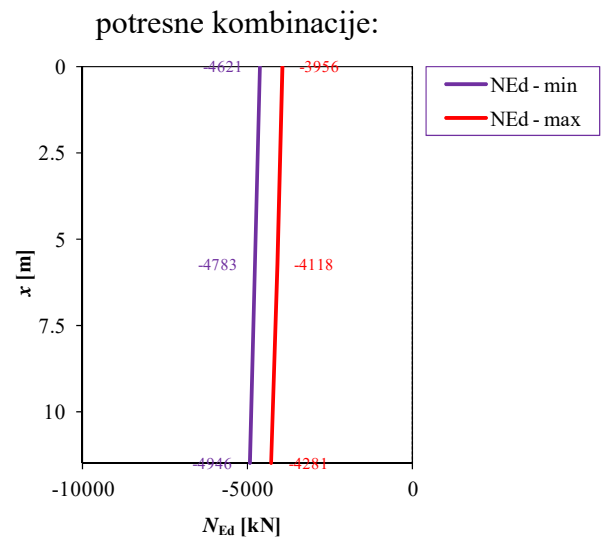
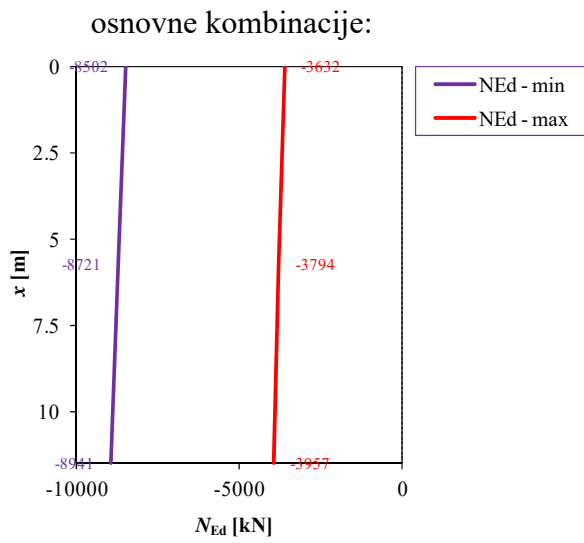
potresna projektna stanja: $\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + A_{Ed} + \Psi_{2,1} Q_{k,1}$

op.: vsa prometna obtežba je istega izvora!

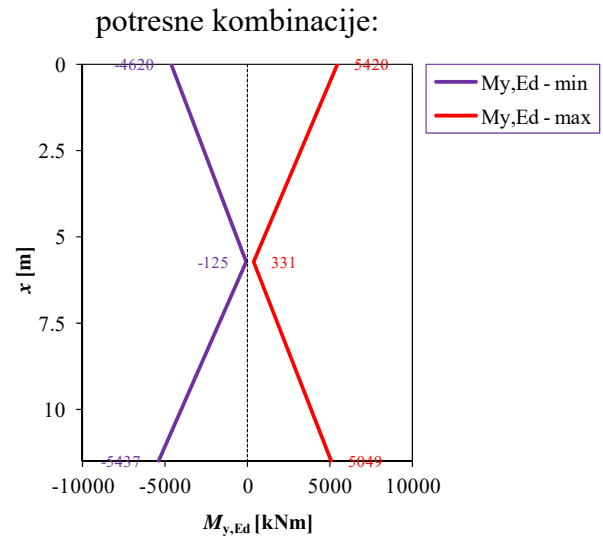
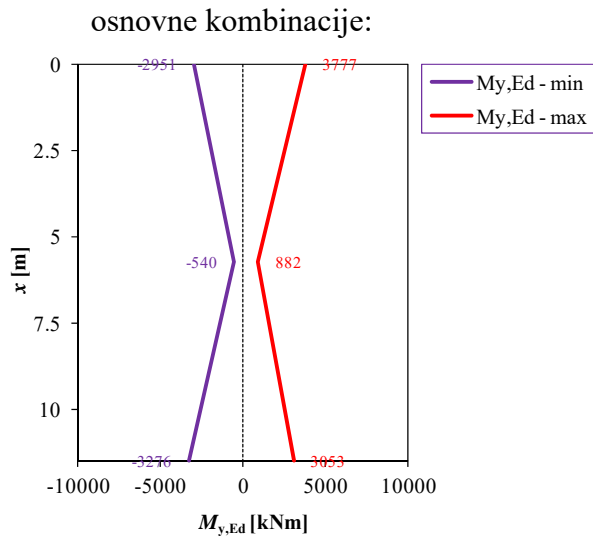
		MSN – prostorski model
obt.primer	kombinacija	K_j
	1. lastna+stalna obtežba	1.0
	6. promet – TS1 (najneugodnejša lega)	$\Psi_2 = 0.2$ ali 0
	7. promet – TS2 (najneugodnejša lega)	$\Psi_2 = 0.2$ ali 0
	8. promet – UDL+hodnik levo (v vzdolžni smeri razporedimo po posameznih poljih)	$\Psi_2 = 0.2$ ali 0
	9. promet – UDL+hodnik desno (v vzdolžni smeri razporedimo po posameznih poljih)	$\Psi_2 = 0.2$ ali 0
	16. potres – vzdolžno	1.0 ali 0.3
	17. potres – prečno	1.0 ali 0.3

3.4.10. Ovojnice obremenitev za vmesna opornika ($l_1 = 18\text{ m}$, $l_2 = 25\text{ m}$)

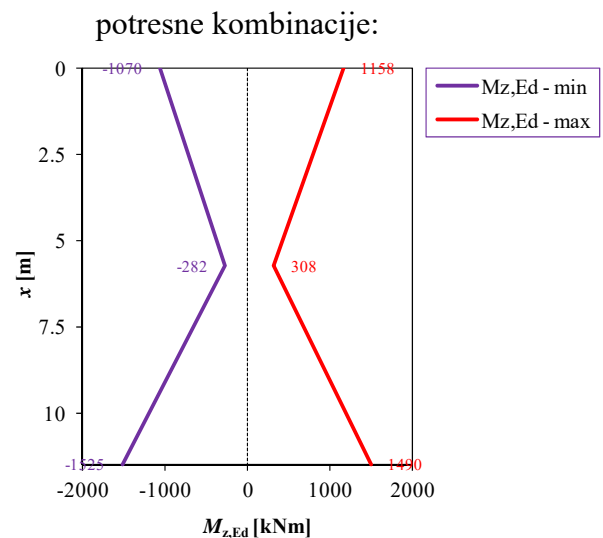
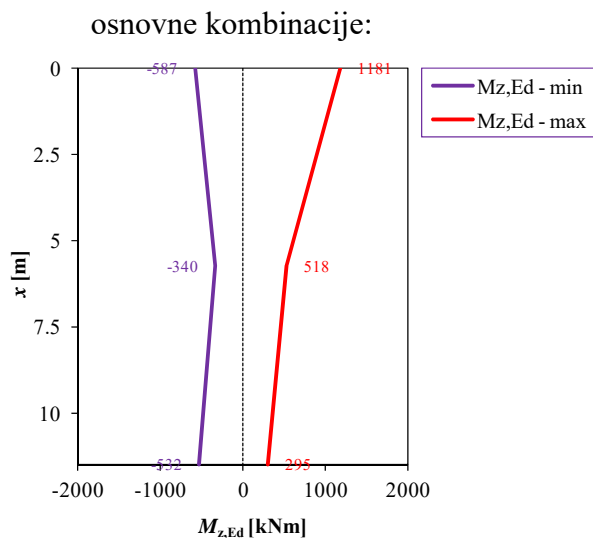
• osna sila N_{Ed}



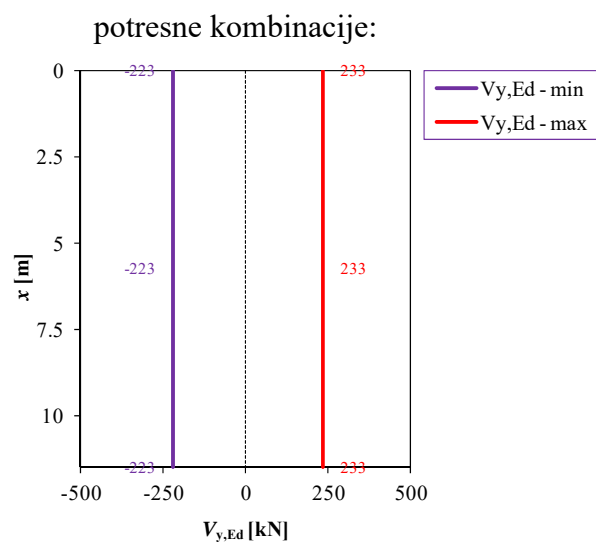
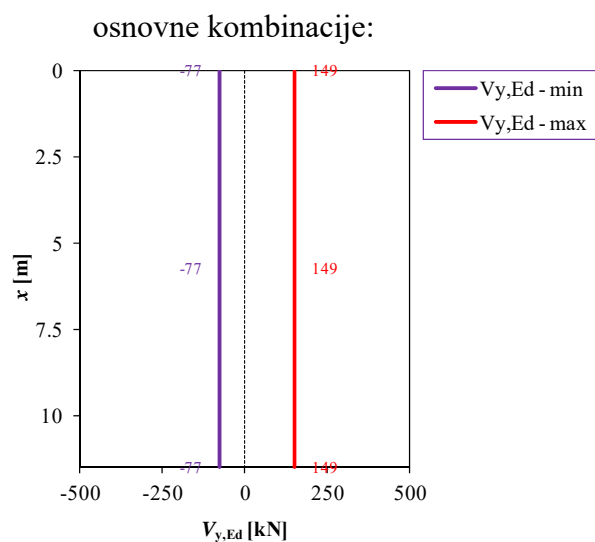
• upogibni moment $M_{y,Ed}$



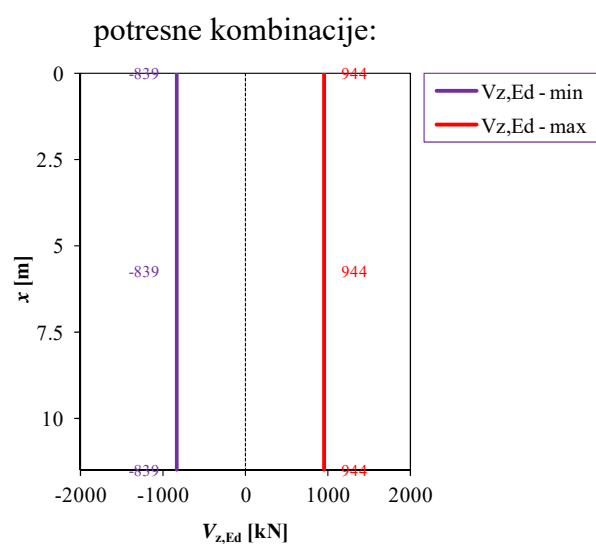
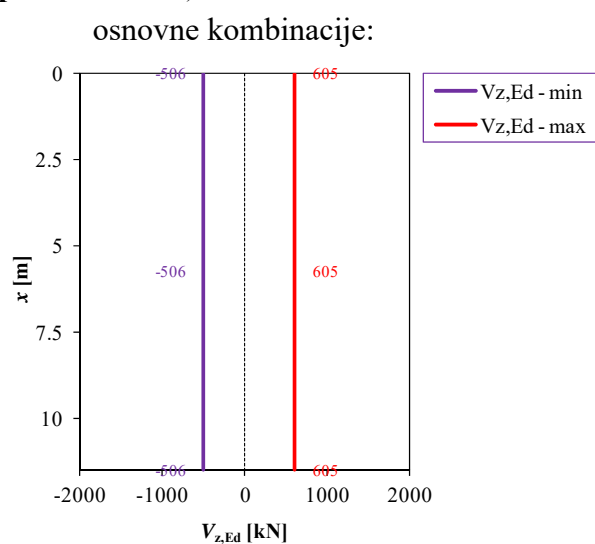
• upogibni moment $M_{z,Ed}$



• prečna sila $V_{y,Ed}$



• prečna sila $V_{z,Ed}$



3.4.11. Dimenzioniranje vmesnih opornikov (MSN)

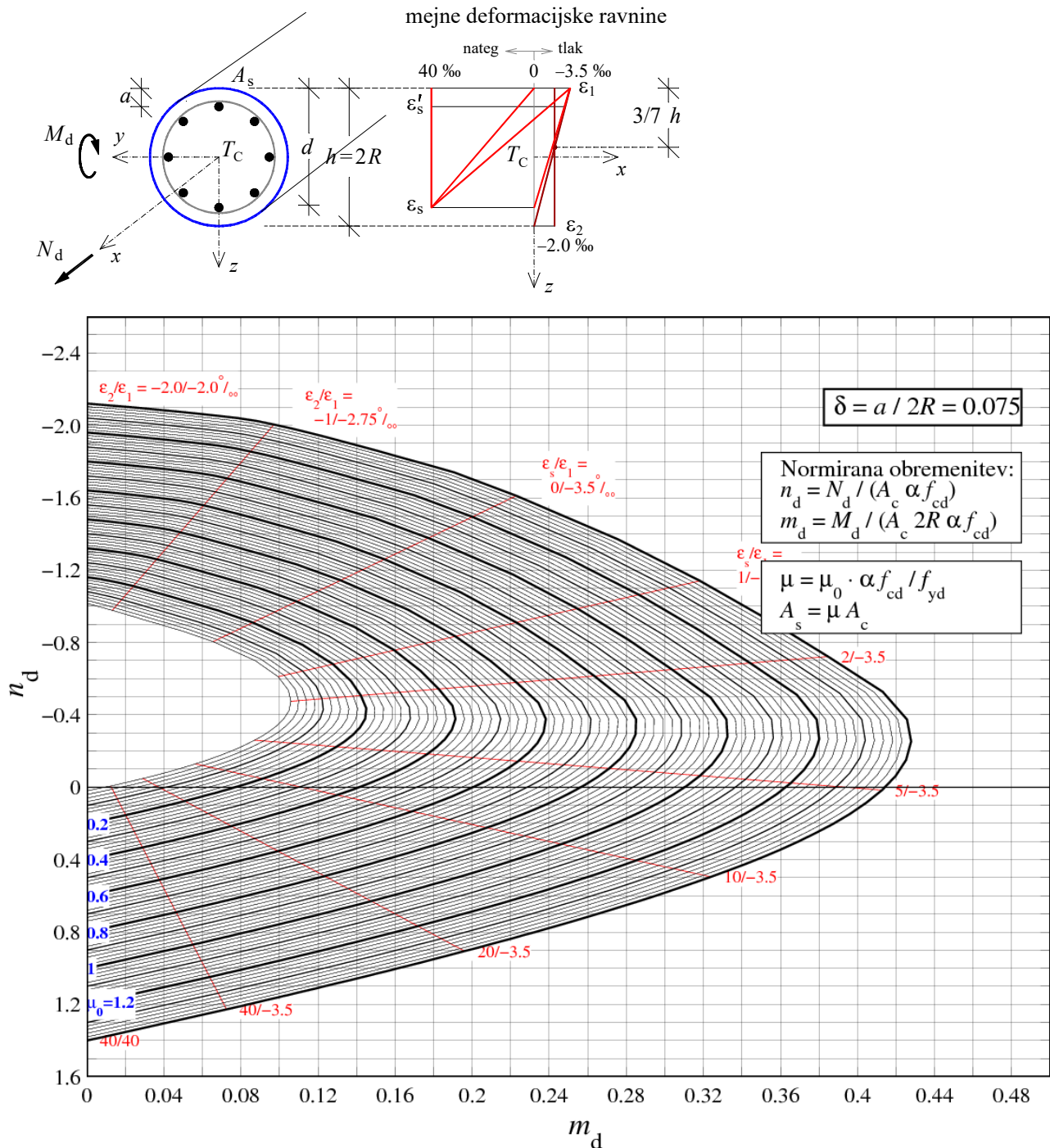
• upogib z osno silo

- prečni prerez stebra zgoraj in spodaj

op.: upoštevane kombinacije (osnovne, potresne):

$$\begin{aligned} & \min N_{Ed} + \text{prip. } M_{y,Ed} + \text{prip. } M_{z,Ed} \\ & \max N_{Ed} + \text{prip. } M_{y,Ed} + \text{prip. } M_{z,Ed} \\ & \min M_{y,Ed} + \text{prip. } N_{Ed} + \text{prip. } M_{z,Ed} \\ & \max M_{y,Ed} + \text{prip. } N_{Ed} + \text{prip. } M_{z,Ed} \\ & \min M_{z,Ed} + \text{prip. } N_{Ed} + \text{prip. } M_{y,Ed} \\ & \max M_{z,Ed} + \text{prip. } N_{Ed} + \text{prip. } M_{y,Ed} \end{aligned}$$

Interakcijski diagram mejne nosilnosti prečnega prereza krožne oblike:



- prečni prerez stebra **zgoraj** (potresna kombinacija) - $\min N_{Ed}$

		MSN – prostorski model			
obt.primer	kombinacija	merodajna kombinacija	N_i [kN]	$M_{y, prip, i}$ [kNm]	$M_{z, prip, i}$ [kNm]
1. lastna+stalna obtežba		$\gamma_G = 1.0$	-4099.1	371.7	0
6. promet – TS1 (lega pri $x = 18$ m)		$\Psi_2 = 0.2$	-595.6	2.7	338.3
7. promet – TS2 (lega pri $x = 18$ m)		$\Psi_2 = 0.2$	-397.0	1.8	-197.3
8. promet – UDL+hodnik levo (v 1. in 2. polju)		$\Psi_2 = 0.2$	-759.6	145.3	473.6
9. promet – UDL+hodnik desno (v 1. in 2. polju)		$\Psi_2 = 0.2$	-269.9	51.6	-200.0
16. potres – vzdolžno		$\gamma_{AE} = 1.0$	-117.0	4873.3	0
17. potres – prečno		$\gamma_{AE} = 0.3$	0	0	987.2
			-4620.5	5285.3	379.1

- prečni prerez stebra **zgoraj** (potresna kombinacija) - $\max M_{y, Ed}$

		MSN – prostorski model			
obt.primer	kombinacija	merodajna kombinacija	$M_{y, i}$ [kNm]	$N_{prip, i}$ [kN]	$M_{z, prip, i}$ [kNm]
1. lastna+stalna obtežba		$\gamma_G = 1.0$	371.7	-4099.1	0
6. promet – TS1 (lega pri $x = 29$ m)		$\Psi_2 = 0.2$	311.5	-405.2	225.3
7. promet – TS2 (lega pri $x = 29$ m)		$\Psi_2 = 0.2$	207.7	-270.1	-131.4
8. promet – UDL+hodnik levo (v 2. polju)		$\Psi_2 = 0.2$	261.6	-426.9	295.1
9. promet – UDL+hodnik desno (v 2. polju)		$\Psi_2 = 0.2$	92.9	-151.7	-124.6
16. potres – vzdolžno		$\gamma_{AE} = 1.0$	4873.3	-117.0	0
17. potres – prečno		$\gamma_{AE} = 0.3$	0	0	987.2
			5419.7	-4466.9	349.0

- prečni prerez stebra **zgoraj** (potresna kombinacija) – $\max M_{z, Ed}$

		MSN – prostorski model			
obt.primer	kombinacija	merodajna kombinacija	$M_{z, i}$ [kNm]	$N_{prip, i}$ [kN]	$M_{y, prip, i}$ [kNm]
1. lastna+stalna obtežba		$\gamma_G = 1.0$	0	-4099.1	371.7
6. promet – TS1 (lega pri $x = 18$ m)		$\Psi_2 = 0.2$	338.3	-595.6	2.7
8. promet – UDL+hodnik levo (v 1., 2. in 3. polju)		$\Psi_2 = 0.2$	516.6	-728.2	65.7
16. potres – vzdolžno		$\gamma_{AE} = 0.3$	0	-117.0	4873.3
17. potres – prečno		$\gamma_{AE} = 1.0$	987.2	0	0
			1158.2	-4399.0	1847.4

- prečni prerez stebra **spodaj** (potresna kombinacija) - $\min N_{Ed}$

		MSN – prostorski model			
obt.primer	kombinacija	merodajna kombinacija	N_i [kN]	$M_{y, prip, i}$ [kNm]	$M_{z, prip, i}$ [kNm]
1. lastna+stalna obtežba		$\gamma_G = 1.0$	-4424.5	-182.4	0
6. promet – TS1 (lega pri $x = 18$ m)		$\Psi_2 = 0.2$	-595.6	-2.3	-143.3
7. promet – TS2 (lega pri $x = 18$ m)		$\Psi_2 = 0.2$	-397.0	-1.5	83.6
8. promet – UDL+hodnik levo (v 1. in 2. polju)		$\Psi_2 = 0.2$	-759.6	-98.6	-190.4
9. promet – UDL+hodnik desno (v 1. in 2. polju)		$\Psi_2 = 0.2$	-269.9	-35.0	80.4
16. potres – vzdolžno		$\gamma_{AE} = 1.0$	-117.0	-5167.9	0
17. potres – prečno		$\gamma_{AE} = 0.3$	0	0	-1456.0
			-4946.0	-5377.8	-470.7

- prečni prerez stebra **spodaj** (potresna kombinacija) - $\min M_{y, Ed}$

		MSN – prostorski model			
obt.primer	kombinacija	merodajna kombinacija	$M_{y, i}$ [kNm]	$N_{prip, i}$ [kN]	$M_{z, prip, i}$ [kNm]
1. lastna+stalna obtežba		$\gamma_G = 1.0$	-182.4	-4424.5	0
6. promet – TS1 (lega pri $x = 31$ m)		$\Psi_2 = 0.2$	-156.3	-342.2	-79.1
7. promet – TS2 (lega pri $x = 31$ m)		$\Psi_2 = 0.2$	-104.2	-228.1	46.2
8. promet – UDL+hodnik levo (v 2. polju)		$\Psi_2 = 0.2$	-128.4	-426.9	-114.8
9. promet – UDL+hodnik desno (v 2. polju)		$\Psi_2 = 0.2$	-45.6	-151.7	48.5
16. potres – vzdolžno		$\gamma_{AE} = 1.0$	-5167.9	-117.0	0
17. potres – prečno		$\gamma_{AE} = 0.3$	0	0	-1456.0
			-5437.3	-4771.3	-456.6

- prečni prerez stebra **spodaj** (potresna kombinacija) – $\min M_{z, Ed}$

		MSN – prostorski model			
obt.primer	kombinacija	merodajna kombinacija	$M_{z, i}$ [kNm]	$N_{prip, i}$ [kN]	$M_{y, prip, i}$ [kNm]
1. lastna+stalna obtežba		$\gamma_G = 1.0$	0	-4424.5	-182.4
6. promet – TS1 (lega pri $x = 18$ m)		$\Psi_2 = 0.2$	-143.3	-595.6	-2.3
8. promet – UDL+hodnik levo (v 1., 2. in 3. polju)		$\Psi_2 = 0.2$	-200.9	-728.2	-32.3
16. potres – vzdolžno		$\gamma_{AE} = 0.3$	0	-117.0	-5167.9
17. potres – prečno		$\gamma_{AE} = 1.0$	-1456.0	0	0
			-1524.9	-4724.4	-1739.7

• prečna sila

- prečni prerez stebra zgoraj/spodaj (konstantna prečna sila)

op.: upoštevane kombinacije (osnovne, potresne):

$$\min V_{y,Ed} + \text{prip. } V_{z,Ed} + \text{prip. } N_{Ed}$$

$$\max V_{y,Ed} + \text{prip. } V_{z,Ed} + \text{prip. } N_{Ed}$$

$$\min V_{z,Ed} + \text{prip. } V_{y,Ed} + \text{prip. } N_{Ed}$$

$$\max V_{z,Ed} + \text{prip. } V_{y,Ed} + \text{prip. } N_{Ed}$$

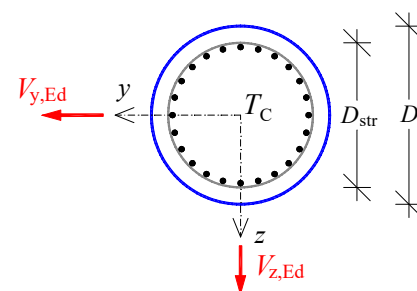
- prečni prerez stebra **zgoraj** (potresna kombinacija) – $\max V_{z,Ed}$

obt.primer	kombinacija	MSN – prostorski model			
		merodajna kombinacija	$V_{z,i}$ [kN]	$V_{y,\text{prip},i}$ [kN]	$N_{\text{prip},i}$ [kN]
1. lastna+stalna obtežba		$\gamma_G = 1.0$	48.2	0	-4099.1
6. promet – TS1 (lega pri $x = 31$ m)		$\Psi_2 = 0.2$	40.1	24.7	-342.2
7. promet – TS2 (lega pri $x = 31$ m)		$\Psi_2 = 0.2$	26.7	-14.4	-228.1
8. promet – UDL+hodnik levo (v 2. polju)		$\Psi_2 = 0.2$	33.9	35.6	-426.9
9. promet – UDL+hodnik desno (v 2. polju)		$\Psi_2 = 0.2$	12.1	-15.1	-151.7
16. potres – vzdolžno		$\gamma_{AE} = 1.0$	873.2	0	117.0
17. potres – prečno		$\gamma_{AE} = 0.3$	0	212.5	0
			943.9	69.9	-4211.9

Rezultirajoča strižna obremenitev: $V_{Ed} = \sqrt{V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2}$

	pravokotni prečni prerez	prečni prerez krožne oblike
efektivni strižni prerez	$A_c = b_w d$	$A_c = \frac{\pi D_{\text{str}}^2}{4}$
statična višina prereza	d	$\approx D_{\text{str}}$
stopnja armiranja z vzdolžno natezno armaturo	$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w d}$	$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{2A_c}$
potrebna strižna armatura ($\alpha = 90^\circ$)	$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Ed}}{0.9 d f_{ywd} \cot \theta}$	$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Ed}}{0.5 \pi D_{\text{str}} f_{ywd} \cot \theta}$

D_{str} ... premer stremenskega kroga



3.4.12. Ovojnica obremenitev za ležišča krajnih opornikov