

## SATURS

<b>1. Izejas dati .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Izmantotā normatīvā un informatīvā literatūra.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Projektā izmantotās slodzes .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. Konstrukciju apraksts .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Piestātnes fenderu aprēķins.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Tauvošanās slodzes.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Piestātnes poleru aprēķins.....</b>	<b>8</b>
<b>4. Ledus slodze pēc EAU 2012.....</b>	<b>11</b>
<b>5. ULS aprēķina drošības koeficienti un slodžu kombinācijas.....</b>	<b>12</b>
<b>6. Slodžu kopsavilkums.....</b>	<b>14</b>
<b>7. RSPile atdurpāļa aprēķins.....</b>	<b>14</b>
<b>7.1. Konstrukcijas apraksts .....</b>	<b>14</b>
<b>8. RSPile aprēķinu rezultāti .....</b>	<b>25</b>
<b>9. Virsbūves stiegrojuma aprēķins .....</b>	<b>30</b>
<b>10. Atsevišķa pāļa grunts nestspējas aprēķins.....</b>	<b>32</b>

## PIELIKUMI

Pielikums 1. Trelleborg\_spreadsheet\_Ventspils\_Nr.35\_lielākais

Pielikums 2. Trelleborg\_spreadsheet\_Ventspils\_Nr.35\_mazākais

Pielikums 3. Caurules šķērsriezuma pārbaude

Pielikums 4. Caurules noturības pārbaude zemūdens zonā

Pielikums 5. Pāļa grunts nestspējas aprēķins

# Ventspils piestātnes Nr.35A pagaidu tauvošanas fenderu un poleru aprēķini

## SKAIDROJOŠS APRAKSTS

### 1. Izejas dati

#### 1.1. Izmantotā normatīvā un informatīvā literatūra

LVS EN 1990, Eurocodeks – Konstruktiju projektēšanas pamatprincipi.

LVS EN 1992-1-1. Eurocodeks: Betona konstrukciju projektēšana - 1-1.daļa: Vispārīgie noteikumi un noteikumi ēkām.

LVS EN 1997-1, 7. Eurocodeks. Ģeotehniskā projektēšana. 1. daļa: Vispārīgie noteikumi.

LVS EN 1993-1-8. Eurocodeks. Tērauda konstrukciju projektēšana. Savienojumu projektēšana.

LVS EN 1993-5. Eurocodeks. Tērauda konstrukciju projektēšana. 5.daļa: Pāļu pamati.

EAU 2012, RecommendationsoftheCommitteeforWaterfrontStructuresHarboursandWaterways.

“Recommendationsonexcavations EAB”.

SIA „Ģeo Eksperts” Ģeotehniskā izpēte. Piestātnes Nr. 35A rekonstrukcija. Rīga, augusts, 2019.

SIA „Ģeo Eksperts” Ģeotehniskā izpēte. Piestātnes Nr. 35A rekonstrukcija. Rīga, septembris, 2021.

“Port Designer’s handbook” 3rd edition, Carl A. Thoresen, ICE Publishing, 2014.

#### 1.2. Projektā izmantotās slodzes

- Kuģu slodzes – Maksimālais kuģis, kura kustība paredzēta uz 35A piestātnes ir ar parametriem: garums - 195 metri, iegrime – 12,5 metri, platums – 32m. Pie tauvošanās platformām jāpieņem, ka tauvosies arī minimālais atļautais kuģis, kura garums izriet no jauno atdurpāļu pozīcijas plānā. Mazāka kuģa parametri: garums - 126 metri, iegrime – 7,6 metri, platums – 16,8 metri. Kuģu tips - tankeri.

- Slodžu kombinācijas - Slodžu kombinācijas pieņemtas saskaņā ar projektēšanai piemērotajiem standartiem, šeit, Eurocodeksiem un EAU 2012. Noteicošā slodze, kas darbojas uz konstrukciju ir kuģa kontakta spēks. Lietderīgas slodzes uz virsbūves nav paredzētas, ULS aprēķina ietvaros tiek pielietots drošības koeficients 1,35 konstrukcijas pašsvaram. Paredzamā situācijā var pieņemt ka tas kompensē jebkuru neplānoto iespējamo lietderīgo slodzi uz virsbūvi.

- Citas slodzes - Citas slodzes, piemēram, rukums, termiskās slodzes, nogurums, u. c. Ir pieņemtas saskaņā ar attiecīgajiem standartiem.

- Pārdziļinājums – Ņemot vērā sanešu kustību ostas teritorijā un EAU2012 rekomendācijas, visām konstrukcijām un to aprēķiniem pieņemta 0,5m dziļāka gultnes atzīme.

- Korozija – Visām tērauda konstrukcijām, korozija pieņemta atbilstoši LVS EN 1993-5. 50 gadu laikā pieņemtas šādas korozijas vērtības: Gruntī un pāļa iekšpusē– 0,6mm; Ūdens mainīgajā zonā– 3,75mm, Zemūdens zonā– 1,75mm.

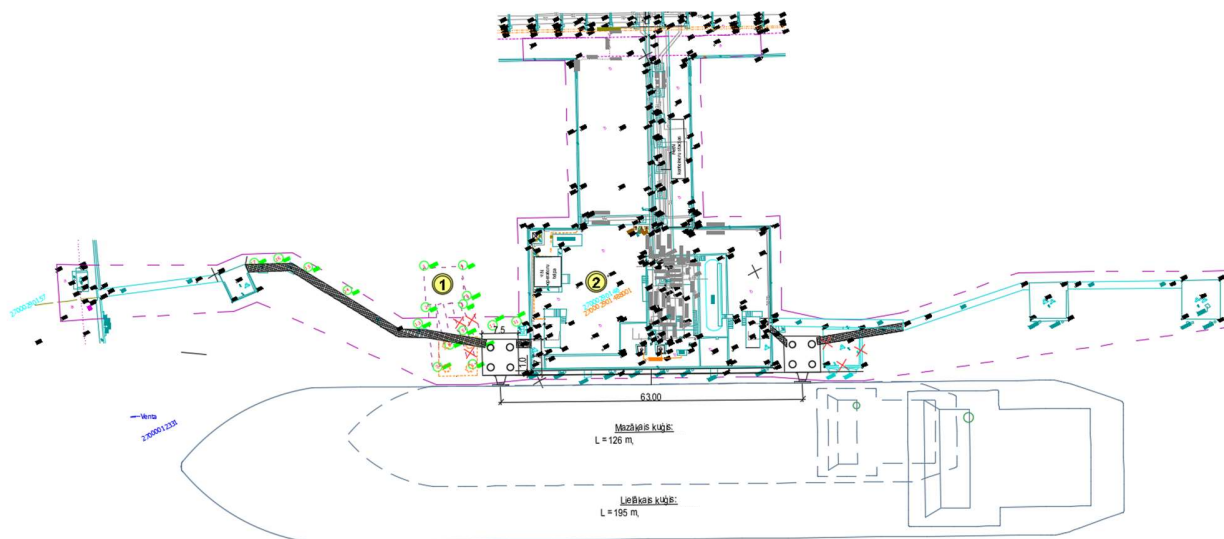
### 1.3. Konstrukciju apraksts

Platformas projektētas tā, lai aprēķina kuģis spētu droši tauvoties. Abu platformu virsbūves augstuma atzīme paredzēta +3.5m LAS, 1.2m platā piekordona joslā virsbūve uz augstuma atzīmes +4.0m LAS. Konstrukcijām paredzēti apkalpes tiltiņi, kas ļautu piekļūt abiem atdurpāļiem no tehnoloģiskā laukuma. Platformas veidotas no zemē iedzītiem tērauda pāļiem, uz kuriem tiek veidota dzelzsbetona virsbūve. Virsbūve veidota no saliekamā dzelzsbetona veidņa plātnēm. Virsbūve tad tiek aizpildīta ar monolītu betonu divās kārtās. Pāļi tiek aizbetonēti un ieenkuroti virsbūvē, nodrošinot stingru savienojumu. Starp atdurpāļiem un tehnoloģisko laukumu tiek izbūvēti tērauda tilti. Platformas tiek aprīkotas ar atvairierīcēm, poleriem, kāpnēm, margām, atvairbrusām.

## 2. Pietātnes fenderu aprēķins

### 2.1. Tauvošanās slodzes

Slodzes aprēķinātas izmantojot PIANC izstrādātās vadlīnijas „Guidelines for the design of Fenders Systems”. Tauvošanās slodzes ir tieši atkarīgas no kuģa kravnesības tauvošanas laikā, līdz ar to maksimālie spēki rodas pie piekrauta kuģa, tātad ar vislielāko kravnesību. Atsaucoties uz Ventspils brīvostas noteikumiem par pietātņi Nr.35A un “Ventspils ostas pietātnes Nr.35A pase”, pietātne var apkalpot kuģi ar maksimālo garumu 195m un maksimālo platumu 32m. Aprēķinos pieņemts, ka maksimālie kuģa parametri ir  $L=195\text{m}$ ,  $B=32\text{m}$ ,  $d=12.5\text{m}$ . Mazākā kuģa parametri ir  $L=126\text{m}$ ,  $B=16,8\text{m}$ ,  $d=7.8\text{m}$ .



Attēls 1 – Kuģa tauvošanās modelis

Enerģija, kura jāuzņem atvairierīcei, pie kuras tauvojas kuģis tiek izteikts pēc sekojošas formulas:

$$E_d = \frac{1}{2} M \cdot v^2 \cdot C_e \cdot C_m \cdot C_s \cdot C_c,$$

kur:

Ed – aprēķina enerģija (normālajos apstākļos), ko jāuztver fenderim, kNm

M – kuģa masa (ūdensizspais);

v – kuģa pienākšanas ātrums perpendikulāri piestātnei ar 50% ticamības intervālu;

Ce – ekscentritāteskoeficients;

Cm – masas koeficients;

Cs – atvairierīces un kuģa korpusa elastīguma attiecības koeficients;

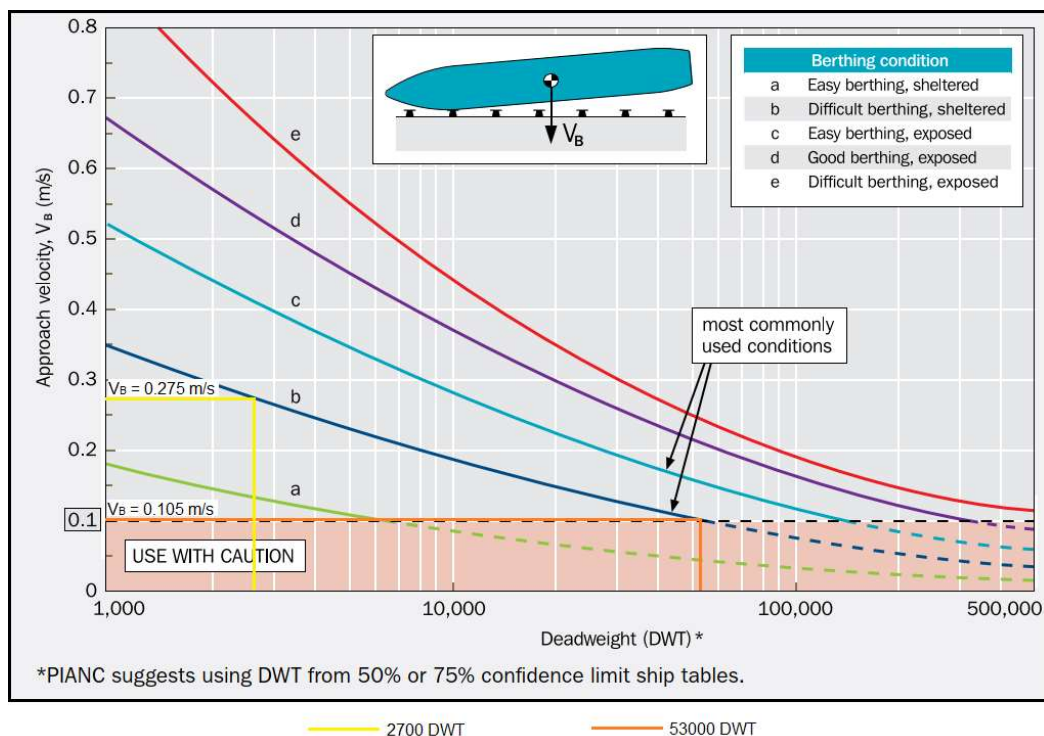
Cc – piestātnes koeficients.

Kuģa masa, jeb Displacement, t pieņemts saskaņā ar PIANC izmantojot interpolācijas metodi starp tuvākiem norādītajiem lielumiem: 58 600 t lielākajam kuģim un 13 650 t mazākajām kuģim.

Tabula 1. Kuģu parametri saskaņā ar PIANC normām

Appendix C. Table C-1								Confidence Limit: 50%			
Type	Dead Weight Tonnage (t)	Displacement (t)	Length Overall (m)	Length P. P. (m)	Breadth (m)	Depth (m)	Maximum Draft (m)	Wind Lateral Area (m <sup>2</sup> )		Wind Front Area (m <sup>2</sup> )	
								Full Load Condition	Ballast Condition	Full Load Condition	Ballast Condition
Oil Tanker	1,000	1,450	59	54	9.7	4.3	3.8	170	266	78	80
	2,000	2,810	73	68	12.1	5.4	4.7	251	401	108	117
	3,000	4,140	83	77	13.7	6.3	5.3	315	509	131	146
	5,000	6,740	97	91	16.0	7.5	6.1	419	689	167	194
	7,000	9,300	108	102	17.8	8.4	6.7	505	841	196	233
	10,000	13,100	121	114	19.9	9.5	7.5	617	1,040	232	284
	15,000	19,200	138	130	22.5	11.0	8.4	770	1,320	281	355
	20,000	25,300	151	143	24.6	12.2	9.1	910	1,560	322	416
	30,000	37,300	171	163	27.9	14.0	10.3	1,140	1,990	390	520
	50,000	60,800	201	192	32.3	16.8	11.9	1,510	2,690	497	689
	70,000	83,900	224	214	36.3	18.9	13.2	1,830	3,280	583	829
	100,000	118,000	250	240	40.6	21.4	14.6	2,230	4,050	690	1,010
	150,000	174,000	284	273	46.0	24.7	16.4	2,800	5,150	840	1,260
	200,000	229,000	311	300	50.3	27.3	17.9	3,290	6,110	960	1,480
	300,000	337,000	354	342	57.0	31.5	20.1	4,120	7,770	1,160	1,850

Faktiskais kuģa pienākšanas ātrums nav zināms. Tas tiek noteikts pēc PIANC:



Attēls 2 – Kuģa tauvošanās ātruma diagramma(PIANC)

Piestātne atrodas ar Dienvidu un Ziemeļu moliem aizsargātā akvatorijā, tomēr tauvošana pie piestātnes Nr.35A nav vienkārša. Papildus ir ievērtēts, ka piestātnes tuvumā norisināsies atdurpāļu pārbūves darbi. Balstoties uz šiem faktoriem, aprēķinā tiks izmantots kuģa pienākšanas ātrums pie normāliem apstākļiem pēc PIANC (nosacījums b).

Tabula 2. Kuģa tauvošanas ātrums ar velkoņa palīdzību

DWT, [t]	Kuģa ūdensizspaisds, [t]	Kuģa pienākšanas ātrums, $v$ , [m/s]
		Normālie apstākļi
		PIANC
10 400	13 650	0.283
48 200	58 600	0.166

Koeficients  $C_e$  nosaka papildus slodzi, kas rodas no tā, ka kuģis pienāk pie piestātnes leņķī:

$$C_e = \frac{K^2 + R^2 \cos^2 \varphi}{K^2 + R^2}$$

Mūsu gadījumā kuģi tauvojas ar 6-10° leņķī, kuģu izmēri ir mainīgi,  $C_e$  koeficientu pieņemam, balstoties uz aprēķinu no pielikumiem Nr.1 un Nr.2.

Koeficients  $C_m$  nosaka papildus masu, kas rodas pietauvojoties, ņemot vērā attiecību starp kuģa iegrimi un gultnes dziļumu. Saskaņā ar p.6.15.4.2 (5) EAU2012 - lielākajam kuģim  $C_m = 1.8$ , mazākajam  $C_m = 1.5$ .

Koeficients  $C_s$  nosaka atvairierīces un kuģa korpusa elastīguma attiecību. PIANC rekomendē mīkstiempenderiem 1.0 lielumu.

Koeficients  $C_c$  nosaka piestātnes tipa ietekmi uz tauvošanos. Ventspils piestātnes Nr.35A gadījumā  $C_c = 1.0$ , jo piestātne ir atvērta tipa konstrukcija.

Tabula 3. Tauvošanas enerģijas parametru kopsavilkums

DWT, [t]	Kuģa izspaisds, [t]	$C_e$	$C_m$	$C_s$	$C_c$
10400	13 650	0.619	1.5	1.0	1.0
48 200	58 600	0.767	1.8	1.0	1.0

Tauvošanas enerģijai tiek piemērots drošības koeficients atkarībā no kuģa tipa. PIANC rekomendē koeficientu 1.25 lielākām kuģim un 1.75 mazākām kuģim, lai pārietu no normālās enerģijas uz ārkārtas enerģiju.

Kuģim ar DWT 10 400 – Oil Tankers drošības koeficients 1.75

Kuģim ar DWT 53 000 – Oil Tankers drošības koeficients 1.25

Tabula 4. Tauvošanas enerģijas aprēķinu rezultāti

DWT, [t]	Kuģa izspaisds, [t]	Tauvošanas enerģija, $E_d$ , [kNm]
		Normālie apstākļi
		PIANC
10 400	13650	888
48 200	58 600	1393

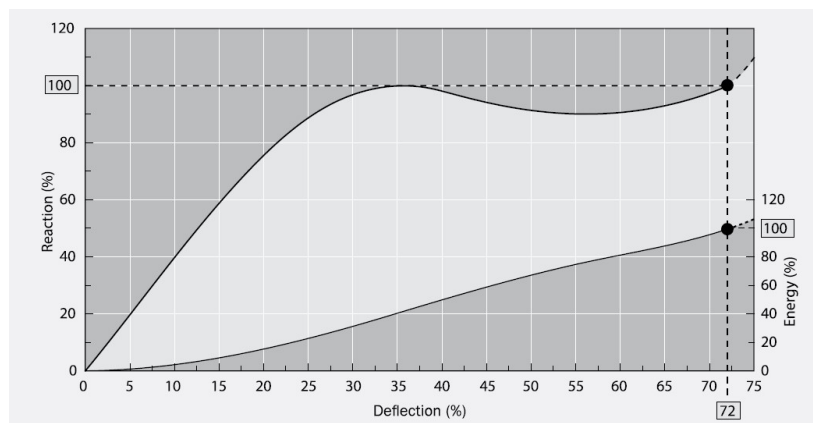
$$E_{d1,norm} = 0.5 \times 13650 \times 0.283^2 \times 0.619 \times 1.5 \times 1 \times 1 \times 1.75 = 888 \text{ kNm}$$

$$E_{d2,norm} = 0.5 \times 58600 \times 0.166^2 \times 0.767 \times 1.8 \times 1 \times 1 \times 1.25 = 1393 \text{ kNm}$$

Pielikumos 1 un 2 var būt atrasti detalizēti enerģijas aprēķini.

Maksimālo enerģiju rāda lielākie kuģi. Ir ieteikts izmantot vienu no sekojošiem atvairieriču variantiem:

- Trellorborg SCN 1600 (F 1.0) ConeFender( $\varnothing = 1.6 \text{ m}$ ,  $E = 1535 \text{ kNm}$ ,  $F = 1608 \text{ kN}$ ) vai analogs.



Attēls 3. Trelleborg SCN fendera uzvedības diagramma

Tabula 5. Fenderu aprēķins

	Mazākais kuģis		Lielākais kuģis	
$f_{TOL}$ – ražošanas pielaides koeficients (10%)	0.9		0.9	
$f_{ANG}$ - koeficients, kas atkarīgs no leņķa kādā pienāk kuģis	10°	1.0	7°	1.038
$f_{TEMP}$ – temperatūras ietekmes koeficients pie +20°C	1.007			
$f_{TEMP}$ – temperatūras ietekmes koeficients pie -4°C	1.097			
$f_{VEL}$ – ātruma ietekmes koeficients	1.1		1.07	
$f_{TOT}=f_{TOL} \cdot f_{ANG} \cdot f_{TEMP} \cdot f_{VEL}$ -Kopējais koef.	1.33		1.34	
$E_{fd}=E_d / f_{TOT}$ ārkārtas enerģija, ko jāspēj uzņemt fenderim ņemot vērā ražošanas pielaides [kNm]	819.5		1270.3	
$E_R$ = enrgija [kNm] SCN1600 F1.0	1535			
$R_F$ – fendera reakcija [kN] SCN1600 F1.0	1608			
$f_{TEMP}$ – temperatūras ietekmes koeficients pie +20°C	1.007			
$f_{TEMP}$ – temperatūras ietekmes koeficients pie -4°C	1.097			
$f_{TOL}$ – ražošanas pielaides koeficients (10%)	1.1			
$f_{ANG}$ - koeficients, kas atkarīgs no leņķa kādā pienāk kuģis	1.0			
$f_{VEL}$ – ātruma ietekmes koeficients	1.1			
$R_{FT}$ – kopējā reakcija [KN]	2134.4			
$P$ – pieļaujamais spiediens uz kuģa korpusu [kN/m²]	300.0			
$A$ – nepieciešamais fendera panela virsmas laukums [m²]	7.11			
$A_d$ – fendera panela virsmas laukums [m²]	2.5x2.86 = 7.15			

Aprēķinos pieņemts, ka tiks izmantots Trelleborg fenders, tad, raksturīgais spēks,  $F_k = 2135\text{kN}$ .

### 3. Pietātnes poleru aprēķins.

Vēja slodzes kuģiem ar kravnesību >50 000t

Vēja slodzes pieņemtas balstoties uz EAU2012 sadaļā 5.11.2. “Critical wind speed” metodiku un maksimāli reģistrēto vēja brāzmu ātrumu Ventspilī saskaņā ar tabulu no LBN 003-01 “Būvklimatoloģija” (MK Noteikumi Nr. 376). Dokuments nav spēkā, bet piemērotāks par to šobrīd nav pieejams.

#### 20. Ventspils

Vēja raksturlielumi		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII		Gads		Novērojumu periods	
		ātr.	br.	ātr.	br.	ātr.	br.	ātr.	br.	ātr.	br.	ātr.	br.	ātr.	br.	ātr.	br.	ātr.	br.	ātr.	br.	ātr.	br.	ātr.	br.	ātr.	br.		
Maksimālais vēja ātrums	no 2 min. vidējiem	28*		28		34		28*		20*		28		20		28		28*		34		34		34		34		VIII 1945-X 1965	
	no 10 min. vidējiem	20		17		20		22		20		20		20		20		26		30		26		22		30		XI 1965-XII 2003	
Maksimālā vēja brāzma			40		40		40		31		25		34		28		34		34		40		40		40		40		IX 1959-XII 2003

\* Maksimālais vēja ātrums novērots laikposmā, kad vēja brāzmu novērojumi vēl netika veikti.

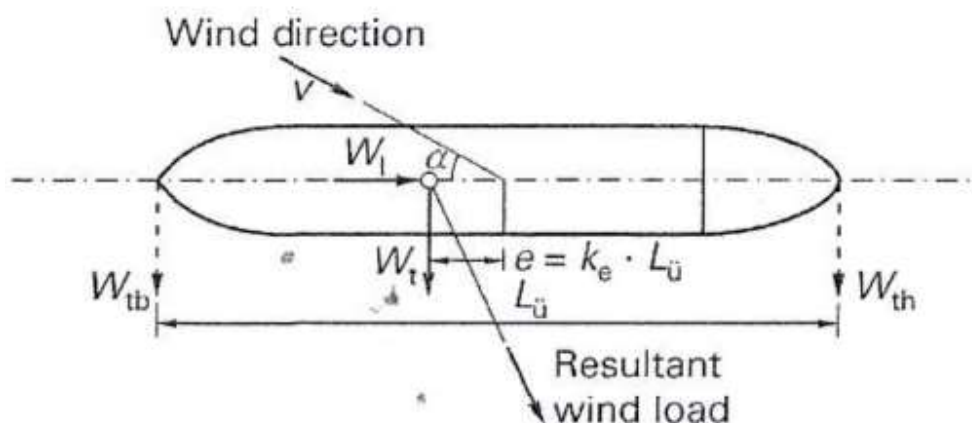
Attēls 4 – Maksimālais vēja ātrums un maksimālās vēja brāzmas (m/s)

$$v_{1m} = 0.75 \cdot v_{1sek} = 0.75 \cdot 40 = 30 \text{ m/s, kur}$$

- $v_{1sek}$  – maksimālā vēja brāzma
- $v_{1min}$  – 1 minūtes maksimālo vēja ātrumu vidējā vērtība

Izmantota aprēķina metodika, kāda aprakstīta EAU2012 sadaļā 5.11. “Wind loads on moored ships and their influence on the dimensioning of mooring and fender equipment”. Vēja ietekmes shēma parādīta Attēlā 6 (Fig. R 153-1 avotā EAU2012).

Vēja slodzes ir tieši atkarīgas no kuģa sānu borta laukuma. Vislielākie spēki rodas pie nepiekrauta kuģa ar vismazāko iegrimi, jo šādā gadījumā tiek atsegs lielākais kuģa virsmas laukums virs ūdens līmeņa.



Attēls 5. Vēja ietekmes shēma



Slodzes, kuras izraisa vējš aprēķina pēc sekojošām formulām:

$$\begin{aligned} W_t &= (1 + 3.1 \sin \alpha) \cdot k_t \cdot A_w \cdot v^2 \cdot \varphi \\ W_l &= (1 + 3.1 \sin \alpha) \cdot k_l \cdot A_w \cdot v^2 \cdot \varphi \\ W_{tb} &= W_t \cdot (0.50 + k_e) \\ W_{th} &= W_t \cdot (0.50 - k_e) \end{aligned}$$

kur:

$A_w$  – kuģa laukums, kas pakļauts vēja iedarbei,  $A_{w,195m} = 2780m^2$ ;  $A_{w,126m} = 1100m^2$ ;

$v$  – vēja ātrums;

$W_t$ ,  $W_l$  – vēja slodzes komponentes;

$k_t$ ,  $k_l$  – vēja slodzes koeficienti; (skatīt tabulu 2.1.)

$k_e$  – ekscentritātes koeficients; (skatīt tabulu 2.1)

$\varphi$  – 1.25. Drošības koeficients, kas ietver dinamiskuma un citas, nenosakāmas ietekmes.

Tabula 6. Kuģu slodzes un ekscentriskuma koeficienti kuģiem ar kravnesību >50 000t

Kuģiem ar kravnesību >50 000t			
$\alpha^\circ$	$k_t$ [kN * s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> ]	$k_e$ [I]	$k_l$ [kN * s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> ]
0	0	0	$9.1 \cdot 10^{-5}$
30	$11.1 \cdot 10^{-5}$	0.13	$3.0 \cdot 10^{-5}$
60	$14.1 \cdot 10^{-5}$	0.07	$2.0 \cdot 10^{-5}$
90	$16.1 \cdot 10^{-5}$	0	0
120	$14.1 \cdot 10^{-5}$	-0.08	$-2.0 \cdot 10^{-5}$
150	$11.1 \cdot 10^{-5}$	-0.16	$-4.0 \cdot 10^{-5}$
180	0	0	$-8.1 \cdot 10^{-5}$

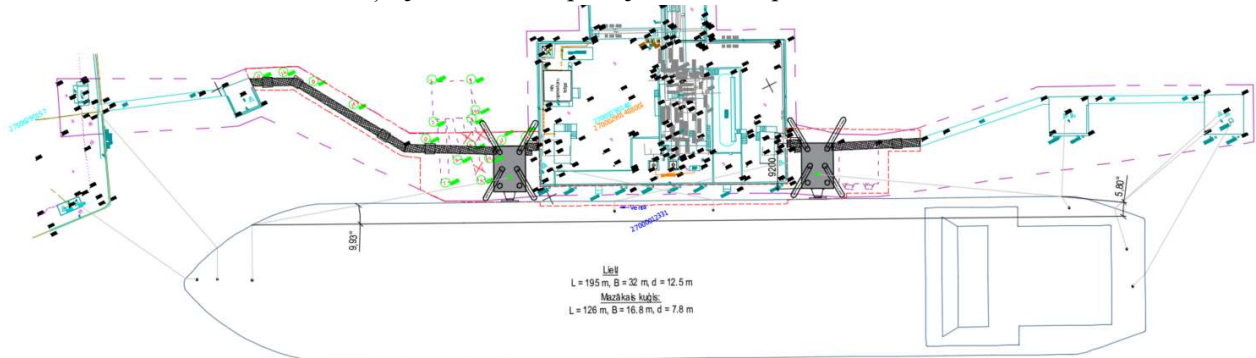
Tiek aprēķinātas vēja slodžu komponentes izmantojot virsmas laukumu nepiepildītam kuģim 2780 m<sup>2</sup> (saskaņā ar PIANC. Appendix C, Tabulu C-1) un, saskaņā ar LVS EN 1991-1-4:2005/NA:2011, vēja ātrumu 30m/s pie mainīgiem vēja virzieniem. Aprēķinu kopsavilkums attēlots tabulā 5.

Tabula 7. Aprēķina slodžu komponentes kuģiem ar kravnesību >50 000t

Kuģiem ar kravnesību >50 000t (50% confidence)			
$\alpha^\circ$	$W_{tb}$ [kN]	$W_{th}$ [kN]	$W_l$ [kN]
0	0.00	0.00	285
30	557	327	239
60	926	698	230
90	1032	1032	0
120	682	942	-230
150	301	584	-319
180	0.00	0.00	-253

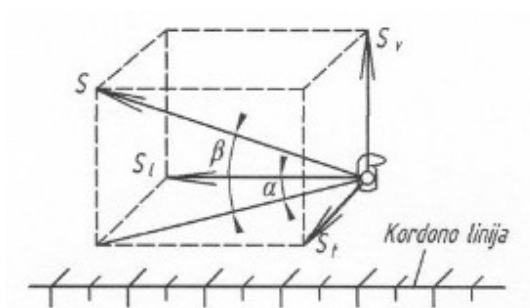
Tauvošanās aprēķinam pieņemam, ka:

- atraujošās slodzes  $W_{tb}$  un  $W_{th}$  uzņem dažāds tauvu skaits katrā galā. Aprēķinā izskatīta situācija, kad tauvošanas shēma iekļauj tauvošanas aprīkojumu arī uz piestātnes Nr.36.



Attēls 6. Lielā kuģa tauvošanas shēma

- atraujošās slodzes  $W_l$  uzņem 1 springu tauva. Uz atdarpāliempoleri uzņem springu tauvas.



Attēls 7. Spēka polerī aprēķina shēma

Spēks, kas rodas polerī, kad vējš ir perpendikulārs kordona līnijai  $S = Q / (n \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta)$ , kur

$Q$  – vēja iedarbe uz kuģi apskatāmā zonā;

$n$  – strādājošo poleru skaits apskatāmā zonā.

No tabulas 2.2 redzams, ka maksimālais atraujošais spēks veidojas, kad vēja virziens ir perpendikulārs kuģim. Tad, aprēķinā  $Q_{gala} = W_{tb} = W_{th} = 1032 \text{ kN}$ . Savukārt maksimālais atraujošais spēks springu tauvā veidojas, kad vēja virziens ir  $150^\circ$  leņķī pret kordona līniju. Tad, aprēķinā  $Q_{spr} = W_l = 319 \text{ kN}$ .

Katrā galā darbojas dažāds tauvu skaits (pa vienai uz katra polera vai kabestāna āķa), tāpēc var pieņemt, ka katra tauva uzņem  $1/n$  no  $Q_{gala}$ .

Tiek pieņemts, ka tukša kuģa borta augstums, no kura iznāk tauvas atrodas 14m v.j.l.

Tiek pieņemts, ka rezultējošais nelabvēlīgākais (lielākais) tauvu spēks springu tauvā darbosies  $10^\circ$  leņķī pret kordona līniju  $52^\circ$  leņķī pret horizontu (kuģa izvietojums piestātnē ir mainīgs, kas ietekmē leņķi). Līdz ar to spēks tauvā ir :

$$S_{\text{spr}} = 319 \text{ kN};$$

$$S_{\text{horiz,s}} = S_{\text{spr}} \cdot \text{tg}(\alpha) = 319 \cdot \text{tg}(12^\circ) = 68 \text{ kN};$$

$$S_{\text{vert,s}} = S_{\text{spr}} \cdot \text{tg}(\beta) = 319 \cdot \text{tg}(52^\circ) = 409 \text{ kN}.$$

Maksimālā piepūle, kas jāuzņem atdurpālapolerim ir 52.6t. Izvēlēts Trelleborg Teebollard 80t. Mazākais kuģis nav izskatīts, jo tam būs zemākas piepūles.

## 4. Ledus slodze pēc EAU 2012

Ledus horizontālā slodze uz vertikāliem pāļiem

$$P_i = k \cdot \sigma_0 \cdot d^{0,5} \cdot h^{1,1} = 0,564 \cdot 2,5 \cdot 1,020^{0,5} \cdot 0,50^{1,1} = 665 \text{ kN}$$

kur:

$P_i$  – ledus horizontālā slodze [MN];

$k$  – empīriskais koeficients, kurš ievērtē ledus kontaktu (sk. EAU Tabula R 177-3),  $k = 0,564$  m0,4;

$\sigma_0$  – ledus spiedes pretestība, kura ir raksturīga Baltijas jūrai,  $\sigma_0 = 2,5$  MPa;

$d$  – aprēķināmā pāļa diametrs,  $d = 1,220$  m,  $d = 0,880$  m;

$h$  – ledus slāņa biezums,  $h = 0,50$  m.

Table R 177-3. Empirical contact coefficients  $k$  after [99]

Load action	$k$
Ice movement with layer of ice <i>not</i> tight up against structural component (drifting ice)	0.564
Ice movement with layer of ice tight up against structural component (icebound structural component)	0.793

Attēls 8. EAU 2012 Tabula R 177-3

Ledus vertikālā slodze uz vertikāliem pāļiem

$$A_v = \left(0,6 + \frac{0,15 \cdot D}{h}\right) \cdot 0,4 \cdot \sigma_0 \cdot h^2 = \left(0,6 + \frac{0,15 \cdot 1,020}{0,50}\right) \cdot 0,4 \cdot 2,5 \cdot 0,50^2 = 227 \text{ kN}$$

kur:

$A_v$  – ledus vertikālā slodze virzienā uz leju un izraisīta pazeminoties ūdens līmenim [kN];

$h$  – ledus slāņa biezums,  $h = 0,50$  m;

$D$  – aprēķināmā pāļa diametrs,  $d = 1,020$  m;

$\sigma_0$  – ledus spiedes pretestība, kura ir raksturīga Baltijas jūrai,  $\sigma_0 = 2,5$  MPa.

$$A_{v,upward} = \frac{A_v}{\gamma_E} = \frac{227}{9} = 25 \text{ kN}$$

kur:

$A_{v,upward}$  – ledus vertikālā slodze virzienā uz augšu un izraisīta paceļoties ūdens līmenim [kN];

$A_v$  – ledus vertikālā slodze virzienā uz leju un izraisīta pazeminoties ūdens līmenim [kN];

$\gamma_E$  – ledus blīvums,  $\gamma_E = 9 \text{ kN/m}^3$ .

## 5. ULS aprēķina drošības koeficienti un slodžu kombinācijas

Drošības koeficienti un slodžu kombinācijas GEO un STR aprēķinu tipiem sagatavoti saskaņā ar ROM 0.5-05 „Geotechnical Recommendations for Maritime and Harbour Works”.

Tabula 8. GEO un STR stāvokļa aprēķina koeficienti

GEO Failure Type					
Slodze		Slodžu kombinācija			
		Fund 1	Fund 2	Fund 3	Quasip 1
Pastāvīgās slodzes	Virsbūves pašsvars	1.00	1.00	1.00	1.00
Mainīgās slodzes	Fendera reakcija	1.30	0.91	0.91	0.5
	Vienmērīgi izkliedētā slodze 10kN/m <sup>2</sup>	0.91	1.30	0.91	0.5
STR Failure Type					
Slodzes		Fund 1	Fund 2	Fund 3	Quasip 1
Pastāvīgās slodzes	Virsbūves pašsvars	1.35	1.35	1.35	1.00
Mainīgās slodzes	Fendera reakcija	1.50	1.05	1.05	0.5
	Vienmērīgi izkliedētā slodze 10kN/m <sup>2</sup>	1.05	1.50	1.05	0.5

Pārvietojumu (deformāciju) SLS aprēķinam pielietoti sekojošie drošības koeficienti.

Tabula 9. SLS stāvokļa aprēķina koeficienti

SLS failure type		
Slodzes		Drošības koeficients
Pastāvīgas slodzes	Virsbūves pašsvars	1.0
Mainīgas slodzes	Federa reakcija	1.0
	Vienmērīgi izkliedētā slodze 10kN/m <sup>2</sup>	0.7

Ledus slodzēm GEO, STR un SLS stāvokļu aprēķiniem tiek pielietoti sekojošie drošības koeficienti.

Tabula 10. Avārijas gadījuma aprēķina koeficienti

Ledus slodžu aprēķins		
Slodzes		Drošības koeficients
Pastāvīgas slodzes	Virsbūves pašsvars	1.0
Lietderīgas slodzes	Vienmērīgi izkliedētā slodze 10kN/m <sup>2</sup>	0.5
Avārijas (ledus) slodzes	Ledus slodze	1.0

## 6. Slodžu kopsavilkums

Tabula 10. Slodžu kopsavilkums

Slodze	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$\gamma$	$F_{x,d}$	$F_{y,d}$	$F_{z,d}$
Pašsvars	0	0	-4416	1.0/1.35	0	0	-5962
Kuģa kontakts	2135	641	+/-641	1.0/1.5	3203	962	+/-962
Vējš	-68	319	409	1.0/1.2	-82	383	491
Lietderīga slodze uz atdurpāļa virsmas	0	0	590	1.0/1.5	0	0	885
Ledus slodze, kas darbojas atsevišķi uz pāļiem nr. 6,2,4	0	665	0	1.0/1.0	0	665	0

- Viļņošanās slodzes netiek ņemti vērā, jo tiem nebūs kritiskās ietekmes uz konstrukciju pieņemtai pāļu izvietojanas konfigurācijai.
- Pieņemts, ka ledus slodze arī nav noteicoša, jo Ventas kanāls un tas izteka jūrā tiek regulāri tīrīta ar ledlaužiem un biezas ledus frontes nekad neformējas, kas varētu draudēt konstrukcijai.
- Saskaņā ar EAU 2012 tabulu R 218-1, lietderīgos koeficientus ULS gadījumam var pieņemt sekojošos: kuģa pienākšanas kontakta slodze,  $\gamma_{kont} = 1.5$ ; tauvošanas slodze,  $\gamma_{tauv} = 1.2$ .

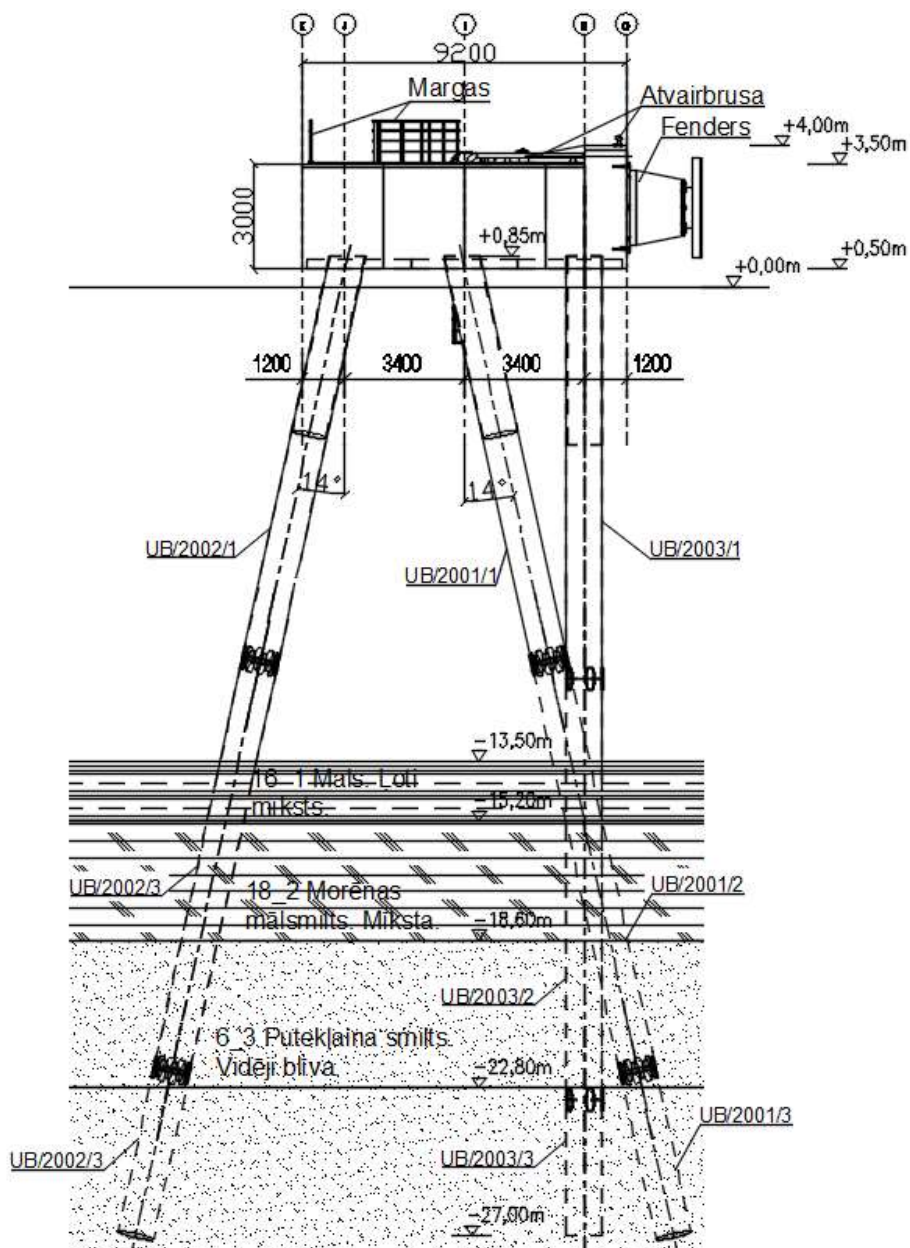
## 7. RSPile atdurpāļa aprēķins

### 7.1. Konstrukcijas apraksts

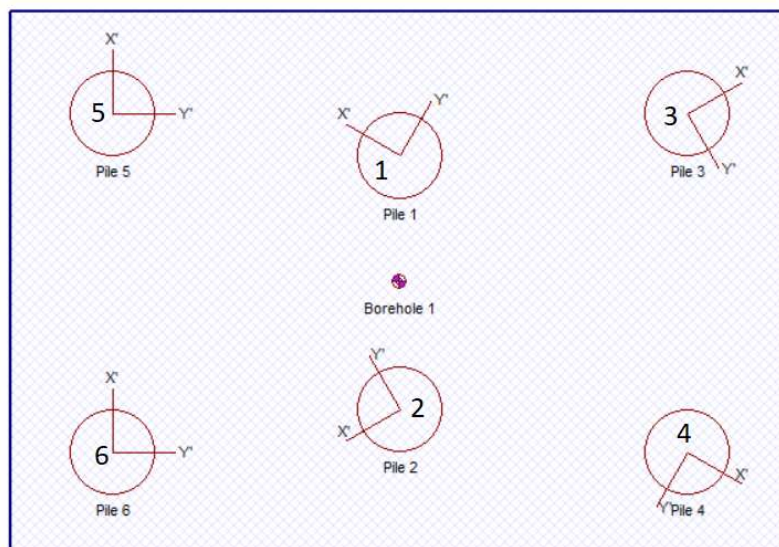
Atdurpāļa konstrukcija sastāv no tērauda caurulpāļiem un dzelzsbetona virsbūves. Virsbūve balstās un sešiem tērauda caurulpāļiem. Caurulpāļi iedalās divās grupās: taisnie pāļi ar garumu 27.85m, slīpie pāļi ar garumu 28.8m. Caurulpāļu apakšas atzīme -27.00m LAS, augšas atzīme uz +0.85m LAS. Slīpo pāļu leņķis pa vertikālītāti ir  $14^\circ(1:4)$ , bet pagrieziens plānā  $30^\circ$ . Tērauda caurulpāļu diametrs 1016mm un sienas biezums 25mm. Tērauda klase S460MH.

Dzelzsbetona virsbūves dimensijas: 9.2m x 6.4m x 3m. Betona klase C35/45 un ārējās iedarbības klases XS3 + XF4. Virsbūves apakšas augstuma atzīme atrodas uz +0.50m LAS un augšas atzīme atrodas uz +3.50m LAS, 1.2m platā piekordona joslā uz atzīmes +4.00m LAS. Tērauda pāļu iedziļinājums dzelzsbetona virsbūvē ir 350mm. Virsbūve tiek aprīkota ar fenderi, poleri, drošības margām, atvairbrusām un drošības kāpnēm.

Piepūles konstrukcijā tiek rēķinātas izmantojot RSPile programmu; pāļu grunts nestspējas aprēķins tiek veikts GEO5 Pile programmā; virsbūves stiegrojums tiek rēķināts pēc spriegumiem betonā, izmantojot GEM programmu; caurulpāļu noturības aprēķini tiek veikti saskaņā ar LVS EN1993 piedāvāto metodiku; pāļa korķa stiegrojums tiek rēķināts pēc LVS EN1992 piedāvātas metodes.

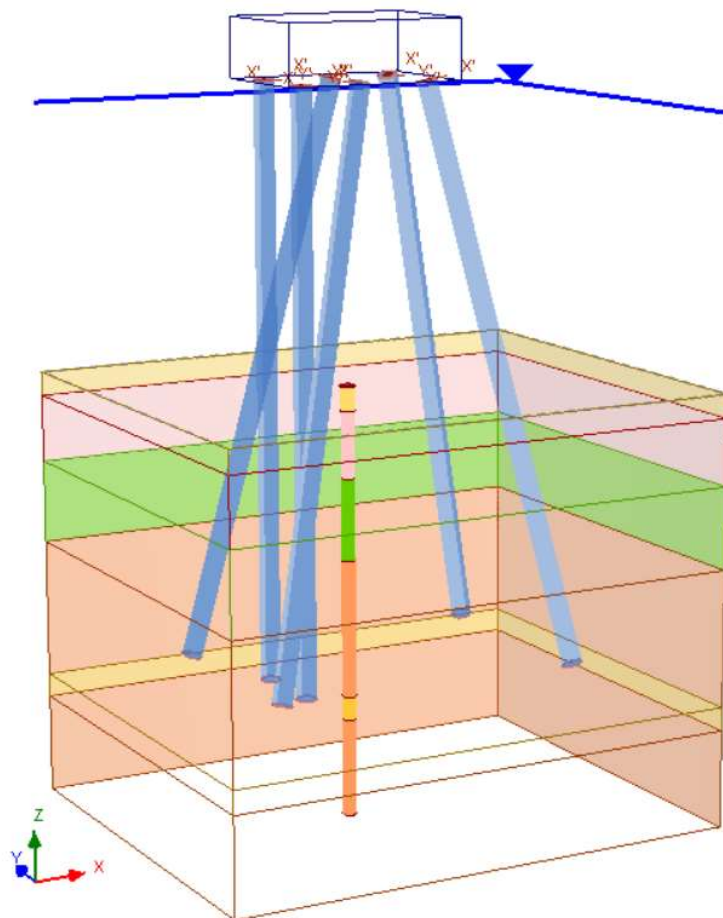


Attēls 9. Atdurpāļa skats

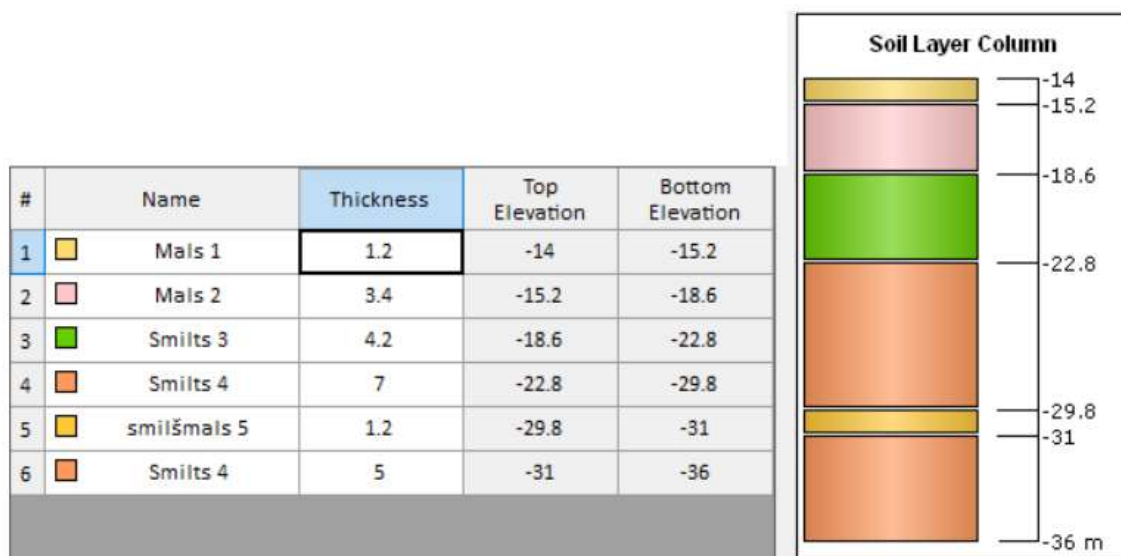


Attēls 10. Pāļu numerācija RSPile modelī





Attēls 11. RSPile atdurpāja modeļa 3D skats ar ass virzieniem



Attēls 12. Aprēķina grunts griezums pēc 2019. gada ģeoloģijas

### Mals 1


Property	Value
Name	Mals 1
Color	
Soil Type	Lateral: Soft Clay Soil, Axial: API Clay
Unit Weight (kN/m3)	18.25
Sat. Unit Weight (kN/m3)	20
Maximum Unit Skin Friction (kPa)	1e+006
Maximum Unit End Bearing Resistance (kPa)	1e+006
Undrained Shear Strength (kPa)	31
Remolded Shear Strength (kPa)	25
Strain Factor	0.02
Undrained Shear Strength (kPa)	31

### Mals 2


Property	Value
Name	Mals 2
Color	
Soil Type	Lateral: Soft Clay Soil, Axial: API Clay
Unit Weight (kN/m3)	19.03
Sat. Unit Weight (kN/m3)	20
Maximum Unit Skin Friction (kPa)	1e+006
Maximum Unit End Bearing Resistance (kPa)	1e+006
Undrained Shear Strength (kPa)	65
Remolded Shear Strength (kPa)	50
Strain Factor	0.01
Undrained Shear Strength (kPa)	65

Attēls 13. Grunts parametri


### Smilts 3

Property	Value
Name	Smilts 3
Color	
Soil Type	Lateral: API Method for Sand, Axial: API Sand
Unit Weight (kN/m3)	19.23
Sat. Unit Weight (kN/m3)	20
Friction Angle (degrees)	32
Coefficient of Lateral Earth Pressure	0.8
Bearing Capacity Factor	27
Maximum Unit Skin Friction (kPa)	1e+006
Maximum Unit End Bearing Resistance (kPa)	1e+006
Friction Angle (degrees)	32
Initial Modulus of Subgrade Reaction (kN/m3)	12230.4

### Smilts 4

Property	Value
Name	Smilts 4
Color	
Soil Type	Lateral: API Method for Sand, Axial: API Sand
Unit Weight (kN/m3)	20.9
Sat. Unit Weight (kN/m3)	20
Friction Angle (degrees)	38
Coefficient of Lateral Earth Pressure	0.8
Bearing Capacity Factor	50
Maximum Unit Skin Friction (kPa)	1e+006
Maximum Unit End Bearing Resistance (kPa)	1e+006
Friction Angle (degrees)	38
Initial Modulus of Subgrade Reaction (kN/m3)	32541.8

### smilšmāls 5

Property	Value
Name	smilšmāls 5
Color	
Soil Type	Lateral: Submerged Stiff Clay, Axial: API Clay
Unit Weight (kN/m3)	19.5
Sat. Unit Weight (kN/m3)	20.3
Maximum Unit Skin Friction (kPa)	1e+006
Maximum Unit End Bearing Resistance (kPa)	1e+006
Undrained Shear Strength (kPa)	75
Remolded Shear Strength (kPa)	60
Strain Factor	0.007
Undrained Shear Strength (kPa)	75
Ks (kN/m3)	135700

Attēls 14. Grunts parametri

## Caurulpāļu korķa aprēķins

Saskaņā ar piepūlēm no Tabulas 10, pāļa korķa stiegrojums tiek rēķināts sekojoši:

### Project

Date : 01.09.2022

### Standard

Standard **EN 1992-1-1/Default EC.**

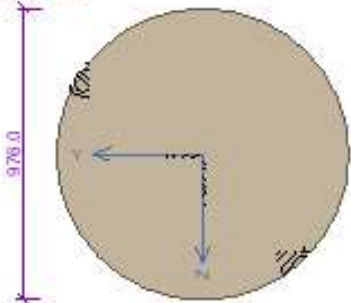
Concrete capacity - basic load combination	: $\gamma_C = 1.500$
Reinforcement capacity - basic load combination	: $\gamma_S = 1.150$
Concrete capacity - accidental load combination	: $\gamma_C = 1.200$
Reinforcement capacity - accidental load combination	: $\gamma_S = 1.000$
Modulus of elasticity of concrete	: $\gamma_{cE} = 1.200$
Concrete compressive strength	: $\alpha_{cc} = 1.000$

### 1 Cut 1

#### 1.1 Input data

Member type: column  
 Environment: XC1

**Cross-section**



**Materials**

**Concrete: C 35/45**

Cylinder compressive strength  $f_{ck} = 35.0$  MPa  
 Tensile strength  $f_{ctm} = 3.2$  MPa  
 Modulus of elasticity  $E_{cm} = 34000$  MPa

**Longitudinal steel: B500B**

Yield strength  $f_{yk} = 500.0$  MPa  
 Modulus of elasticity  $E_s = 200000$  MPa

**Transverse steel: B500B**

Yield strength  $f_{yk} = 500.0$  MPa  
 Modulus of elasticity  $E_s = 200000$  MPa

**Internal forces - basic design (ULS)**

no.	Load name	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$V_{Edz}$ [kN]	$V_{Edy}$ [kN]	$T_{Ed}$ [kNm]	QP coef. [-]
1	Pile 1	1469.00	3049.00	-1471.00	142.00	281.00	0.00	1.000

**Internal forces - characteristic (SLS)**

no.	Load name	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	QP coef. [-]
1	Pile 1 SLS	1343.00	412.00	-688.00	1.000

**Internal forces - quasi-permanent (SLS)**

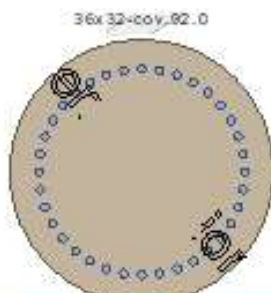
no.	Load name	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]
1	Pile 1 QP	1343.00	412.00	-688.00

**Longitudinal reinf.**

Circle: 36pc x profile 32, cover 92.0 mm

Attēls 15. Korķa stiegrojuma aprēķins





Reinforcement in compression considered

Shear reinf.

Boundary stirrups

Profile: 16 mm; Distance: 250.0 mm

Minimum cover

92.0 mm (cust.)

## 1.2 Results

Ideal section

Proportion of reinf. to concrete stiffness:  $\alpha_s = 5.882$

Cross-sectional area:  $A = 915.103 \text{ mm}^2$

Position of center of gravity (from left bottom corner of section envelope):

$y_t = 488 \text{ mm}$ ;  $z_t = 488 \text{ mm}$

Second moment of area:

$I_y = 56.4.10^9 \text{ mm}^4$ ;  $I_z = 56.4.10^9 \text{ mm}^4$

First moment of area of reinforcement w.r.t. center of gravity of section:

$S_{y,s} = 0 \text{ mm}^4$ ;  $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$

Check of min and max reinforcement level

Column (total reinforcement):

$\rho_s = 0.0389 \geq \rho_{s,min} = 0.002 \Rightarrow \text{Pass}$

$\rho_s = 0.0389 \leq \rho_{s,max} = 0.04 \Rightarrow \text{Pass}$

Check stirrup principles

Min stirrup diameter  $d = 8 \text{ mm} \leq 16 \text{ mm} \Rightarrow \text{Pass}$

Max stirrup spacing  $s_{cl,max} = 400.0 \text{ mm} \geq 250.0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Pass}$

Check of ultimate limit state

no.	Name	$N_{Ed}$ $N_{Rd}$ [kN]	$M_{Edy}$ $M_{Rdy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ $M_{Rdz}$ [kNm]	$V_{Edz}$ $V_{Rdz}$ [kN]	$V_{Edy}$ $V_{Rdy}$ [kN]	Utilization [%]	Analysis
1	Pile 1	1469.00	3049.00	-1471.00	142.00	281.00	96.7	Pass
		13490.00	3152.12	-1520.75	488.71	987.09		
2	Pile 2	1483.00	1375.00	-1716.00	175.00	124.00	62.9	Pass
		13490.00	2187.61	-2730.12	874.37	619.56		
3	Pile 3	-4609.00	2226.00	1943.00	-191.00	189.00	68.9	Pass
		-28949.54	3229.40	2818.84	-742.24	734.47		
4	Pile 4	-2618.00	291.00	1021.00	-96.00	-7.00	25.7	Pass
		-28949.54	1133.87	3978.31	-1042.35	-76.00		
5	Pile 5	-2202.00	2449.00	2173.00	242.00	-227.00	80.1	Pass
		-28949.54	3058.65	2713.95	766.76	-719.24		
6	Load 6	-184.00	1300.00	2173.00	-227.00	142.00	66.8	Pass
		-28949.54	1955.60	3268.86	-901.71	564.06		

Attēls 16. Korķa stiegrojuma aprēķins

Ultimate limit state PASS - 96,7 %

Check of serviceability limit state

Stress restriction limit state

no.	Name	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$\sigma_c$ [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,min}$ [MPa]	Utilization [%]	Analysis
1	Pile 1 SLS	1343.00	412.00	-688.00	10.86	170.05	34.75	42.5	Pass
2	Pile 2 SLS	1349.00	-401.00	-691.00	10.81	169.88	34.53	42.5	Pass
3	Pile 3 SLS	-2588.00	412.00	646.00	10.75	28.01	51.89	7.0	Pass
4	Pile 4 SLS	-2592.00	-411.00	646.00	10.74	27.87	51.87	7.0	Pass
5	Pile 5 SLS	-895.00	811.00	-7.00	11.73	83.10	50.06	20.8	Pass
6	Pile 6 SLS	-898.00	817.00	-7.00	11.81	83.85	50.42	21.0	Pass
Limit values $k_3 \times f_{yk}$						400.00			

Crack width restriction limit state

no.	Name	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$\Delta\epsilon$ [-]	$\epsilon_{r,max}$ [m]	$w$ [mm]	Utilization [%]	Analysis
1	Pile 1 QP	1343.00	412.00	-688.00	462.10 <sup>-6</sup>	0.451	0.208	69.4	Pass
2	Pile 2 QP	1349.00	-401.00	-691.00	461.10 <sup>-6</sup>	0.451	0.208	69.3	Pass
3	Pile 3 QP	-2588.00	412.00	646.00	82.8.10 <sup>-6</sup>	0.436	0.036	12.0	Pass
4	Pile 4 QP	-2592.00	-411.00	646.00	82.4.10 <sup>-6</sup>	0.435	0.036	12.0	Pass
5	Pile 5 QP	-895.00	811.00	-7.00	239.10 <sup>-6</sup>	0.412	0.099	32.9	Pass
6	Pile 6 QP	-898.00	817.00	-7.00	243.10 <sup>-6</sup>	0.413	0.100	33.4	Pass
Max allowed width $w_{max}$							0.300		

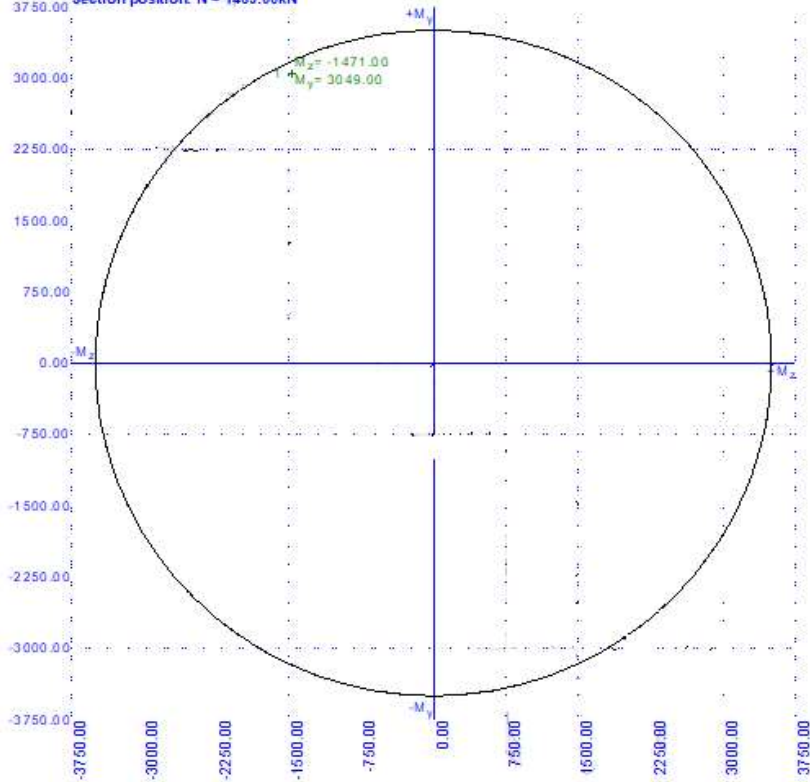
Serviceability limit state PASS - 69.4 %

Overall check - Cross-section PASS

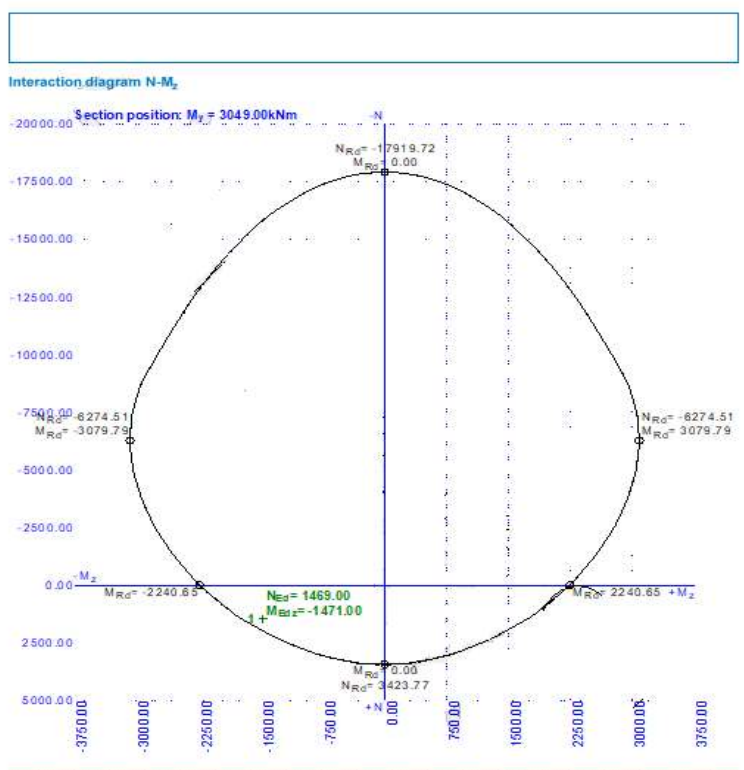
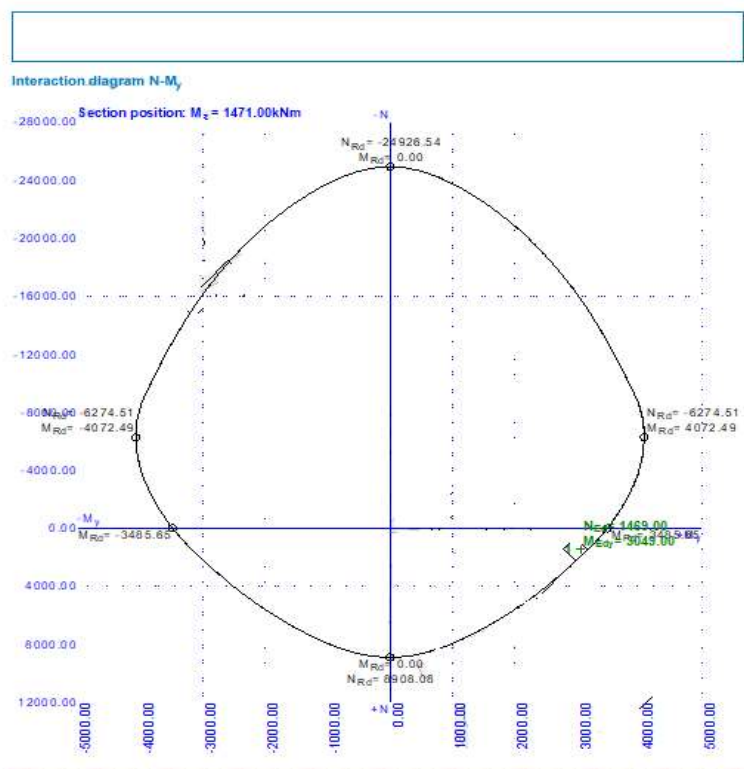
Utilization: 96.7 %

Interaction diagram  $M_y-M_z$

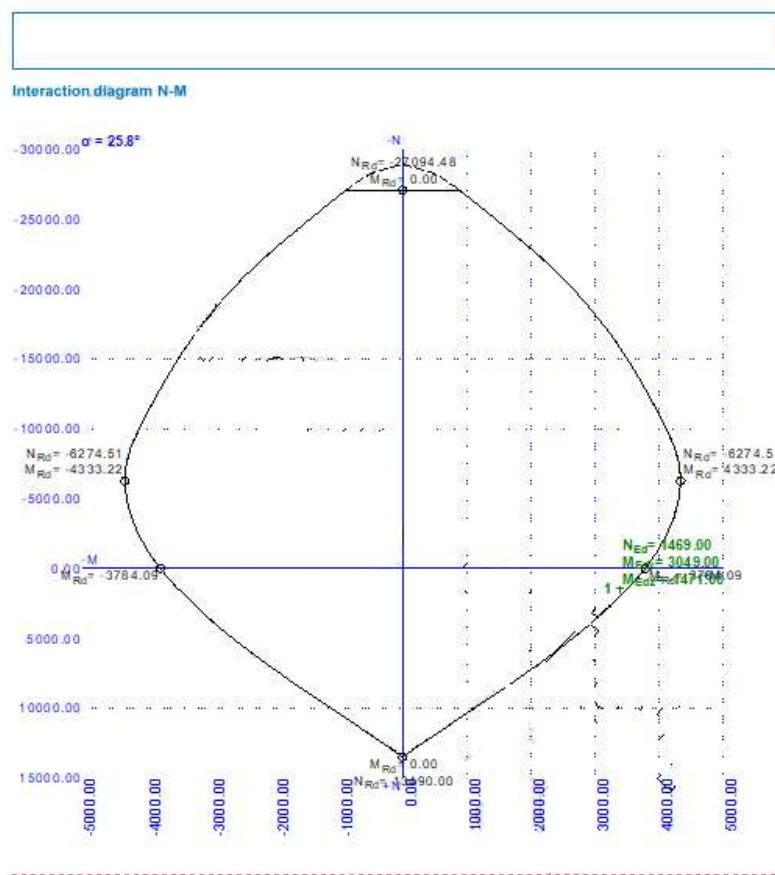
Section position:  $N = 1469.00\text{kN}$



Attēls 17. Korķa stieģrojuma aprēķins



Attēls 18. Korķa stieģrojuma aprēķins



Attēls 19. Korķa stieģrojuma aprēķins

Betona klase C35/45, ārējās iedarbības klases XS3 + XF4.

Stieģrojums: Garenstieģrojums 36Ø32mm B500B (18 puduri pa 2 stieģrām).

Aptverstieģrojums Ø16mm B500A s.200.



## 8. RSPile aprēķinu rezultāti

Tabula 11. RSPile aprēķina piepūles korķa stieģrojuma aprēķinam

<i>STR aprēķina rezultāti</i>						
Comb	Pālis	Piepūles				
	No.	Nx	Qx	Qy	Mx	My
		kN	kN	kN	kNm	kNm
STR1	1	-1469	142	281	-1471	3049
SLS1	1	-1343	70	0	-688	412
STR1	2	-1483	175	124	-1716	1375
SLS1	2	-1349	71	0	-691	-401
STR1	3	4609	-191	189	1943	2226
SLS1	3	2588	-65	0	646	412
STR1	4	2618	-96	-7	1021	291
SLS1	4	2592	-65	0	646	-411
STR1	5	2202	-227	242	2173	2449
SLS1	5	895	1	0	-7	811
STR1	6	184	-227	132	2173	1300
SLS1	6	898	1	0	-7	817

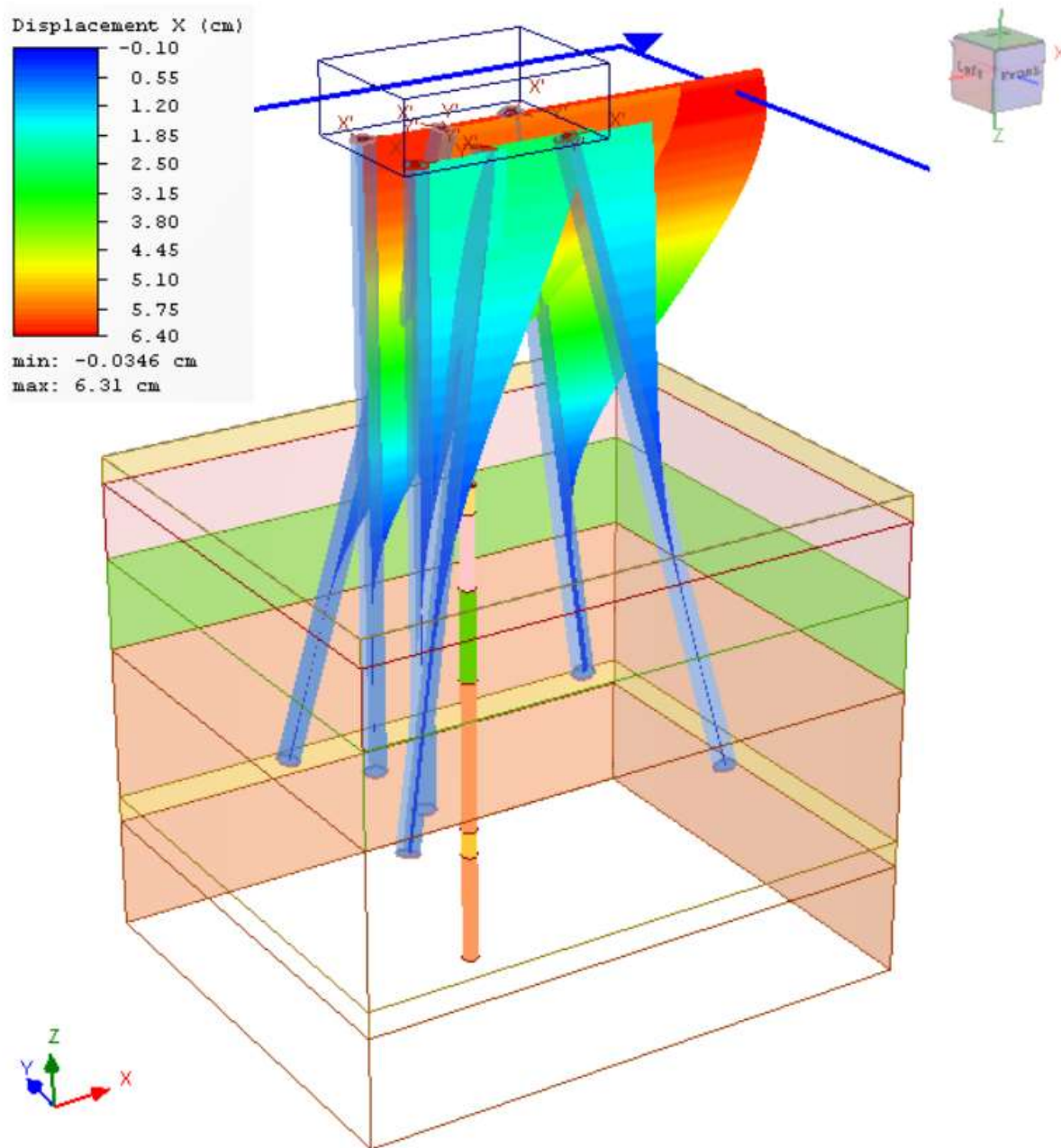
Tabula 12. Aprēķina piepūles caurules aprēķinam

<i>STR aprēķina rezultāti</i>							
Comb	Pālis	Piepūles					
	No.	Nx	Qx	Qy	Mx	My	Izlietojuma koeficients
		kN	kN	kN	kNm	kNm	%
STR1	3	4609	-190	188	-910	-597	<b>74.24</b>
STR1	2	-1483	174	123	899	-470	36.11
STR1	2	-1371	3	-7	1162	-648	41.54
STR1	5	2112	6	9	-1511	-1496	69.24
STR1	4	2612	-88	-1	-446	391	40.33

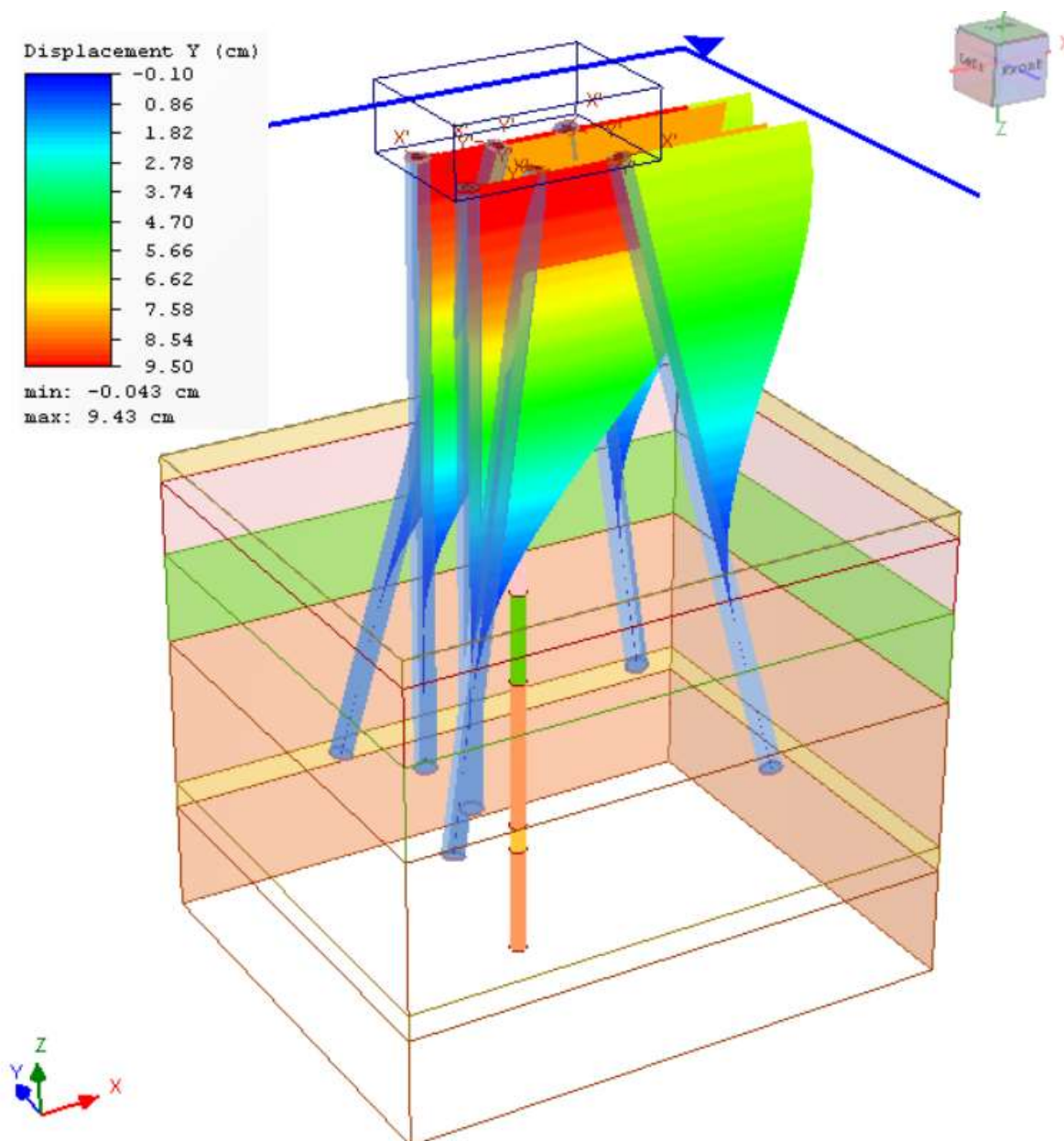
STR1	1	-1319	-57	-9	837	-1646	51.13
STR1	5	1904	307	-307	-874	-890	47.36
STR1	2	-1122	-231	-134	689	-320	26.60
STR1	1	-1470	141	280	650	-1146	42.49
STR1	1	-1122	-153	-325	303	-890	29.36
STR2	3	4553	-195	192	-921	-617	74.15
STR2	1	1503	147	281	671	-1145	43.19
STR2	2	1371	5	-8	1180	-614	41.30
STR2	5	1884	6	12	-1495	-1528	66.56
STR2	4	2437	-85	3	-511	395	39.52
STR2	1	1335	-55	-8	871	-1649	51.89
STR2	5	1688	304	-314	-862	-919	44.83
STR2	5	1967	-224	247	-1104	-1075	54.36
STR2	1	1503	147	281	671	-1145	43.19
STR2	1	1049	-160	-325	323	-894	28.89
STR3	3	3592	-144	97	-655	-503	56.55
STR3	1	-1497	154	97	745	-495	34.30
STR3	2	-1379	-3	-7	980	562	37.56
STR3	3	3421	14	-77	-900	-580	60.09
STR3	4	3466	-28	-2	-895	590	60.70
STR3	6	469	-5	-16	7	-1124	21.12
STR3	3	3153	180	-104	-521	-179	43.96
STR3	2	-1144	-201	110	610	383	26.60
STR3	6	493	3	185	15	-816	17.05
STR3	6	424	-1	-226	1	-662	13.88
STR4	3	3476	-151	101	-651	-502	55.16
STR4	1	-1502	161	101	743	-494	34.31

STR4	2	-1382	3	-10	995	568	37.91
STR4	3	3303	9	-75	-915	-589	59.14
STR4	4	3348	-34	-5	-906	596	59.63
STR4	6	1501	-5	-10	7	-1138	32.89
STR4	3	3013	183	-98	-484	-153	41.39
STR4	2	-1144	-203	110	631	393	27.07
STR4	6	1571	3	193	-808	15	28.72
STR4	6	1343	-1	-229	-614	1	23.07
ICE1	3	2850	-87	-99	-400	492	43.84
ICE1	4	-1273	93	-95	447	457	26.69
ICE1	4	-1210	-18	-14	569	611	30.15
ICE1	6	1424	-17	30	-1144	108	33.65
ICE1	3	2850	-87	-99	-400	641	46.29
ICE1	1	2733	-75	176	-341	-1024	50.30
ICE1	5	50	243	-14	-653	-18	9.95
ICE1	5	59	-202	23	-851	-132	14.44
ICE1	1	2733	-75	176	-341	-1024	50.30
ICE1	1	2487	94	-208	-283	-664	40.74
ICE2	3	2810	-89	-103	-403	499	43.56
ICE2	4	-1222	95	-99	451	463	26.28
ICE2	4	-1162	-17	-16	577	625	29.94
ICE2	5	-42	7	-37	-1208	-111	18.98
ICE2	3	2724	-1	-5	-537	657	47.40
ICE2	1	2617	-2	12	-462	-1033	<b>51.09</b>
ICE2	5	-34	245	-14	-663	-17	9.91
ICE2	5	-45	-206	22	-852	-120	14.13
ICE2	1	2697	-77	179	-345	-755	45.56
ICE2	1	2455	95	-210	-292	-673	40.67

Maksimālā stiepe pālī = 1510kN, spiede = 4630 kN. Maksimālais gaidamais konstrukcijas pārvietojums (elastīgais) 6.3cm no kuģa pietauvošanas kontakta un 9.43cm no ledus iešanas.



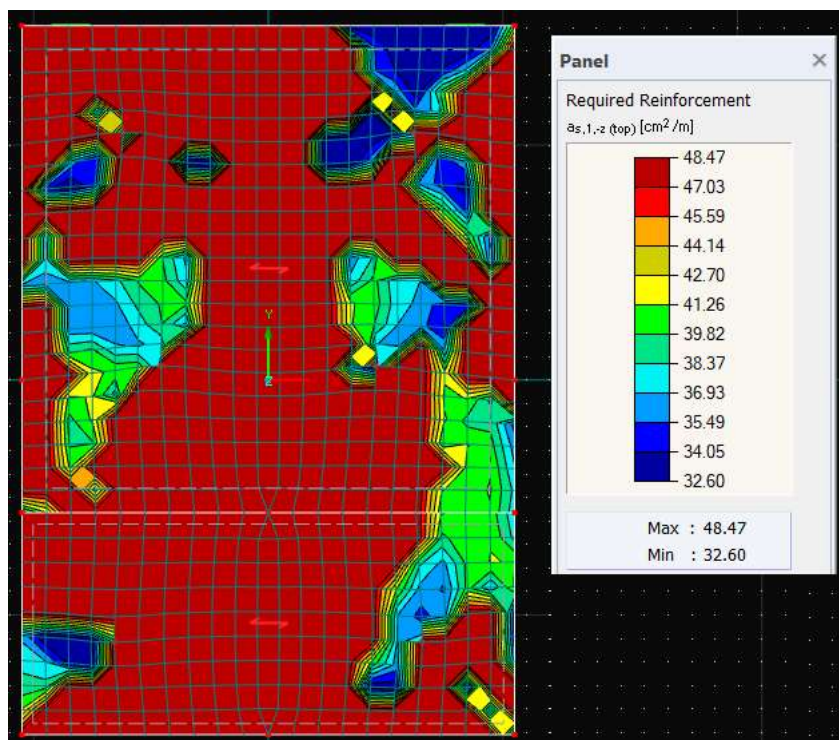
Attēls 20. RSPile atdurpāļa modeļa 3D skats ar ass virzieniem.Kombinācija SLS3. Konstrukcijas pārvietojums pa X asi



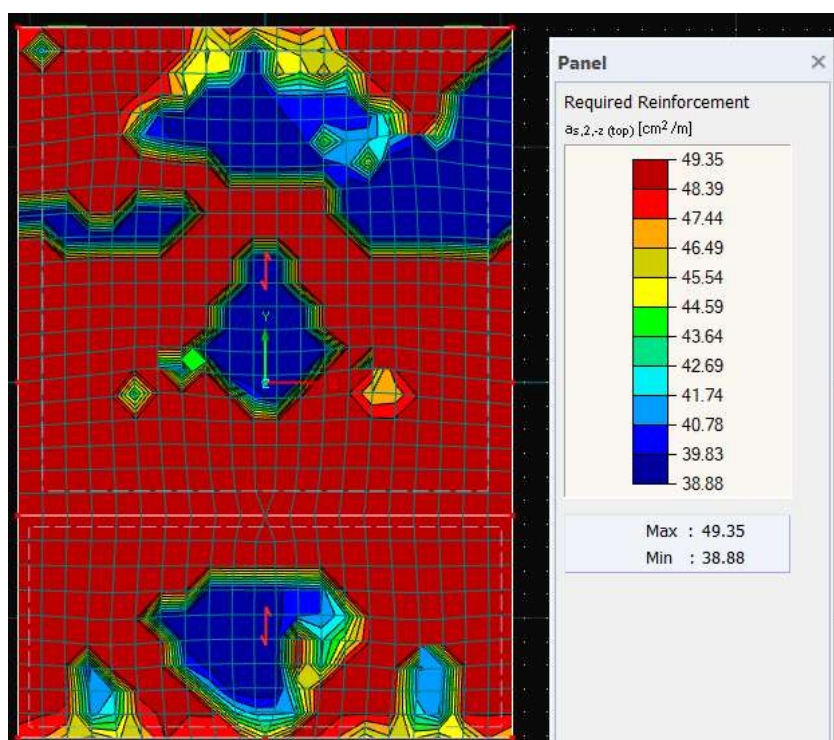
Attēls 21. RSPile atdurpāļa modeļa 3D skats ar ass virzieniem.Kombinācija ICE2. Konstruktijas pārvietojums pa Y asi



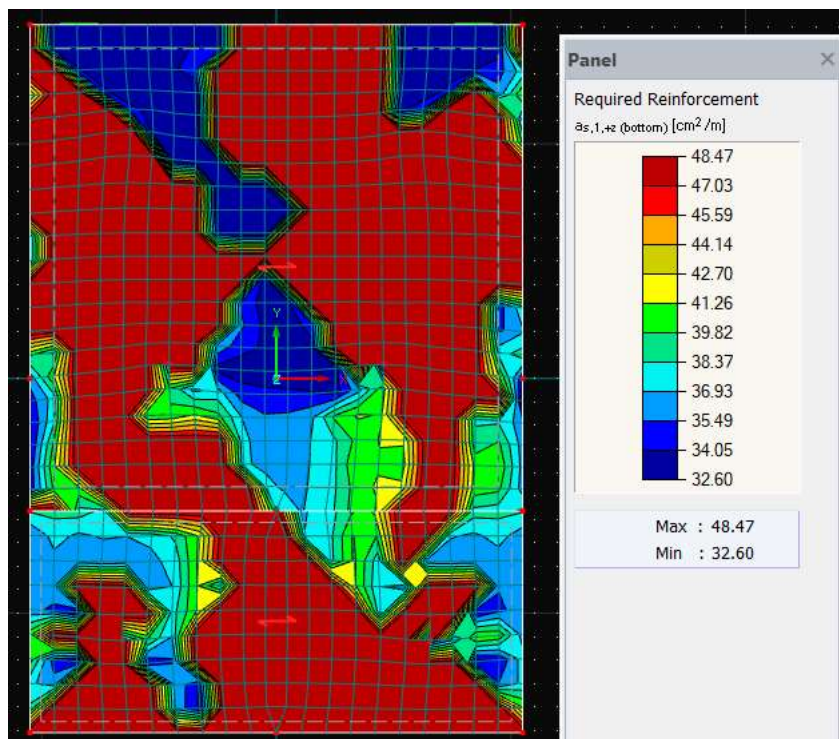
## 9. Virsbūves stiegrojuma aprēķins



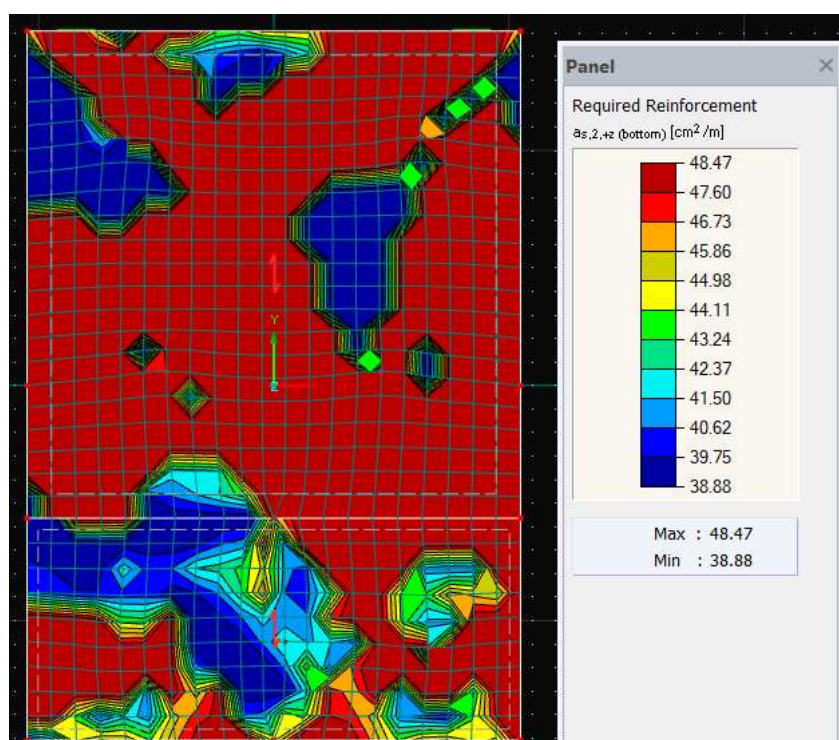
Attēls 14. Virsbūves GEM aprēķina rezultāti. Augšējais stiegrojums pa X asi



Attēls 15. Virsbūves GEM aprēķina rezultāti. Augšējais stiegrojums pa Y asi

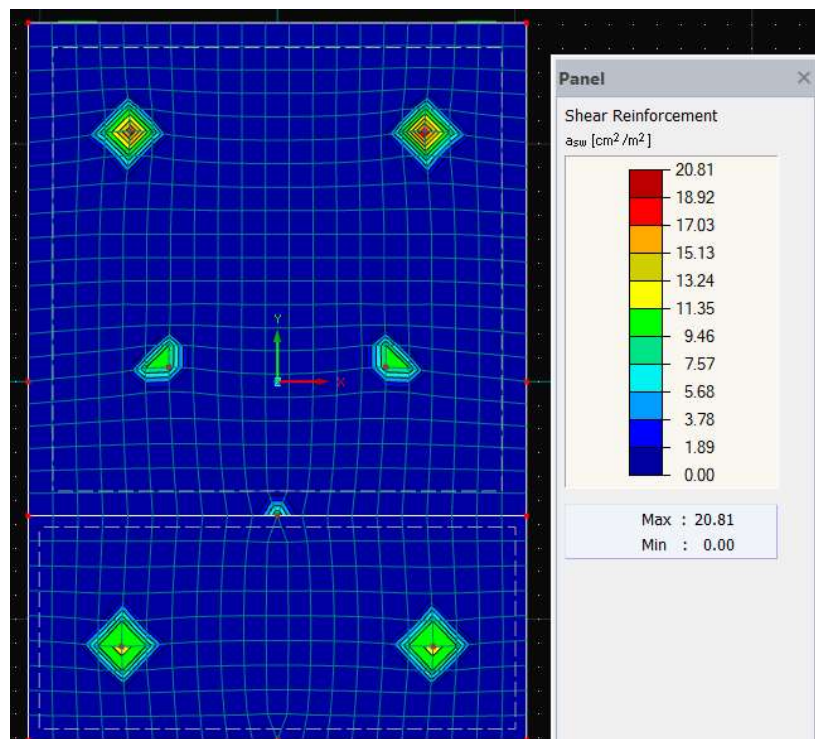


Attēls 16. Virsbūves GEM aprēķina rezultāti. Apakšējais stiegrojums pa X asi



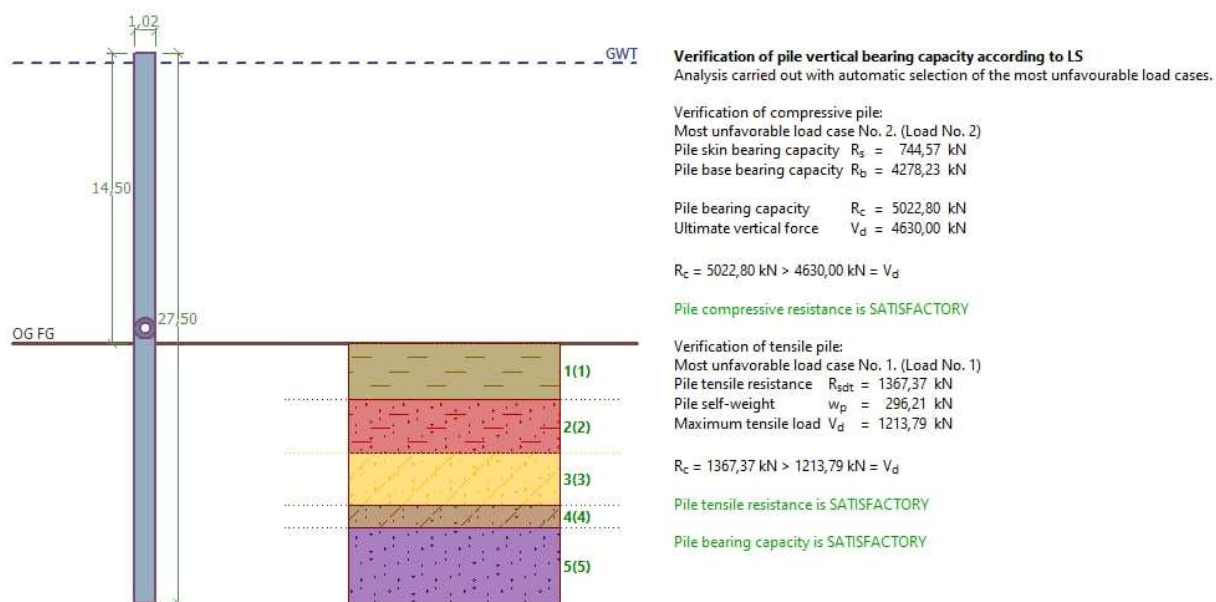
Attēls 17. Virsbūves GEM aprēķina rezultāti. Apakšējais stiegrojums pa Y asi





Attēls 18. Virsbūves GEM aprēķina rezultāti. Šķērsstiegrojums

## 10. Atsevišķa pāļa grunts nestspējas aprēķins



Sastādīja: Jurijs Kovzeļs

Pārbaudīja: Eduards Ovčiņņikovs, sertifikāta Nr. 3-02338.