

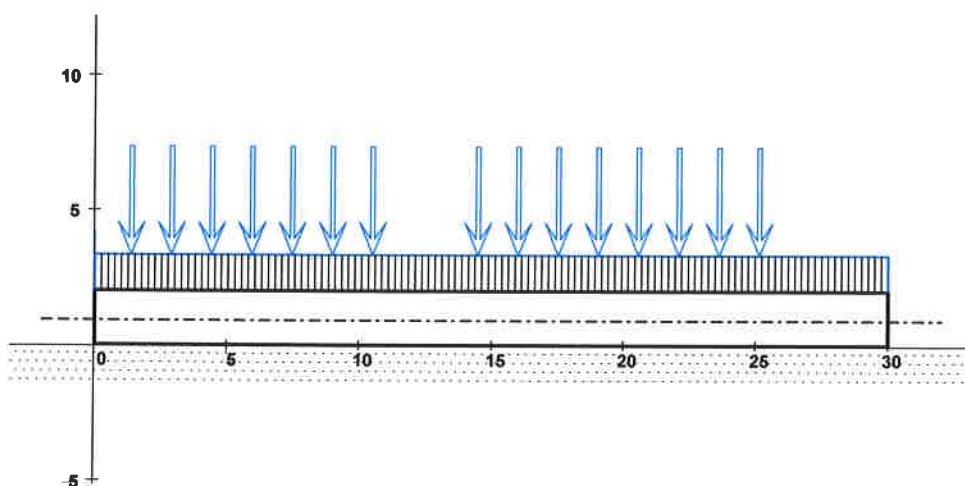
GREDA KOPNENE STAZE KONTEJNERSKE DIZALICE

KONTEJNERSKI TERMINAL

Broj projekta : **00 - 000**

Sadržaj proračuna

- | | |
|--------------------|--|
| 1. Uvod | 7. Momenti savijanja |
| 2. Ulazni podaci | 8. Poprečne sile |
| 3. Opterećenja | 9. Kosi vlačni naponi |
| 4. Slijeganje | 10. Dimenzioniranje armature |
| 5. Naponi na tlo | 13. Pukotine u betonu |
| 6. Kutevi zaokreta | 14. Dopušteno opterećenje
na temeljno tlo |



Rijeka, rujan 2012.

rkuzelicki@rijekaprojekt.hr

GREDA KOPNENE STAZE KONTEJNERSKE DIZALICE

Kontejnerski terminal

Greda na elastičnoj podlozi

Sheme opterećenja : Shema := 11

Pozicija - element : Poz := 1

Ulazni podaci

Oznake :
g - stalna kontinuirana opterećenja
p - pokretna kontinuirana opterećenja
G - stalne koncentrirane sile
P - pokretne koncentrirane sile
Mig - stalni koncentrirani moment savijanja
Mip - pokretni koncentrirani moment savijanja

Geometrija grede

Raspon (duljina) : $L = 30 \cdot m$

Visina grede : $d = 2 \cdot m$

Širina donjeg ruba grede : $b = 2.5 \cdot m$

Širina gornjeg ruba grede : $b_{\chi} = 1 \cdot m$

Širina grede za preuzimanje τ - napona : $b_{\tau} = 1 \cdot m$

Težište armature - vlačni, bočni rub : $a = 7 \cdot cm$ $a_1 = 7 \cdot cm$

Površina presjeka grede : $A_{gr} = 4.5 \cdot m^2$

Moment inercije presjeka grede : $I = 2.09 \cdot m^4$

Tip presjeka greda (1) ili ploča (2) : Tip = 1

Beton

Razred tlačne čvrstoće betona : $C = 35.45$

Karakteristična tlačna čvrstoća valjka : $f_{ck} = 35 \cdot MPa$

Proračunska čvrstoća betona : $f_{cd} = 23.33 \cdot MPa$

Modul elastičnosti betona : $E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{ck} \cdot MPa^{-1}} + 8 \cdot MPa$ $E_{cm} = 33 \cdot GPa$

Prostorna težina betona : $\gamma_b = 25 \cdot kN \cdot m^{-3}$

Računska vlačna čvrstoća betona : $\tau_r = 1.4 \cdot MPa$ $\tau_{rd} = 0.37 \cdot MPa$

Geometrijske karakteristike presjeka

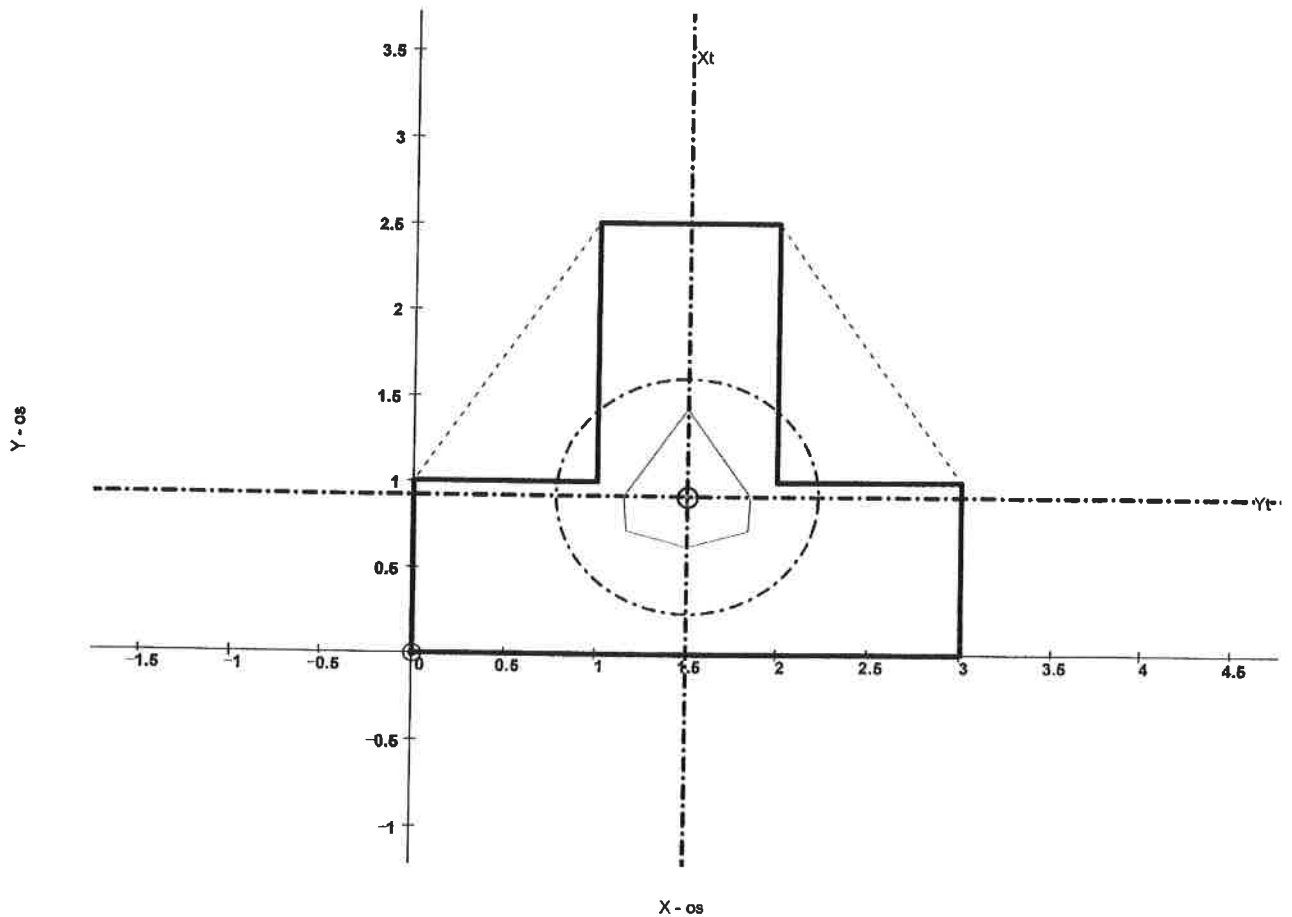
Program: SECPRO-2.MCD

Pozicija : *Kopnena staza kontejnerske dizalice*

Koordinate točaka presjeka : $Ko1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 2 & 2 & 3 & 3 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 2.5 & 2.5 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot m$ Broj točke
X
Y

Točke presjeka za jezgru : $Op^T = (1 \ 2 \ 4 \ 5 \ 7 \ 8 \ 1)$

Mjerilo slike : MJ = 0.4 · m



Površina : $A = 4.5 \cdot m^2$

Opseg : $O = 11 \cdot m$

Težište : $X_t = 1.5 \cdot m$

$Y_t = 0.917 \cdot m$

Momenti inercije (u X_t, Y_t) :

Glavni momenti inercije :

Kut glavnih osi :

Poluosi elipse inercije :

$I_{xt} = 2.09 \cdot m^4$

$I_{xtg} = 2.09 \cdot m^4$

$\theta_g = 0 \cdot \text{deg}$

$a = 0.68 \cdot m$

$I_{yt} = 2.38 \cdot m^4$

$I_{ytg} = 2.38 \cdot m^4$

$b = 0.73 \cdot m$

Modul elastičnosti i modul reakcije temeljne podloge

Poz = 1

Ulazni podaci :

Faktor poremećenosti stijenske mase (disturbance factor) : $D_{\min} = 0$ $D_{\max} = 0.3$
 Jednoosna tlačna čvrstoća intaktnog uzorka : $\sigma_{ci_min} = 25 \cdot \text{MPa}$ $\sigma_{ci_max} = 25 \cdot \text{MPa}$
 Geološki index čvrstoće : $GSI_{\min} = 40$ $GSI_{\max} = 60$

Modul elastičnosti stijenske mase :

$$\text{za } \sigma_{ci} \leq 100 \text{ MPa : } E_{m1}(GSI, \sigma_{ci}, D) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100 \cdot \text{MPa}}} \cdot 10^{\frac{GSI - 10}{40}}$$

$$\text{za } \sigma_{ci} > 100 \text{ MPa : } E_{m2}(GSI, D) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \cdot 10^{\frac{GSI - 10}{40}}$$

Minimalna vrijednost : $E_{m_min} = 2812 \cdot \text{MPa}$

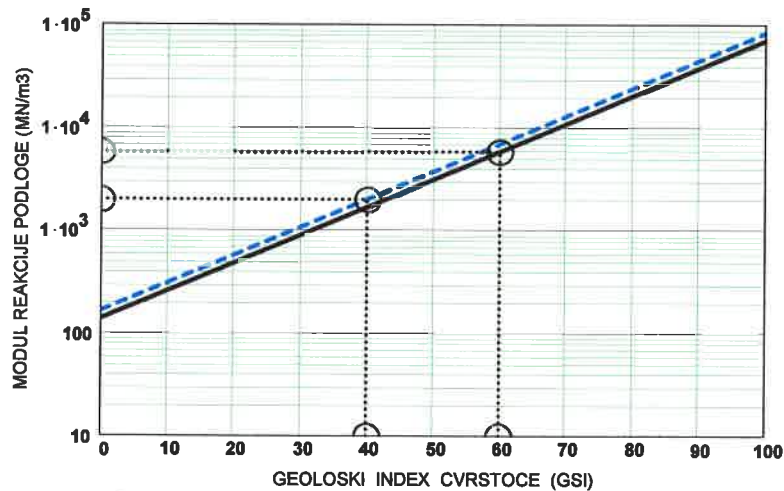
Maksimalna vrijednost : $E_{m_max} = 7558 \cdot \text{MPa}$

$$\text{Modul reakcije podloge : } k_0 = 0.65 \cdot \sqrt[12]{\frac{E \cdot b^4}{E_{cm} \cdot l}} \cdot \frac{E}{1 - \mu^2}$$

Minimalna vrijednost : $k_{0_min} = 1978 \cdot \text{m} \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^{-3}$

Maksimalna vrijednost : $k_{0_max} = 5772 \cdot \text{m} \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^{-3}$

Modul reakcije podloge kao funkcija Geološkog indexa čvrstoće



Usvojeno za proračun

Modul reakcije podloge : $k_0 = 100 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^{-3}$

Modul reakcije podloge za širinu grede : $k = b \cdot k_0$ $k = 250 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^{-2}$

Karakteristična duljina grede (Lk) : $\lambda = \sqrt[4]{\frac{k \cdot b}{4 \cdot E_{cm} \cdot l}}$ $\lambda = 0.17 \cdot \text{m}^{-1}$ $Lk = \lambda^{-1}$ $Lk = 5.78 \cdot \text{m}$

Analiza opterećenja

Poz = 1
Shema = 11

I. Stalno opterećenje

Vlastita težina grede : $gg = Agr \cdot \gamma_b$ $gg = 112.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$

II. Pokretno opterećenje

Mjerodavno vozilo : Autodizalica sa sprederom - "REACH STACKER"

a) Prednja osovina - vozilo pod punim opterećenjem

Opterećenje prednje osovine : $Po_1 = 1047 \cdot \text{kN}$

Broj kotaca prednje osovine : $nk = 4$

Dimenzija kontaktne površine kotaca : $ak1 = 0.40 \cdot \text{m}$ $ak2 = 0.40 \cdot \text{m}$

Opterećenje po kotacu : $po_1 = \frac{Po_1}{nk}$ $po_1 = 261.75 \cdot \text{kN}$

b) Stražnja osovina - vozilo bez opterećenja

Opterećenje stražnje osovine : $Po_2 = 435 \cdot \text{kN}$

Broj kotaca stražnje osovine : $nk = 2$

Dimenzija kontaktne površine kotaca : $ak1 = 0.40 \cdot \text{m}$ $ak2 = 0.40 \cdot \text{m}$

Opterećenje po kotacu : $po_2 = \frac{Po_2}{nk}$ $po_2 = 217.5 \cdot \text{kN}$

Shema opterećenja 6

Mjerodavno opterećenje po kotacu : $po_1 = 261.75 \cdot \text{kN}$

Rasprostiranje opterećenja do neutralne osi : $p1 = \frac{po_1}{1.04 \cdot \text{m}}$ $p1 = 251.68 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$

$p2 = 2 \cdot p1$ $p2 = 503.37 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$

$p3 = \frac{po_1}{1.04 \cdot \text{m}}$ $p3 = 251.68 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$

POKRETNA SHEMA SILA

Analiziraju se kritični položaji pokretne sheme opterećenja od kontejnerske dizalice za ekstremne vrijednosti momenata savijanja, poprečnih sila, deformacija podloge i kontaktnih naprezanja ispod grede.

$$p_shema = 1 \quad L = 30 \cdot m$$

Karakteristike grede i temeljne podloge

$$\text{Raspon (duljina): } L = 30 \cdot m$$

$$\text{Visina grede: } d = 2 \cdot m$$

$$\text{Širina donjeg ruba grede: } b = 2.50 \cdot m$$

$$\text{Površina presjeka grede: } Agr = 4.5 \cdot m^2$$

$$\text{Moment inercije presjeka grede: } I = 2.09 \cdot m^4$$

$$\text{Modul elastičnosti betona: } Ecm = 33.3 \cdot GPa$$

$$\text{Prostorna težina betona: } \gamma_b = 25 \cdot kN \cdot m^{-3}$$

$$\text{Modul stišljivosti posteljice: } Ms = 70 \cdot MPa$$

$$\text{Modul reakcije podloge: } ko = 100 \cdot MN \cdot m^{-3}$$

$$\text{Modul reakcije podloge za širinu grede: } k = b \cdot ko \quad k = 250 \cdot MN \cdot m^{-2}$$

$$\text{Poisson-ov koeficijent: } \mu = 0.2$$

$$\text{Karakteristična duljina grede: } \lambda = \sqrt[4]{\frac{k \cdot b}{4 \cdot Ecm \cdot I}} \quad \lambda = 0.17 \cdot m^{-1}$$

$$\text{Karakteristična duljina grede: } \lambda^{-1} = 5.78 \cdot m$$

Pokretna shema sila kontejnerske dizalice

Shema sila :

$$Sh_- = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 \\ 1000 & 1000 & 1000 & 1000 & 1000 & 1000 & 1000 & 1000 & 1000 & 1000 & 1000 & 1000 & 1000 & 1000 & 1000 & 1000 \end{pmatrix} \cdot kN$$

Koordinate sheme sila :

$$xS_- = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 \\ 0 & 1.52 & 3.04 & 4.56 & 6.08 & 7.6 & 9.12 & 10.64 & 12.16 & 13.68 & 15.2 & 16.72 & 18.24 & 19.76 & 21.28 & 22.8 \end{pmatrix} \cdot m$$

Broj sila : $bSh = 16$
 Duljina sheme opterećenja : $Lsh = 25.26 \cdot m$
 Korak pomaka sheme : $\Delta a = 2.51 \cdot m$
 Ukupni broj koraka sheme : $Kor = 12$
 Početni položaj sheme : $pS = -25.26 \cdot m$

$p_shema = 1$
 $L = 30 \cdot m$

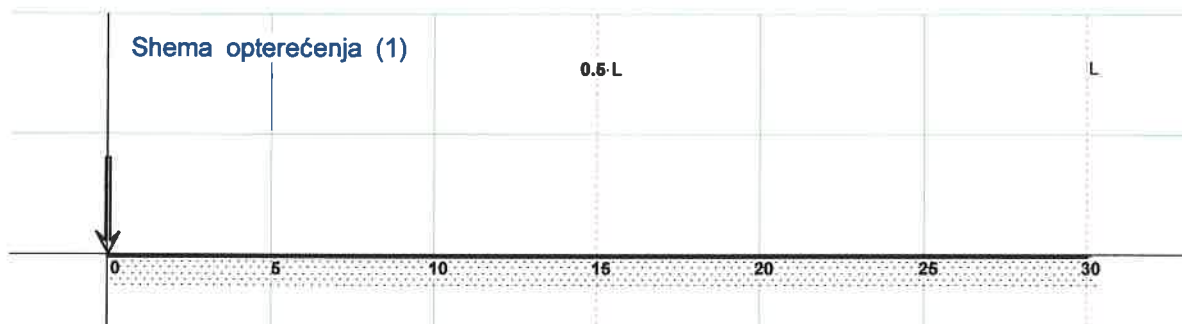
Stalno kontinuirano opterećenje

$$Agr \cdot \gamma_b + 3 \cdot m^1 \cdot 22 \cdot kN \cdot m^{-2} = 178.5 \cdot kN \cdot m^{-1}$$

$$\text{Početak / kraj opt. : } x_{sg} = \begin{pmatrix} 0 \\ 30 \end{pmatrix} \cdot m$$

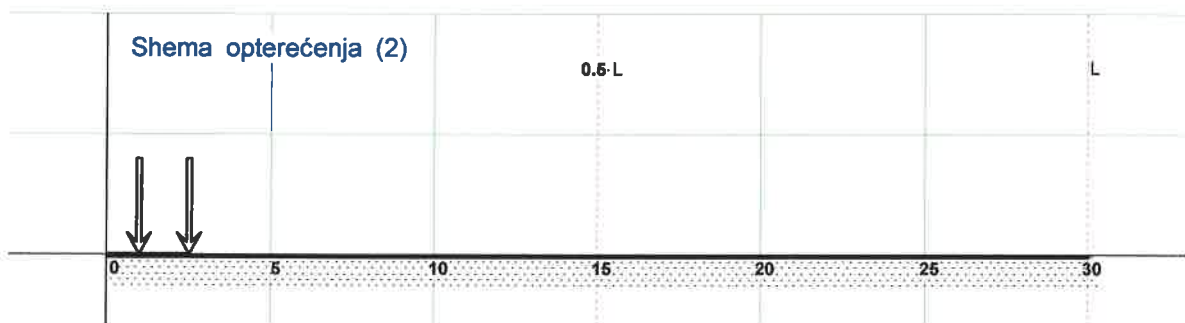
$$\text{Opterećenje, početak / kraj : } sg = \begin{pmatrix} 178.5 \\ 178.5 \end{pmatrix} \cdot kN \cdot m^{-1}$$

Sheme opterećenja od kontejnerske dizalice



$$\text{Sile (1) : } Sh_1^T = 1000 \cdot kN$$

$$\text{Položaji sila (1) : } xS_1^T = 0 \cdot m$$



$$\text{Sile (2) : } Sh_2^T = (1000 \quad 1000) \cdot kN$$

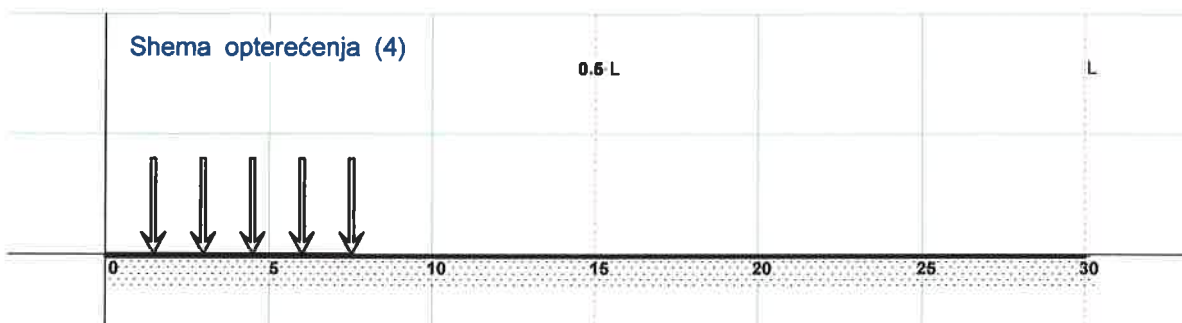
$$\text{Položaji sila (2) : } xS_2^T = (0.99 \quad 2.51) \cdot m$$

p_schema = 1 L = 30 · m



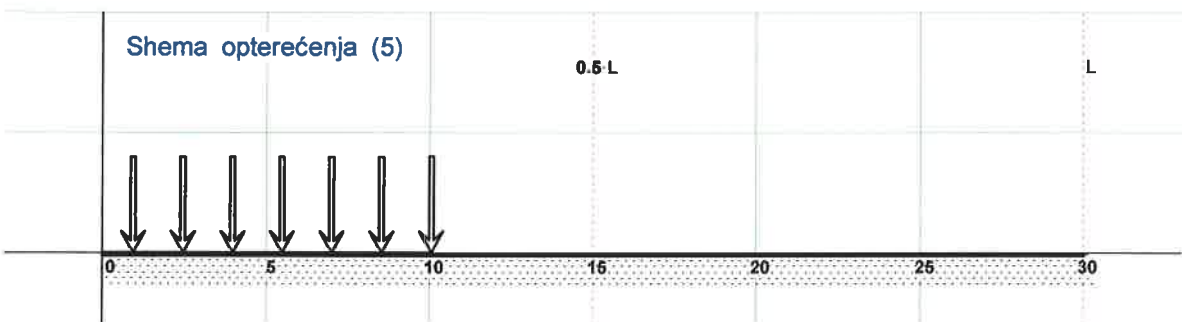
Sile (3): $Sh_3^T = (1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000) \cdot \text{kN}$

Položaji sila (3): $xS_3^T = (0.46 \ 1.98 \ 3.5 \ 5.02) \cdot \text{m}$



Sile (4): $Sh_4^T = (1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000) \cdot \text{kN}$

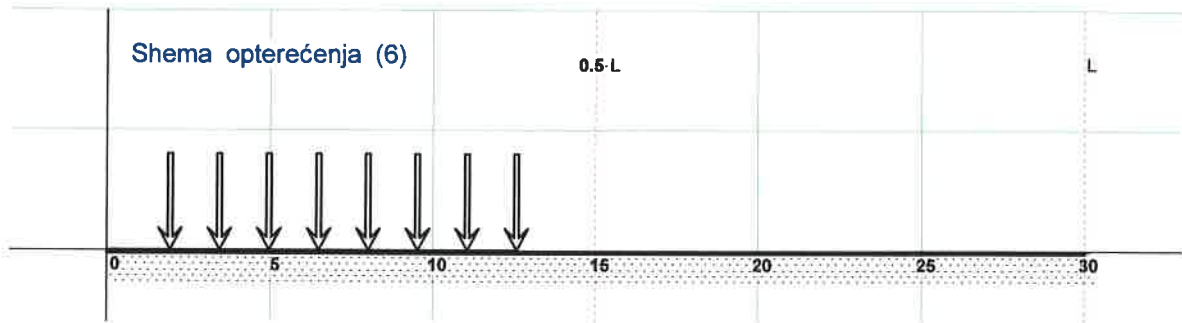
Položaji sila (4): $xS_4^T = (1.46 \ 2.98 \ 4.5 \ 6.02 \ 7.54) \cdot \text{m}$



Sile (5): $Sh_5^T = (1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000) \cdot \text{kN}$

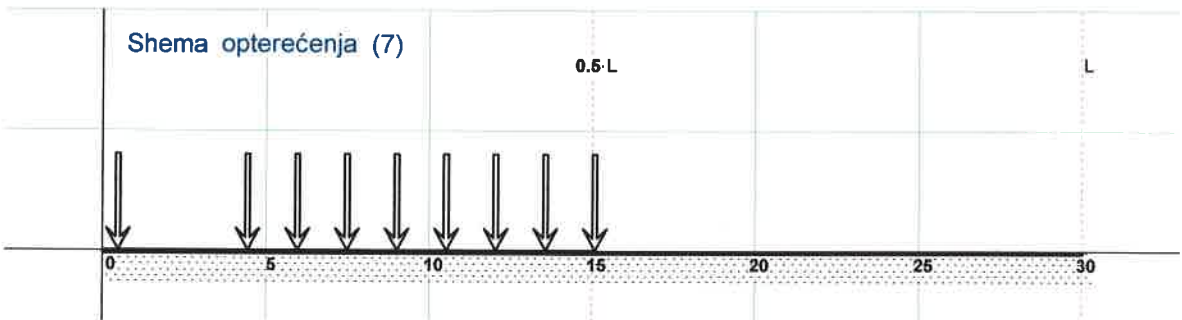
Položaji sila (5): $xS_5^T = (0.93 \ 2.45 \ 3.97 \ 5.49 \ 7.01 \ 8.53 \ 10.05) \cdot \text{m}$

p_schema = 1 L = 30 · m



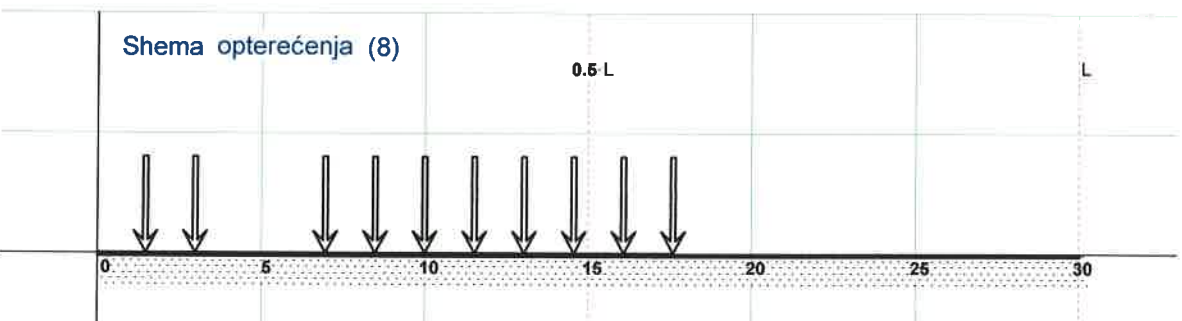
Sile (6): $Sh_6^T = (1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000) \cdot \text{kN}$

Položaji sila (6): $xS_6^T = (1.92 \ 3.44 \ 4.96 \ 6.48 \ 8 \ 9.52 \ 11.04 \ 12.56) \cdot \text{m}$



Sile (7): $Sh_7^T = (1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000) \cdot \text{kN}$

Položaji sila (7): $xS_7^T = (0.45 \ 4.43 \ 5.95 \ 7.47 \ 8.99 \ 10.51 \ 12.03 \ 13.55 \ 15.07) \cdot \text{m}$

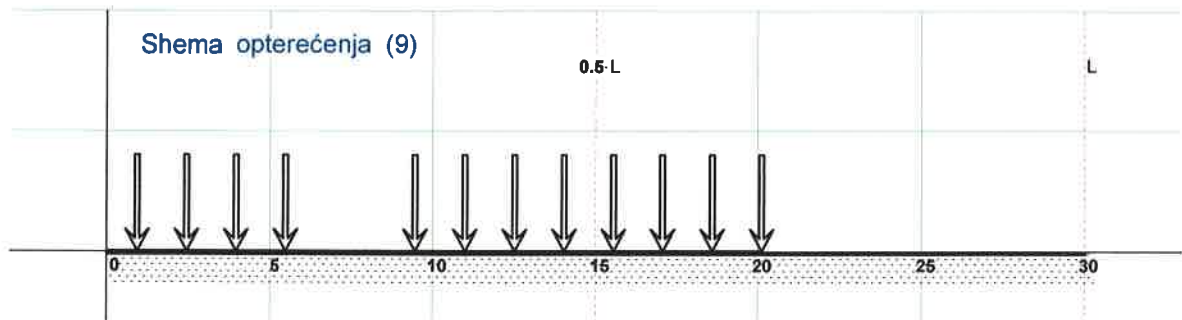


Sile (8): $Sh_8^T = (1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000) \cdot \text{kN}$

Položaji sila (8): $xS_8^T = (1.44 \ 2.96 \ 6.94 \ 8.46 \ 9.98 \ 11.5 \ 13.02 \ 14.54 \ 16.06 \ 17.58) \cdot \text{m}$

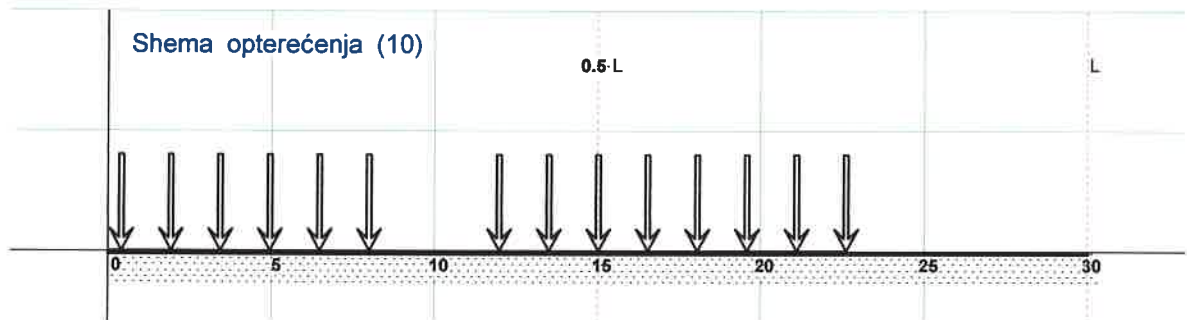
9

p_shema = 1 L = 30 · m



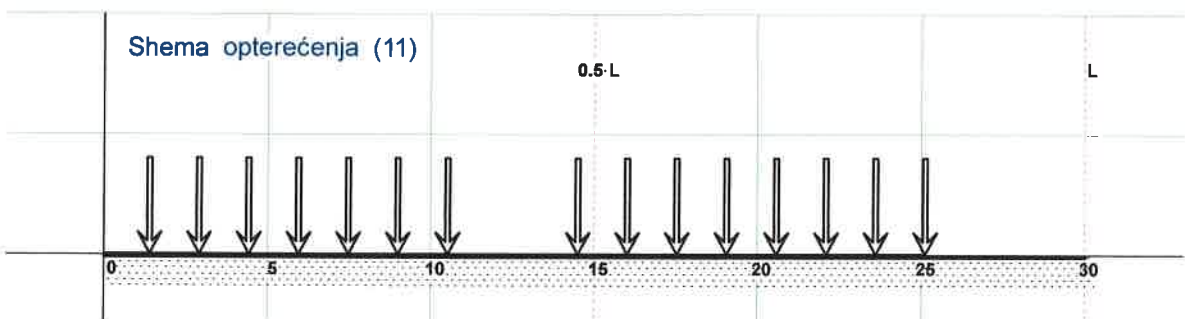
Sile (9): $Sh_9^T = (1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000) \cdot \text{kN}$

Položaji sila (9): $xS_9^T = (0.91 \ 2.43 \ 3.95 \ 5.47 \ 9.45 \ 10.97 \ 12.49 \ 14.01 \ 15.53 \ 17.05 \ 18.57 \ 20.09) \cdot \text{m}$



Sile (10): $Sh_{10}^T = (1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000) \cdot \text{kN}$

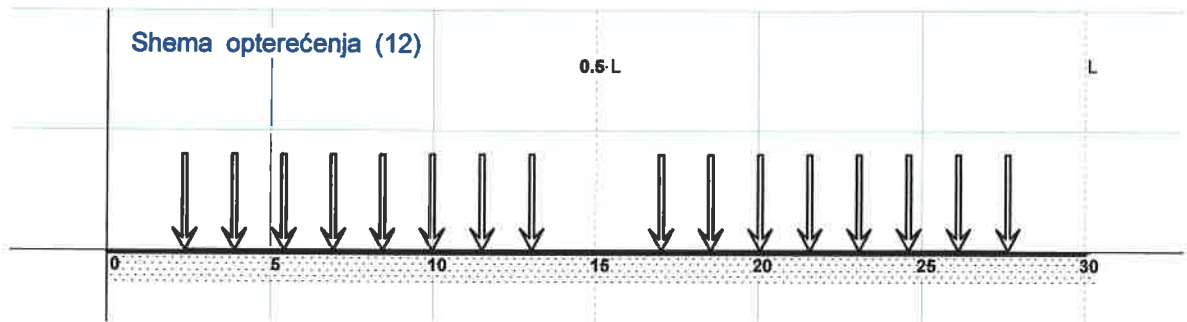
Položaji sila (10): $xS_{10}^T = (0.39 \ 1.91 \ 3.43 \ 4.95 \ 6.47 \ 7.99 \ 11.97 \ 13.49 \ 15.01 \ 16.53 \ 18.05 \ 19.57 \ 21.09 \ 22.61) \cdot \text{m}$



Sile (11): $Sh_{11}^T = (1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000) \cdot \text{kl}$

Položaji sila (11): $xS_{11}^T = (1.38 \ 2.9 \ 4.42 \ 5.94 \ 7.46 \ 8.98 \ 10.5 \ 14.48 \ 16 \ 17.52 \ 19.04 \ 20.56 \ 22.08 \ 23.6 \ 25.12) \cdot \text{m}$

p_shema = 1 L = 30 · m



Sile (12):

$$Sh_{12}^T = (1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000 \ 1000) \cdot \text{kN}$$

Položaji sila (12):

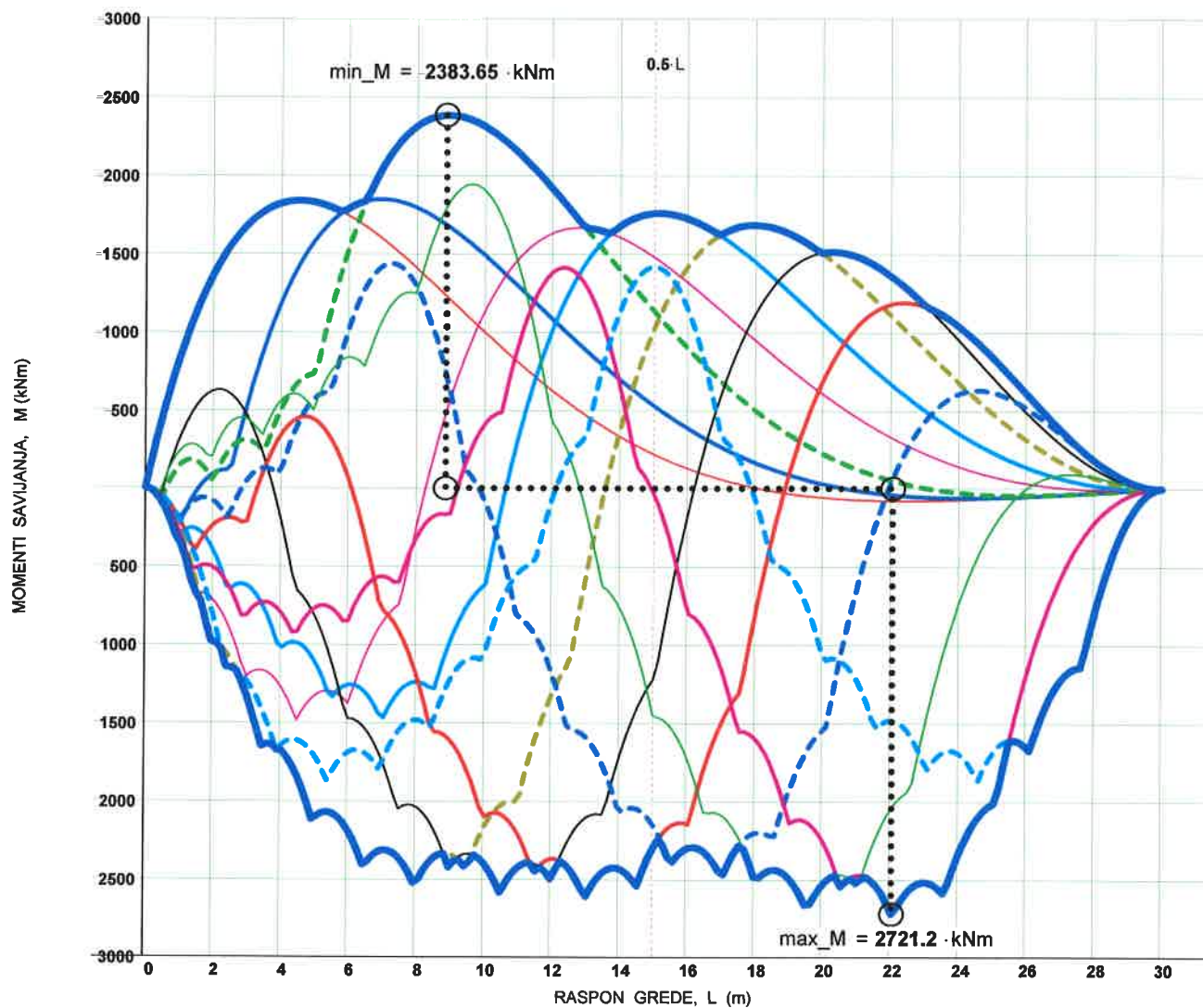
$$xS_{12}^T = (2.37 \ 3.89 \ 5.41 \ 6.93 \ 8.45 \ 9.97 \ 11.49 \ 13.01 \ 16.99 \ 18.51 \ 20.03 \ 21.55 \ 23.07 \ 24.59 \ 26.11 \ 27.63) \cdot \text{m}$$

17

Anvelope momenata savijanja

Sheme opterećenja (1) do (12)

p_shema = 1 L = 30 · m



Ekstremi anvelope momenata savijanja

Minimalni moment savijanja : min_M = -2383.65 · kNm (gornji rub)

Mjerodavna shema opterećenja za (min_M) : sm1 = 3

Položaj na gredi za (min_M) : xo_{tm1} = 8.85 · m

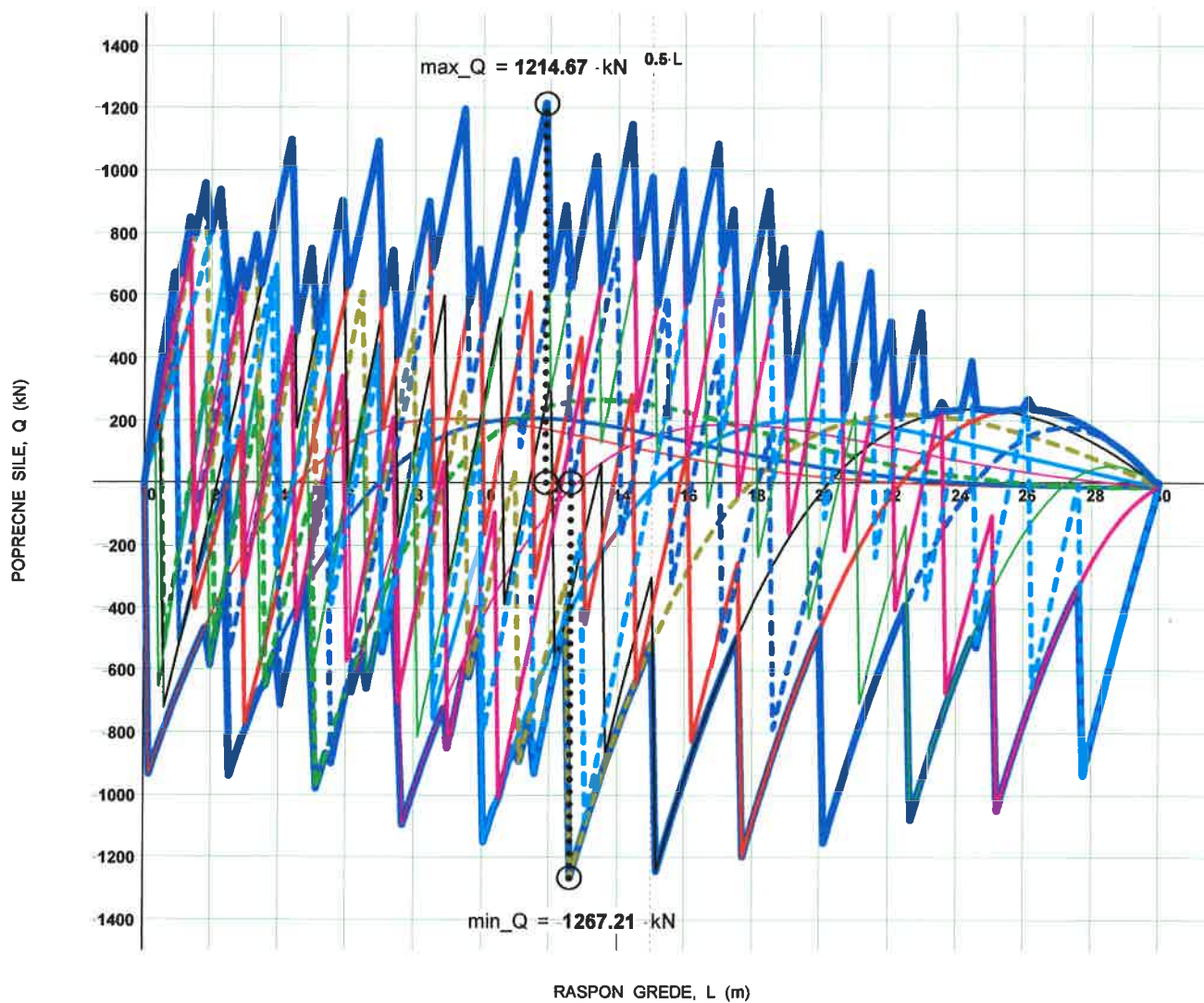
Maksimalni moment savijanja : max_M = 2721.2 · kNm (donji rub)

Mjerodavna shema opterećenja za (max_M) : sm2 = 11

Položaj na gredi za (max_M) : xo_{tm2} = 22.05 · m

Anvelope poprečnih sila Sheme opterećenja (1) do (12)

p_shema = 1 L = 30 · m



Ekstremi anvelopa poprečnih sila

Minimalna poprečna sila : min_Q = -1267.21 · kN

Mjerodavna shema opterećenja za (min_Q) : sq1 = 6

Položaj na gredi za (min_Q) : x_{o_{tq1}} = 12.6 · m

Maksimalna poprečna sila : max_Q = 1214.67 · kN

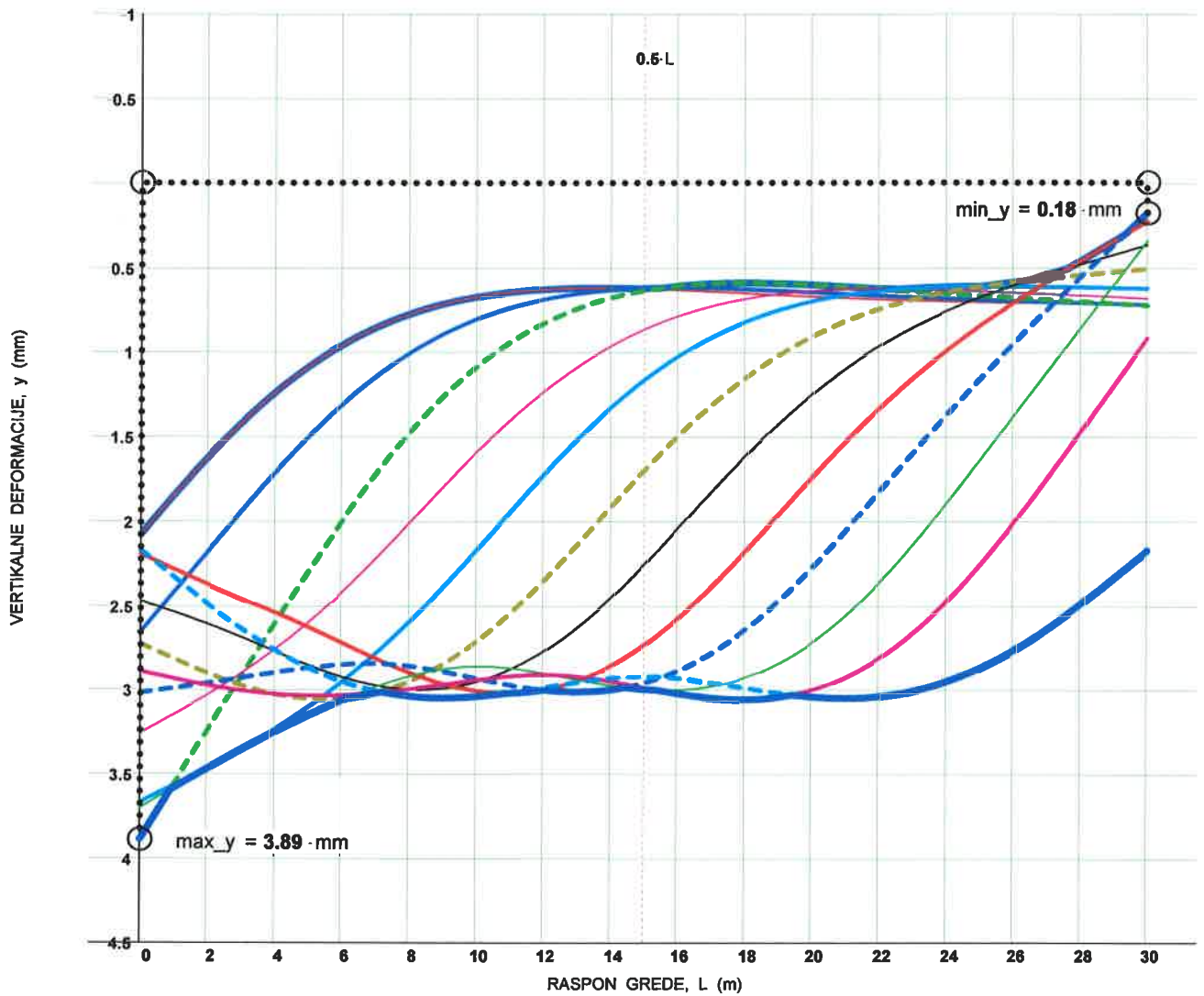
Mjerodavna shema opterećenja za (max_Q) : sq2 = 10

Položaj na gredi za (max_Q) : x_{o_{tq2}} = 11.85 · m

Anvelope deformacija

Sheme opterećenja (1) do (12)

p_shema = 1 L = 30 · m



Ekstremi deformacija

(- izdizanje)

(+ slijeganje)

Minimalna deformacija : $\min_y = 0.18 \cdot \text{mm}$

Mjerodavna shema opterećenja za (\min_y) : $sy1 = 9$

Položaj na gredi za (\min_y) : $xo_{ty1} = 30 \cdot \text{m}$

Maksimalna deformacija : $\max_y = 3.89 \cdot \text{mm}$

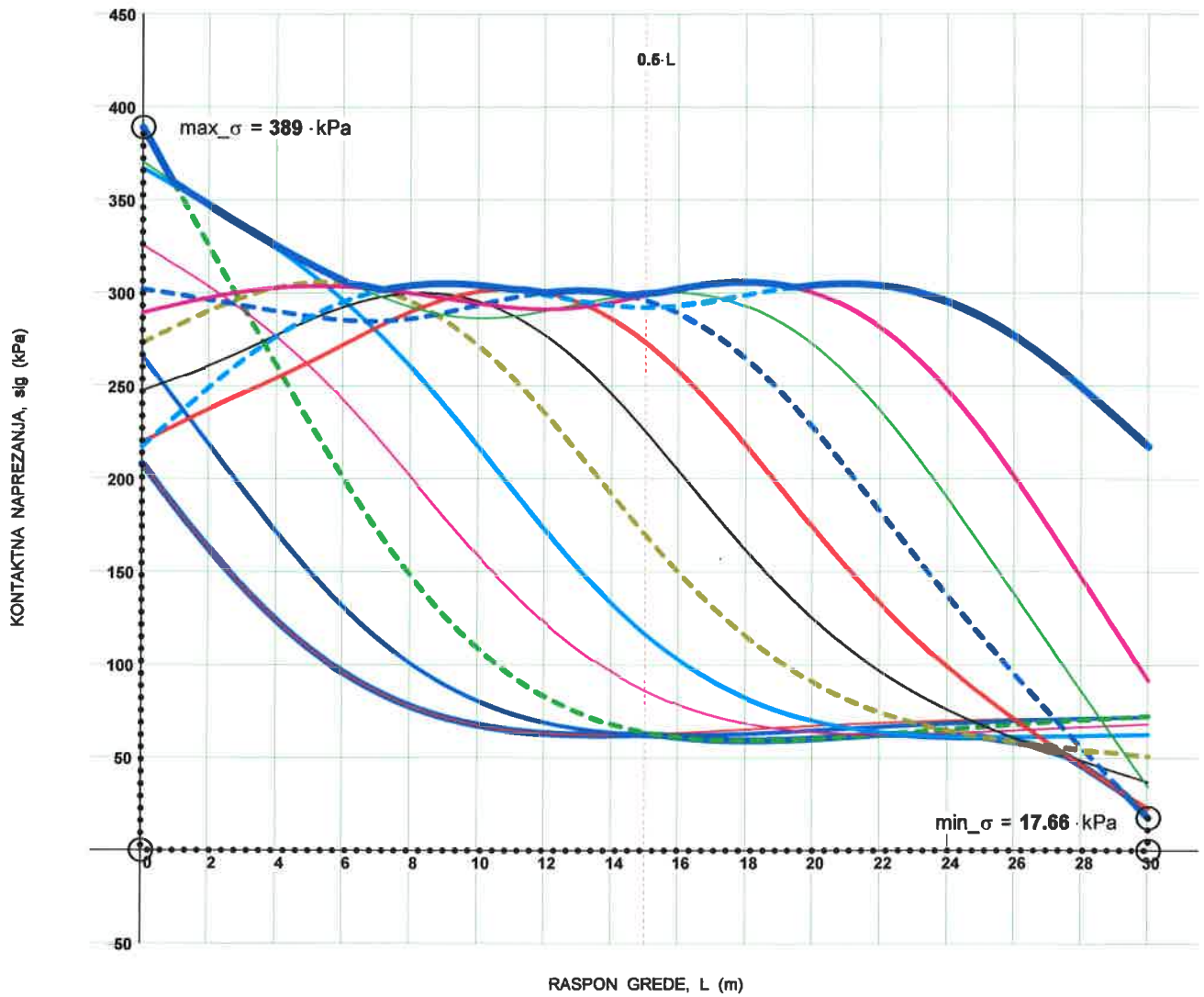
Mjerodavna shema opterećenja za (\max_y) : $sy2 = 3$

Položaj na gredi za (\max_y) : $xo_{ty2} = 0 \cdot \text{m}$

Anvelope kontaktnih napreznja

Sheme opterećenja (1) do (12)

p_shema = 1 L = 30 · m



Ekstremi kontaktnih napreznja

(- vlačno) (+ tlačno)

Minimalna kontaktna napreznja : min_σ = 17.66 · kPa

Mjerodavna shema opterećenja za (min_M) : sσ1 = 9

Položaj na gredi za (min_M) : tσ1 = 201 x0_tσ1 = 30 · m

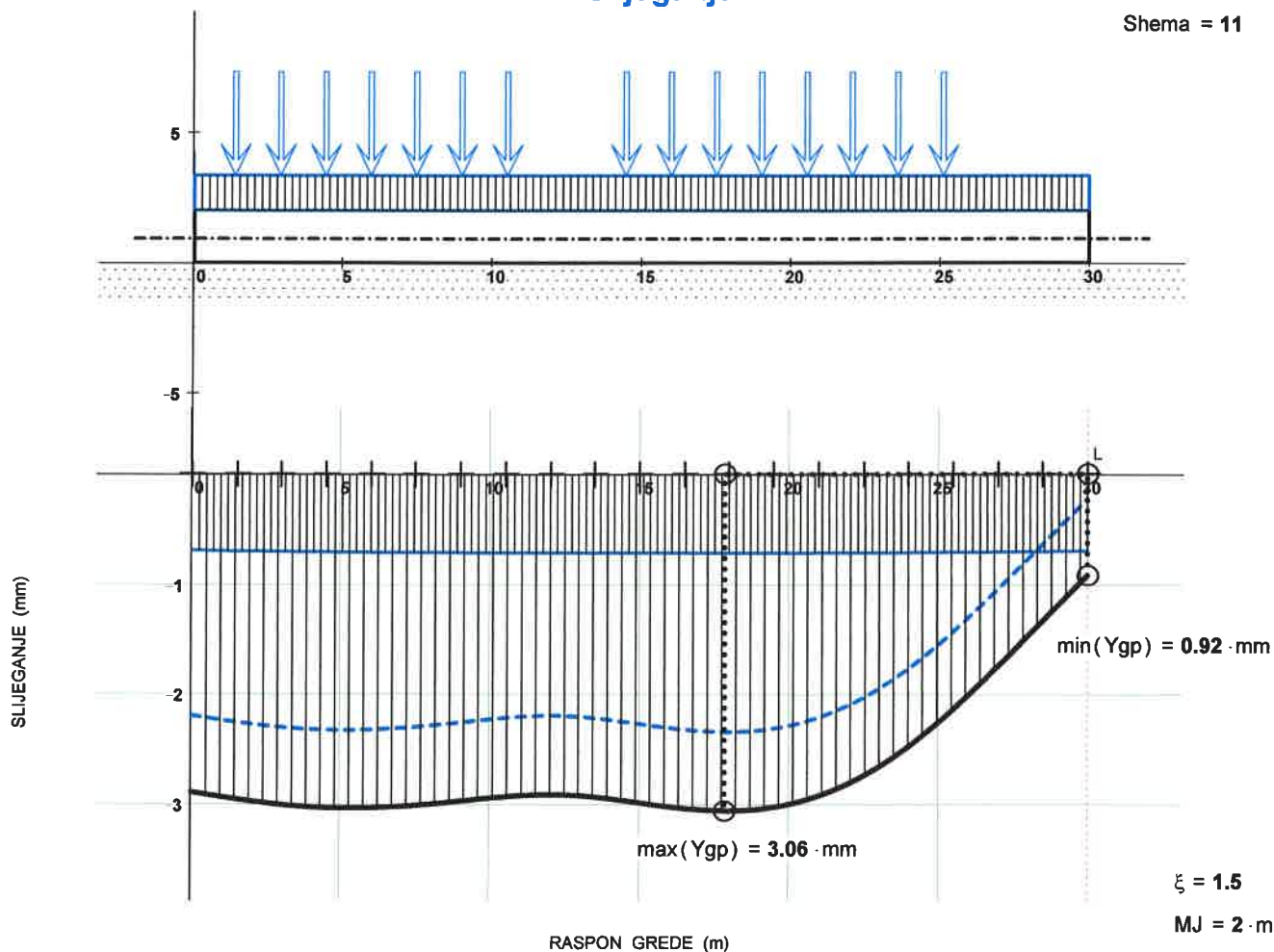
Maksimalna kontaktna napreznja : max_σ = 389 · kPa

Mjerodavna shema opterećenja za (max_M) : sσ2 = 3

Položaj na gredi za (max_M) : tσ2 = 1 x0_tσ2 = 0 · m

Slijeganje

Poz = 1
Schema = 11



Slijeganje u računskim točkama

Slijeganje od stalnog, pokretnog i ukupnog opterećenja

$$\min(Y_{gp}) = 0.92 \cdot \text{mm}$$

$$\max(Y_{gp}) = 3.06 \cdot \text{mm}$$

Točka x stalno pokretno **ukupno**
(m) (mm) (mm) (mm)

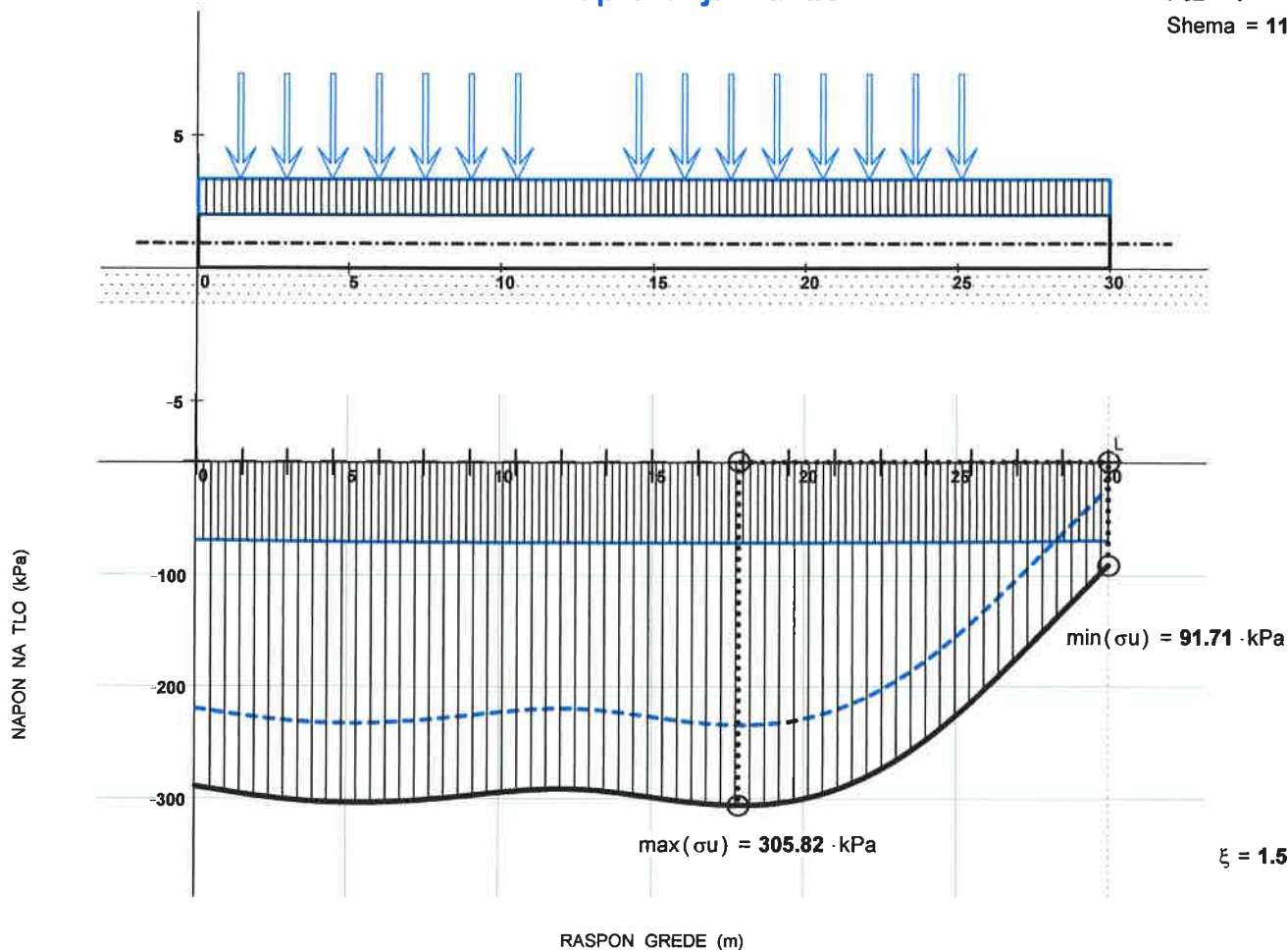
$$y1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0.7 & 2.2 & 2.89 \\ 2 & 1.5 & 0.7 & 2.26 & 2.96 \\ 3 & 3 & 0.7 & 2.3 & 3.01 \\ 4 & 4.5 & 0.71 & 2.33 & 3.03 \\ 5 & 6 & 0.71 & 2.32 & 3.03 \\ 6 & 7.5 & 0.71 & 2.3 & 3.01 \\ 7 & 9 & 0.71 & 2.26 & 2.97 \\ 8 & 10.5 & 0.72 & 2.22 & 2.93 \\ 9 & 12 & 0.72 & 2.2 & 2.91 \\ 10 & 13.5 & 0.72 & 2.22 & 2.93 \\ 11 & 15 & 0.72 & 2.27 & 2.99 \end{bmatrix}$$

Točka x stalno pokretno **ukupno**
(m) (mm) (mm) (mm)

$$y2 = \begin{bmatrix} 12 & 16.5 & 0.72 & 2.32 & 3.04 \\ 13 & 18 & 0.72 & 2.34 & 3.06 \\ 14 & 19.5 & 0.72 & 2.31 & 3.03 \\ 15 & 21 & 0.71 & 2.21 & 2.93 \\ 16 & 22.5 & 0.71 & 2.03 & 2.74 \\ 17 & 24 & 0.71 & 1.77 & 2.48 \\ 18 & 25.5 & 0.71 & 1.43 & 2.14 \\ 19 & 27 & 0.7 & 1.04 & 1.75 \\ 20 & 28.5 & 0.7 & 0.63 & 1.33 \\ 21 & 30 & 0.7 & 0.22 & 0.92 \end{bmatrix}$$

Napreznanja na tlo

Poz = 1
Shema = 11



Napreznanje na tlo

Napreznanja na tlo od stalnog, pokretnog i ukupnog opterećenja

$\min(\sigma_u) = 91.71 \cdot \text{kPa}$

$\max(\sigma_u) = 305.82 \cdot \text{kPa}$

Točka	x (m)	stalno (kPa)	pokretno (kPa)	ukupno (kPa)
1	0	69.54	219.66	289.19
2	1.5	70.01	225.58	295.59
3	3	70.44	230.17	300.61
4	4.5	70.8	232.51	303.3
5	6	71.08	232.28	303.36
6	7.5	71.29	229.74	301.03
7	9	71.44	225.72	297.16
8	10.5	71.53	221.65	293.19
9	12	71.59	219.66	291.25
10	13.5	71.63	221.82	293.45
11	15	71.64	227.07	298.7

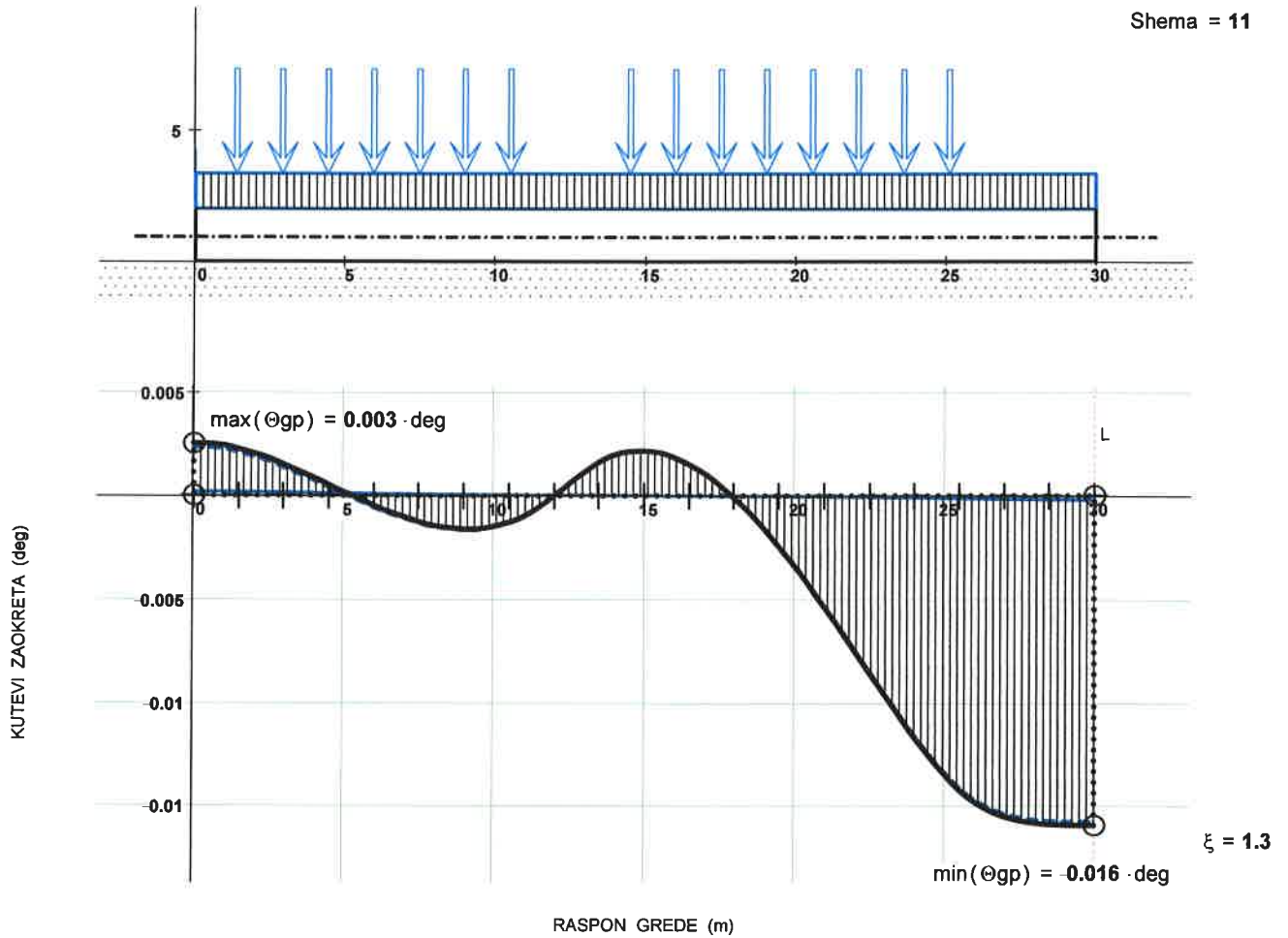
$\sigma_1 =$

Točka	x (m)	stalno (kPa)	pokretno (kPa)	ukupno (kPa)
12	16.5	71.63	232.14	303.76
13	18	71.59	234.23	305.82
14	19.5	71.53	231.11	302.64
15	21	71.44	221.08	292.52
16	22.5	71.29	203.07	274.36
17	24	71.08	176.77	247.85
18	25.5	70.8	143	213.8
19	27	70.44	104.18	174.62
20	28.5	70.01	63.39	133.4
21	30	69.54	22.18	91.71

$\sigma_2 =$

Kutevi zaokreta

Poz = 1
Schema = 11



Kutevi zaokreta

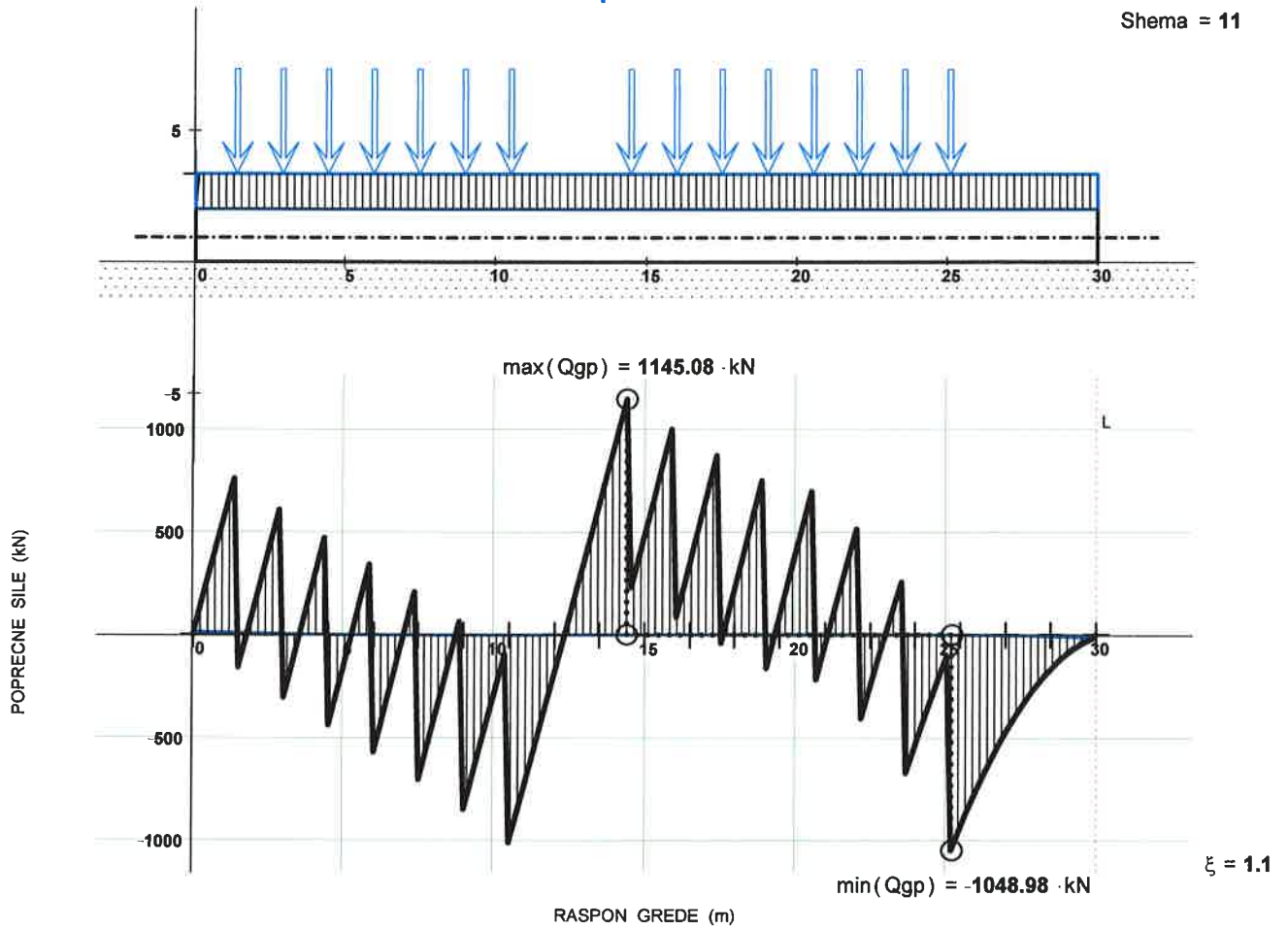
Kutevi zaokreta od stalnog, pokretnog i ukupnog opterećenja

$$\min(\Theta_{gp}) = -0.02 \cdot \text{deg} \quad \max(\Theta_{gp}) = 0 \cdot \text{deg}$$

Točka	x (m)	stalno (deg)	pokretno (deg)	ukupno (deg)	Točka	x (m)	stalno (deg)	pokretno (deg)	ukupno (deg)		
$\Theta_1 =$	1	0	0	0.002	0.003	$\Theta_2 =$	12	16.5	0	0.002	0.002
	2	1.5	0	0.002	0.002		13	18	0	0	0
	3	3	0	0.001	0.002		14	19.5	0	-0.002	-0.002
	4	4.5	0	0	0.001		15	21	0	-0.005	-0.005
	5	6	0	-0.001	0		16	22.5	0	-0.008	-0.009
	6	7.5	0	-0.001	-0.001		17	24	0	-0.012	-0.012
	7	9	0	-0.002	-0.002		18	25.5	0	-0.014	-0.014
	8	10.5	0	-0.001	-0.001		19	27	0	-0.015	-0.016
	9	12	0	0	0		20	28.5	0	-0.016	-0.016
	10	13.5	0	0.002	0.002		21	30	0	-0.016	-0.016
	11	15	0	0.002	0.002						

Poprečne sile

Poz = 1
Shema = 11



19

Poprečne sile

Poprečne sile od stalnog, pokretnog i ukupnog opterećenja

$$\min(Q_{gp}) = -1048.98 \cdot \text{kN}$$

$$\max(Q_{gp}) = 1145.08 \cdot \text{kN}$$

Točka	x	stalno	pokretno	ukupno
	(m)	(kN)	(kN)	(kN)
1	0	0	0	0
2	1.5	7.3	-164.99	-157.69
3	3	2.91	-309.87	-306.96
4	4.5	0	-441.58	-441.58
5	6	-1.71	-569.34	-571.05
6	7.5	-2.5	-702.45	-704.95
7	9	-2.62	-848.21	-850.83
8	10.5	-2.29	-1009.69	-1011.98
9	12	-1.67	-183.31	-184.98
10	13.5	-0.87	643.11	642.24
11	15	0	484.35	484.35

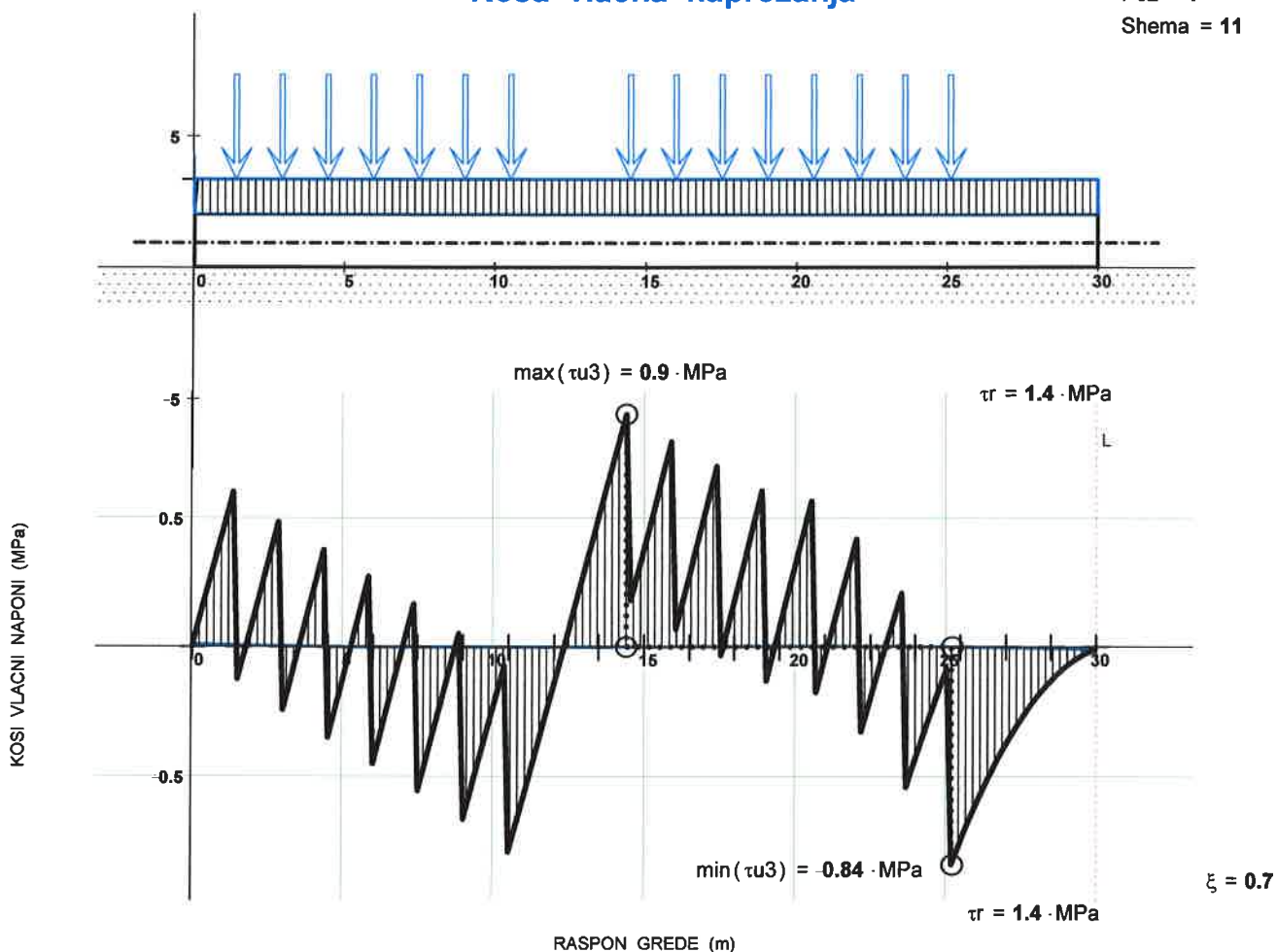
Q1 =

Točka	x	stalno	pokretno	ukupno
	(m)	(kN)	(kN)	(kN)
12	16.5	0.87	345.89	346.77
13	18	1.67	221.65	223.32
14	19.5	2.29	96.09	98.38
15	21	2.62	-53.68	-51.05
16	22.5	2.5	-255.79	-253.29
17	24	1.71	-541.05	-539.35
18	25.5	0	-939.42	-939.42
19	27	-2.91	-474.93	-477.84
20	28.5	-7.3	-160.46	-167.76
21	30	0	0	0

Q2 =

Kosa vlačna naprezanja

Poz = 1
Shema = 11



Kosa vlačna naprezanja

Kosi vlačni naponi od stalnog, pokretnog i ukupnog opterećenja

$$\min(\tau_{u3}) = -0.84 \cdot \text{MPa}$$

$$\max(\tau_{u3}) = 0.9 \cdot \text{MPa}$$

Točka x stalno ukupno
(m) (MPa) (MPa)

$$\tau_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1.5 & 0.01 & -0.12 \\ 3 & 3 & 0 & -0.24 \\ 4 & 4.5 & 0 & -0.35 \\ 5 & 6 & 0 & -0.45 \\ 6 & 7.5 & 0 & -0.56 \\ 7 & 9 & 0 & -0.67 \\ 8 & 10.5 & 0 & -0.79 \\ 9 & 12 & 0 & -0.15 \\ 10 & 13.5 & 0 & 0.51 \\ 11 & 15 & 0 & 0.38 \end{bmatrix}$$

Točka x stalno ukupno
(m) (MPa) (MPa)

$$\tau_2 = \begin{bmatrix} 12 & 16.5 & 0 & 0.27 \\ 13 & 18 & 0 & 0.18 \\ 14 & 19.5 & 0 & 0.08 \\ 15 & 21 & 0 & -0.04 \\ 16 & 22.5 & 0 & -0.2 \\ 17 & 24 & 0 & -0.43 \\ 18 & 25.5 & 0 & -0.75 \\ 19 & 27 & 0 & -0.38 \\ 20 & 28.5 & -0.01 & -0.13 \\ 21 & 30 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Dimenzioniranje armature

Poz = 1
Shema = 11

Ulazni podaci

Geometrija grede

Visina grede : $d = 2 \cdot \text{m}$
Širina donjeg, gornjeg ruba grede : $b = 2.5 \cdot \text{m}$ $b_{\chi} = 1 \cdot \text{m}$
Težište armature - vlačni, bočni rub : $a = 0.07 \cdot \text{m}$ $a_1 = 7 \cdot \text{cm}$

Armaturni čelik

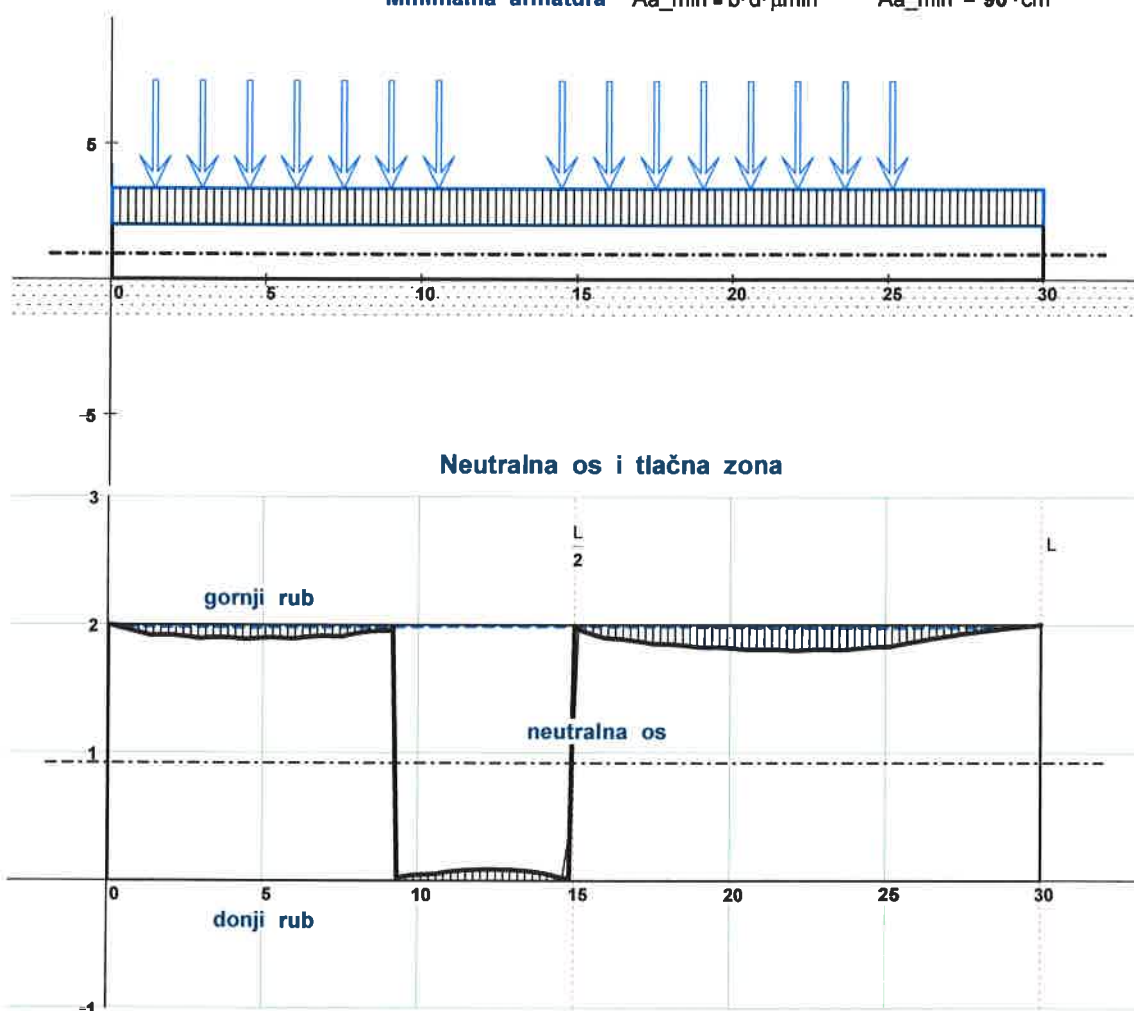
Granica razvlačenja čelika : $R_c = 500 \cdot \text{MPa}$
Modul elastičnosti čelika : $E_s = 200 \cdot \text{GPa}$

Beton

Razred tlačne čvrstoće betona : $C = 35.45$
Karakteristična tlačna čvrstoća valjka : $f_{ck} = 35 \cdot \text{MPa}$
Proračunska čvrstoća betona : $f_{cd} = 23.33 \cdot \text{MPa}$
Računska vlačna čvrstoća betona : $\tau_r = 1.4 \cdot \text{MPa}$ $\tau_{rd} = 0.37 \cdot \text{MPa}$

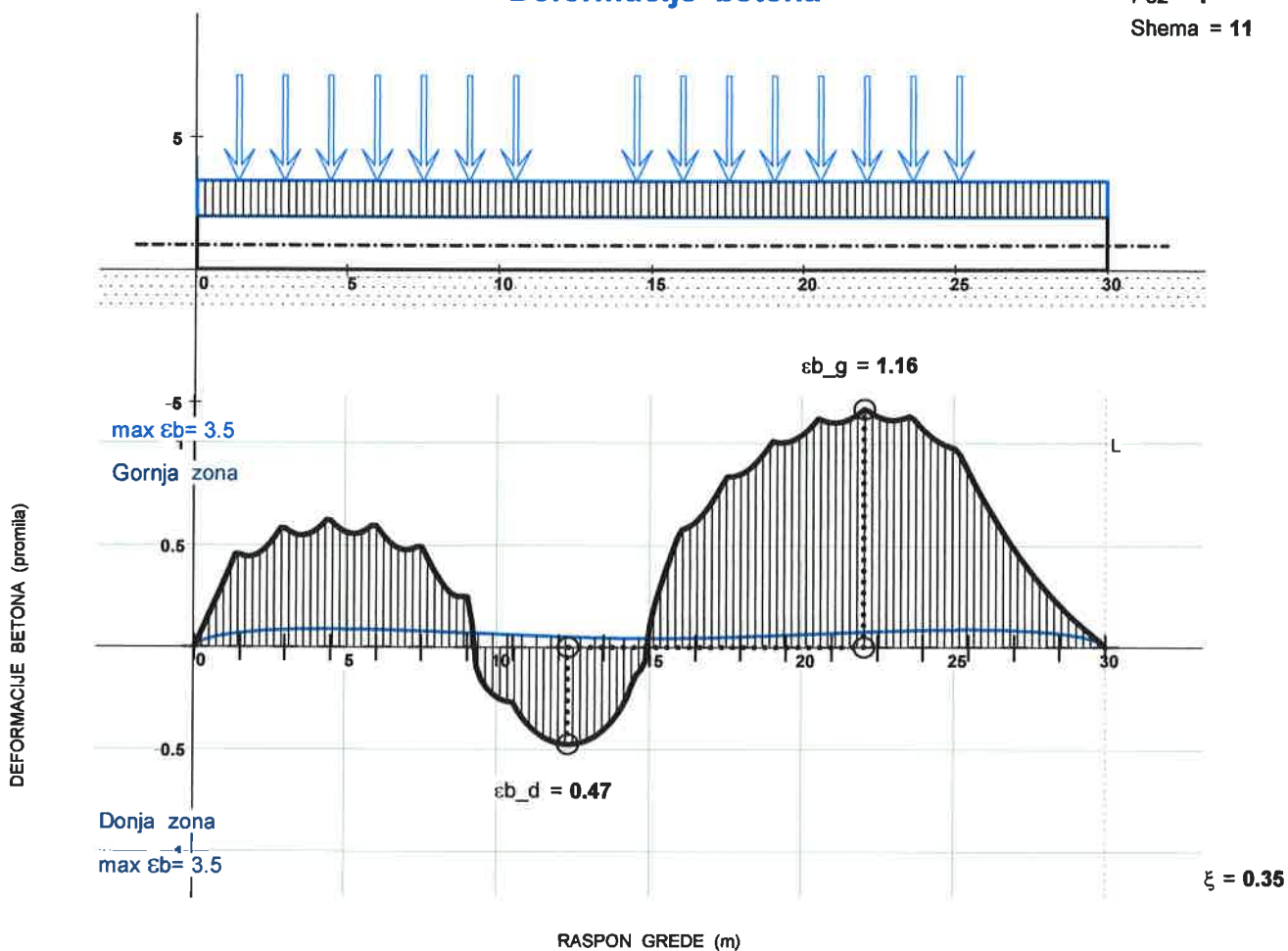
Minimalni postotak armiranja $\mu_{\text{min}} = 0.20 \cdot \%$

Minimalna armatura $A_{a_{\text{min}}} = b \cdot d \cdot \mu_{\text{min}}$ $A_{a_{\text{min}}} = 90 \cdot \text{cm}^2$



Deformacije betona

Poz = 1
Shema = 11



Deformacije betona (promila)

Deformacije betona od stalnog i ukupnog opterećenja

$\epsilon_{b_d} = 0.47$

$\epsilon_{b_g} = 1.16$

Točka	x	stalno	ukupno ϵ_b
1	0	0	0
2	1.5	0.07	0.45
3	3	0.08	0.58
4	4.5	0.09	0.62
5	6	0.08	0.59
6	7.5	0.08	0.49
7	9	0.07	0.24
8	10.5	0.06	0.27
9	12	0.05	0.47
10	13.5	0.05	0.4
11	15	0.04	0.11

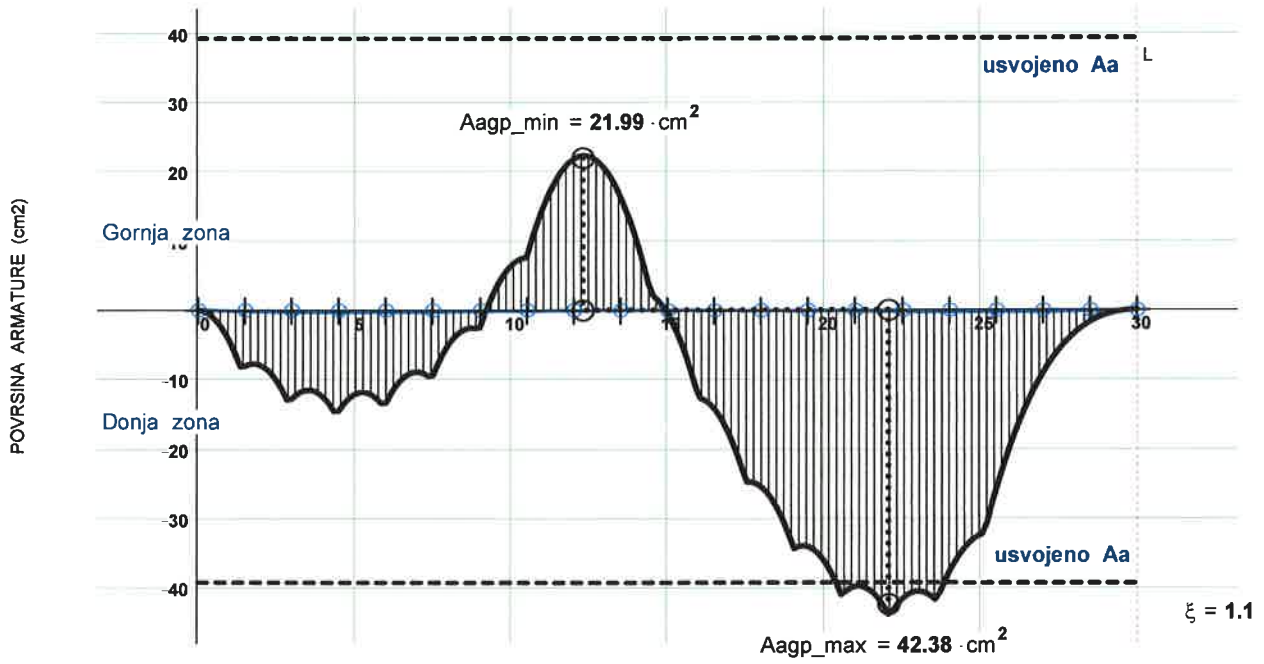
$\epsilon_{b_1} =$

Točka	x	stalno	ukupno ϵ_b
12	16.5	0.05	0.61
13	18	0.05	0.85
14	19.5	0.06	1
15	21	0.07	1.1
16	22.5	0.08	1.12
17	24	0.08	1.06
18	25.5	0.09	0.85
19	27	0.08	0.48
20	28.5	0.07	0.2
21	30	0	0

$\epsilon_{b_2} =$

Računska i usvojena površina armature

Poz = 1
Shema = 11



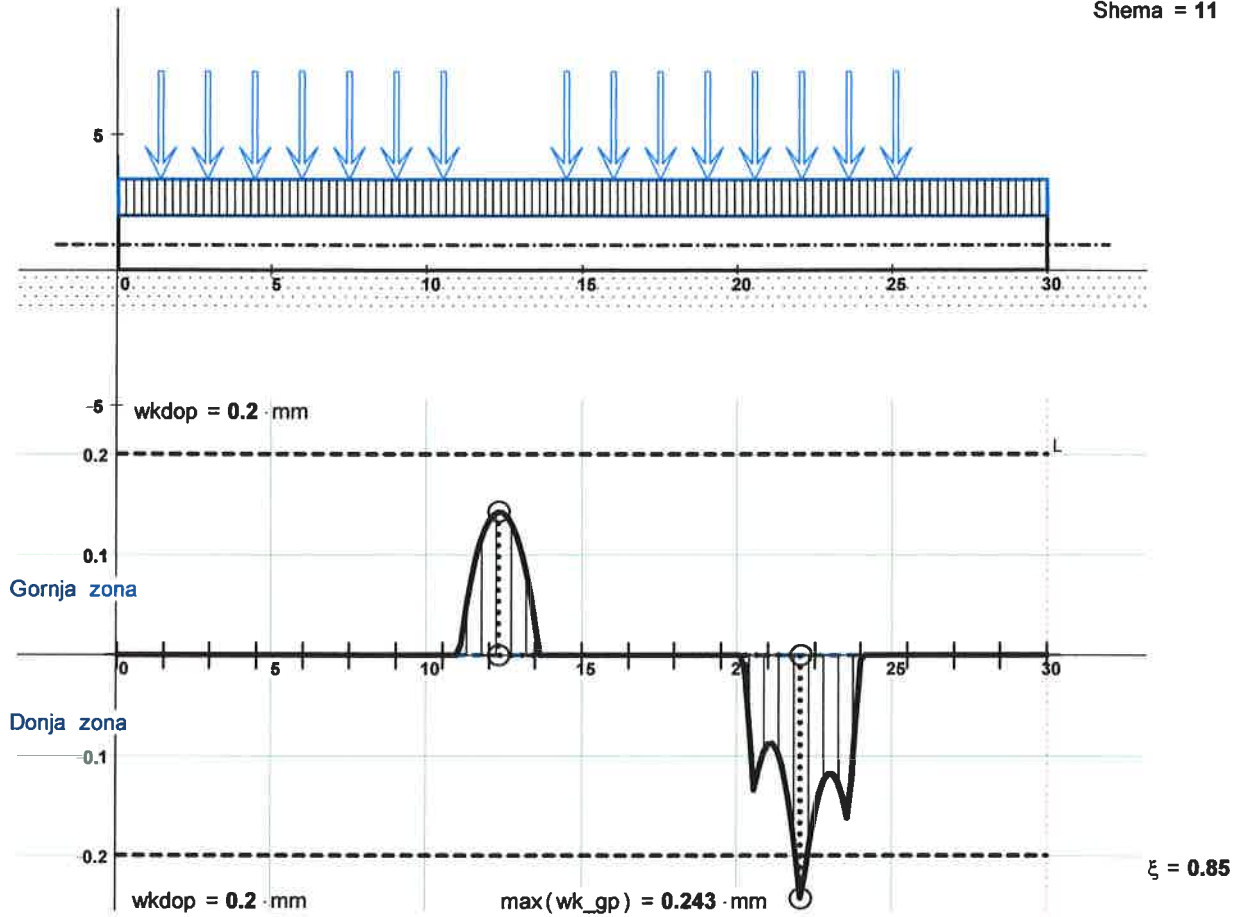
Tablica usvojene armature

27

Gornja zona						Donja zona							
točka	x (m)	Aa rač.	ϕ	broj ϕ	Aa usv.	točka	x (m)	Aa rač.	ϕ	broj ϕ	Aa usv.		
Og =	1	0	0	25	8	39.27	Od =	1	0	0	25	8	39.27
	2	1.5	0	25	8	39.27		2	1.5	8.12	25	8	39.27
	3	3	0	25	8	39.27		3	3	12.85	25	8	39.27
	4	4.5	0	25	8	39.27		4	4.5	14.54	25	8	39.27
	5	6	0	25	8	39.27		5	6	13.4	25	8	39.27
	6	7.5	0	25	8	39.27		6	7.5	9.44	25	8	39.27
	7	9	0	25	8	39.27		7	9	2.53	25	8	39.27
	8	10.5	7.61	25	8	39.27		8	10.5	0	25	8	39.27
	9	12	21.81	25	8	39.27		9	12	0	25	8	39.27
	10	13.5	16.37	25	8	39.27		10	13.5	0	25	8	39.27
	11	15	0	25	8	39.27		11	15	0.49	25	8	39.27
	12	16.5	0	25	8	39.27		12	16.5	14.28	25	8	39.27
	13	18	0	25	8	39.27		13	18	25.48	25	8	39.27
	14	19.5	0	25	8	39.27		14	19.5	34.12	25	8	39.27
	15	21	0	25	8	39.27		15	21	39.83	25	8	39.27
	16	22.5	0	25	8	39.27		16	22.5	41.61	25	8	39.27
	17	24	0	25	8	39.27		17	24	37.76	25	8	39.27
	18	25.5	0	25	8	39.27		18	25.5	25.93	25	8	39.27
	19	27	0	25	8	39.27		19	27	9.13	25	8	39.27
	20	28.5	0	25	8	39.27		20	28.5	1.78	25	8	39.27
	21	30	0	25	8	39.27		21	30	0	25	8	39.27

Pukotine u betonu

Poz = 1
Shema = 11



24

Pukotine u betonu

Pukotine u betonu od stalnog i ukupnog opterećenja

$$\min(w_{k,gp}) = 0 \text{ mm}$$

$$\max(w_{k,gp}) = 0.24 \text{ mm}$$

ukupno wk				ukupno wk				
Točka	x	stalno (mm)	wk (mm)	Točka	x	stalno (mm)	wk (mm)	
$w_{k_1} =$	1	0	0	12	16.5	0	0	
	2	1.5	0	13	18	0	0	
	3	3	0	14	19.5	0	0	
	4	4.5	0	15	21	0	0.09	
	5	6	0	16	22.5	0	0.16	
	6	7.5	0	17	24	0	0.01	
	7	9	0	18	25.5	0	0	
	8	10.5	0	19	27	0	0	
	9	12	0	0.13	20	28.5	0	0
	10	13.5	0	0.03	21	30	0	0
	11	15	0	0				