

# PUUSILTATYYPPIPIIRUSTUSSARJA

## Helsingin kaupunki

Yksiaukkoinen liimapuinen palkkisilta (Plp)

Jm=12 m

HL=5 m

Vinous=0 gon

Kuormitus: KL/5.9.2014.

Onnettomuuskuorma 260 kN teli, akseliväli 1,2 m ja raideleveys on 2 m.

Sillan kaiteiden johteiden kuorma: viivakuorma 3 kN/m (Onnettomuuskuorma).

## Rakennelaskelmat

26.6.2018

## SUUNNITTELU / SITO OY

Laatinut: Matti Salo

Sisäinen tarkastus: R. Helin

Hyväksynyt: A.Savolainen

## TARKASTAMINEN / HYVÄKSYMINE

Tarkastusluokka: 2

16 m jännemitan suunnitelmat on tarkastanut:

15.12.2017

Pere/Rautajärvi/Pehkonen / WSP Finland Oy

Hyväksynyt: 18.9.2018

Olli-Pekka Aalto / Helsingin kaupunki

## Sisällysluettelo

A	LASKELMIEN YHTEENVETO	4
A.1	SILTAPAIKKA	4
A.2	LUOKITUKSET	4
A.3	KUVAUS SUUNNITELTAVASTA RAKENTEESTA	5
A.4	MITOITUSPERUSTEET	7
A.4.1	OHJEET JA OHJELMISTOT	7
A.4.2	PÄÄRAKENNUSAINEIDEN MATERIAALIOMINAISUUDET	8
A.4.3	KUORMAT	16
A.5	RAKENNEANALYYSIT	17
A.5.1	RAKENNEMALLIT	17
A.5.1.1	POIKKILEIKKAUSSUUREET	20
A.5.2	KUORMIEN SJOITTELU	23
A.5.2.1	PYSYVÄT KUORMAT	23
A.5.2.2	LIIKENNEKUORMA	24
A.5.2.3	VAAKAKUORMAT	25
A.5.2.4	MUUT MUUTTUVAT KUORMAT	28
A.5.3	KUORMIEN YHDISTELY	30
A.5.4	MÄÄRÄÄVIMMÄT VOIMASUUREET JA SIIRTYMÄT	32
A.5.4.1	KANNEN VOIMASUUREET	32
A.5.4.2	PALKKIEN VOIMASUUREET	34
A.5.4.3	PERUSTUSTEN VOIMASUUREET	35
A.5.4.4	TAIPUMAT	37
A.5.5	SUURUUSLUOKKATARKASTELU	39
A.6	RAKENNEOSIEN MITOITUKSEN TIIVISTELMÄ	45
A.6.1	PÄÄLLYSRAKENNE	45
A.6.1.1	PUINEN PÄÄLLYSRAKENNE	45
A.6.1.1.1	KANSILANKKUJEN MITOITUS	45
A.6.1.1.2	LIIMAPUUPALKKIEN MITOITUS	47
A.6.1.1.3	KIEPAHDUSTUEN MITOITUS	54
A.6.2	ALUSRAKENNE	64
A.6.2.1	MAANVARAISET PERUSTUKSET	74
A.6.2.2	PAALUPERUSTUKSET	80
A.6.3	ERILLISTARKASTELUT	82
A.6.3.1	KAITEIDEN MITOITUS	82
A.6.3.1.1	SUORAN KAIDETOLPAN MITOITUS	89
A.6.3.1.2	VINOTUELLISEN KAIDETOLPAN MITOITUS	106
A.6.3.1.3	YLÄJOHTEN MITOITUS	120
A.6.3.1.4	KANTAVAN SÄLETOLPAN MITOITUS	131
A.6.3.1.5	KAIDETOLPAN MITOITUS SIIPIMUURILLA	134
A.6.3.1.6	SÄLE-ELEMENTIN MITOITUS	144
A.6.3.1.7	VERKKO-ELEMENTIN KIINNITYS KAIDETOLPPAAN	169
A.6.3.2	KAIDETOLPAN JALAN MITOITUS	172
A.6.3.3	TÖRMÄYSPALKIN MITOITUS	175
A.6.3.4	KANNEN KIINNITYS: VAAKA- JA PYSTYVOIMILLE	187
A.6.3.5	SYRJÄLANKKUKANNEN NAULAUS	207
A.7	VARUSTEET JA LAITTEET	213
LIITTEET:		
	MURTORAJATILAN VOIMASUUREET (MRT)	
	KÄYTTÖRAJATILAN VOIMASUUREET (KRT)	
	ONNETTOMUUSRAJATILAN VOIMASUUREET (Ad)	

TAIPUMAT  
KANNEN KIINNITYS VOIMASUUREET (MRT)

## A LASKELMIEN YHTEENVETO

### A.1 SILTAPAIKKA

"Suunnittelija lisää siltapaikan tiedot. Esitellään siltapaikka ja siltapaikalla kulkevat väylät ja niiden geometriat".

"Suunnittelija lisää myös tarvittavat pohjasuhdeselvitykset".

### A.2 LUOKITUKSET

Seuraamusluokka: CC2

Käyttöikä: päällysrakenne 50 vuotta, pois lukien syrjälankkukansi ja kulutuslankutus, joiden käyttöikä on 25 vuotta

Rakennusmateriaalikohtaiset luokat:

Puun käyttöluokat:

Materiaali	Käyttöluokka
Sahatavara	3
Liimapuu reunimmaiset palkit	3
Liimapuu keskimmäiset palkit	2

Kuormituksien luokat:

Kuormayhdistelmän aikaluokkana käytetään lyhytkestoisimman osakuorman aikaluokkaa vastaavaa arvoa siltojen kuormitusyhdistelyissä. Liikennekuorman aikaluokka on hetkellinen, mistä seuraa, että muunnoskerroin  $k_{mod} = 0,9$ .

Pohjarakenteita koskevat luokitukset:

"Suunnittelija lisää mitoituksen ja rakentamiseen vaikuttavat luokat ja luokitukset tarvittaessa tukikohtaisesti".

Tuki	Geotekninen luokka	Paalutustyöluokka
Tuki 1		
Tuki 2		

Siltapaikkaluokka: Luokka IV (vaatimaton)

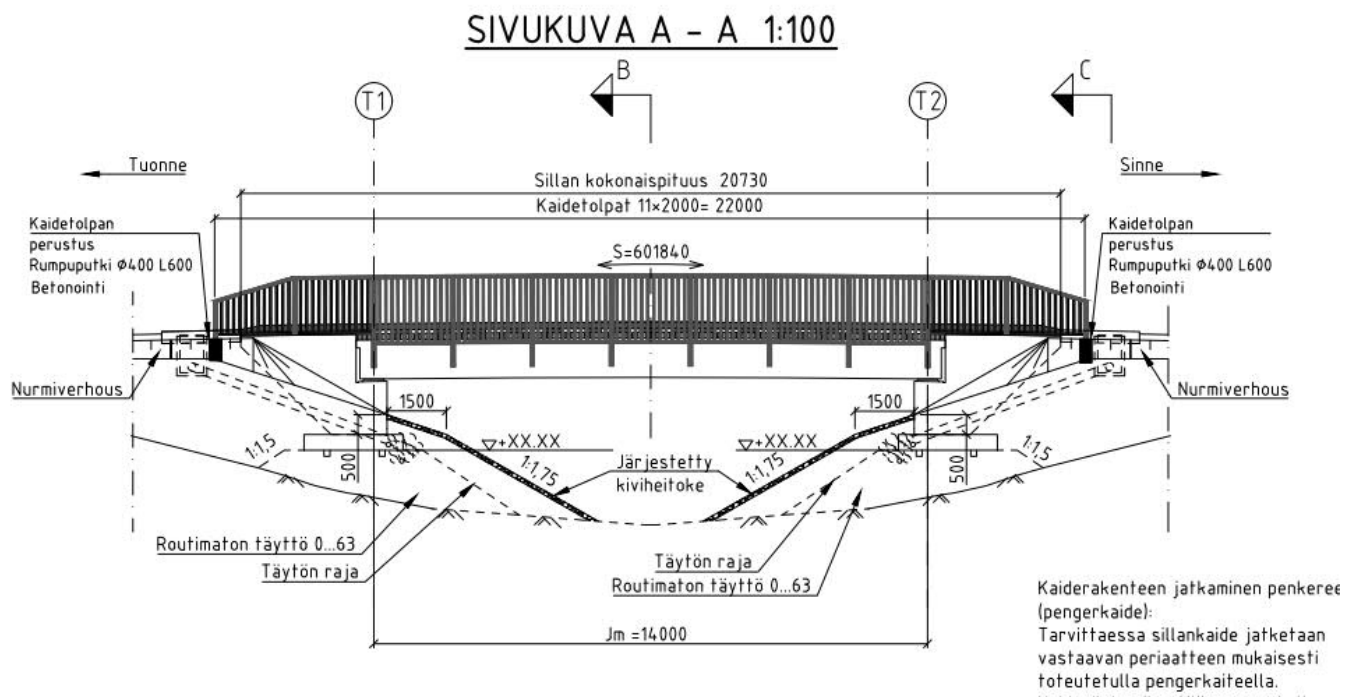
Talvihoitoluokka: K2 laatuvaatimukset (07-22)

## A.3 KUVAUS SUUNNITELTAVASTA RAKENTEESTA

Siltatyyppi on yksiaukkoinen liimapuinen palkkisilta (Plp), jonka jännemitta  $J_m$  on 12 m ja hyödyllinen leveys HL on 4 tai 5 m. Rakennelaskelmat on laadittu hyötyleveydelle 5 m. Suunnitelmat sovellettavissa hyötyleveydelle 4 m.

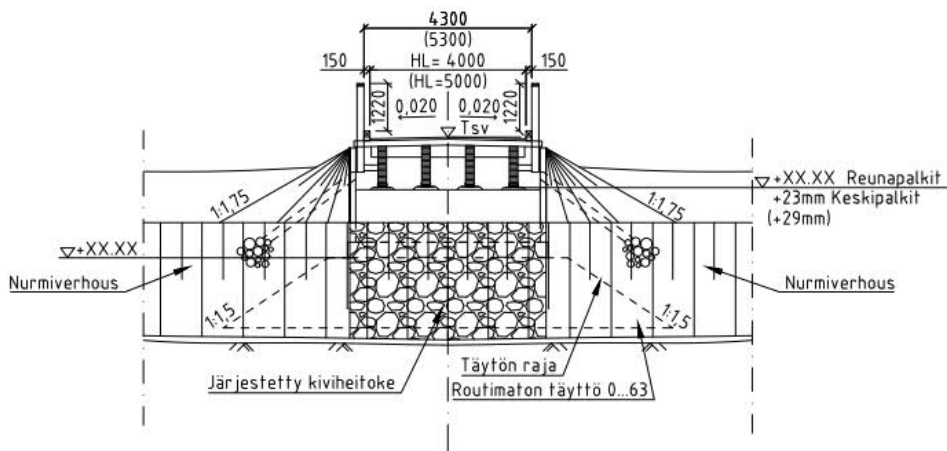
Päällysrakenne: Sillan pääkannattimina ovat yksiaukkoiset liimapuupalkit, joiden päällä on syrjälankkukansi ja kalanruotokuviainen kulutuslankutus. Pääpalkit tukeutuvat suoraan syrjälankkukanteen. Rakennekorkeus on 0,97m ja hoikkuus on 12,4 (Jännemitan suhde rakennekorkeuteen). Rakenteet: Liimapuupalkit ovat 215x765, syrjälankut ovat 150x50 ja kulutuslankutus on 50x50.

Kannen kuivatus: kansi on harjakalteva ja törmäyspalkin alla on rako, josta vesi pääsee valumaan pois.



Kuva 1. Sillan sivukuva

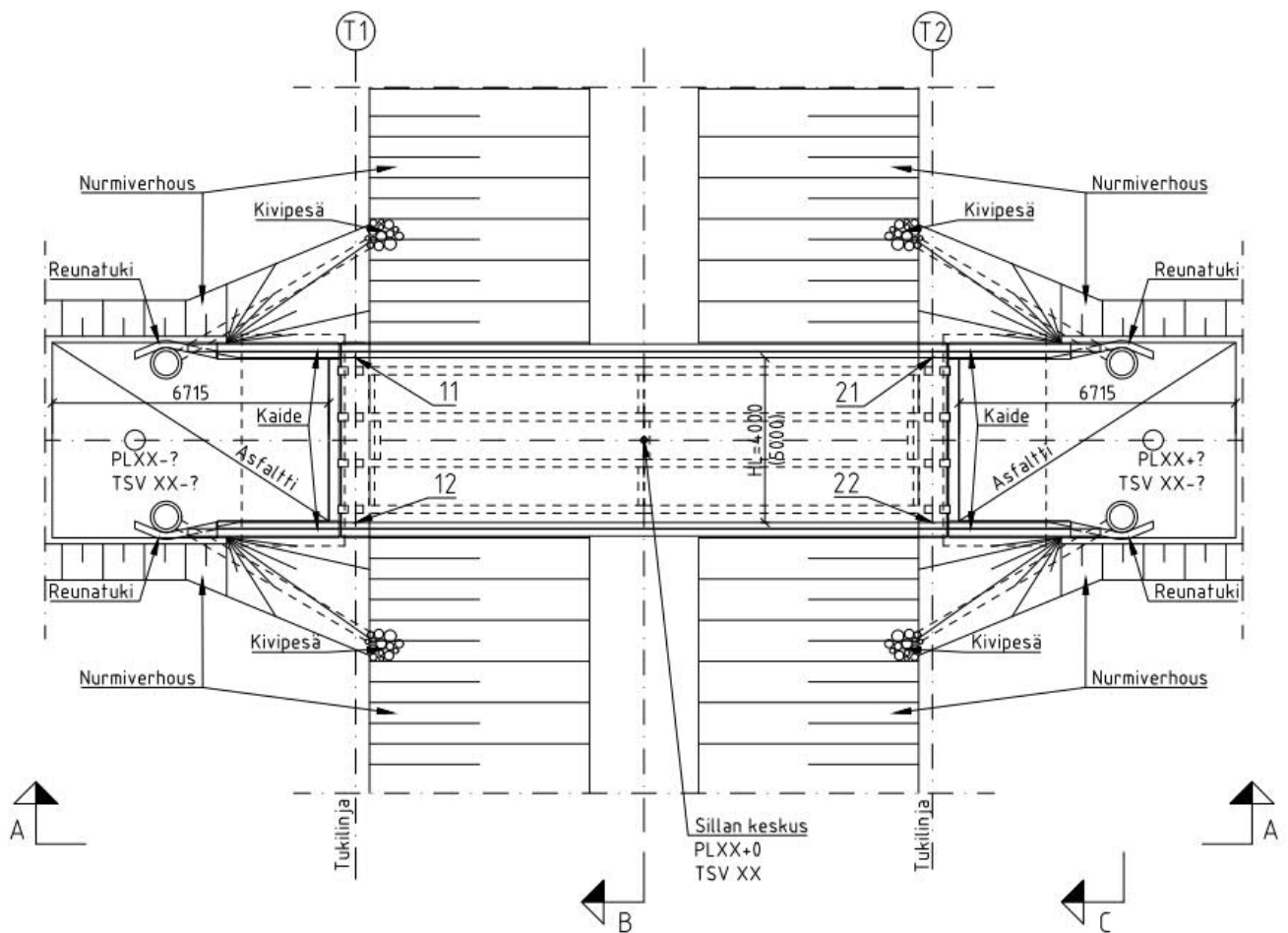
## POIKKILEIKKAUS B - B 1:100



Kuva 2. Sillan poikkileikkaus

## TASOKUVA 1:100

kaiderakenne.



Kuva 3. Sillan tasokuva.

"Alusrakenteen osalta: Suunnittelija lisää perustamistavan ja laakeroinnin vallintaperusteet".

## **A.4 MITOITUSPERUSTEET**

### **A.4.1 Ohjeet ja ohjelmistot**

"Suunnittelija lisää alusrakenteiden rakennelaskelmien laatimisessa käytetyt"

Rakennelaskelmien laatimisessa on käytetyt seuraavia:

Suunnittelustandardit ja niiden kansalliset liitteet:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 +A2+ AC: Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. 16.6.2014

SFS-EN 14081-1: Timber structures. Strength graded structural timber with rectangular cross section. Part 1: General requirements. 19.2.2016

SFS-EN 14080: Puurakenteet. Liimapuu ja liimattu sahatavara. Vaatimukset. 18.11.2013

SFS-EN 1995-2: Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu. Osa 2: Sillat. 21.12.2004

NA SFS-EN 1995-2-LVM. Suomen kansallinen liite. 1.6.2010

Suunnitteluohjeet ja niiden versiot:

Eurokoodin soveltamisohje: Puurakenteiden suunnittelu- NCCI 5. 17.6.2013

Eurokoodin soveltamisohje: Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet NCCI 1. 5.9.2014

Ril 205-2017 Puurakenteiden suunnitteluohje.

Hankekohtaiset suunnitteluperusteet ja tuotevaatimukset:

xx

Mallintamisessa ja mitoituksessa käytetyt ohjelmat ja niiden versiot:

AutoCad, 2016

MathCad, versio 15

SOFiSTiK FEA 2012

Tekla Structures 2016i

## A.4.2 Päärakennusaineiden materiaaliominaisuudet

### *syrjälankkukannen materiaalit ja ominaisuudet:*

#### Materiaaliominaisuudet:

Syrjälankkukansi: Materiaali: Sahatavara C30

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

Käyttöluokka 3	Muunnoskerroin $k_{mod}$ :	Virumaluku $k_{def}$ :
	$k_{mod.pysyvä} := 0.50$	$k_{def} := 2$
	$k_{mod.keskipitkä} := 0.65$	
	$k_{mod.hetkellinen} := 0.90$	
	$k_{mod} := 0.90$	Käytetään lyhytkestoisimman osakuorman aikaluokkaa.

Tilavuuspaino

$$\gamma_{kansi} := 6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Muodonmuutoskertoimet:

Lämpötilakerroin syyn suuntaan:

$$\alpha_T := 5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{C}}$$

Kosteudenmuutoskerroin syyn suuntaan:

$$\alpha_{kosteus} := 1 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\%}$$

Materiaaliominaisuudet:

Lujuuksien ominaisarvot:

Taivutuslujuus:

$$f_{m.k} := 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{c.0.k} := 23 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Leikkauslujuus:

$$f_{v.k} := 4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Poikittainen puristuslujuus:

$$f_{c.90.k} := 2.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



Jäykkyyksien ominaisarvot:

Kimmoduuli:

$$E_{0,\text{mean}} := 12000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{0.05} := 8000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Liukumoduuli:

$$G_{\text{mean}} := 750 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$G_{0.05} := 500 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusarvot:

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_M := 1.4$$

Taivutuslujuus:

$$f_{m,d} := k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 1.929 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{c,0,d} := k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 1.479 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Leikkauslujuus:

$$f_{v,d} := k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 2.571 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Poikittainen puristuslujuus:

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_{M,p} := 1$$

$$f_{c,90,d} := k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_{M,p}} = 2.43 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Mitoitusarvot:

Kansilankkujen taivutuslujuus:

$n = 7.804$  kuormitettujen lankkujen lukumäärä  $n$  määritetty kohdassa 5.1.1 Poikkileikkaussuureet

$$k_{\text{sys}} := 1 + \frac{0.1}{8} \cdot n = 1.098$$

$$f_{\text{m.d.deck}} := k_{\text{sys}} \cdot f_{\text{m.d}} = 2.117 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Kansilankkujen leikkauslujuus:

$$f_{\text{v.d.deck}} := k_{\text{sys}} \cdot f_{\text{v.d}} = 2.822 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Käyttötilan loppumuodonmuutostilan jäykkyyssominaisuudet:

Kimmoduuli:

$$E_{0.\text{mean.fi}} := \frac{E_{0.\text{mean}}}{(1 + k_{\text{def}})} = 4 \times 10^3 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Liukumoduuli:

$$G_{\text{mean.fi}} := \frac{G_{\text{mean}}}{(1 + k_{\text{def}})} = 250 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusarvot:

Onnettomuusrajatila

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_M := 1.0$$

Taivutuslujuus:

$$f_{m,Ad} := k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 2.7 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{c,0,Ad} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 2.07 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Leikkauslujuus:

$$f_{v,Ad} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 3.6 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Poikittainen puristuslujuus:

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_{M,p} := 1$$

$$f_{c,90,Ad} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_{M,p}} = 2.43 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Mitoitusarvot:

Kansilankkujen taivutuslujuus:

$n = 7.804$  kuormitettujen lankkujen lukumäärä  $n$  määritetty  
kohdassa 5.1.1 Poikkileikkaussuureet

$$k_{sys} := 1 + \frac{0.1}{8} \cdot n = 1.098$$

$$f_{m,Ad,deck} := k_{sys} \cdot f_{m,Ad} = 2.963 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Kansilankkujen leikkauslujuus:

$$f_{v,Ad,deck} := k_{sys} \cdot f_{v,Ad} = 3.951 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

## ***Liimapuupalkkien materiaalit ja ominaisuudet:***

### **Materiaaliominaisuudet:**

Palkki: Materiaali: liimapuu gL30c

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: Taulukko 3.1

Käyttöluokka 3	Muunnoskerroin $k_{\text{mod}}$ :	Virumaluku $k_{\text{def}}$ :
	$k_{\text{mod.pysyvä}} := 0.50$	$k_{\text{def}} := 2$
	$k_{\text{mod.keskipitkä}} := 0.65$	
	$k_{\text{mod.hetkellinen}} := 0.90$	
	$k_{\text{mod}} := 0.90$	Käytetään lyhytkestoisimman osakuorman aikaluokkaa.

Tilavuuspaino

$$\gamma_{\text{palkki}} := 6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Muodonmuutuskertoimet:

Lämpötilakerroin syyn suuntaan:

$$\alpha_T := 5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{C}}$$

Kosteudenmuutoskerroin syyn suuntaan:

$$\alpha_{\text{kosteus}} := 1 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\%}$$

Sauvan koon vaikutus lujuuteen voidaan ottaa huomioon kertoimella:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 3.3(3)

$$k_h := \begin{cases} \min \left[ \left( \frac{600 \text{mm}}{h_{\text{palkki}}} \right)^{0.1}, 1.1 \right] & \text{if } h_{\text{palkki}} < 600 \text{mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} = 1$$

$$k_{h.z} := \begin{cases} \min \left[ \left( \frac{600 \text{mm}}{b_{\text{palkki}}} \right)^{0.1}, 1.1 \right] & \text{if } b_{\text{palkki}} < 600 \text{mm} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} = 1.1$$

Materiaaliominaisuudet:

Lujuuksien ominaisarvot:

Taivutuslujuus:

$$f_{m.k} := 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{c.0.k} := 25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Leikkauslujuus:

$$f_{v.k} := 3.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Poikittainen puristuslujuus:

$$f_{c.90.k} := 3.0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Jäykkyyksien ominaisarvot:

Kimmomoduuli:

$$E_{0.\text{mean}} := 13000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{0.05} := 10800 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Liukumoduuli:

$$G_{\text{mean}} := 650 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$G_{0.05} := 540 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Mitoitusarvot:

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_M := 1.2$$

Taivutuslujuus:

$$f_{m.d} := k_{\text{mod}} \cdot \frac{k_h \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 2.25 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{m.z.d} := k_{mod} \cdot \frac{k_{h.z} \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 2.475 \times 10^4 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{c.0.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 1.875 \times 10^4 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

Leikkauslujuus:

$$f_{v.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v.k}}{\gamma_M} = 2.625 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

Poikittainen puristuslujuus:

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_{M.p} := 1$$

$$f_{c.90.d} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.90.k}}{\gamma_{M.p}} = 2.7 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

Käyttötilan loppumuodonmuutostilan jäykkyysominaisuudet:

Kimmomoduuli:

$$E_{0.mean.fi} := \frac{E_{0.mean}}{(1 + k_{def})} = 4.333 \times 10^3 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Liukumoduuli:

$$G_{mean.fi} := \frac{G_{mean}}{(1 + k_{def})} = 216.667 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Mitoitusarvot:

Onnettomuusrajatila

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_M := 1.0$$

Taivutuslujuus:

$$f_{m.Ad} := k_{mod} \cdot \frac{k_h \cdot f_{m.k}}{\gamma_M} = 2.25 \times 10^4 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

Puristuslujuus:

$$f_{c.0.Ad} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.0.k}}{\gamma_M} = 1.875 \times 10^4 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

Leikkauslujuus:

$$f_{v.Ad} := k_{mod} \cdot \frac{f_{v.k}}{\gamma_M} = 2.625 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

Poikittainen puristuslujuus:

Osavarmuuskerroin:

$$\gamma_{M,p} := 1$$

$$f_{c.90.Ad} := k_{mod} \cdot \frac{f_{c.90.k}}{\gamma_{M,p}} = 2.7 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

### **A.4.3 Kuormat**

Kuormitus: KL/5.9.2014.

Pysyvät kuormat:

Omat painot:

- Liimapuupalkkien ja syrjälankkukannen omapaino
- pintarakenteen omapaino
- kaiteiden paino
- maanpaino
- Maan lepopaine

Muuttuvat kuormat:

Muut muuttuvat kuormat:

- Tuulikuorma
- Kosteudenmuutos
- Lämpötilan muutos

Liikennekuormat:

- Tasaisesti jakautunut kuorma
- Huoltoajoneuvo
- Sillan pituussuuntainen kuorma
- Sivukuorma
- Liikennekuorman maanpaine

Onnettomuuskuormat:

- Kaiteen onnettomuuskuorma

Kuormien yhdistely suoritetaan sovellusohjeen NCCI 1 liitteen 1C taulukoiden mukaisesti.



## A.5 RAKENNEANALYYSIT

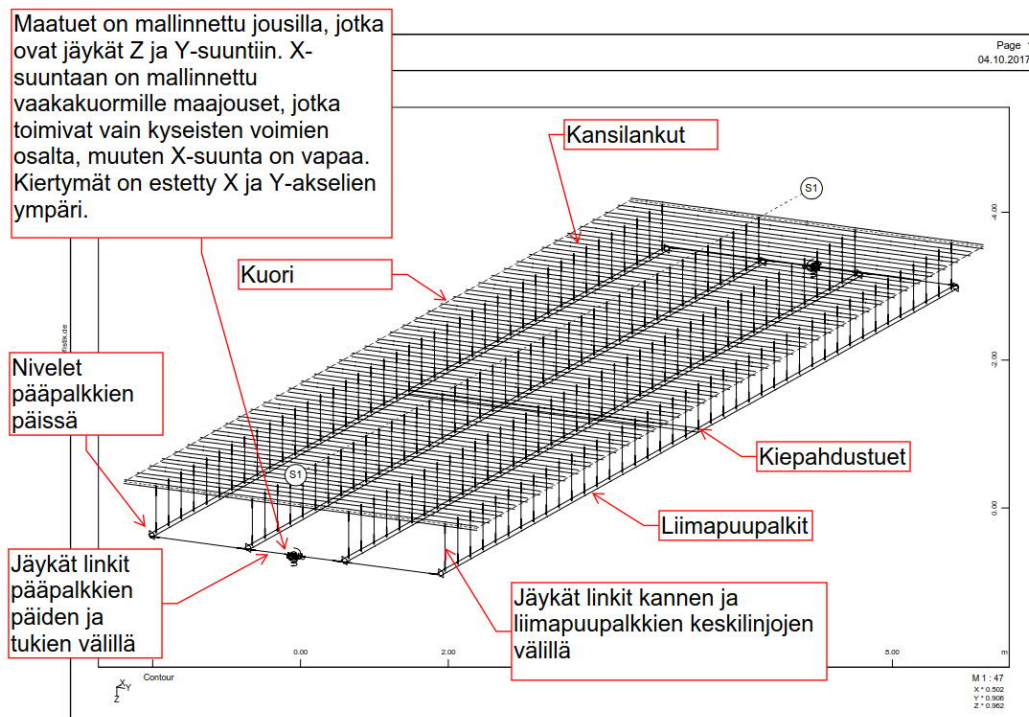
### A.5.1 Rakennemallit

Rakenne mallinnetaan yksiaukkoisena arinarakenteena, jossa on liimapuiset pääpalkit, sekä poikittaiset kansilankut, joiden poikkileikkauksen leveys on huoltoajoneuvon rengaskuorman jakaantumislevyden suuruinen (määritetty kohdassa 5.1.1 Poikkileikkaussuureet). Poikittaiset kansilankut kiinnitetään liimapuupalkkeihin jäykillä linkeillä. Akselikuorman pistemäisten kuormien jakautuminen kansilankuille varmistetaan lisäämällä malliin kuori (structural area), joka siirtää lankkujen väliin osuvan kuorman viereisille lankuille. Kuorella ei ole painoa, eikä poikittaista jäykkyyttä. Kuori mallinnetaan kansilankkujen tasolle.

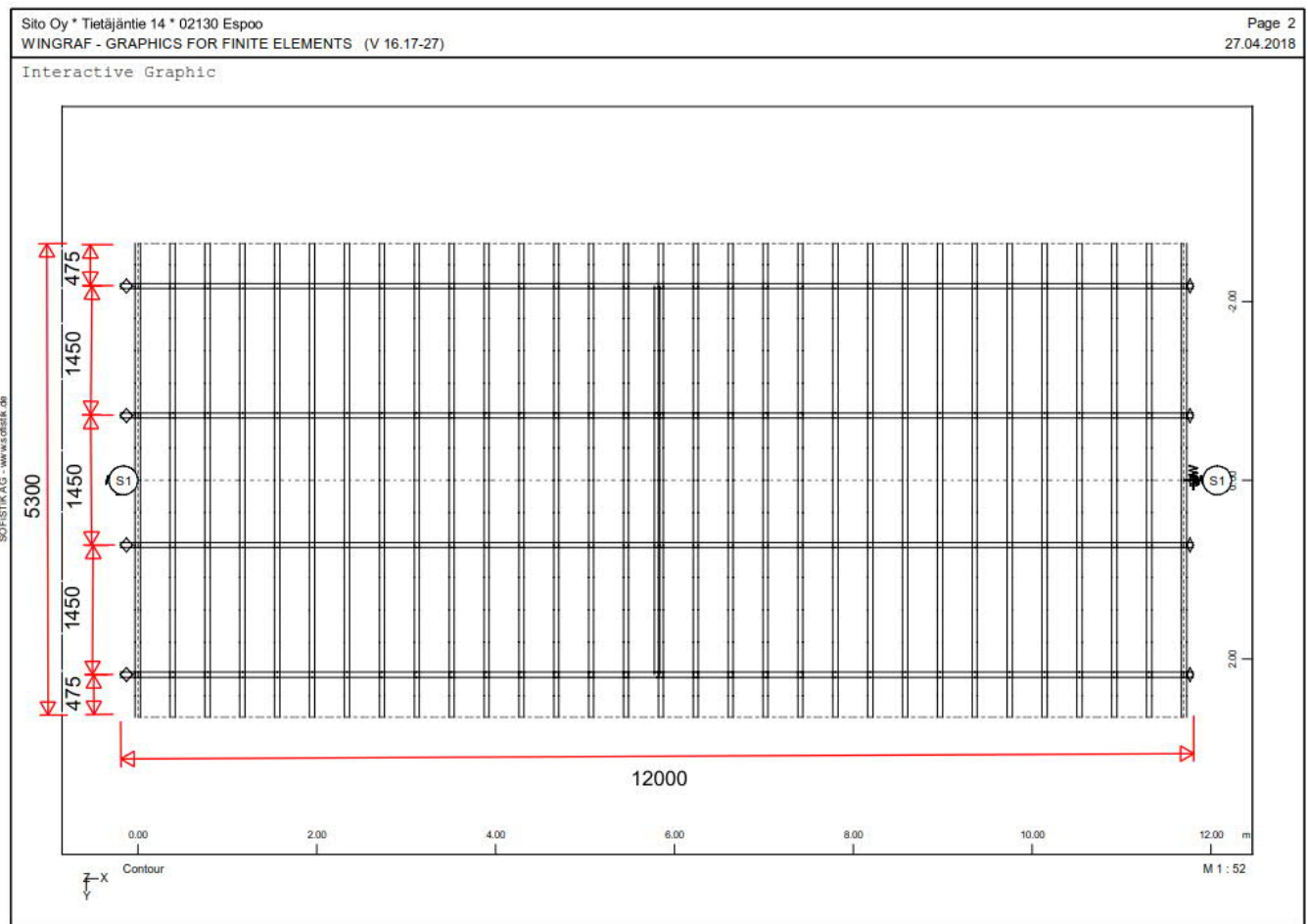
Rakennemallin poikkileikkaussuureet:

Osa	SofiStik ohjelmassa	Poikkileikkausarvot
Kansilankut	Structural Line	$A=0.15\text{m}\times0.39\text{m}$ , $L=5.3\text{m}$
Liimapuupalkit	Structural Line	$A=0.215\text{m}\times0.765\text{m}$ , $L=12\text{m}$
Kiepahdustuet	Structural Line	$A=0.14\text{m}\times0.720\text{m}$ , $L=1.26\text{m}$
Kuori	Structural area	$h=0.01\text{m}$ , $L=12\text{m}$ , $B=5.3\text{m}$

Liimapuupalkit kiilataan otsamuuria vasten, niin maanpaine kuormat on otettu huomioon puristavana kuormana palkkeja mitoittaessa. Maatuille tulevat vaakakuormat on jaettu tasan kaikille palkeille.



Kuva 4. Rakennemalli.

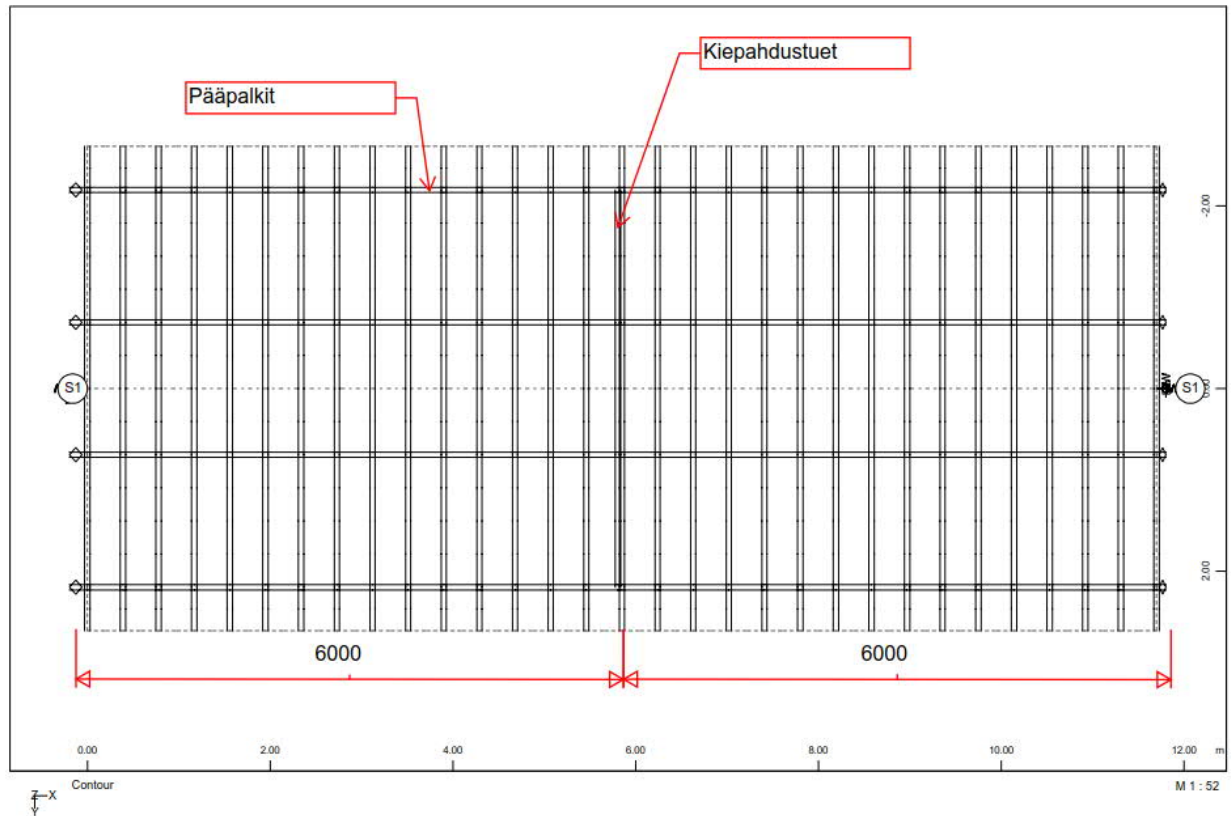


Kuva 5. Rakenteiden mitat

### Sillan poikittain jäykistäminen:

Palkkien väliin sijoitetaan poikittaiset kiepahdustuet liimapuupalkkien jänteiden puoliväliin. Poikkituet ovat samaa materiaalia kuin liimapuiset pääpalkit.

Interactive Graphic



Kuva 6. Rakennemalli. Kiepahdustuet.

### A.5.1.1 Poikkileikkaussuureet

#### PÄÄLLYSAKENNE

##### Poikkileikkausarvot:

Liimapuupalkit:

$$b_{\text{palkki}} := 215\text{mm}$$

vähennetään palkin korkeudesta 4 mm sivukaltevuuden takia

$$h_{\text{palkki}} := (765 - 4)\text{mm} = 761\text{mm}$$

$$L_{\text{palkki}} := 12\text{m}$$

$$L_{\text{jänne}} := 1.45\text{m} \quad \text{Palkkijako}$$

$$L_{\text{laakeri}} := 300\text{mm} \quad \text{Tukipinnan pituus}$$

$$b_{\text{laakeri}} := 215\text{mm} \quad \text{Tukipinnan leveys}$$

$$A_{\text{palkki}} := b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}} = 0.164\text{m}^2$$

$$I_{y,\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^3}{12} = 7.896 \times 10^{-3}\text{m}^4$$

$$W_{y,\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^2}{6} = 0.021\text{m}^3$$

$$I_{z,\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}}^3 \cdot h_{\text{palkki}}}{12} = 6.303 \times 10^{-4}\text{m}^4$$

$$W_{z,\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}}^2 \cdot h_{\text{palkki}}}{6} = 5.863 \times 10^{-3}\text{m}^3$$

Kiepahdustuet:

$$b_{\text{kpalkki}} := 140\text{mm}$$

$$h_{\text{kpalkki}} := 720\text{mm}$$

$$L_{\text{k.palkki}} := 1450\text{mm}$$

$$A_{\text{kpalkki}} := b_{\text{kpalkki}} \cdot h_{\text{kpalkki}} = 0.101\text{m}^2$$

$$I_{y.kpalkki} := \frac{b_{kpalkki} \cdot h_{kpalkki}^3}{12} = 4.355 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$W_{y.kpalkki} := \frac{b_{kpalkki} \cdot h_{kpalkki}^2}{6} = 0.012 \cdot \text{m}^3$$

$$I_{z.kpalkki} := \frac{b_{kpalkki}^3 \cdot h_{kpalkki}}{12} = 1.646 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$W_{z.kpalkki} := \frac{b_{kpalkki}^2 \cdot h_{kpalkki}}{6} = 2.352 \times 10^{-3} \cdot \text{m}^3$$

Kansirakenne:

Syrjälankkukansi:

$$b_{lankku} := 50 \text{ mm}$$

$$h_{lankku} := 150 \text{ mm}$$

$$L_{kansi} := 5.8 \text{ m}$$

Kulutuserros:

$$h_{kulutus} := 50 \text{ mm}$$

kannen tehokasleveys:

Kuorman leveys:

$$b_w := 0.2 \text{ m}$$

Palkin tehollisen leveyden laskemiseen tarvittava mitta a

Naulaamalla laminoitu kansilaatta

$$a := 0.1 \text{ m}$$

Kuorman jakautuminen  
kansilankuissa:

$$\beta_{lankku} := 15 \text{ deg}$$

$$\beta_{lankku.pit} := 45 \text{ deg}$$

Kuorman jakautuminen  
pintarakenteessa:

$$\beta_{pinta} := 45 \text{ deg}$$

Kuormitus pinta lankun keskilinjalla:

lankun poikkisuuntaan

$$b_{ef} := b_w + a + \tan(\beta_{lankku}) \cdot h_{lankku} + \tan(\beta_{pinta}) \cdot h_{kulutus} = 390.192 \cdot \text{mm}$$

lankun pituussuuntaan

$$b_{\text{ef.pit}} := b_w + a + \tan(\beta_{\text{lankku.pit}}) \cdot h_{\text{lankku}} + \tan(\beta_{\text{pinta}}) \cdot h_{\text{kulutus}} = 500 \cdot \text{mm}$$

Kuormitettujen lankkujen lukumäärä:

$$n := \frac{b_{\text{ef}}}{b_{\text{lankku}}} = 7.804$$

$$A_{\text{lankku}} := b_{\text{lankku}} \cdot h_{\text{lankku}} = 7.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_{y.\text{lankku}} := \frac{b_{\text{lankku}} \cdot h_{\text{lankku}}^3}{12} = 1.406 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_{y.\text{lankku}} := \frac{b_{\text{lankku}} \cdot h_{\text{lankku}}^2}{6} = 1.875 \times 10^{-4} \cdot \text{m}^3$$

$$I_{z.\text{lankku}} := \frac{b_{\text{lankku}}^3 \cdot h_{\text{lankku}}}{12} = 1.563 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_{z.\text{lankku}} := \frac{b_{\text{lankku}}^2 \cdot h_{\text{lankku}}}{6} = 6.25 \times 10^{-5} \cdot \text{m}^3$$

## MAA-AINES

Murske:  $\gamma_{\text{murske}} := 21 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

$$\varphi_{\text{murske}} := 38 \text{deg}$$

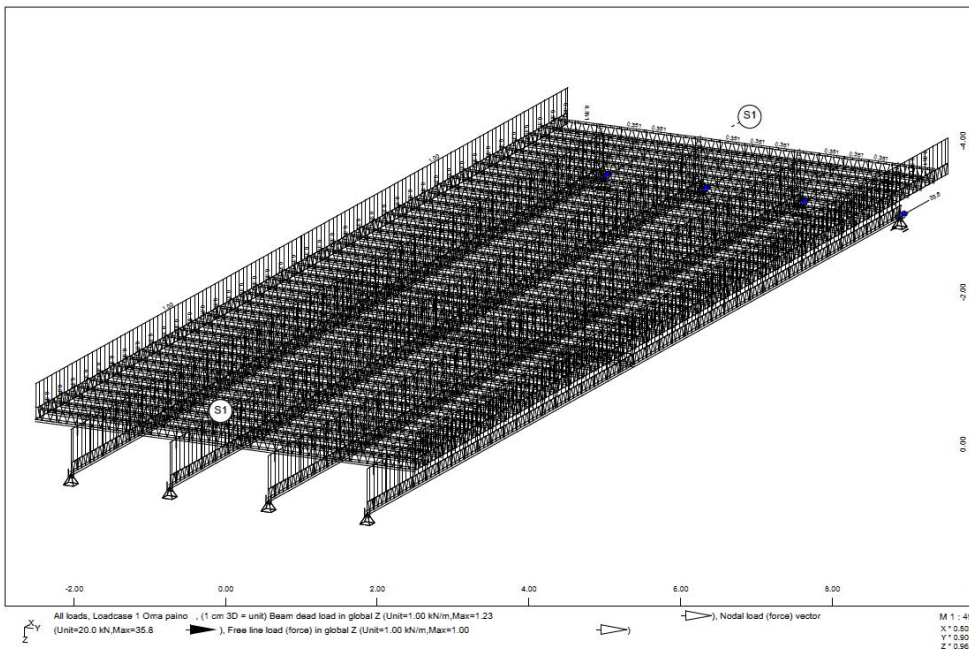
## A.5.2 Kuormien sijoittelu

### A.5.2.1 Pysyvät kuormat

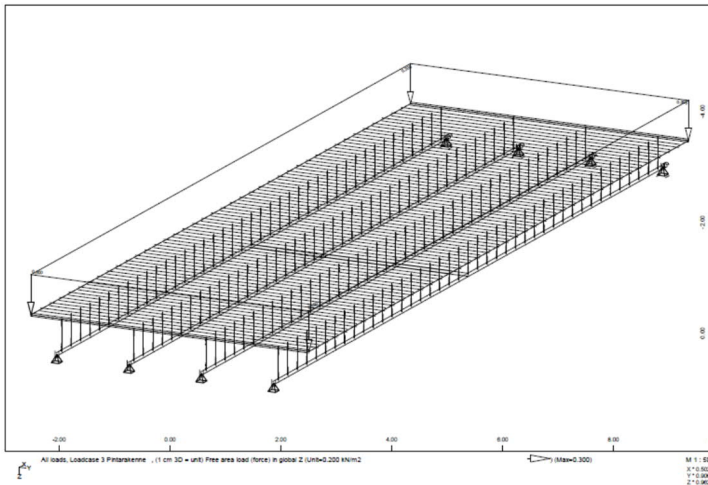
#### Päällysrakenteen kuormat:

Taulukko 1. Rakenteiden tilavuuspainot ja kuormat kannelle.

Kuorma	Tilavuuspaino	Annettu rakennemalliin
Syrjälankkukansi 150x50	6 kN/m <sup>3</sup>	Ohjelma laskee mallinnetut rakenteiden painot.
Kulutuserros 50x50	0,3 kN/m <sup>2</sup>	Pintakuormana pinnalle.
Kaide ja törmäyspalkki	1 kN/m	Pistekuormana kansilankkujen päihin.
Liimapuupalkit 215x765	6 kN/m <sup>3</sup>	Ohjelma laskee mallinnetut rakenteiden painot.



Kuva 7. Rakenteiden pysyvät kuormat rakennemalliin.

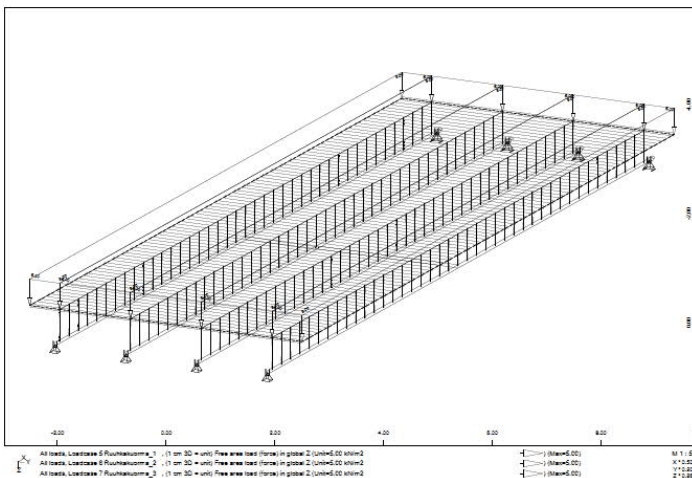


Kuva 8. Kulutuskerros pintakuormana mallinnetulle pinnalle.

## A.5.2.2 Liikennekuorma

### Pintakuorma:

Ruuhkakuorma  $5\text{kN/m}^2$ . Mallinnetaan pintakuormana mallinnetulle pinnalle. Kuormakaistat (5 kpl) on esitetty kuvassa 9.

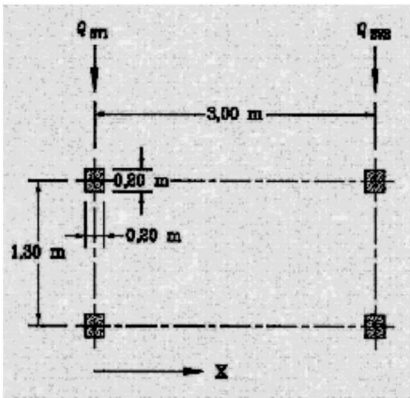


Kuva 9. Ruuhkakuorman kuormakaaviot.

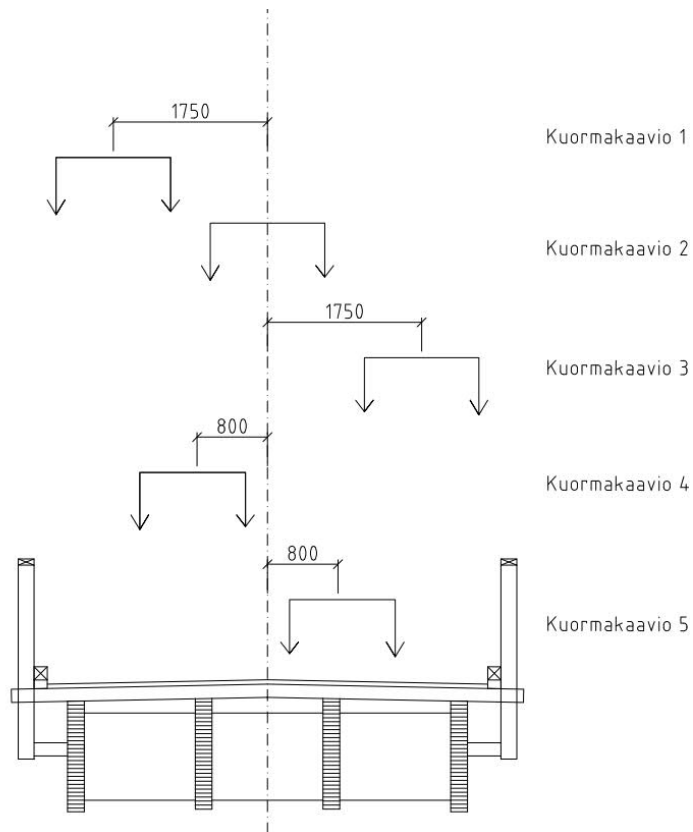
### Huoltoajoneuvo:

Akselikuorma  $Q_{sv1}=100\text{kN}$  ja  $Q_{sv2}=60\text{kN}$ . Mallinnetaan pistekuormina mallinnetulle pinnalle. Kuormakaavio on esitetty kuvassa 10 ja kuormakaistat on esitetty kuvassa 11. Kuormakaistoja on viisi, jotka ajetaan yksitellen mallinnetun sillan kannen yli. Kuorman askel on  $0.39\text{m}$ .





Kuva 10. Huoltoajoneuvon kuormakaavio. Suomen kansallisessa liitteessä on määritetty ajoneuvon leveydeksi 2,0 m.

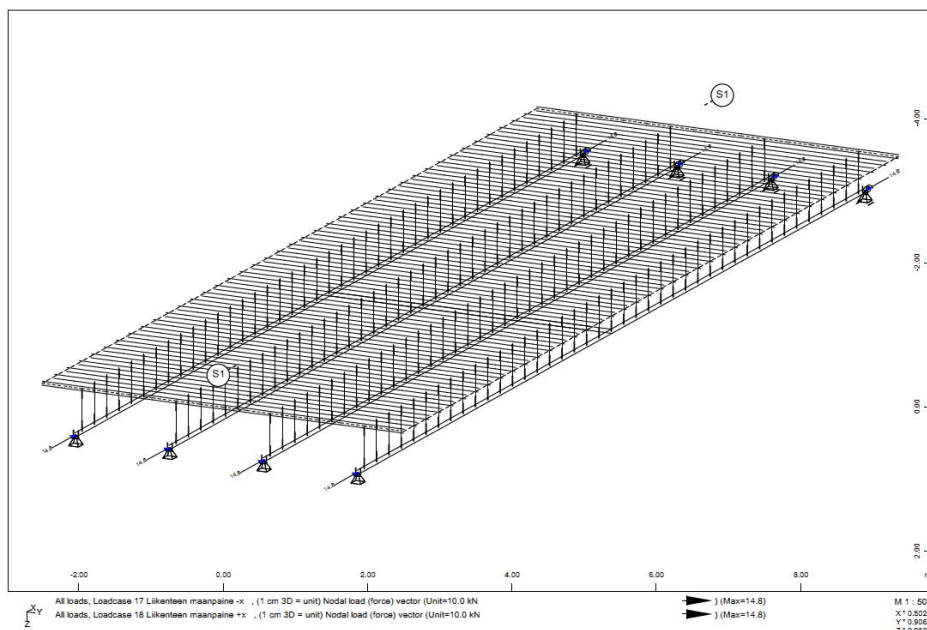


Kuva 11. Huoltoajoneuvon kuormakaaviot.

### A.5.2.3 Vaakakuormat:

#### Liikennekuorman aiheuttama maanpaine.

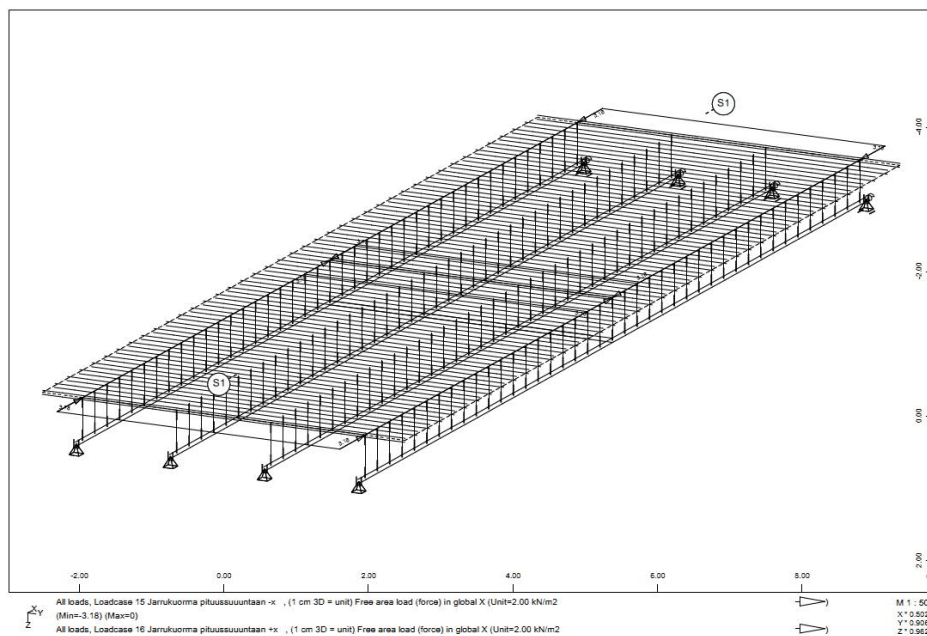
Pystykuorma on  $10 \text{ kN/m}^2$ . Päätypalkille vaakakuorma  $4,7 \text{ kN/m}^2$ . Lepopaine mallinnetaan puristavana pistekuormana liimapuupalkille. Yhdelle liimapuupalkille saadaan puristava voima  $19,8 \text{ kN}$ .



Kuva 12. Liikennekuorman maanpaine pistekuormina palkeille.

### Pituussuuntainen kuorma.

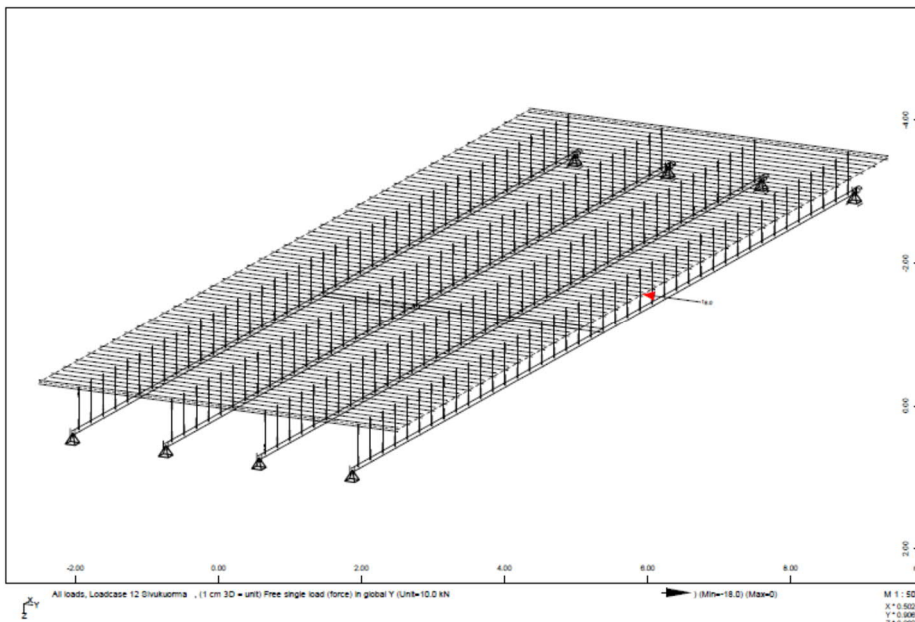
$Q_{flk}$  96kN. Mallinnetaan sillan suuntaisena pintakuormana kannen puolikkaalle  $(96/(5,850 \cdot 4,35) \text{ kN/m}^2)$   $3,8 \text{ kN/m}^2$ .



Kuva 13. Pituussuuntainen kuorma pinta-alakuormana kannelle.

### Sivukuorma.

Sivukuorma mallinnetaan pistekuormana kansilankuille.  $F=24 \text{ kN}$   $(0,25 \cdot 96 \text{ kN})$ . Kuorma voi sijaita palkin keskellä tai päädyssä.



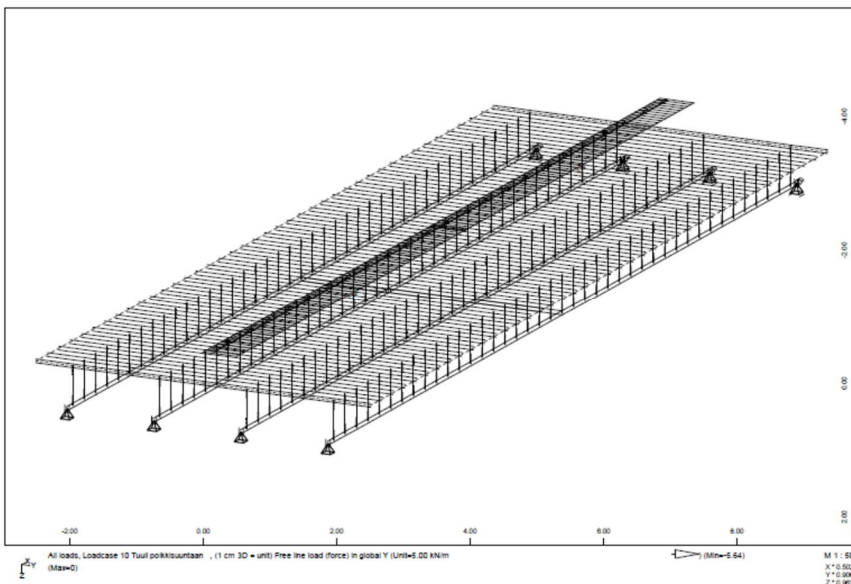
Kuva 14. Poikittainen kuorma pistekuormana kansilankuille. Pistekuorma vaikuttaa vaihtoehtoisesti kannen toisessa päädyissä tai keskellä.

#### A.5.2.4 Muut muuttuvat kuormat

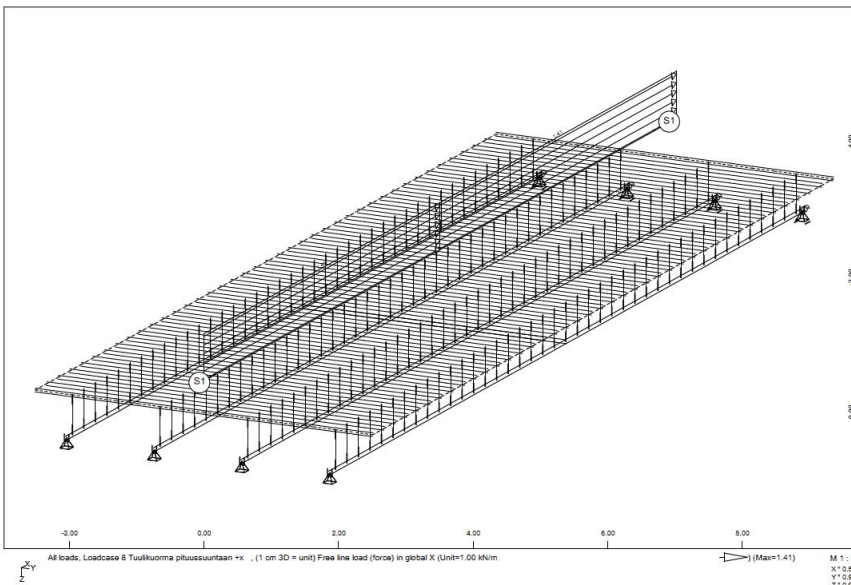
##### Tuulikuorma.

Kannen etäisyys maanpinnasta oletetaan olevan alle 20m ja maastoluokka II. Tuulikuorma mallinnetaan sillan kannelle poikkisuuntaisena viivakuormana 2,2 kN/m, mallinnetulle pinnalle. Kuorman epäkeskisyys pystysuunnassa kannen keskilinjalta on 0,23m.

Pituussuuntainen tuulikuorma mallinnetaan sillan kannelle, pituussuuntaisena viivakuormana 0,5 kN/m, mallinnetulle pinnalle. Kuorman epäkeskisyys pystysuunnassa kannen keskilinjalta on 0,23m.



Kuva 15. Poikkisuuntainen tuulikuorma viivakuormana mallinnetulle pinnalle.



Kuva 16. Pituussuuntaisen tuulikuorma pituussuuntaisena viivakuormana mallinnetulle pinnalle.

**Lämpötilanmuutos:**

Oletetaan, että puukannen lämpöliike vastaa NCCI1 kohdan D.6.1 mukaista päällysrakennetyypin 2 eli teräs-betoni-liittorakennetta, mistä seuraa, että sillan pään lämpöliikkeen suuruudeksi oletetaan 32 C:n lämpötilan nousua vastaava siirtymä (Sillan geotekninen suunnittelu 4.6.2). Koska sillan kansi pyrkii laajentuessaan kiertämään maatukea alanurkan ympäri, oletetaan, että passiivipaineen suuruus on puolet pienempi, kuin sellaisessa tilanteessa, jossa maatuen liike olisi pelkkää translaatiota (ei kiertymää). Jousivoimalla 285824kN/m, palkin pään siirtymä on 0,96 mm ja puristava normaalivoima  $N_x$  on 260kN, josta puolet 130 kN kohdistetaan pääpalkeille

**Kosteudenmuutos:**

Eurokoodin soveltamisohjeen NCCI5:n mukaan tasapainokosteuden saavuttaneen puun kosteuden ohjeellinen vaihtelu suolakyllästettynä on +/- 3% käyttöluokassa 2. Kosteudenmuutos otetaan huomioon mallissa antamalla liimapuupalkeille kosteudenmuutosta vastaava lämpötilamuutos. Kosteudenmuutosta +/- 3% vastaava lämpötilamuutos on +/- 60°C. Positiivisen kosteudenmuutoksen aiheuttama pituudenmuutos palkeille on 3,6 mm. Kun huomioidaan viruma, saadaan vastaavasti lämpötilamuutos +/- 30°C ja pituudenmuutos 1,8 mm. Jousivoimalla 285824kN/m, palkin pään siirtymä on 0,90 mm ja puristava normaalivoima  $N_x$  on 255kN, josta puolet 128 kN kohdistetaan pääpalkeille, koska maatuki pyrkii kiertymään alanurkan ympäri.

**Onnettomuuskuorma:**

Koska sillan alapuolista liikennettä ei oleteta olevan, niin törmäyskuormaa sillan kanteen tai alusrakenteisiin ei lasketa.

Kannen onnettomuusyhdistelmässä kuormana käytetään telikuormaa, jossa akselien väli on 1,2 m ja renkaiden väli leveyssuunnassa on 2 m. Telin kokonaiskuorma on 260 kN.

### A.5.3 Kuormien yhdistely

NCCI1 liitteen 1 taulukot: Taulukko 1 : kevyenliikenteen sillat - murtorajatila ja Taulukko 2: kevyenliikenteen sillat – käyttörajatilat ja onnettomuusyhdistely.

Taulukko 2. FEM-mallissa käytetyt kuormitustapaukset.

Peruskuormitukset	
Kuormitustapauksen numero	Kuormitus
1	Oma paino ja lepomaanpaine
2	Kulutuslankutus
3	Lämpölaajeneminen
4	Kosteuslaajeneminen
5	Tuulikuorma poikkisuuntaan -Y
6	Tuulikuorma poikkisuuntaan +Y
7	Tuulikuorma pituussuuntaan -X
8	Tuulikuorma pituussuuntaan +X
9	Sivukuorma -Y Tuki 1
10	Sivukuorma +Y Tuki 1
11	Sivukuorma -Y Keskellä
12	Sivukuorma +Y Keskellä
13	Sivukuorma -Y Tuki 2
14	Sivukuorma +Y Tuki 2
15	Jarrukuorma pituussuuntaan -X
16	Jarrukuorma pituussuuntaan +X
17	Liikenteen maanpaine -X
18	Liikenteen maanpaine +X
19	Ruuhkuorma kaistalla 1
20	Ruuhkuorma kaistalla 2
21	Ruuhkuorma kaistalla 3
22	Ruuhkuorma kaistalla 4
23	Ruuhkuorma kaistalla 5
24-228	Huoltoajoneuvo
229-435	Onnettomuus akselit

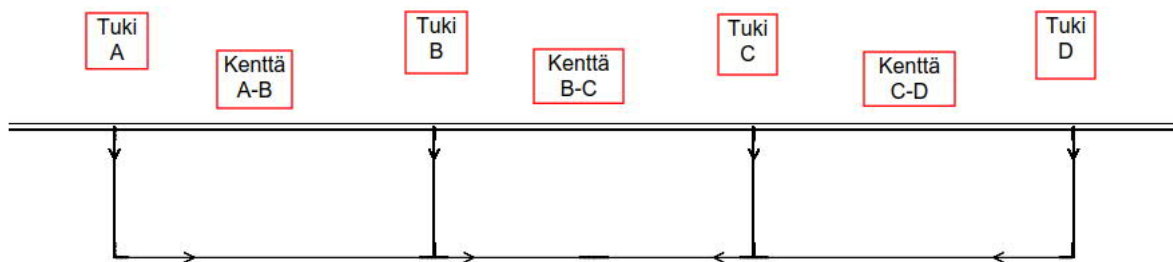
Taulukko 3. Yhdistelyjen verhoikäyrät.

Yhdistelyjen verhoikäyrät	
Merkinnät NCCI 1 yhdistelytaulukoiden mukaan	
Murtorajatila	
1001-1012	MRT verhoikäyrä
5001-5012	MRT_1
6001-6012	MRT_2
7001-7012	MRT_4
Ominaisyhdistelmät	
1051-1062	KRT_a verhoikäyrä
8001-8012	KRT_1a
9001-9012	KRT_2a
10001-10012	KRT_4a
Lopputilan taipuma	
1101-1112	KRT_a lopputilan taipuman verhoikäyrä
11001-11012	KRT_1a lopputilan taipuma
12001-12012	KRT_2a lopputilan taipuma
Onnettomuusyhdistelmä	
13001-13012	Ad
Taipuma	
15001-15012	Pysyvän kuorman hetkellinen taipuma
Taipuma	
16001-16012	Tasaisen liikennekuorman hetkellinen taipuma

## A.5.4 Määräävimmat voimasuureet ja siirtymät

### A.5.4.1 Kannen syrjälankkujen voimasuureet.

Kannen tuet ja kentät





Taulukko 4. Kannen mitoittavat voimasuureet.

Leikkausvoima	Kenttä A-B
	kN
Omapaino	-0.48
Pintakuorma, q <sub>fk</sub>	-0.54
Huoltoajoneuvo, Q <sub>serv</sub>	-47.30
Tuulikuorma, F <sub>wk</sub> , poikkisuuntaan	-0.16
Tuulikuorma, F <sub>wk</sub> , pituussuuntaan	0.00
Sivukuorma	-0.17
Jarrukuorma	0.00
Määäävä kuormitusyhdistely:	
KRT2a:	-47.90
Määäävä kuormitusyhdistely:	
MRT2:	-64.60
Momentti	Tuki A
Omapaino	-0.12
Pintakuorma, q <sub>fk</sub>	-0.43
Huoltoajoneuvo, Q <sub>serv</sub>	-11.20
Tuulikuorma, F <sub>wk</sub> , poikkisuuntaan	-0.14
Tuulikuorma, F <sub>wk</sub> , pituussuuntaan	0.00
Sivukuorma	-0.10
Jarrukuorma	0.00
Määäävä kuormitusyhdistely:	
KRT2a:	-11.40
Määäävä kuormitusyhdistely:	
MRT2:	-15.30
Onnettomuusyhdistely	
Leikkausvoima	Tuki B
	kN
Onnettomuusyhdistely:	
Ad1:	-51.00
Momentti	Kenttä A-B
	kNm
Onnettomuusyhdistely:	
Ad1:	12.70

## A.5.4.2 Palkin voimasuureet.

Taulukko 5. Reunimmaisen palkin mitoittavat voimasuureet.

Reunimmaisat palkit	
Leikkausvoima, Vz	
Tukivoima	Tuki
	kN
Omapaino	19.29
Pintakuorma, qfk	35.13
Huoltoajoneuvo, Q.serv	87.96
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuunta	1.30
Tuulikuorma, F,wk	0.06
Sivukuorma	1.89
Jarrukuorma	0.92
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	0.00
Liikennekuorman maanpaine	0.00
Maaraava kuormitusyhdistely:	
KRT2a:	110.5
Maaraava kuormitusyhdistely:	
MRT2:	147.3
Momentti, My	Kenttä
	kNm
Omapaino	56.61
Pintakuorma, qfk	114.87
Huoltoajoneuvo, Q.serv	224.74
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuunta	0.27
Tuulikuorma, F,wk	0.00
Sivukuorma	0.66
Jarrukuorma	4.97
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	0.00
Liikennekuorman maanpaine	0.00
Maaraava kuormitusyhdistely:	
KRT2a:	287.1
Maaraava kuormitusyhdistely:	
MRT2:	381.9
Taivutusmomenttia My vastaavat rasitukset:	
Normaalivoima, N	
	Kenttä
	kN
Maaraava kuormitusyhdistely:	
MRT2:	-142.0
Taivutusmomentti, Mz	
	Kenttä
	kNm
Maaraava kuormitusyhdistely:	
MRT2:	7.3
Onnettomuusyhdistely	
Leikkausvoima, Vz	
Tukivoima	Tuki
	kN
Onnettomuusyhdistely:	
Ad1:	156.7
Momentti, My	Kenttä
	kNm
Onnettomuusyhdistely:	
Ad1:	451.4

### A.5.4.3 Perustusten voimasuureet

Maanvaraisten perustusten voimasuureet, voimasuureet on laskettu peruslaatan keskelle.

Taulukko 6. Maanvaraisen perustuksen voimasuureet.

Ominaisarvot											
Kuorma		F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	ψ <sub>0</sub>	γ	e <sub>x</sub> [m]	e <sub>y</sub> [m]
Omapaino				74.80		38.52		1.00	1,25/0,9	0.52	
Perustukset				699.94		-191.78		1.00	1,25/0,9	-0.27	
Pintakuorma, q <sub>fk</sub>											
R <sub>max</sub>				149.00		76.74		1/0.4	0/1,35	0.52	
M <sub>max</sub>				52.90	85.22	27.24	2.02	1/0.4	0/1,35	0.52	1.61
R <sub>min</sub>											
Huoltoajoneuvo, Q <sub>serv</sub>											
R <sub>max</sub>		1.00		142.40	248.23	73.34	4.24	1.00	0/1,35	0.52	1.74
M <sub>max</sub>		1.00		142.40	248.23	73.34	4.24	1.00	0/1,35	0.52	1.74
R <sub>min</sub>											
Tuulikuorma, F <sub>wk</sub> , poikkisuuntaan			13.10		5.97		26.44	0.30	1.50		
Tuulikuorma, F <sub>wk</sub> , pituussuuntaan	6.60			0.30		0.15		0.30	1.50	0.52	
Sivukuorma			23.30		10.60		35.39	1/0.4	1.50		
Jarrukuorma						1.91		1/0.4	1.50	0.52	
Lampotila-/kosteuslaajentuma	96.00			3.70				1/0.6	1.50		
Liikennekuorman maanpaine	39.60							0.40	1.50		

KRT_1a											
Kuorma		ψ <sub>0</sub>	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	e <sub>x</sub> [m]	e <sub>y</sub> [m]	
Omapaino		1.00			74.80		38.52		0.52		
Perustukset		1.00			699.94		-191.78		-0.27		
Pintakuorma, q <sub>fk</sub>											
R <sub>max</sub>	1.00				149.00		76.74		0.52		
M <sub>max</sub>											
R <sub>min</sub>											
Huoltoajoneuvo, Q <sub>serv</sub>											
R <sub>max</sub>											
M <sub>max</sub>											
R <sub>min</sub>											
Tuulikuorma, F <sub>wk</sub> , poikkisuuntaan	0.30			3.93		1.79		7.93			
Tuulikuorma, F <sub>wk</sub> , pituussuuntaan	0.30	1.98			0.09		0.05		0.52		
Sivukuorma	1.00			23.30		10.60		35.39			
Jarrukuorma	1.00		96.00		3.70		1.91		0.52		
Lampotila-/kosteuslaajentuma	0.60										
Liikennekuorman maanpaine	0.40		15.84								

MRT_1											
Kuorma		γ	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	e <sub>x</sub> [m]	e <sub>y</sub> [m]	
Omapaino		1.25			93.50		48.15		0.52		
Perustukset		1.25			874.93		-239.73		-0.27		
Pintakuorma, q <sub>fk</sub>											
R <sub>max</sub>	1.35				201.15		103.59		0.52		
M <sub>max</sub>											
R <sub>min</sub>											
Huoltoajoneuvo, Q <sub>serv</sub>											
R <sub>max</sub>											
M <sub>max</sub>											
R <sub>min</sub>											
Tuulikuorma, F <sub>wk</sub> , poikkisuuntaan	1.50			5.90		2.69		11.90			
Tuulikuorma, F <sub>wk</sub> , pituussuuntaan	1.50	2.97			0.14		0.07		0.52		
Sivukuorma	1.35		31.46		14.31		47.78				
Jarrukuorma	1.35	129.60			5.00		2.57		0.52		
Lampotila-/kosteuslaajentuma	1.50										
Liikennekuorman maanpaine	1.50	23.76									

KRT_2a											
Kuorma		ψ <sub>0</sub>	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	e <sub>x</sub> [m]	e <sub>y</sub> [m]	
Omapaino		1.00			74.80		38.52		0.52		
Perustukset		1.00			699.94		-191.78		-0.27		
Pintakuorma, q <sub>fk</sub>											
R <sub>max</sub>											
M <sub>max</sub>											
R <sub>min</sub>											
Huoltoajoneuvo, Q <sub>serv</sub>											
R <sub>max</sub>											
M <sub>max</sub>	1.00		1.00		142.40	248.23	73.34	4.24	0.52	1.74	
R <sub>min</sub>											
Tuulikuorma, F <sub>wk</sub> , poikkisuuntaan	0.30			3.93		1.79		7.93			
Tuulikuorma, F <sub>wk</sub> , pituussuuntaan	0.30	1.98			0.09		0.05		0.52		
Sivukuorma	1.00			23.30		10.60		35.39			
Jarrukuorma	1.00		96.00		3.70		1.91		0.52		
Lampotila-/kosteuslaajentuma	0.60										
Liikennekuorman maanpaine	0.40		15.84								

MRT_2											
Kuorma		γ	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	e <sub>x</sub> [m]	e <sub>y</sub> [m]	
Omapaino		1.25			93.50		48.15		0.52		
Perustukset		1.25			874.93		-239.73		-0.27		
Pintakuorma, q <sub>fk</sub>											
R <sub>max</sub>											
M <sub>max</sub>											
R <sub>min</sub>											
Huoltoajoneuvo, Q <sub>serv</sub>											
R <sub>max</sub>											
M <sub>max</sub>	1.35		1.35		192.24	335.11	99.00	5.72	0.52	1.74	
R <sub>min</sub>											
Tuulikuorma, F <sub>wk</sub> , poikkisuuntaan	1.50			5.90		2.69		11.90			
Tuulikuorma, F <sub>wk</sub> , pituussuuntaan	1.50	2.97			0.14		0.07		0.52		
Sivukuorma	1.35		31.46		14.31		47.78				
Jarrukuorma	1.35	129.60			5.00		2.57		0.52		
Lampotila-/kosteuslaajentuma	1.50										
Liikennekuorman maanpaine	1.50	23.76									

Paalutettujen perustusten voimasuureet

Taulukko 7. Paalutetun perustuksen voimasuureet.

Ominaisarvot											
Kuorma		F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	ψ <sub>0</sub>	γ	e <sub>x</sub> [m]	e <sub>y</sub> [m]
Omapaino				74.80		31.04		1.00	1,25/0,9	0.42	
Perustukset				370.71		-81.19		1.00	1,25/0,9	-0.22	
Pintakuorma, q <sub>fk</sub>											
R <sub>max</sub>				149.00		61.84		1/0.4	0/1,35	0.42	
M <sub>max</sub>				52.90	85.22	21.95	2.02	1/0.4	0/1,35	0.42	1.61
R <sub>min</sub>											
Huoltoajoneuvo, Q <sub>serv</sub>											
R <sub>max</sub>		1.00		142.40	248.23	59.10	4.24	1.00	0/1,35	0.42	1.74
M <sub>max</sub>		1.00		142.40	248.23	59.10	4.24	1.00	0/1,35	0.42	1.74
R <sub>min</sub>											
Tuulikuorma, F <sub>wk</sub> , poikkisuuntaan			13.10		5.97		26.44	0.30	1.50		
Tuulikuorma, F <sub>wk</sub> , pituussuuntaan	6.60			0.30		0.12		0.30	1.50	0.42	
Sivukuorma			23.30		10.60		35.39	1/0.4	1.50		
Jarrukuorma						1.54		1/0.4	1.50	0.42	
Lampotila-/kosteuslaajentuma	96.00			3.70				1/0.6	1.50		
Liikennekuorman maanpaine	39.60							0.40	1.50		

KRT_1a										
Kuorma			F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	e <sub>x</sub>	e <sub>y</sub>
	ψ <sub>0</sub>		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[m]	[m]
Omapaino	1.00				74.80		31.04		0.42	
Perustukset	1.00				370.71		-81.19		-0.22	
Pintakuorma, qfk										
Rmax	1.00				149.00		61.84		0.42	
Mmax										
Rmin										
Huoltoajoneuvo, Q.serv										
Rmax										
Mmax										
Rmin										
Tuulikuorma, F.wk, poikkisuuntaan	0.30			3.93		1.79		7.93		
Tuulikuorma, F.wk, pituussuuntaan	0.30	1.98			0.09		0.04		0.42	
Sivukuorma	1.00			23.30		10.60		35.39		
Jarrukuorma	1.00	96.00			3.70		1.54		0.42	
Lämpötila-/kosteuslaajentuma	0.60									
Liikennekuorman maanpaine	0.40	15.84								

MRT_1										
Kuorma			F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	e <sub>x</sub>	e <sub>y</sub>
	γ		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[m]	[m]
Omapaino	1.25				93.50		38.80		0.42	
Perustukset	1.25				463.39		-101.48		-0.22	
Pintakuorma, qfk										
Rmax	1.35				201.15		83.48		0.42	
Mmax										
Huoltoajoneuvo, Q.serv										
Rmax										
Mmax										
Rmin										
Tuulikuorma, F.wk, poikkisuuntaan	1.50			5.90		2.69		11.90		
Tuulikuorma, F.wk, pituussuuntaan	1.50	2.97			0.14		0.06		0.42	
Sivukuorma	1.35			31.46		14.31		47.78		
Jarrukuorma	1.35	129.60			5.00		2.07		0.42	
Lämpötila-/kosteuslaajentuma	1.50									
Liikennekuorman maanpaine	1.50	23.76								

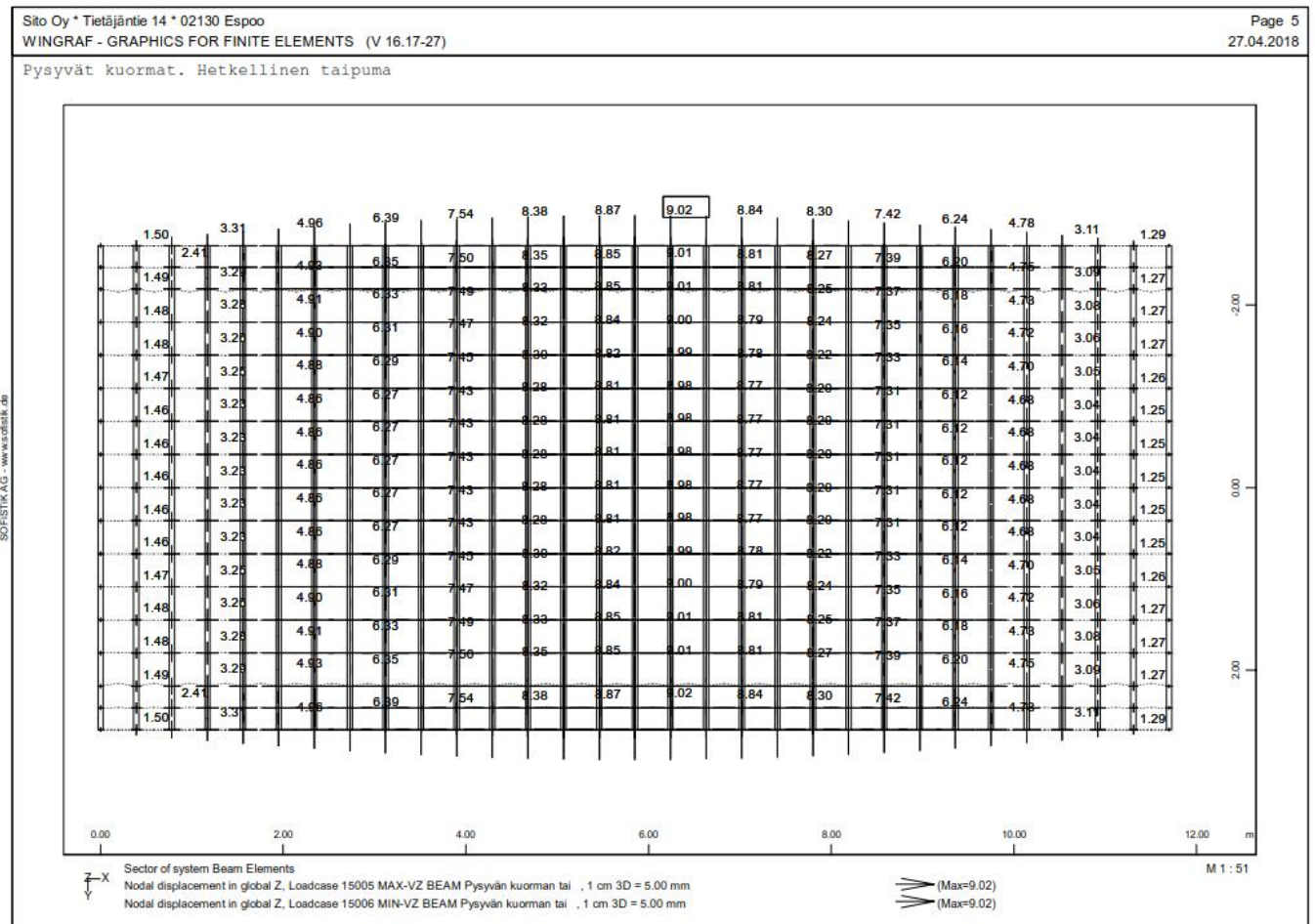
KRT_2a										
Kuorma			F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	e <sub>x</sub>	e <sub>y</sub>
	ψ <sub>0</sub>		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[m]	[m]
Omapaino	1.00				74.80		31.04		0.42	
Perustukset	1.00				370.71		-81.19		-0.22	
Pintakuorma, qfk										
Rmax										
Mmax										
Rmin										
Huoltoajoneuvo, Q.serv										
Rmax	1.00			1.00	142.40	248.23	59.10	4.24	0.42	1.74
Mmax										
Rmin										
Tuulikuorma, F.wk, poikkisuuntaan	0.30			3.93		1.79		7.93		
Tuulikuorma, F.wk, pituussuuntaan	0.30	1.98			0.09		0.04		0.42	
Sivukuorma	1.00			23.30		10.60		35.39		
Jarrukuorma	1.00	96.00			3.70		1.54		0.42	
Lämpötila-/kosteuslaajentuma	0.60									
Liikennekuorman maanpaine	0.40	15.84								

MRT_2										
Kuorma			F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	F <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	e <sub>x</sub>	e <sub>y</sub>
	γ		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[m]	[m]
Omapaino	1.25				93.50		38.80		0.42	
Perustukset	1.25				463.39		-101.48		-0.22	
Pintakuorma, qfk										
Rmax										
Mmax										
Rmin										
Huoltoajoneuvo, Q.serv										
Rmax	1.35			1.35	192.24	335.11	79.78	5.72	0.42	1.74
Mmax										
Rmin										
Tuulikuorma, F.wk, poikkisuuntaan	1.50			5.90		2.69		11.90		
Tuulikuorma, F.wk, pituussuuntaan	1.50	2.97			0.14		0.06		0.42	
Sivukuorma	1.35			31.46		14.31		47.78		
Jarrukuorma	1.35	129.60			5.00		2.07		0.42	
Lämpötila-/kosteuslaajentuma	1.50									
Liikennekuorman maanpaine	1.50	23.76								

### A.5.4.4 Taipumat

Taipumat käyttörajatiloissa.

Taipumat. Pysyvän kuorman lopputilan taipuma.



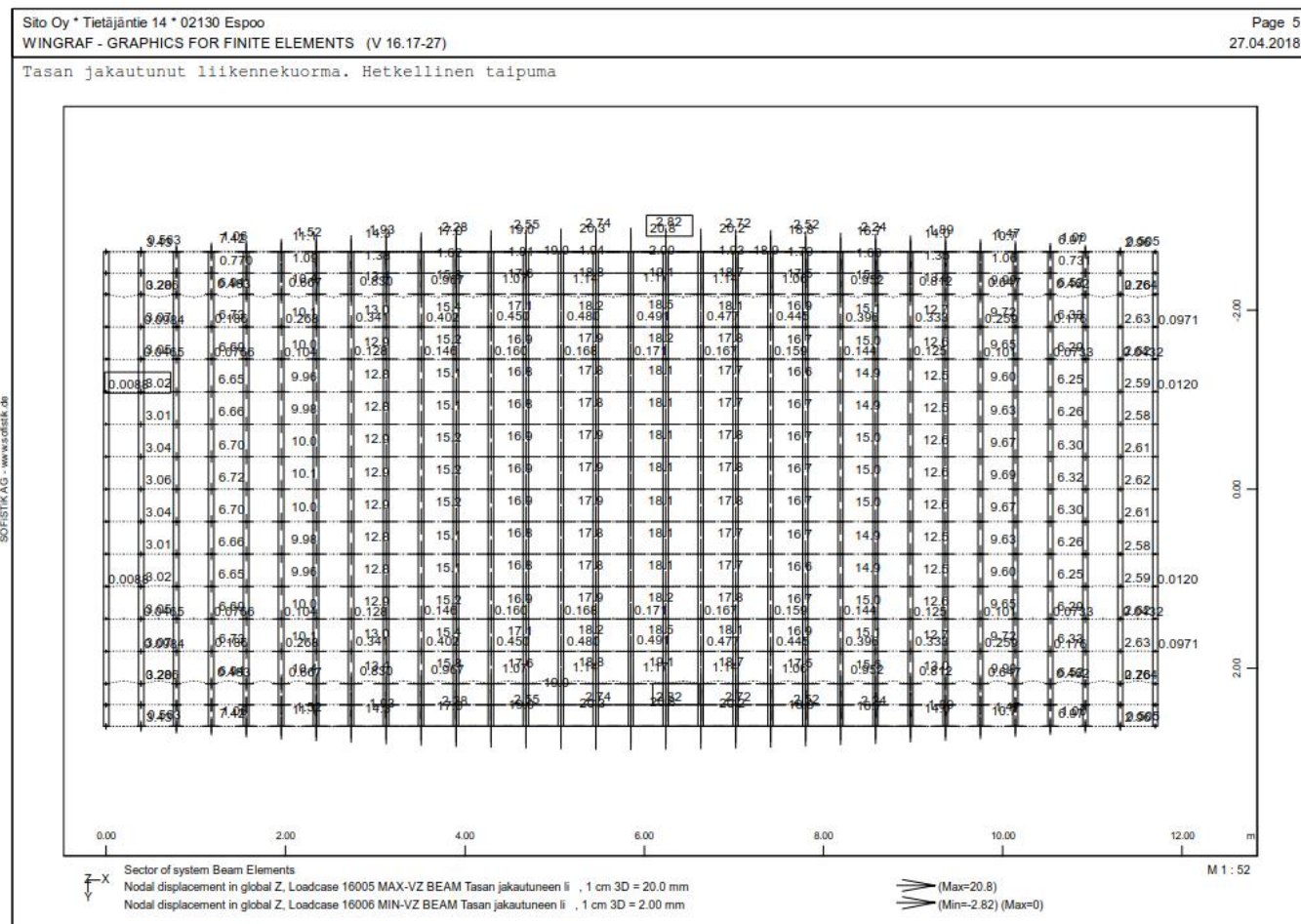
Taipumat z-suuntaan: Loadcase 15005 MAX-Vz BEAM maksimi taipuma 9,0 mm

Loppumuodonmuutoksen kuormakohtainen lauseke pysyvälle kuormalle NCCI5 2.2.3 mukaan on

$$u_{fin.G} = u_{inst.G} * (1 + k_{def}) = 9,0 \text{ mm} * (1 + 2) = 27,0 \text{ mm}$$

Taipuma on laskettu käyttäen kimmo-, liuku- ja siirtymäkertoimien keskiarvoja E.mean, G.mean ja K.ser.

Taipumat. Tasaisesti jakautuneen liikennekuorman aiheuttama hetkellinen taipuma.



Taipumat z-suuntaan: Loadcase 16005 MAX-Vz BEAM maksimi taipuma 20,8 mm

Tasaisesti jakautuneen liikennekuorman tavallisen arvon aiheuttama hetkellinen taipuma on

$$w_{\text{inst.gr1}} = 20,8 \text{ mm} * 0,4 = 8,3 \text{ mm}$$

Taipuma on laskettu käyttäen kimmo-, liuku- ja siirtymäkertoimien keskiarvoja E.mean, G.mean ja K.ser.

## A.5.5 Suuruusluokkatarkastelu

Kuormienannon suuruusluokan tarkistaminen. Verrataan käsinlaskennalla saatuja tukireaktioita FEM tuloksista saatuihin.

Taulukko 8. Tukireaktioiden vertailu käsin ja FEM laskennan välillä.

Vertailu:								
Tukireaktiot pysyvistäkuormista:	b [m]	h [m]	L [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	kpl	KN		
Kansi	5.30	0.15	12.00	6.00	1.00	57.24		
Pintarakenne	5.00	0.05	12.00	6.00	1.00	18.00		
Palkki	0.22	0.77	12.00	6.00	4.00	47.37		
Kiepahdustuki	0.14	0.72	4.31	6.00	1.00	2.61		
Kaiteet ja törmäyspalkki			12.00	1.00	2.00	24.00		
Yhteensä:						149.22		
Fem:						150.30		
ero						0.72%		
Tukireaktiot							Fem:	ero
	F [kN/m]		L [m]			[kN]		
Tuulikuorma poikkisuuntaan -Y	2.2		12			26.4	26.4	0.00%
Tuulikuorma poikkisuuntaan +Y	2.2		12			26.4	26.4	0.00%
Tuulikuorma pituussuuntaan -X	0.55		12			6.6	6.6	0.00%
Tuulikuorma pituussuuntaan +X	0.55		12			6.6	6.6	0.00%
Sivukuorma -Y Tuki 1	24					24	24	0.00%
Sivukuorma +Y Tuki 1	24					24	24	0.00%
Sivukuorma -Y Keskellä	24					24	24	0.00%
Sivukuorma +Y Keskellä	24					24	24	0.00%
Sivukuorma -Y Tuki 2	24					24	24	0.00%
Sivukuorma +Y Tuki 2	24					24	24	0.00%
Jarrukuorma pituussuuntaan -X	96					96	96	0.00%
Jarrukuorma pituussuuntaan +X	96					96	96	0.00%
Liikenteen maanpaine -X	39.6					39.6	39.6	0.00%
Liikenteen maanpaine +X	39.6					39.6	39.6	0.00%
	b [m]		L [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>2</sup> ]		[kN]		
Ruuhkakuorma	5		12	5		300	300	0.00%
Akselikuorma huoltoajoneuvo	160					160	160	0.00%
Onnettomuus telikuorma	260					260	260	0.00%

Erot alle 3%, joten voidaan hyväksyä FEM tulokset.

FEM laskennan kuormitusyhdistelyiden tarkistaminen. Verrataan käsin yhdistelemällä saatuja arvoja FEM tuloksiin.

Taulukko 9. FEM laskennan kuormitusyhdistelyjen tarkistus.

Reunimmainen palkki elementti 20145, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_1a_max		MRT_1_max			
	kNm	$\psi_0$	kNm	$\psi_0$	$\gamma$	$\psi_0 \cdot \gamma$	kNm
Omapaino	113,70	1	113,70	1	1,25	1,25	142,13
Pintakuorma, qfk	243,80	1	243,80	1	1,35	1,35	329,13
Huoltoajoneuvo, Q.serv	290,30	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	0,94	0,3	0,28	0,3	1,5	0,45	0,42
Tuulikuorma, F,wk	0,02	0,3	0,01	0,3	1,5	0,45	0,01
Sivukuorma	1,16	1	1,16	1	1,35	1,35	1,57
Jarrukuorma	7,05	1	7,05	1	1,35	1,35	9,52
Määrävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_1a_max					
KRT:	366,00		366,00				
Määrävä kuormitusyhdistely:	MRT_1_max						MRT_1_max
MRT:	482,77						482,77
Ero Fem:iin			0,00 %				0,00 %
Reunimmainen palkki elementti 20145, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_1a_min		MRT_1_min			
	kNm	$\psi_0$	kNm	$\psi_0$	$\gamma$	$\psi_0 \cdot \gamma$	kNm
Omapaino	113,70	1	113,70	1	0,9	0,9	102,33
Pintakuorma, qfk	-25,31	1	-25,31	1	1,35	1,35	-34,17
Huoltoajoneuvo, Q.serv	-14,65	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	-0,94	0,3	-0,28	0,3	1,5	0,45	-0,42
Tuulikuorma, F,wk	-0,02	0,3	-0,01	0,3	1,5	0,45	-0,01
Sivukuorma	-0,98	1	-0,98	1	1,35	1,35	-1,32
Jarrukuorma	6,72	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Määrävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_1a_min					
KRT:	87,12		87,12				
Määrävä kuormitusyhdistely:	MRT_1_min						MRT_1_min
MRT:	66,41						66,41
Ero Fem:iin			0,00 %				-0,01 %



Kansi elementti 10298, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_2a_max		MRT_2_max			
	kNm	$\psi_0$	kNm	$\psi_0$	$\gamma$	$\psi_0 * \gamma$	kNm
Omapaino	-0,05	1	-0,05	1	0,9	0,9	-0,05
Pintakuorma, qfk	0,36	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Huoltoajoneuvo, Q.serv	3,14	1	3,14	1	1,35	1,35	4,24
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	0,06	0,3	0,02	0,3	1,5	0,45	0,03
Tuulikuorma, F,wk	0,00	0,3	0,00	0,3	1,5	0,45	0,00
Sivukuorma	-0,01	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Jarrukuorma	0,00	1	0,00	1	1,35	1,35	0,00
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	0,00	0,6	0,00	0,6	1,50	0,9	0,00
Liikennekuorman maanpaine	0,00	0	0,00	0,4	1,50	0,6	0,00
Määräävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_2a_max					
KRT:	3,13		3,11				
Määräävä kuormitusyhdistely:	MRT_2_max						MRT_2_max
MRT:	4,24						4,22
Ero Fem:iin			-0,71 %				-0,45 %
Kansi elementti 10298, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_2a_min		MRT_2_min			
	kNm	$\psi_0$	kNm	$\psi_0$	$\gamma$	$\psi_0 * \gamma$	kNm
Omapaino	-0,05	1	-0,05	1	1,25	1,25	-0,06
Pintakuorma, qfk	-0,28	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Huoltoajoneuvo, Q.serv	-0,42	1	-0,42	1	1,35	1,35	-0,57
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	-0,06	0,3	-0,02	0,3	1,5	0,45	-0,03
Tuulikuorma, F,wk	0,00	0,3	0,00	0,3	1,5	0,45	0,00
Sivukuorma	-0,01	1	-0,01	1	1,35	1,35	-0,01
Jarrukuorma	0,00	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	0,00	0,6	0,00	0,6	1,50	0,9	0,00
Liikennekuorman maanpaine	0,00	0	0,00	0,4	1,50	0,6	0,00
Määräävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_2a_min					
KRT:	-0,50		-0,50				
Määräävä kuormitusyhdistely:	MRT_2_min						MRT_2_min
MRT:	-0,67						-0,67
Ero Fem:iin			-0,40 %				0,00 %

Kiepahdustuki elementti 1, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_2a_max		MRT_2_max			
	kNm	$\psi_0$	kNm	$\psi_0$	$\gamma$	$\psi_0 * \gamma$	kNm
Omapaino	-3,26	1	-3,26	1	0,9	0,9	-2,93
Pintakuorma, qfk	13,33	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Huoltoajoneuvo, Q.serv	23,51	1	23,51	1	1,35	1,35	31,74
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	0,34	0,3	0,10	0,3	1,5	0,45	0,15
Tuulikuorma, F,wk	0,00	0,3	0,00	0,3	1,5	0,45	0,00
Sivukuorma	1,28	1	1,28	1	1,35	1,35	1,73
Jarrukuorma	-0,40	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	0,00	0,6	0,00	0,6	1,50	0,9	0,00
Liikennekuorman maanpaine	0,00	0	0,00	0,4	1,50	0,6	0,00
Määräävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_2a_max					
KRT:	21,64		21,63				
Määräävä kuormitusyhdistely:	MRT_2_max						MRT_2_max
MRT:	30,69						30,69
Ero Fem:iin			-0,04 %				-0,01 %
Kiepahdustuki elementti 1, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_2a_min		MRT_2_min			
	kNm	$\psi_0$	kNm	$\psi_0$	$\gamma$	$\psi_0 * \gamma$	kNm
Omapaino	-3,26	1	-3,26	1	1,25	1,25	-4,08
Pintakuorma, qfk	-12,39	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Huoltoajoneuvo, Q.serv	-7,76	1	-7,76	1	1,35	1,35	-10,48
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	-0,34	0,3	-0,10	0,3	1,5	0,45	-0,15
Tuulikuorma, F,wk	0,00	0,3	0,00	0,3	1,5	0,45	0,00
Sivukuorma	-0,80	1	-0,80	1	1,35	1,35	-1,08
Jarrukuorma	-0,40	1	-0,40	1	1,35	1,35	-0,54
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	0,00	0,6	0,00	0,6	1,50	0,9	0,00
Liikennekuorman maanpaine	0,00	0	0,00	0,4	1,50	0,6	0,00
Määräävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_2a_min					
KRT:	-12,32		-12,32				
Määräävä kuormitusyhdistely:	MRT_2_min						MRT_2_min
MRT:	-16,32						-16,32
Ero Fem:iin			0,02 %				0,02 %

Kiepahdustuki elementti 1, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_2a_max		MRT_2_max			
	kNm	$\psi_0$	kNm	$\psi_0$	$\gamma$	$\psi_0 * \gamma$	kNm
Omapaino	-3,26	1	-3,26	1	0,9	0,9	-2,93
Pintakuorma, qfk	13,33	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Huoltoajoneuvo, Q.serv	23,51	1	23,51	1	1,35	1,35	31,74
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	0,34	0,3	0,10	0,3	1,5	0,45	0,15
Tuulikuorma, F,wk	0,00	0,3	0,00	0,3	1,5	0,45	0,00
Sivukuorma	1,28	1	1,28	1	1,35	1,35	1,73
Jarrukuorma	-0,40	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	0,00	0,6	0,00	0,6	1,50	0,9	0,00
Liikennekuorman maanpaine	0,00	0	0,00	0,4	1,50	0,6	0,00
Määräävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_2a_max					
KRT:	21,64		21,63				
Määräävä kuormitusyhdistely:	MRT_2_max						MRT_2_max
MRT:	30,69						30,69
Ero Fem:iin			-0,04 %				-0,01 %
Kiepahdustuki elementti 1, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Momentti, My	Kenttä A-B	KRT_2a_min		MRT_2_min			
	kNm	$\psi_0$	kNm	$\psi_0$	$\gamma$	$\psi_0 * \gamma$	kNm
Omapaino	-3,26	1	-3,26	1	1,25	1,25	-4,08
Pintakuorma, qfk	-12,39	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Huoltoajoneuvo, Q.serv	-7,76	1	-7,76	1	1,35	1,35	-10,48
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	-0,34	0,3	-0,10	0,3	1,5	0,45	-0,15
Tuulikuorma, F,wk	0,00	0,3	0,00	0,3	1,5	0,45	0,00
Sivukuorma	-0,80	1	-0,80	1	1,35	1,35	-1,08
Jarrukuorma	-0,40	1	-0,40	1	1,35	1,35	-0,54
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	0,00	0,6	0,00	0,6	1,50	0,9	0,00
Liikennekuorman maanpaine	0,00	0	0,00	0,4	1,50	0,6	0,00
Määräävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_2a_min					
KRT:	-12,32		-12,32				
Määräävä kuormitusyhdistely:	MRT_2_min						MRT_2_min
MRT:	-16,32						-16,32
Ero Fem:iin			0,02 %				0,02 %

Reunimmainen palkki elementti 20145, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Normaalivoima, Nx	Kenttä A-B	KRT_4a_max		MRT_4_max			
	kNm	$\psi_0$	kNm	$\psi_0$	$\gamma$	$\psi_0 * \gamma$	kNm
Omapaino	-62,50	1	-62,50	1	0,9	0,9	-56,25
Pintakuorma, qfk	2,00	0,4	0,80	0	1,35	0	0,00
Huoltoajoneuvo, Q.serv	0,30	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	7,10	0,3	2,13	0,3	1,5	0,45	3,20
Tuulikuorma, F,wk	-1,70	0	0,00	0	1,5	0	0,00
Sivukuorma	9,00	0,4	3,60	0	1,35	0	0,00
Jarrukuorma	-20,80	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	-31,20	0	0,00	0	1,50	0	0,00
Liikennekuorman maanpaine	-31,20	0	0,00	0	1,50	0	0,00
Määräävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_4a_max					
KRT:	-56,00		-55,97				
Määräävä kuormitusyhdistely:	MRT_4_max						MRT_4_max
MRT:	-53,00						-53,06
Ero Fem:iin			-0,05 %				0,10 %
Reunimmainen palkki elementti 20145, x = 0 mm							
	FEM	Käsin: vastaavat yhdistelyt					
Normaalivoima, Nx	Kenttä A-B	KRT_4a_min		MRT_4_min			
	kNm	$\psi_0$	kNm	$\psi_0$	$\gamma$	$\psi_0 * \gamma$	kNm
Omapaino	-62,50	1	-62,50	1	1,25	1,25	-78,13
Pintakuorma, qfk	-2,00	0,4	-0,80	0	1,35	0	0,00
Huoltoajoneuvo, Q.serv	-3,30	0	0,00	0	1,35	0	0,00
Tuulikuorma, F,wk, poikkisuuntaan	-7,10	0,3	-2,13	0,3	1,5	0,45	-3,20
Tuulikuorma, F,wk	-1,30	0,3	-0,39	0,3	1,5	0,45	-0,59
Sivukuorma	-7,30	0,4	-2,92	0	1,35	0	0,00
Jarrukuorma	-23,70	0,4	-9,48	0	1,35	0	0,00
Lämpötila- ja kosteuslaajeneminen	-39,00	1	-39,00	1	1,50	1,5	-58,50
Liikennekuorman maanpaine	-31,20	0,4	-12,48	0,4	1,50	0,6	-18,72
Määräävä kuormitusyhdistely:	0,00	KRT_4a_min					
KRT:	-129,80		-129,70				
Määräävä kuormitusyhdistely:	MRT_4_min						MRT_4_min
MRT:	-159,30						-159,13
Ero Fem:iin			-0,08 %				-0,11 %

Erot alle 1%, joten voidaan hyväksyä FEM tulokset.

## A.6 RAKENNEOSIEN MITOITUKSEN TIIVISTELMÄ

### A.6.1 Päällysrakenne

Pääpalkeista on tarkastettu taivutus keskellä jännettä MRT:ssä, missä on huomioitu kiepahdus, taivutus ja nurjahdus, kiepahdus ja nurjahdus sekä taivutus ja puristus. Lisäksi on tehty leikkaus- ja leimapainetarkastelut palkkien päissä MRT:ssä sekä taipuma- ja värähtelytarkastelut.

Kiepahdustuista on tarkastettu leikkauskestävyys.

Kansilankuista on tarkastettu taivutus-, leikkaus- ja leimapainekestävyys.

#### A.6.1.1 Puinen päällysrakenne

##### A.6.1.1.1 Kansilankkujen mitoitus:

**Lankkujen rasitukset:** Murtorajatila MRT

taivutusmomentti

$$M_d := 15.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

leikkausvoima

$$V_d := 64.6 \text{ kN}$$

tukivoima

$$F_d := V_d - 0.9 \text{ kN} \quad F_d = 63.7 \text{ kN}$$

**Kannen taivutusvastus:**

$$b_{\text{eff}} := n \cdot b_{\text{lankku}} = 0.39 \text{ m}$$

$$W_{\text{kansi}} := \frac{b_{\text{eff}} \cdot h_{\text{lankku}}^2}{6} = 1.463 \times 10^{-3} \cdot \text{m}^3$$

**Taivutusjännitys:**

$$\sigma_{\text{m.y.d}} := \frac{M_d}{W_{\text{kansi}}} = 1.046 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{m.d.deck} = 2.117 \times 10^4 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$ehto := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{m.y.d} \leq f_{m.d.deck} \\ \text{"Taivutusjännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$käyttöaste := \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d.deck}} = 49.399 \cdot \%$$

#### Leikkausjännitys:

$$\tau_{v.d} := \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot (b_{eff} \cdot h_{lankku})} = 1.656 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$f_{v.d.deck} = 2.822 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{v.d} \leq f_{v.d.deck} \\ \text{"Leikkautuu"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{v.d}}{f_{v.d.deck}} = 58.662 \cdot \%$$

#### Leimapaine:

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_d}{b_{eff} \cdot b_{palkki}} = 759.315 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$f_{c.90.d} = 2.7 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{c.90.d} \leq f_{c.90.d} \\ \text{"Leimapaine ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{c.90.d}}{f_{c.90.d}} = 28.123 \cdot \%$$

#### A.6.1.1.2 Liimapuupalkin mitoitus:

##### Palkkien rasitukset: Murtorajatila MRT

taivutusmomentti

$$M_d := 381.9 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{d,z} := 7.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

normaalivoima

$$N_d := 142 \text{ kN}$$

leikkausvoima

$$V_d := 147.3 \text{ kN}$$

tukivoima

$$F_d := 147.3 \text{ kN}$$

##### Palkin jäyhyysmomentti:

$$I_{\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^3}{12} = 7.896 \times 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{m}^3$$

##### Palkin taivutusvastus:

$$W_{\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^2}{6} = 0.021 \cdot \text{m}^3$$

##### Taivutusjännitys: kiepahdus huomioitu

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.3.3

palkin tehollinen pituus:

NCCI 5: taulukko 7

$$l_{\text{ef}} := 0.5 \cdot L_{\text{palkki}} + 2 \cdot h_{\text{palkki}} = 7.522 \text{ m}$$

##### kriittinen taivutusjännitys:

$$c := 0.71$$

0.78 on havupuusahatavaralle ja siitävalmistetulle  
homogeeniselle liimapuulle

0.71 on liimapuun lujuusluokille GL24c, GL28c ja  
GL32c

0.67 on kerto-Q-LVL:lle

0.58 on kerto-S- ja kerto-T-LVL:lle

$$\sigma_{m.crit} := \frac{c \cdot b_{palkki}^2}{h_{palkki} \cdot l_{ef}} \cdot E_{0.05} = 6.192 \times 10^4 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

suhteellinen hoikkuus:

$$\lambda_{rel.m} := \sqrt{\frac{f_{m.k}}{\sigma_{m.crit}}} = 0.696$$

kiepahduskerroin:

$$k_{crit} := \begin{cases} 1 & \text{if } \lambda_{rel.m} \leq 0.75 \\ \frac{1}{\lambda_{rel.m}^2} & \text{if } \lambda_{rel.m} > 1.4 \\ 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{rel.m} & \text{otherwise} \end{cases} = 1$$

$$\sigma_{m.y.d} := \frac{M_d}{W_{palkki}} = 1.84 \times 10^4 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$\sigma_{m.z.d} := \frac{M_{d.z}}{W_{palkki}} = 351.776 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$k_{crit} \cdot f_{m.d} = 2.25 \times 10^4 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$ehto := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{m.y.d} \leq k_{crit} \cdot f_{m.d} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$käyttöaste := \frac{\sigma_{m.y.d}}{k_{crit} \cdot f_{m.d}} = 81.792 \cdot \%$$

**Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutus:**

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.3.3

puristusjännitys:

$$\sigma_{c.0.d} := \frac{N_d}{h_{palkki} \cdot b_{palkki}} = 867.891 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

nurjahduspituus:

$$L_c := l_{ef} = 7.522 \text{ m}$$



jäyhyysäde:

$$i_y := \sqrt{\frac{I_{\text{palkki}}}{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}}} = 0.22 \text{ m}$$

$$i_z := \sqrt{\frac{\frac{h_{\text{palkki}} \cdot b_{\text{palkki}}^3}{12}}{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}}} = 0.062 \text{ m}$$

hoikkuus:

$$\lambda_y := \frac{L_c}{i_y} = 34.24$$

$$\lambda_z := \frac{L_c}{i_z} = 121.195$$

suhteellinen hoikkuus:

$$\lambda_{\text{rel.y}} := \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 0.524$$

$$\lambda_{\text{rel.z}} := \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c.0.k}}{E_{0.05}}} = 1.856$$

nurjhduskerroin:

$$\beta_c := 0.1 \quad \begin{array}{l} 0.2 \text{ sahatavaralle ja} \\ 0.1 \text{ liima- ja kertopuulle} \end{array}$$

$$k_y := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel.y}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel.y}}^2 \right] = 0.649$$

$$k_z := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel.z}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel.z}}^2 \right] = 2.3$$

$$k_{c.y} := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel.y}}^2}} = 0.97$$

$$k_{c.z} := \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel.z}}^2}} = 0.273$$

**Puristetun ja taivutetun palkin kestävyys:** taivutus ja nurjahdus

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.3.3

$k_m := 0.7$  0.7 sahatavaran, liimapuun ja kertopuun suorakaidepoikkileikkauksilla. Muulloin 1.0

$$\frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \cdot f_{c.0.d}} = 0.756$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} = 0.876$$

$$\begin{aligned} \text{ehto} &:= \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \cdot f_{c.0.d}} \leq 1 \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"} \\ \text{ehto} &:= \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } k_m \cdot \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} \leq 1 \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"} \end{aligned}$$

**Puristetun ja taivutetun palkin kestävyys:** kiepahdus ja nurjahdus

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.3.3

$$\left( \frac{\sigma_{m.y.d}}{k_{crit} \cdot f_{m.d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \cdot f_{c.0.d}} = 0.838$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \left( \frac{\sigma_{m.y.d}}{k_{crit} \cdot f_{m.d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \cdot f_{c.0.d}} \leq 1 \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

**Taivutetun ja puristetun palkin kestävyys:** taivutus ja puristus

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.2.4

$$\frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \left( \frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} \right)^2 = 0.589$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \left( \frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} \right)^2 = 0.83$$

$$\begin{aligned}
 \text{ehto} &:= \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \left( \frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} \right)^2 \leq 1 \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"} \\
 \text{ehto} &:= \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } k_m \cdot \frac{\sigma_{m.z.d}}{f_{m.z.d}} + \frac{\sigma_{m.y.d}}{f_{m.d}} + \left( \frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} \right)^2 \leq 1 \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}
 \end{aligned}$$

### Leikkausjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.7

Halkeamien huomioituna:

Kerroin:

$$k_{cr} := 0.67 \quad 0,67 \text{ kun sauva on sahatavaraa tai liimapuuta}$$

Tehollinen leveys:

$$b_{\text{ef.palkki}} := k_{cr} \cdot b_{\text{palkki}} = 0.144 \text{ m}$$

$$\tau_{v,d} := \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot (b_{\text{ef.palkki}} \cdot h_{\text{palkki}})} = 2.016 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{v,d} = 2.625 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{v,d} \leq f_{v,d} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} = 76.783\%$$

### Leimapaine:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.5

tehollinen kosketuspinnan pituus:

$$l_k := \min \left( 30 \text{ mm}, b_{\text{palkki}}, \frac{L_{\text{jänne}}}{2} \right) = 0.03 \text{ m}$$

$$l_{ef} := L_{\text{laakeri}} + 2 \cdot l_k = 0.36 \text{ m}$$

$$b_{ef} := \min(b_{palkki}, b_{laakeri} + 2 \cdot l_k) = 0.215 \text{ m}$$

tukipainekerroin:

$$k_{c.90} := 1.7 \quad \begin{array}{l} 2.5 \text{ havupuu sahatavaralla} \\ 1.7 \text{ havupuu liimapuulla} \end{array}$$

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_d}{l_{ef} \cdot b_{ef}} = 1.903 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$k_{c.90} \cdot f_{c.90.d} = 4.59 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$ehto := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{c.90.d} \leq k_{c.90} \cdot f_{c.90.d} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$käyttöaste := \frac{\sigma_{c.90.d}}{k_{c.90} \cdot f_{c.90.d}} = 41.462 \cdot \%$$

### Taipuma:

Loppum uodonm uutoksen kuormakohtainen lauseke pysyvälle kuormalle NCCI5 2.2.3. Taipuma on laskettu käyttäen kimmo-, liuku- ja siirtymäkertoimien keskiarvoja E.mean, G.mean ja K.ser.

$$u_{\text{inst.G}} := 9.0\text{mm}$$

$$k_{\text{def}} = 2$$

$$u_{\text{fin.G}} := u_{\text{inst.G}} \cdot (1 + k_{\text{def}}) = 27 \cdot \text{mm}$$

pysyvä optinen korotus

$$w_{\text{c.opt}} := 28\text{mm}$$

esikorotus

$$w_{\text{c}} := u_{\text{fin.G}} + w_{\text{c.opt}} = 55 \cdot \text{mm} \quad \Rightarrow \quad \text{valitaan esikorotuksen arvoksi 55 mm}$$

Tasaisesti jakautuneen liikennekuorman tavallisen arvon (yhdistelykerroin  $\psi_1 = 0,4$ ) aiheuttama hetkellinen taipuma. Laskettu käyttäen kimmo-, liuku- ja siirtymäkertoimien keskiarvoja E.mean, G.mean ja K.ser.

$$w_{\text{inst.gr1}} := 20.8\text{mm} \cdot 0.4 = 8.32 \cdot \text{mm}$$

$$\frac{L_{\text{palkki}}}{w_{\text{inst.gr1}}} = 1442$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \frac{L_{\text{palkki}}}{w_{\text{inst.gr1}}} \geq 200 \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

### Värähtely:

SFS-EN 1995-2: 7.3

$$g_{\text{kansi}} := \gamma_{\text{kansi}} \cdot L_{\text{kansi}} \cdot (h_{\text{lankku}} + h_{\text{kulutus}}) = 6.96 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_{\text{palkki}} := \gamma_{\text{palkki}} \cdot b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}} = 0.982 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$m_{\text{massa}} := \frac{(g_{\text{kansi}} + g_{\text{palkki}} \cdot \text{palkki}_{\text{ikm}})}{g} = 1.11 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

alin ominaistajuuus:

$$f_1 := \frac{\pi}{2 \cdot L_{\text{palkki}}^2} \cdot \sqrt{\frac{1.2 \cdot E_{0.\text{mean}} \cdot \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^3}{12} \cdot \text{palkki}_{\text{lkkm}}}{m_{\text{massa}}}} = 7.267 \cdot \text{Hz}$$

$$\frac{5\text{Hz}}{f_1} = 0.688$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } f_1 \geq 5\text{Hz} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

### A.6.1.1.3 Kiepahdustuen mitoitus:

#### Murtotilan rasitukset:

$$V_{d,z} := 25.0\text{kN} \quad V_{d,y} := 2.6\text{kN}$$

#### Leikkausjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.7 ja NCCI 5 kohta 6.1.7

Halkeamien huomioituna:

$$k_{\text{cr}} := 0.67 \quad 0.67 \text{ kun sauva on sahatavaraa tai liimapuuta}$$

Tehollinen leveys:

$$b_{\text{ef,palkki}} := k_{\text{cr}} \cdot b_{\text{kpalkki}} = 0.094 \text{ m}$$

$$\tau_{v,d,z} := \frac{3V_{d,z}}{2(b_{\text{ef,palkki}} \cdot h_{\text{kpalkki}})} = 555.259 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{v,d} = 2.625 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{v,d,z} \leq f_{v,d} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste}_z := \frac{\tau_{v,d,z}}{f_{v,d}} = 21.153 \cdot \%$$

$$\tau_{v.d.y} := \frac{3V_{d.y}}{2(b_{ef.palkki} \cdot h_{kpalkki})} = 57.747 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$f_{v.d} = 2.625 \times 10^3 \cdot \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{v.d.y} \leq f_{v.d} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste}_y := \frac{\tau_{v.d.y}}{f_{v.d}} = 2.2 \cdot \%$$

kahteen suuntaan rasitetun rakenteen käyttöasteiden summaus

$$\text{käyttöaste} := \text{käyttöaste}_z + \text{käyttöaste}_y = 23.353 \cdot \%$$

**Lankkujen rasitukset:** Onnettomuusrajatila Ad

$$M_{Ad} := 12.7 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$V_{Ad} := 51 \text{ kN} \quad \text{pienempi kuin murtorajatilassa eli ei tarvitse tarkastella}$$

$$F_{Ad} := 51 \text{ kN} - 0.5 \text{ kN} = 50.5 \text{ kN} \quad \text{pienempi kuin murtorajatilassa eli ei tarvitse tarkastella}$$

**Kannen taivutusvastus:**

$$b_{\text{eff}} := n \cdot b_{\text{lankku}} = 0.39 \text{ m}$$

$$W_{\text{kansi}} := \frac{b_{\text{eff}} \cdot h_{\text{lankku}}^2}{6} = 1.463 \times 10^{-3} \cdot \text{m}^3$$

**Taivutusjännitys:**

$$\sigma_{\text{m.y.Ad}} := \frac{M_{Ad}}{W_{\text{kansi}}} = 8.679 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{\text{m.Ad.deck}} = 2.963 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{\text{m.y.Ad}} \leq f_{\text{m.Ad.deck}} \\ \text{"Taivutusjännitys ylittyy"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{\text{m.y.Ad}}}{f_{\text{m.Ad.deck}}} = 29.289 \cdot \%$$



**Palkkien rasitukset:** Onnettomuusrajatila Ad

$$M_{Ad} := 451.4 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad N_d := 5.9 \text{ kN}$$

$$V_{Ad} := 156.7 \text{ kN}$$

$$F_{Ad} := 156.7 \text{ kN}$$

**Palkin jäyhyysmomentti:**

$$I_{\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^3}{12} = 7.896 \times 10^{-3} \text{ m}\cdot\text{m}^3$$

**Palkin taivutusvastus:**

$$W_{\text{palkki}} := \frac{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}^2}{6} = 0.021 \cdot \text{m}^3$$

**Taivutusjännitys:** kiepahdus huomioitu

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.3.3

palkin tehollinen pituus:

NCCI 5: taulukko 7

$$l_{\text{ef}} := 0.5 \cdot L_{\text{palkki}} + 2 \cdot h_{\text{palkki}} = 7.522 \text{ m}$$

kriittinen taivutusjännitys:

$$c := 0.71$$

0.78 on havupuusahatavaralle ja siitävalmistetulle  
homogeeniselle liimapuulle

0.71 on liimapuun lujuusluokille GL24c, GL28c ja  
GL32c

0.67 on kerto-Q-LVL:lle

0.58 on kerto-S- ja kerto-T-LVL:lle

$$\sigma_{\text{m.crit}} := \frac{c \cdot b_{\text{palkki}}^2}{h_{\text{palkki}} \cdot l_{\text{ef}}} \cdot E_{0.05} = 6.192 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

suhteellinen hoikkuus:

$$\lambda_{\text{rel.m}} := \sqrt{\frac{f_{\text{m.k}}}{\sigma_{\text{m.crit}}}} = 0.696$$

kiepahduskerroin:

$$k_{\text{crit}} := \begin{cases} 1 & \text{if } \lambda_{\text{rel.m}} \leq 0.75 \\ \frac{1}{\lambda_{\text{rel.m}}^2} & \text{if } \lambda_{\text{rel.m}} > 1.4 \\ 1.56 - 0.75 \cdot \lambda_{\text{rel.m}} & \text{otherwise} \end{cases} = 1$$

$$\sigma_{\text{m.y.Ad}} := \frac{M_{\text{Ad}}}{W_{\text{palkki}}} = 2.175 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$k_{\text{crit}} \cdot f_{\text{m.d}} = 2.25 \times 10^4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{\text{m.y.Ad}} \leq k_{\text{crit}} \cdot f_{\text{m.d}} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{\text{m.y.Ad}}}{k_{\text{crit}} \cdot f_{\text{m.d}}} = 96.677\%$$

**Taivutuksen ja puristuksen yhteisvaikutus:**

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.3.3

puristusjännitys:

$$\sigma_{\text{c.0.d}} := \frac{N_{\text{d}}}{h_{\text{palkki}} \cdot b_{\text{palkki}}} = 36.06 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

nurjahduspituus:

$$L_{\text{c}} := l_{\text{ef}} = 7.522 \text{ m}$$

jäyhyysäde:

$$i_{\text{y}} := \sqrt{\frac{I_{\text{palkki}}}{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}}} = 0.22 \text{ m}$$

$$i_z := \sqrt{\frac{\frac{h_{\text{palkki}} \cdot b_{\text{palkki}}^3}{12}}{b_{\text{palkki}} \cdot h_{\text{palkki}}}} = 0.062 \text{ m}$$

hoikkuus:

$$\lambda_y := \frac{L_c}{i_y} = 34.24$$

$$\lambda_z := \frac{L_c}{i_z} = 121.195$$

suhteellinen hoikkuus:

$$\lambda_{\text{rel.y}} := \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{\text{c.0.k}}}{E_{0.05}}} = 0.524$$

$$\lambda_{\text{rel.z}} := \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{\text{c.0.k}}}{E_{0.05}}} = 1.856$$

nurjahduskerroin:

$$\beta_c := 0.1 \quad \begin{array}{l} 0.2 \text{ sahatavaralle ja} \\ 0.1 \text{ liima- ja kertopuulle} \end{array}$$

$$k_y := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel.y}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel.y}}^2 \right] = 0.649$$

$$k_z := 0.5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel.z}} - 0.3) + \lambda_{\text{rel.z}}^2 \right] = 2.3$$

$$k_{\text{c.y}} := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel.y}}^2}} = 0.97$$

$$k_{\text{c.z}} := \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel.z}}^2}} = 0.273$$

**Puristetun ja taivutetun palkin kestävyys:** taivutus ja nurjahdus

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.3.3

$$k_m := 0.7 \quad \begin{array}{l} 0.7 \text{ sahatavaran, liimapuun ja kertopuun} \\ \text{suorakaidepoikkileikkauksilla. Muulloin 1.0} \end{array}$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \cdot f_{c.0.d}} = 0.684$$

$$\frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} = 0.969$$

$$\begin{aligned} \text{ehto} &:= \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \cdot f_{c.0.d}} \leq 1 & = \text{"Ok"} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} \\ \text{ehto} &:= \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.y} \cdot f_{c.0.d}} \leq 1 & = \text{"Ok"} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} \end{aligned}$$

**Puristetun ja taivutetun palkin kestävyys:** kiepahdus ja nurjahdus

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.3.3

$$\left( \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{k_{crit} \cdot f_{m.d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \cdot f_{c.0.d}} = 0.942$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \left( \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{k_{crit} \cdot f_{m.d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c.0.d}}{k_{c.z} \cdot f_{c.0.d}} \leq 1 & = \text{"Ok"} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

**Taivutetun ja puristetun palkin kestävyys:** taivutus ja puristus

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.2.4

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \left( \frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} \right)^2 = 0.677$$

$$\frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \left( \frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} \right)^2 = 0.967$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } k_m \cdot \frac{\sigma_{m.y.Ad}}{f_{m.d}} + \left( \frac{\sigma_{c.0.d}}{f_{c.0.d}} \right)^2 \leq 1 & = \text{"Ok"} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{ehto} := \left| \begin{array}{ll} \text{"Ok"} & \text{if } \frac{\sigma_{\text{m.y.Ad}}}{f_{\text{m.d}}} + \left( \frac{\sigma_{\text{c.0.d}}}{f_{\text{c.0.d}}} \right)^2 \leq 1 \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{array} \right. = \text{"Ok"}$$

### Leikkausjännitys:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.7

Halkeamien huomioituna:

Kerroin:

$$k_{cr} := 0.67 \quad 0,67 \text{ kun sauva on sahatavaraa tai liimapuuta}$$

Tehollinen leveys:

$$b_{ef,palkki} := k_{cr} \cdot b_{palkki} = 0.144 \text{ m}$$

$$\tau_{v,d} := \frac{3 \cdot V_{Ad}}{2 \cdot (b_{ef,palkki} \cdot h_{palkki})} = 2.144 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$f_{v,Ad} = 2.625 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \tau_{v,Ad} \leq f_{v,Ad} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\tau_{v,Ad}}{f_{v,Ad}} = 49.792 \cdot \%$$

### Leimapaine:

SFS-EN 1995-1-1 + A1 + AC: 6.1.5

tehollinen kosketuspinnan pituus:

$$l_k := \min\left(30\text{mm}, b_{palkki}, \frac{L_{jänne}}{2}\right) = 0.03 \text{ m}$$

$$l_{ef} := L_{laakeri} + 2 \cdot l_k = 0.36 \text{ m}$$

$$b_{ef} := \min(b_{palkki}, b_{laakeri} + 2 \cdot l_k) = 0.215 \text{ m}$$

tukipainekerroin:

$$k_{c,90} := 2.5 \quad \begin{array}{l} 2.5 \text{ havupuu sahatavaralla} \\ 1.7 \text{ havupuu liimapuulla} \end{array}$$

$$\sigma_{c.90.d} := \frac{F_{Ad}}{l_{ef} \cdot b_{ef}} = 2.025 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$k_{c.90} \cdot f_{c.90.Ad} = 6.75 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{c.90.Ad} \leq k_{c.90} \cdot f_{c.90.Ad} \\ \text{"Ehto ei täyty"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{\sigma_{c.90.Ad}}{k_{c.90} \cdot f_{c.90.Ad}} = 8.918 \cdot \%$$

## A.6.2 Alusrakenne

"Suunnittelijan on mitoitettava maarakenteiden kantavuus ja paalujen rakenteellinen kestävyys."



# Rakennemallin jouset

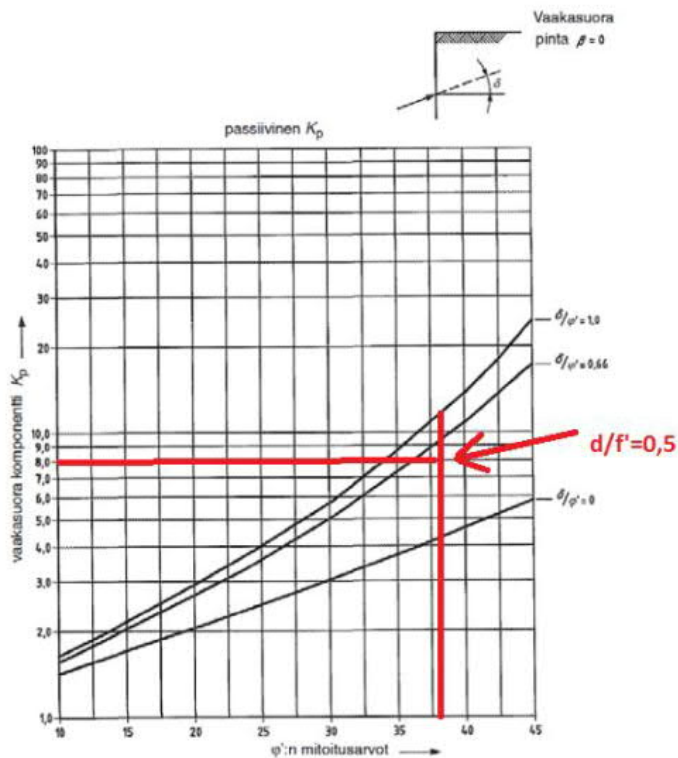
## Taustatäytön ominaisuudet

Maan ominaispaino

$$\gamma := 21 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Kitkakulma taustatäytössä  
(murske)

$$\varphi := 38 \cdot \text{deg}$$



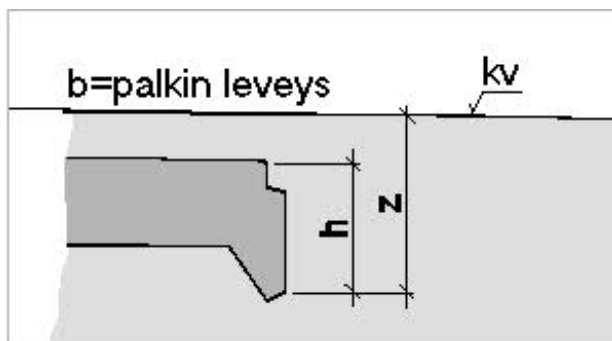
Kuva C.2.1 Kertoimet  $K_p$  passiiviselle maanpaineelle: tuettu pinta vaakasuora ( $\beta = 0$ )

Passiivipainekerroin

$$K_p := 8$$

Puskupalkki (z on ap:n syvyys).

$$h := 2200 \text{ mm} \quad z := 2850 \text{ mm}$$



Lasketaan siirtymän aiheuttama maanpaine puskupalkin takana ratkaisemalla siirtymä jolloin

voimatasapaino toteutuu.

### Alustalukuarvo suurille muodonmuutoksille

Taustan paineen arvo siirtymän funktiona, ks. Sillan geotekninen suunnittelu 2012 kohta 4.6.2 :

Täysi passiivipaine siirtymästä:

$$y_u := 0.015 \cdot z \quad y_u = 42.7 \cdot \text{mm}$$

$$p_u := K_p \cdot \gamma \cdot z \quad p_u = 479 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Puolet passiivipaineesta siirtymästä:

$$y_{50} := 0.25 y_u \quad y_{50} = 10.7 \cdot \text{mm}$$

$$p_{50} := 0.5 p_u \quad p_{50} = 239 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Kulmakertoimet:

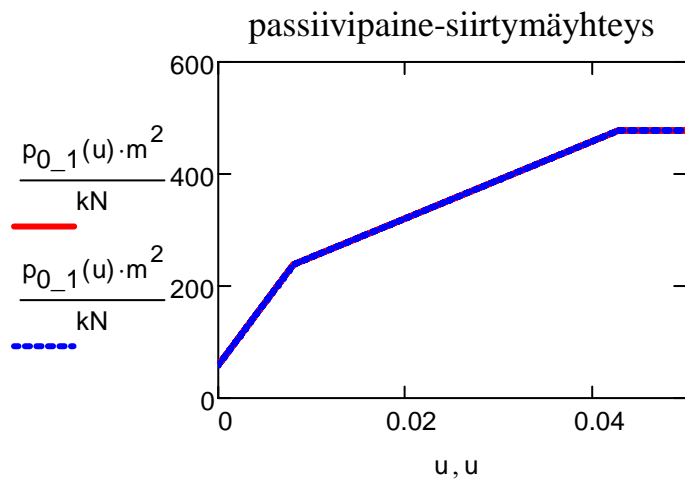
$$k_{0\_1} := \frac{0.5 \cdot p_u}{y_{50}} = 22400 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$k_{1\_u} := \frac{p_{50}}{y_u - \left( y_{50} - \frac{p_u}{8 \cdot k_{0\_1}} \right)} = 6892 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Suorat:

$$p_{0\_1}(u) := \begin{cases} k_{0\_1} \cdot u + \frac{p_u}{8} & \text{if } 0 \text{mm} \leq u \leq y_{50} - \frac{p_u}{8 \cdot k_{0\_1}} \\ \left[ p_{50} + k_{1\_u} \cdot \left[ u - \left( y_{50} - \frac{p_u}{8 \cdot k_{0\_1}} \right) \right] \right] & \text{if } y_{50} - \frac{p_u}{8 \cdot k_{0\_1}} < u \leq y_u \\ p_u & \text{if } u > y_u \end{cases}$$

$$u := 0 \cdot \text{mm}, 0.01 \cdot \text{mm} .. (y_u + 10 \text{mm})$$



## FEM-mallin kuormat

Sillan mitoituksessa pusкупalkin liike penkereessä vaikuttaa mitoitukseen

- Suuret muodonmuutokset -> Yllä oleva kuva -> annetaan kuormina malliin
- Pienet siirtymät -> lineaariset jouset mallissa -> kuorma siirtymän funktiona

## SUURET MUODONMUUTOKSET

### Pääpalkeille kosteudesta

$$\Delta T_{\text{kosteus.vir}} \cdot C = 30.00 \text{ C} \quad \alpha_T = 5.00 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{C}}$$

$$y_{\Delta T} := \alpha_T \cdot \Delta T_{\text{kosteus.vir}} \cdot C \cdot \frac{L_{\text{palkki}}}{2} = 0.90 \cdot \text{mm} < y_{\text{raja}} := y_{50} - \frac{p_u}{8k_{0\_1}} = 8.02 \cdot \text{mm}$$

$$p_{0\_1}(y_{\Delta T}) = 80.01 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \frac{p_{0\_1}(y_{\Delta T})}{p_u} = 17. \% \quad \text{Pääpalkkeja rasittaa n. 17 \% passiivipaineen maksimista}$$

$$F_{\Delta T} := p_{0\_1}(y_{\Delta T}) \cdot h \cdot L_{\text{paatypalkki}} = 1021 \cdot \text{kN}$$

Koska sillan kansi pyrkii laajentuessaan kiertämään maatuokea alanurkan ympäri, oletetaan, että passiivipaineen suuruus on puolet pienempi, kuin sellaisessa tilanteessa, jossa maatuen liike olisi pelkkää translaatiota (ei kiertymää).

Voima pääpalkille:

$$\frac{F_{\Delta T}}{4} \cdot \frac{1}{2} = 128 \cdot \text{kN}$$

### Pääpalkeille lämpöliikkeestä

Oletetaan, että puukannen lämpöliike vastaa NCCI1 kohdan D.6.1 mukaista päällysrakennetyypin 2 eli teräs-betoni-liittorakennetta, mistä seuraa, että sillan pään lämpöliikkeen suuruudeksi oletetaan 32 C:n lämpötilan nousua vastaava siirtymä (Sillan geotekninen suunnittelu 4.6.2).

$$\Delta T := 32 \text{ C} \quad \alpha_T = 5.00 \times 10^{-6} \frac{1}{\text{C}}$$

$$y_{\Delta T} := \alpha_T \cdot \Delta T \cdot \frac{L_{\text{palkki}}}{2} = 0.96 \cdot \text{mm} < y_{\text{raja}} = 8.02 \cdot \text{mm}$$

$$p_{0\_1}(y_{\Delta T}) = 81.35 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \frac{p_{0\_1}(y_{\Delta T})}{p_u} = 17. \%$$

Pääpalkkeja rasittaa n. 18 % passiivipaineen maksimista

$$F_{\Delta T} := p_{0\_1}(y_{\Delta T}) \cdot h \cdot L_{\text{paatypalkki}} = 1038 \cdot \text{kN}$$

Koska sillan kansi pyrkii laajentuessaan kiertämään maatukea alanurkan ympäri, oletetaan, että passiivipaineen suuruus on puolet pienempi, kuin sellaisessa tilanteessa, jossa maatuen liike olisi pelkkää translaatiota (ei kiertymää).

Voima pääpalkille:

$$\frac{F_{\Delta T}}{4} \cdot \frac{1}{2} = 130 \cdot \text{kN}$$

### PIENET SIIRTYMÄT

Kulmakertoimet:

Malliin:

$$k_{\text{jarru}} := \frac{p_u}{0.005z} = 33600 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$k_{\text{jarru}} \cdot h \cdot L_{\text{paatypalkki}} = 428736 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Jousia on käytetty jarru-, tuuli- ja liikenteen maanpaine kuormien kuormitustapauksissa. Aina siinä päässä, johon liike kohdistuu.

## A.7 VARUSTEET JA LAITTEET

Kumilevylaakereiden mitoitus standardin SFS-EN 1337-3 mukaan.

Viittaukset standardiin SFS-EN 1337-3.

Koska liimapuupalkit kiilataan päätypalkkien väliin, niin oletetaan, ettei kumilevylaakereille tule vaakavoimaa eikä kiertymää. Kumilevylaakerit mitoitetaan ainoastaan puristusjännitykselle.

Laakerikuormat: Pystykuorma käyttörajatilayhdistelyistä.

Kumilevylaakeri kovuusluokkaa (ShoreA) 50. leveys on 215 mm ja paksuus on 10 mm.

Yksikerroslaakerin mitoitus:

$$F_{z,d} := 110.5 \text{ kN}$$

Laakeri:

Kovuus:

$$\text{Shore} := 50$$

liukumoduuli G.g Kohta D2:

$$G_g := \begin{cases} 0.7 \text{ MPa} & \text{if Shore} = 50 \\ 0.9 \text{ MPa} & \text{if Shore} = 60 \\ 1.15 \text{ MPa} & \text{if Shore} = 70 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} = 700 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

paksuus

$$t := 10 \text{ mm}$$

pituus

$$a' := 300 \text{ mm}$$

leveys

$$b' := 215 \text{ mm}$$

$$A_0 := a' \cdot b' = 645 \cdot \text{cm}^2$$

$$I_p := 2 \cdot (a'^3 + b'^3) = 1.03 \times 10^3 \cdot \text{mm}^4$$

tehollinen paksuus 5.3.3.1

$$t_e := 1.8 \cdot t = 18 \cdot \text{mm}$$

muotokerroin kohta 5.3.3.1

$$S_0 := \frac{A_0}{l_p \cdot t_e}$$

keskimääräinen suunnittelupaine kohta 5.4.2

$$\sigma_{cd} := \frac{F_{z,d}}{A_0} \quad \sigma_{cd} = 1.713 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$G_d := G_g$$

$$1.4 \cdot G_d \cdot S_0 = 3.409 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$7 \cdot G_d = 4.9 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \sigma_{cd} \leq \min(1.4 \cdot G_d \cdot S_0, 7 \cdot G_d) \\ \text{"ei OK"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\frac{\sigma_{cd}}{\min(1.4 \cdot G_d \cdot S_0, 7 \cdot G_d)} = 0.502$$

liukuma

$$\varepsilon_{q,d} := 0$$

kiertymä

$$\varepsilon_{\alpha,d} := 0$$

nurjahtaminen kohta 5.4.4

$$t = 10 \cdot \text{mm} < \frac{a'}{4} = 75 \cdot \text{mm}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } t \leq \frac{a'}{4} \\ \text{"ei OK"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

$$\frac{t \cdot 4}{a'} = 0.133$$

Pystysuuntainen kokoonpuristuma kohta 5.3.3.7

$$E_b := 2000 \text{ MPa}$$

$$v_c := \frac{F_{z,d} \cdot t_e}{A_0} \cdot \left( \frac{1}{5 \cdot G_d \cdot S_0^2} + \frac{1}{E_b} \cdot 0 \right) = 0.728 \cdot \text{mm}$$

$$\varepsilon_{c,d} := v_c$$

$$K_L := 1$$

maksimuunnittelumuodonmuutos kohta 5.3.3

$$\varepsilon_{t,d} := K_L \cdot (\varepsilon_{c,d} + \varepsilon_{q,d} + \varepsilon_{\alpha,d}) = 0.728 \cdot \text{mm}$$

sallittu pystysuuntainen kokoonpuristuma

$$\gamma_m := 1$$

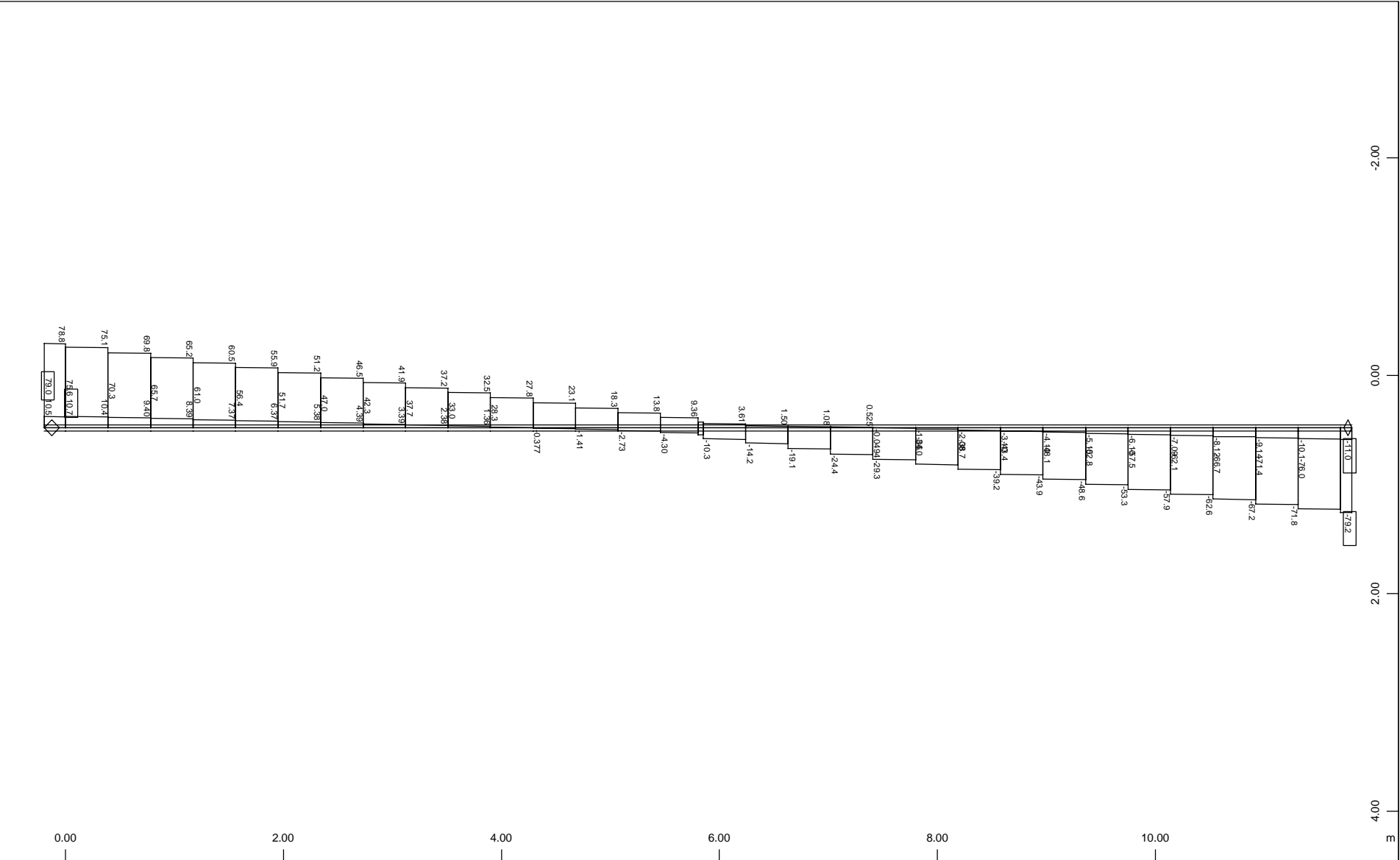
$$\varepsilon_{u,k} := 0.15 \cdot t = 1.5 \cdot \text{mm} \quad \text{sallittu arvo 15 \% laakerin paksuudesta}$$

$$\varepsilon_{u,d} := \frac{\varepsilon_{u,k}}{\gamma_m} = 1.5 \cdot \text{mm}$$

$$\text{ehto} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \varepsilon_{t,d} \leq \varepsilon_{u,d} \\ \text{"ei OK"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

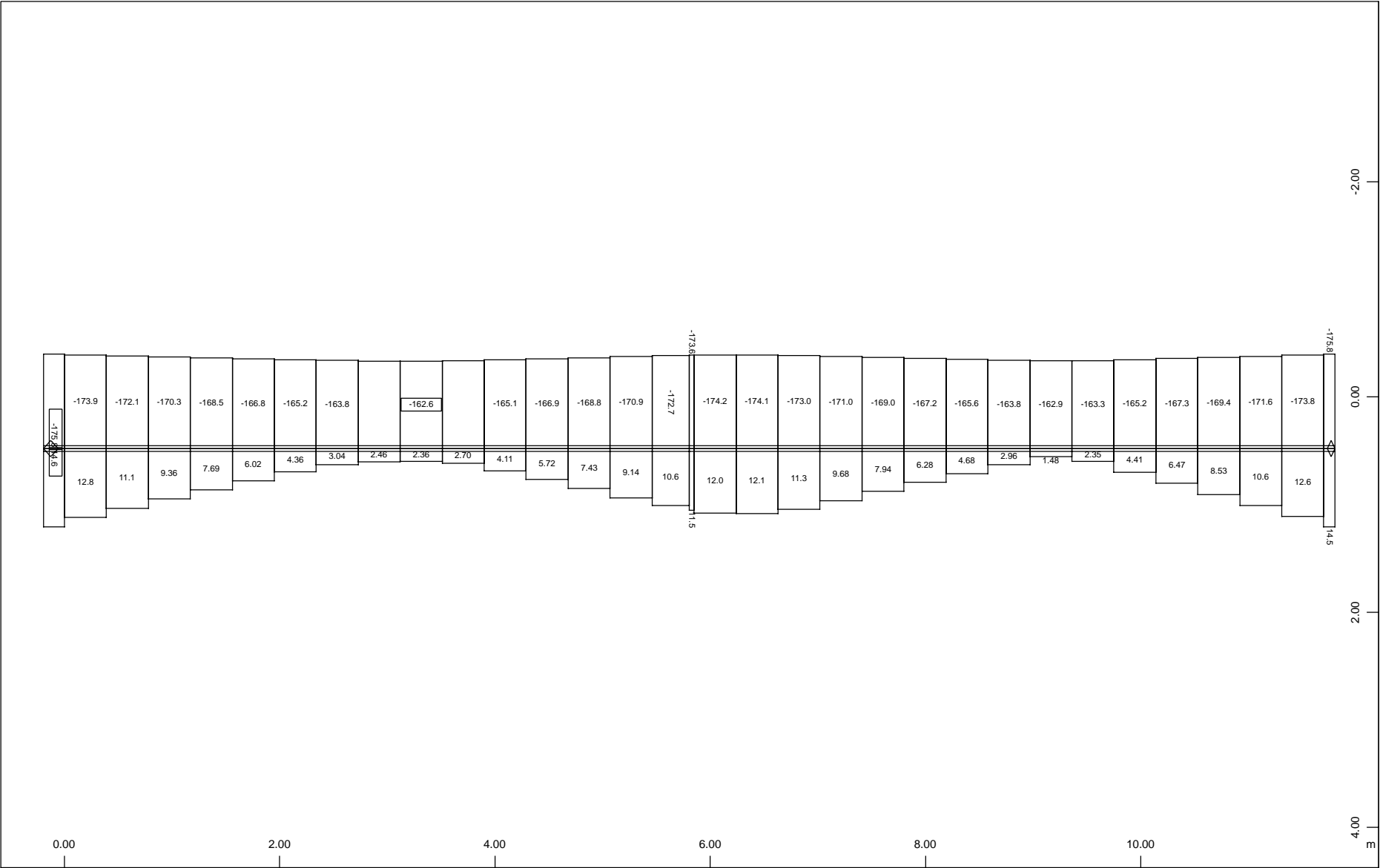
$$\frac{\varepsilon_{t,d}}{\varepsilon_{u,d}} = 0.485$$

MRT\_1. Reunimmaiset palkit. Leikkausvoima:Vz





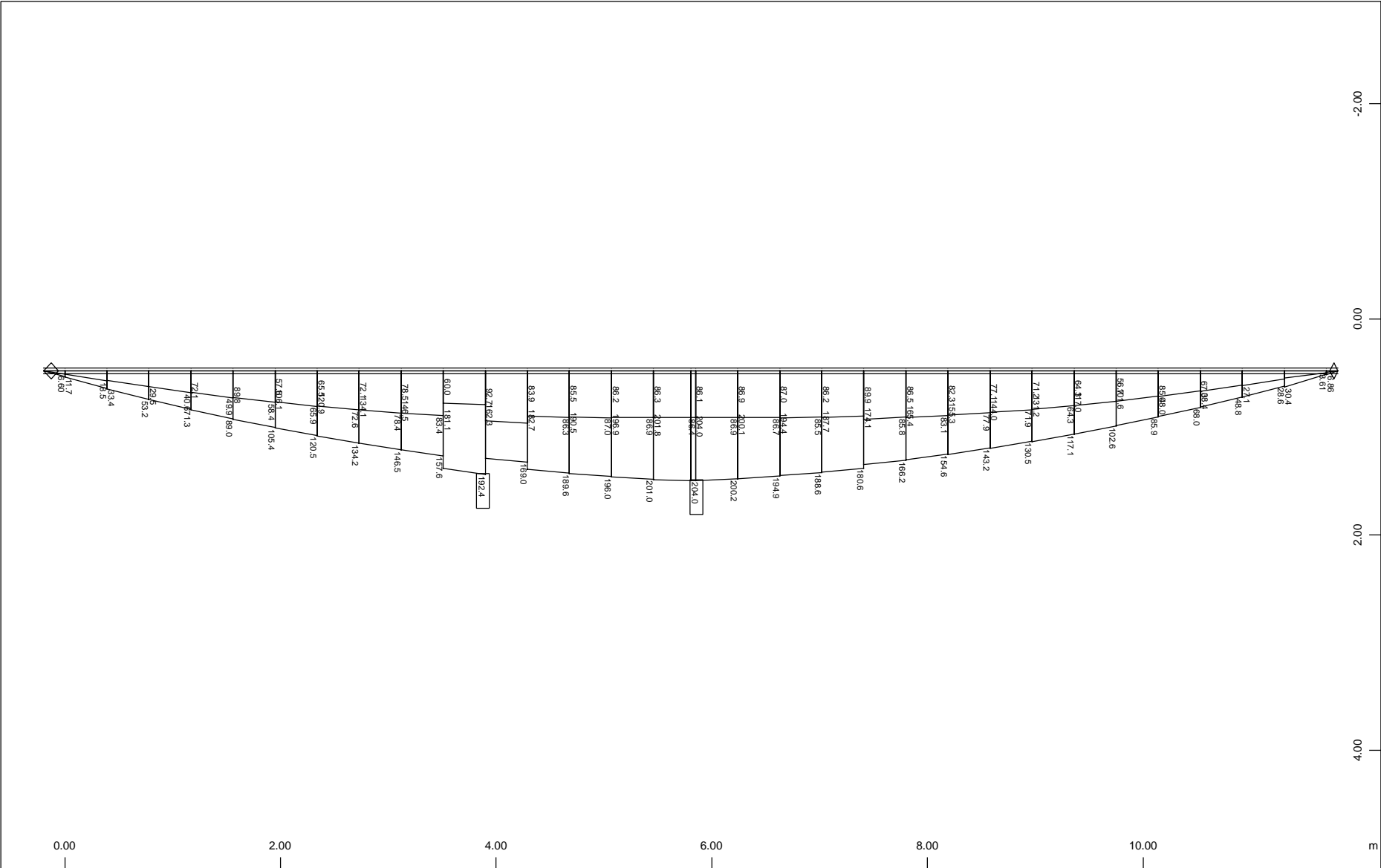
Normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5001 MAX-N BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 10.0 kN (Max=14.6)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5002 MIN-N BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-175.8) (Max=-162.6)

M 1 : 50

Nx vastaava taivutusmomentti: My



The drawing illustrates a road layout with a plan view and a cross-section view. The plan view shows a road with a central median and multiple lanes on either side. The cross-section view shows the road's profile, including the median, lanes, and surrounding terrain. The drawing is labeled with various dimensions and stationing numbers.

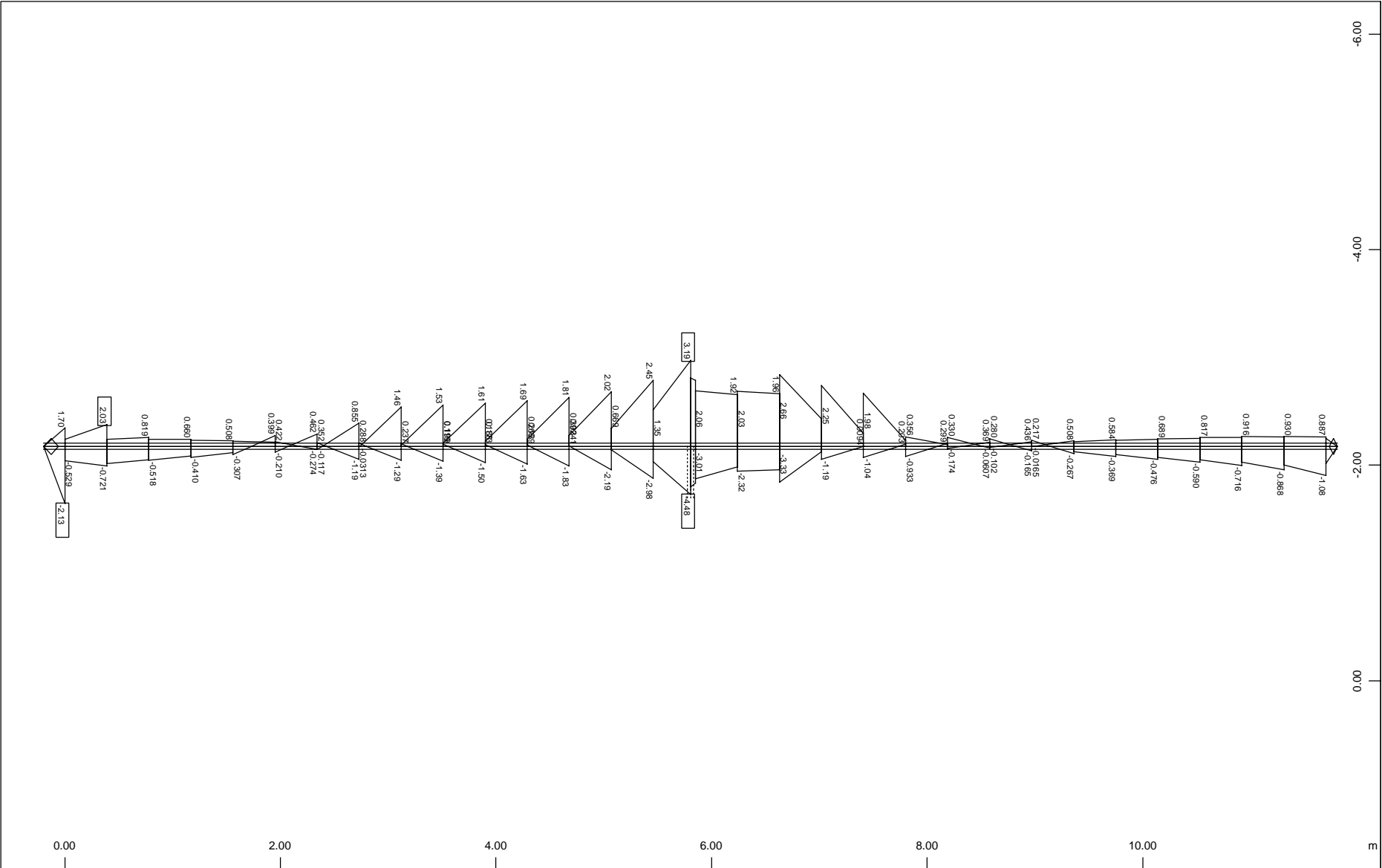
Stationing	Dimensions (m)
0+00	1.15, 8.70
0+10	1.9, 5.10
0+20	1.9, 5.10
0+30	1.9, 5.10
0+40	1.9, 5.10
0+50	1.9, 5.10
0+60	1.9, 5.10
0+70	1.9, 5.10
0+80	1.9, 5.10
0+90	1.9, 5.10
1+00	1.9, 5.10
1+10	1.9, 5.10
1+20	1.9, 5.10
1+30	1.9, 5.10
1+40	1.9, 5.10
1+50	1.9, 5.10
1+60	1.9, 5.10
1+70	1.9, 5.10
1+80	1.9, 5.10
1+90	1.9, 5.10
2+00	1.9, 5.10
2+10	1.9, 5.10
2+20	1.9, 5.10
2+30	1.9, 5.10
2+40	1.9, 5.10
2+50	1.9, 5.10
2+60	1.9, 5.10
2+70	1.9, 5.10
2+80	1.9, 5.10
2+90	1.9, 5.10
3+00	1.9, 5.10
3+10	1.9, 5.10
3+20	1.9, 5.10
3+30	1.9, 5.10
3+40	1.9, 5.10
3+50	1.9, 5.10
3+60	1.9, 5.10
3+70	1.9, 5.10
3+80	1.9, 5.10
3+90	1.9, 5.10
4+00	1.9, 5.10
4+10	1.9, 5.10
4+20	1.9, 5.10
4+30	1.9, 5.10
4+40	1.9, 5.10
4+50	1.9, 5.10
4+60	1.9, 5.10
4+70	1.9, 5.10
4+80	1.9, 5.10
4+90	1.9, 5.10
5+00	1.9, 5.10
5+10	1.9, 5.10
5+20	1.9, 5.10
5+30	1.9, 5.10
5+40	1.9, 5.10
5+50	1.9, 5.10
5+60	1.9, 5.10
5+70	1.9, 5.10
5+80	1.9, 5.10
5+90	1.9, 5.10
6+00	1.9, 5.10
6+10	1.9, 5.10
6+20	1.9, 5.10
6+30	1.9, 5.10
6+40	1.9, 5.10
6+50	1.9, 5.10
6+60	1.9, 5.10
6+70	1.9, 5.10
6+80	1.9, 5.10
6+90	1.9, 5.10
7+00	1.9, 5.10
7+10	1.9, 5.10
7+20	1.9, 5.10
7+30	1.9, 5.10
7+40	1.9, 5.10
7+50	1.9, 5.10
7+60	1.9, 5.10
7+70	1.9, 5.10
7+80	1.9, 5.10
7+90	1.9, 5.10
8+00	1.9, 5.10
8+10	1.9, 5.10
8+20	1.9, 5.10
8+30	1.9, 5.10
8+40	1.9, 5.10
8+50	1.9, 5.10
8+60	1.9, 5.10
8+70	1.9, 5.10
8+80	1.9, 5.10
8+90	1.9, 5.10
9+00	1.9, 5.10
9+10	1.9, 5.10
9+20	1.9, 5.10
9+30	1.9, 5.10
9+40	1.9, 5.10
9+50	1.9, 5.10
9+60	1.9, 5.10
9+70	1.9, 5.10
9+80	1.9, 5.10
9+90	1.9, 5.10
10+00	1.9, 5.10

$$\begin{array}{c} Y-X \\ | \\ Z \end{array}$$

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=41.3)

M 1 : 50

My vastaava taivutusmomentti: Mz



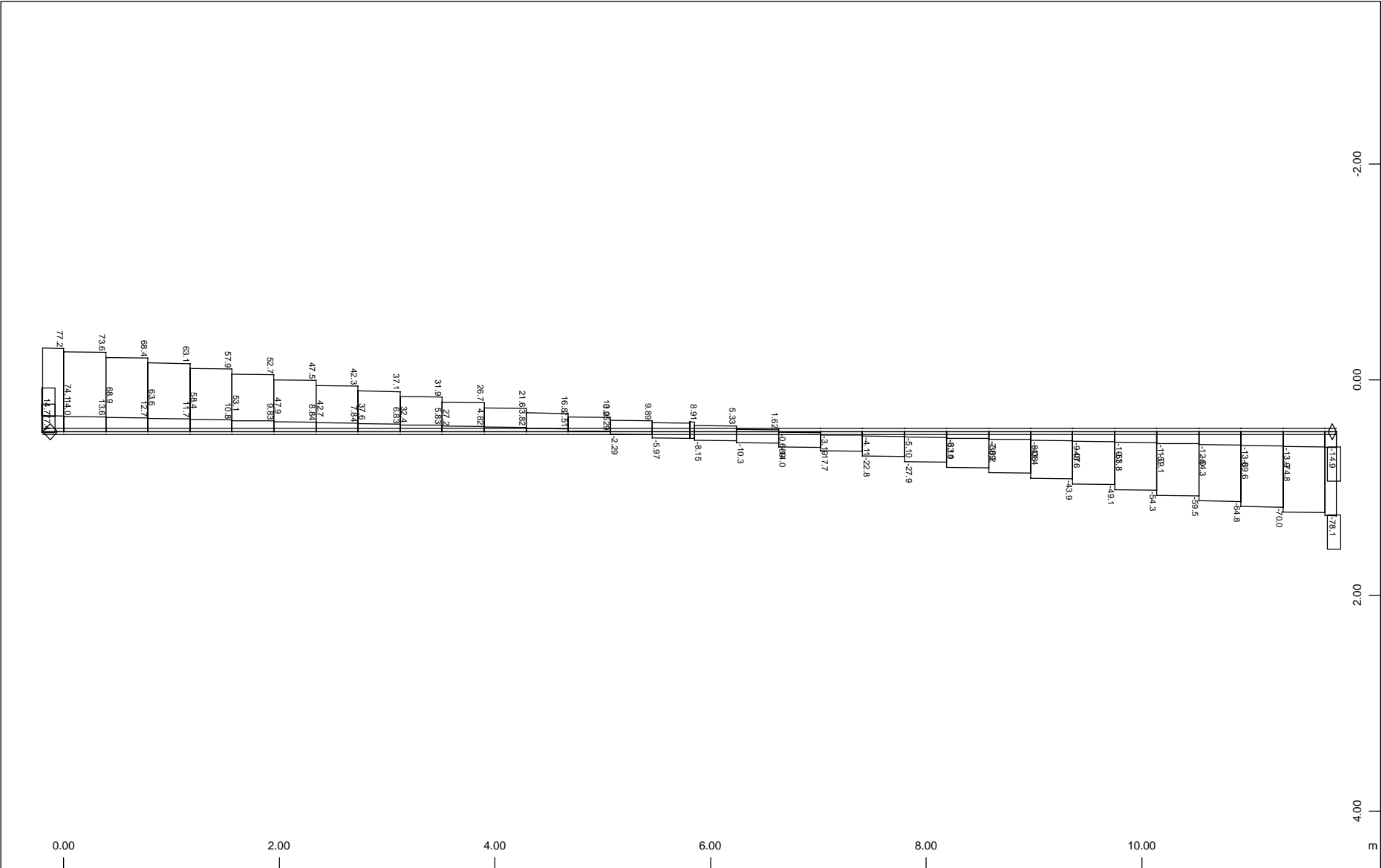
Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-4.48) (Max=2.03)  
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 2.00 kNm (Min=-2.13) (Max=3.19)



Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-141.6) (Max=0.180)

M 1 : 50

MRT\_1. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz

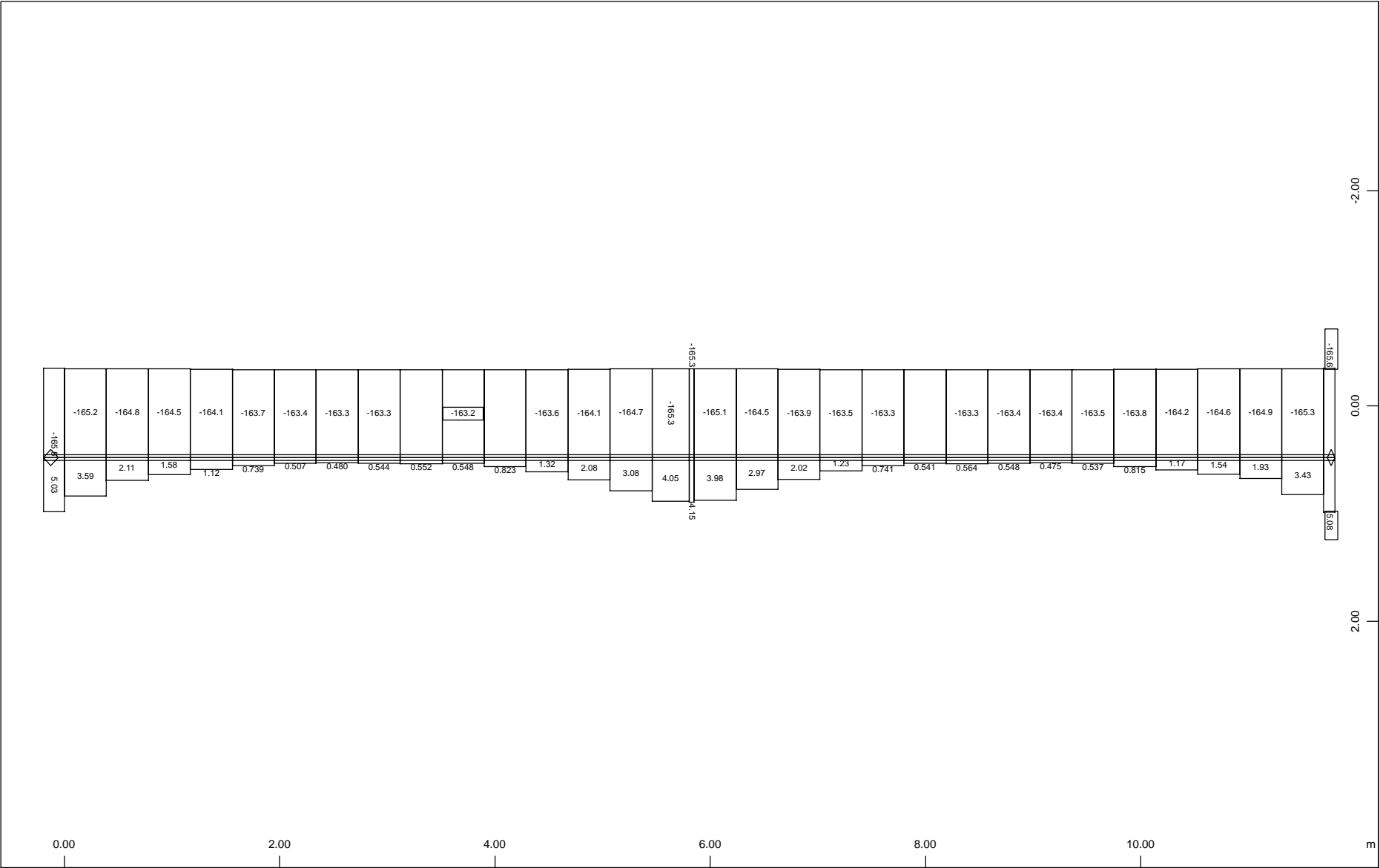


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5005 MAX-VZ BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-14.9) (Max=77.4)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5006 MIN-VZ BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-78.1) (Max=14.7)

M 1 : 50

Normaalivoima: Nx

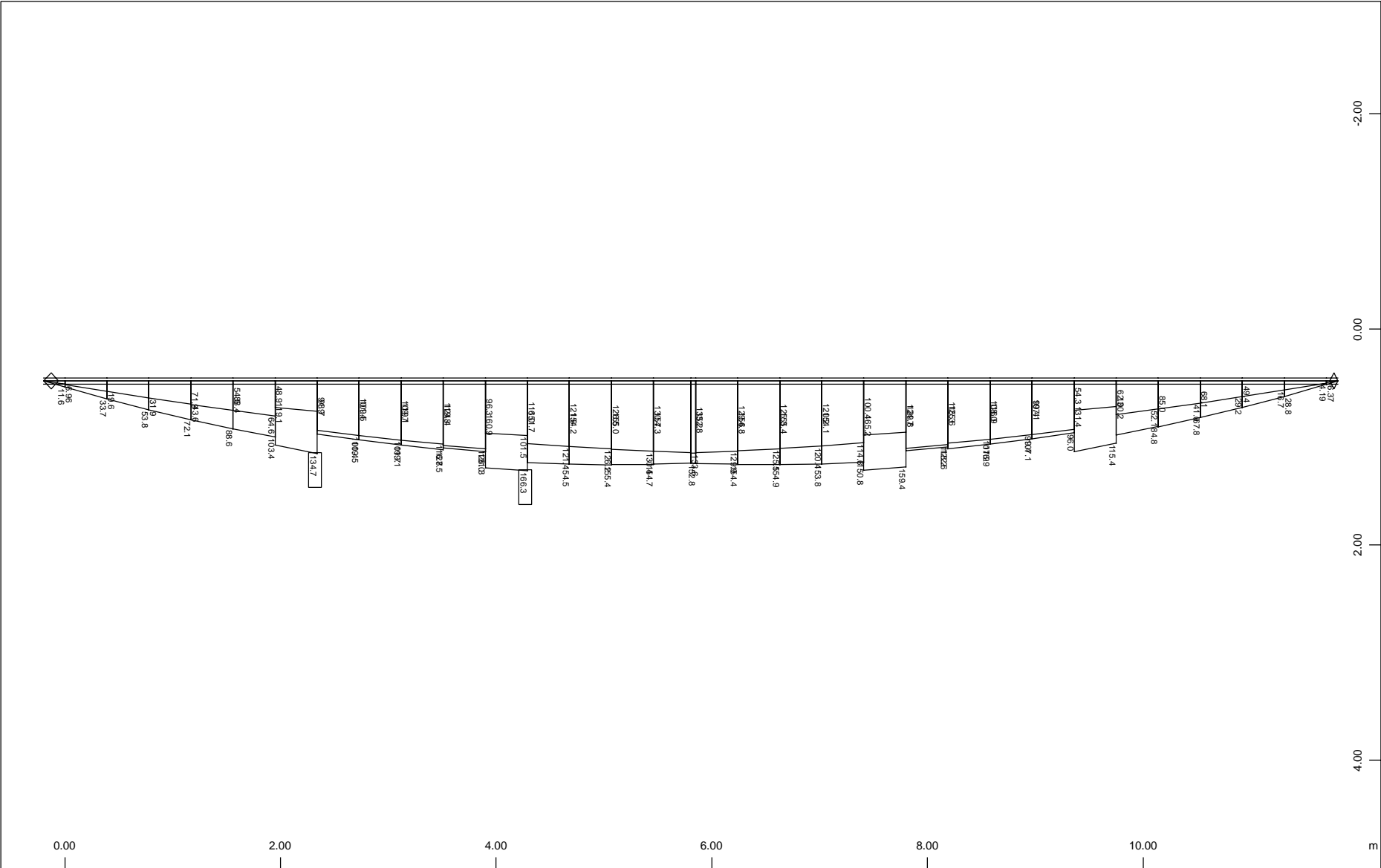


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5001 MAX-N BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=5.08)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5002 MIN-N BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-165.6) (Max=-163.2)

M 1 : 50

Nx vastaava taivutusmomentti: My



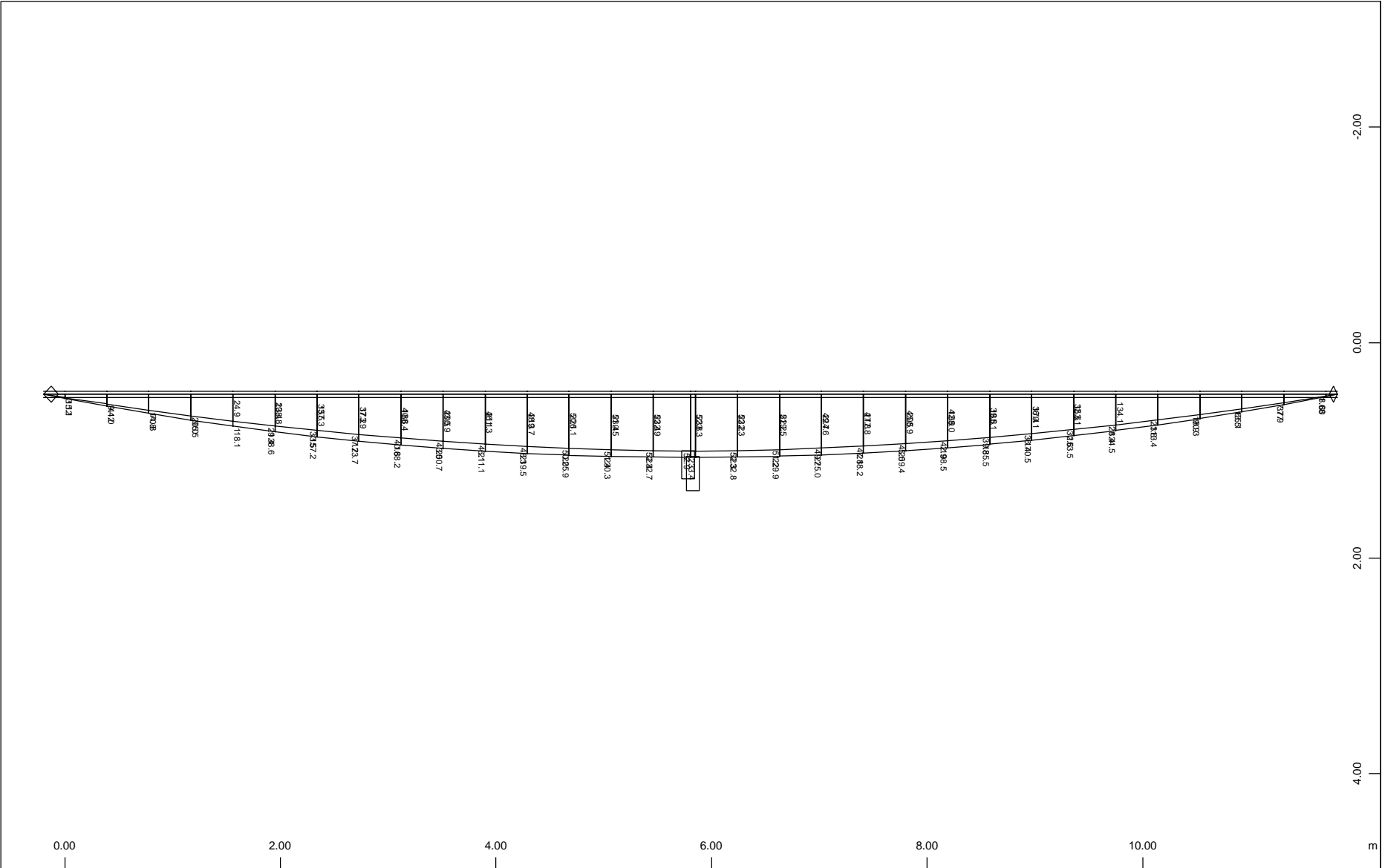
Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5001 MAX-N BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=166.3)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5002 MIN-N BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=134.7)

M 1 : 50



Taivutusmomentti: My

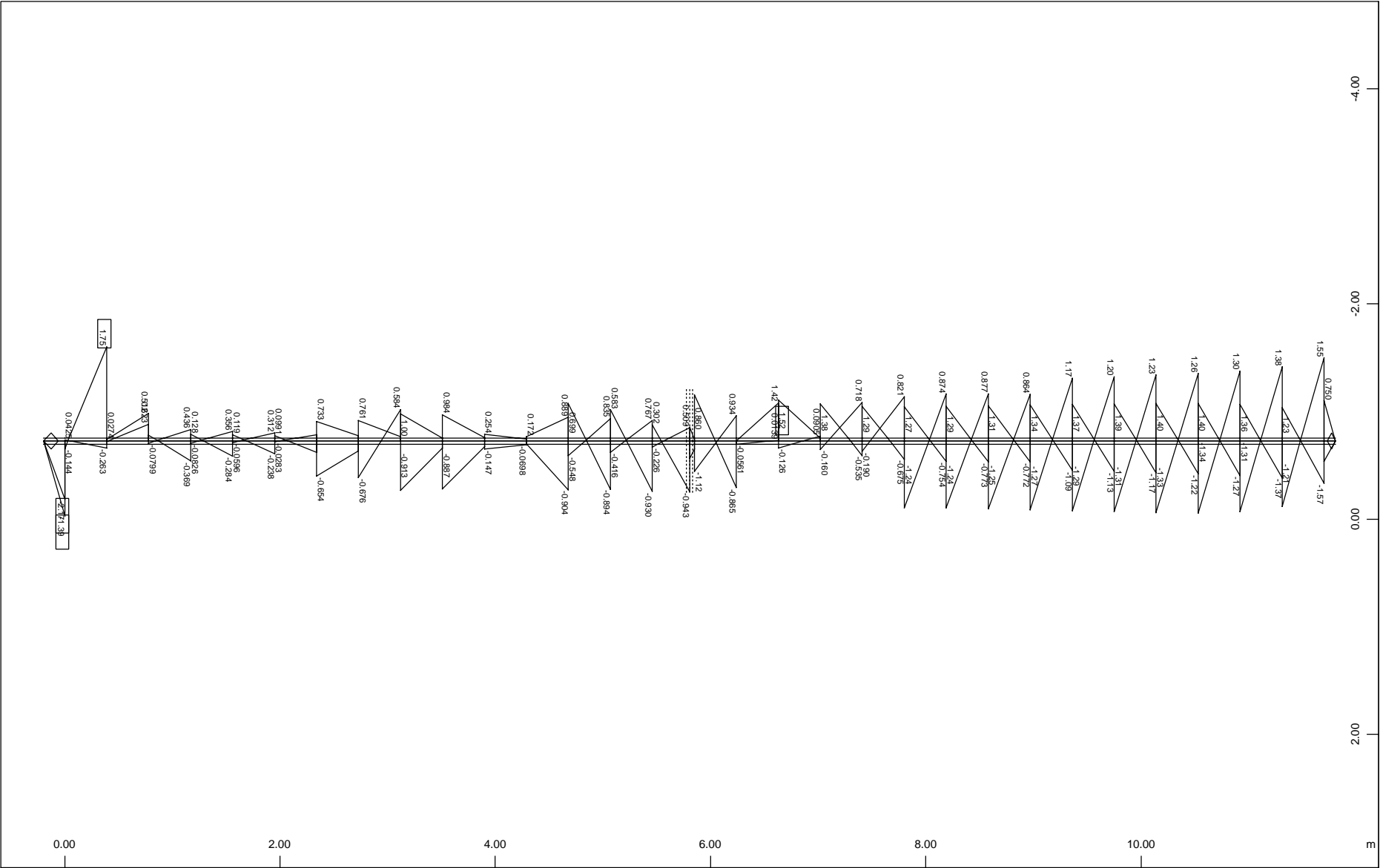


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Max=233.4)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=52.9)

M 1 : 50

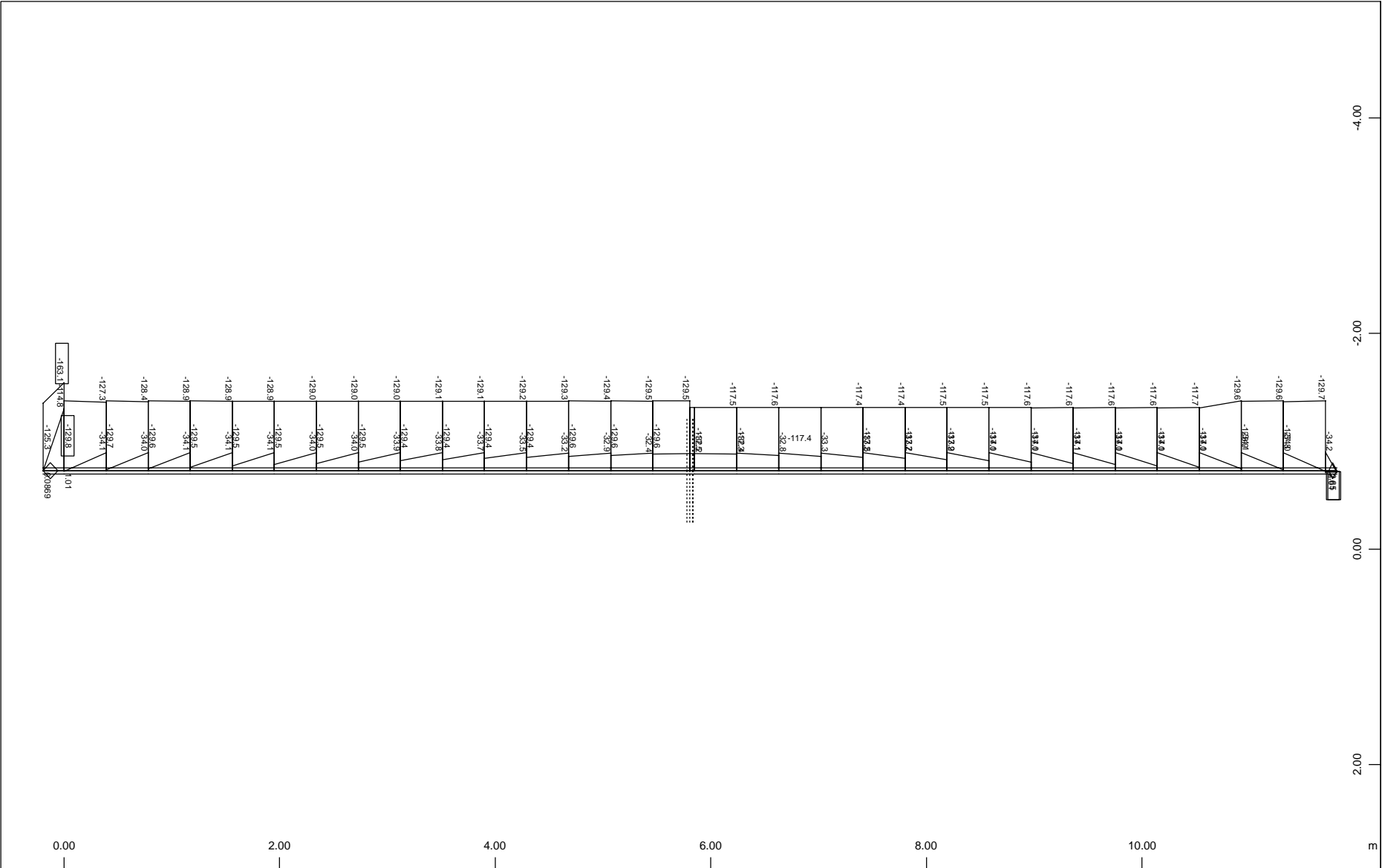
My vastaava taivutusmomentti: Mz



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 2.00 kNm (Min=-2.17) (Max=1.52)  
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.39) (Max=1.75)

M 1 : 50

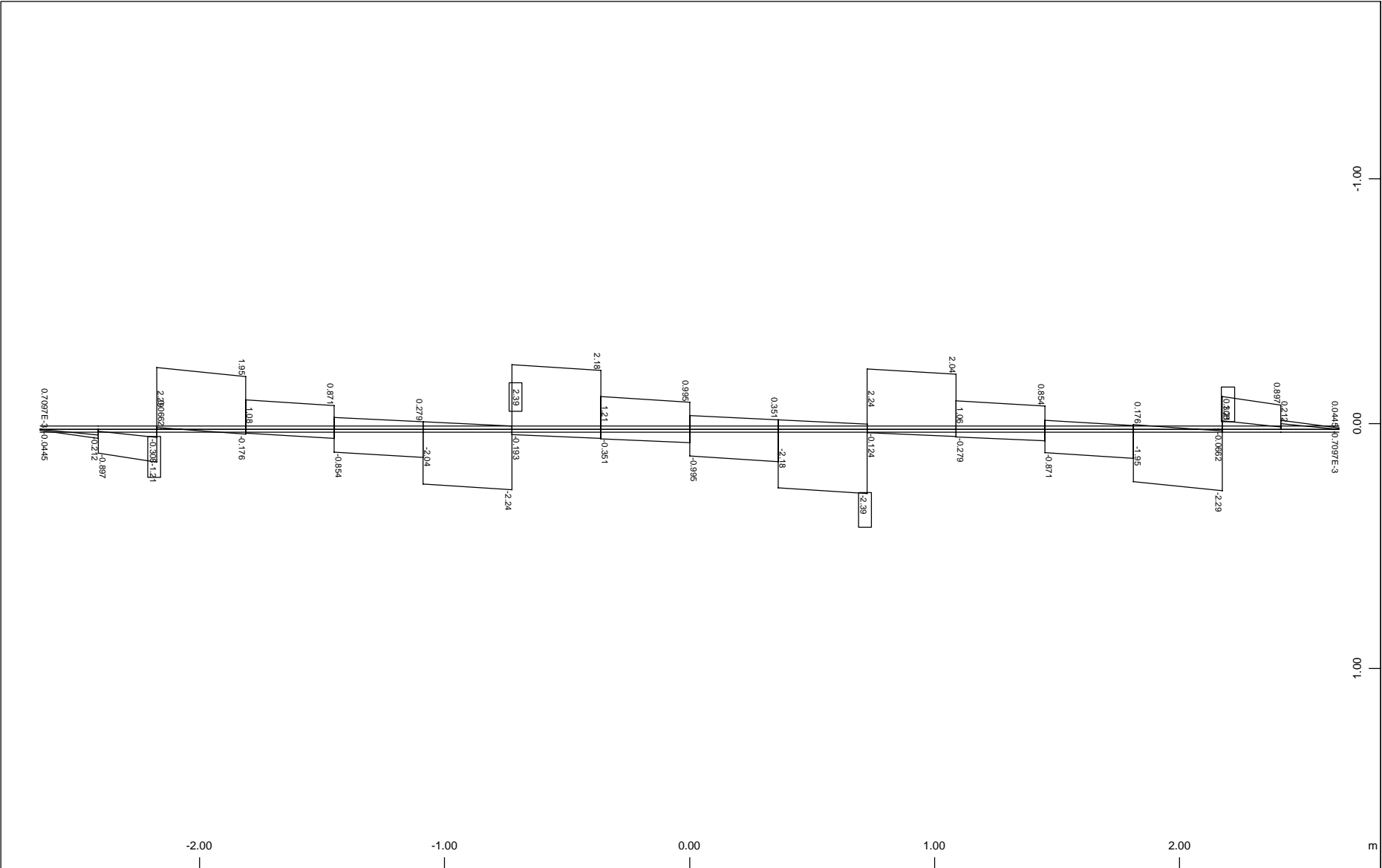
My vastaava normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-163.1) (Max=2.65)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-129.8) (Max=2.61)

M 1 : 50

MRT\_1. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz

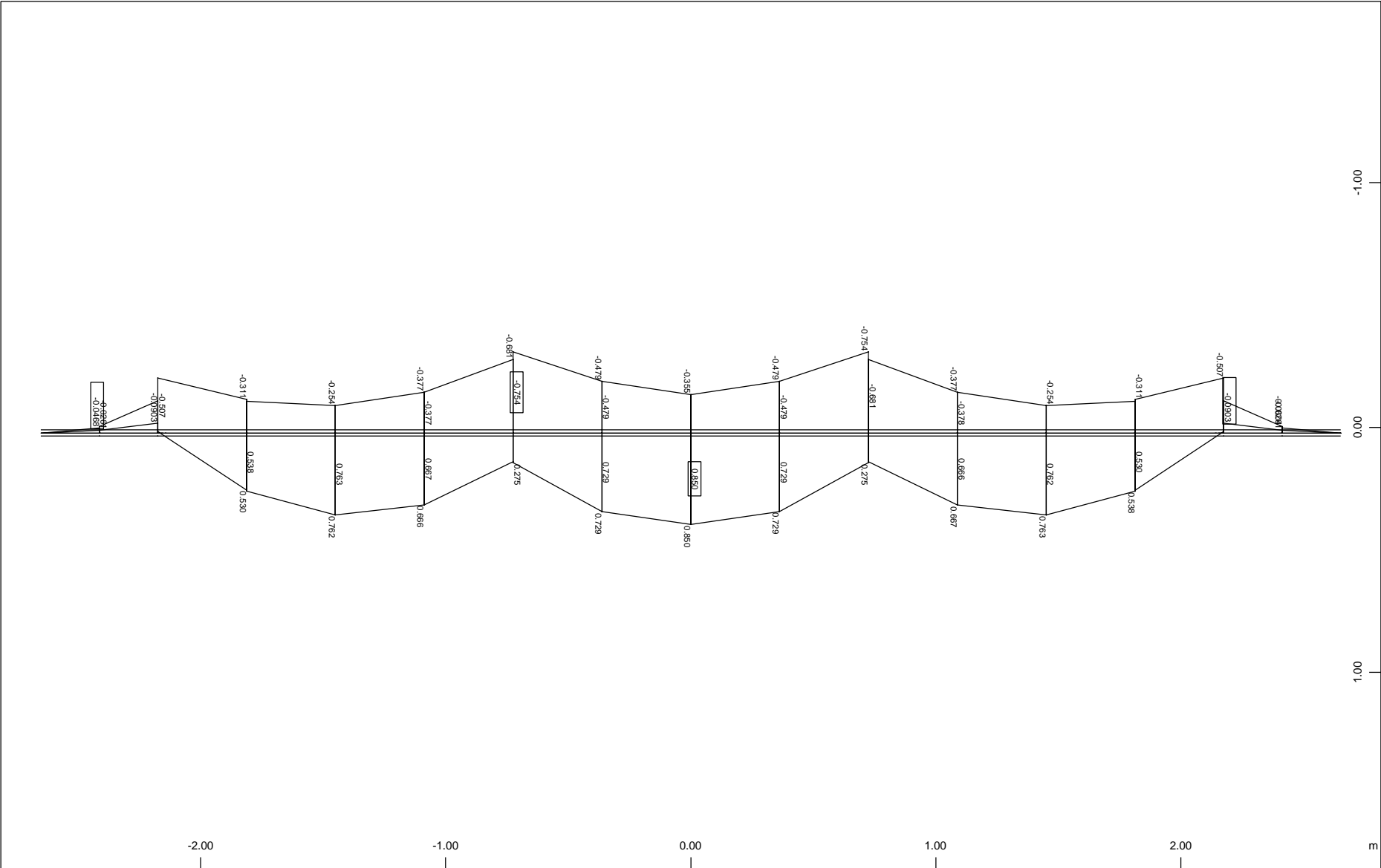


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5005 MAX-VZ BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-0.308) (Max=2.39)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5006 MIN-VZ BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-2.39) (Max=0.308)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

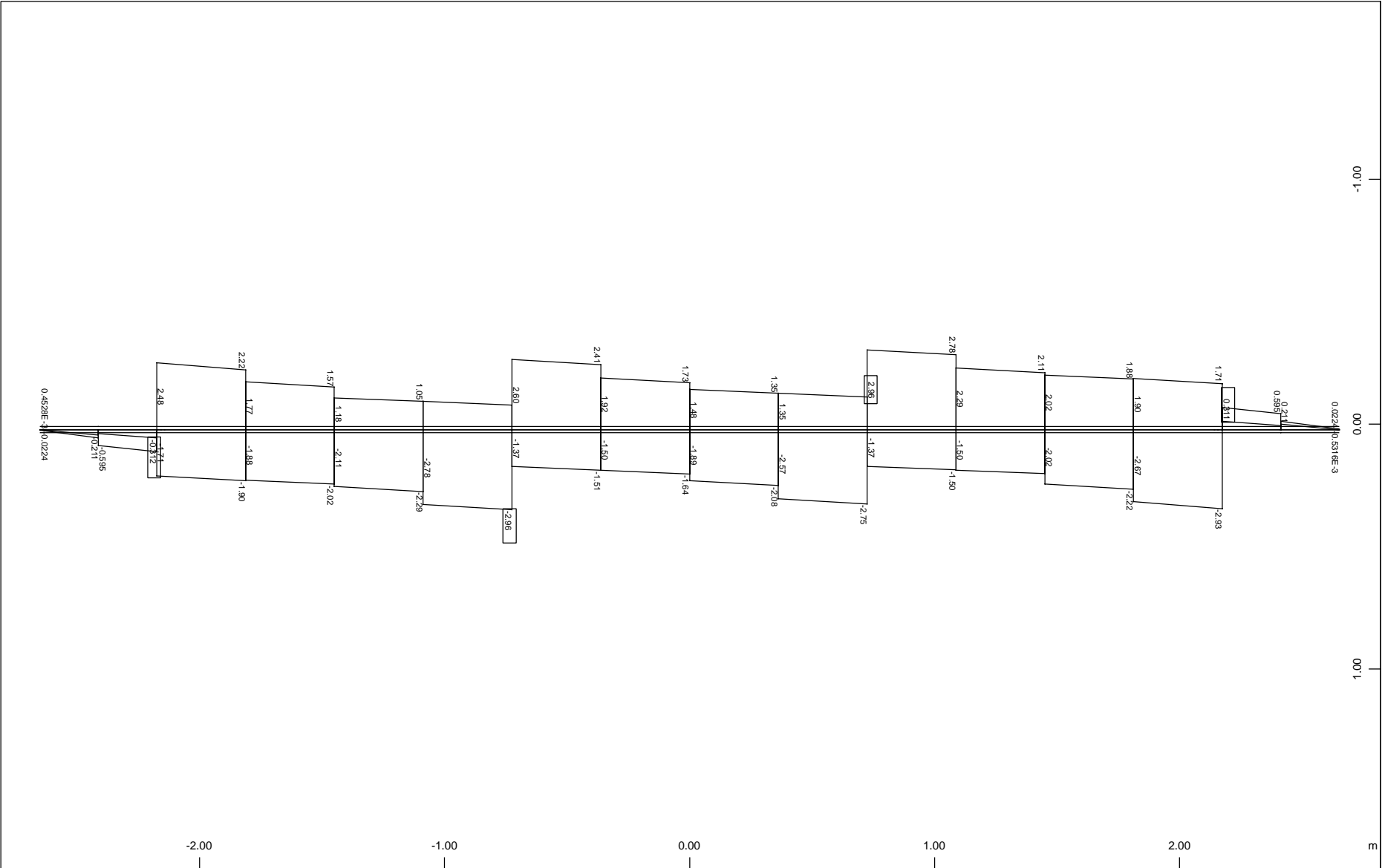


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.0903) (Max=0.850)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.754) (Max=-6.388e-05)

M 1 : 22

MRT\_1. Päätyalue laatta. Leikkausvoima Vz

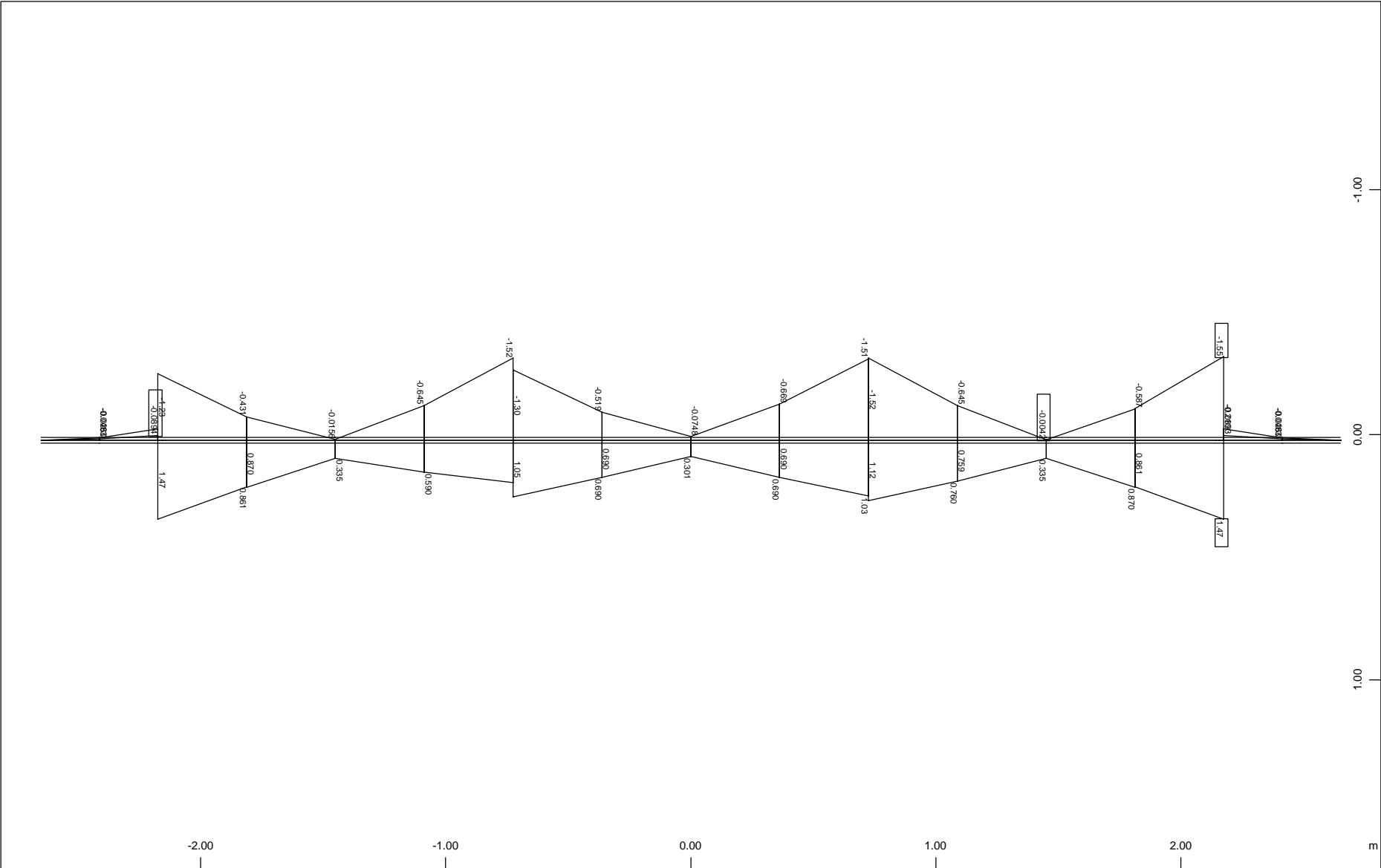


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5005 MAX-VZ BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-0.312) (Max=2.96)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5006 MIN-VZ BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-2.96) (Max=0.311)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

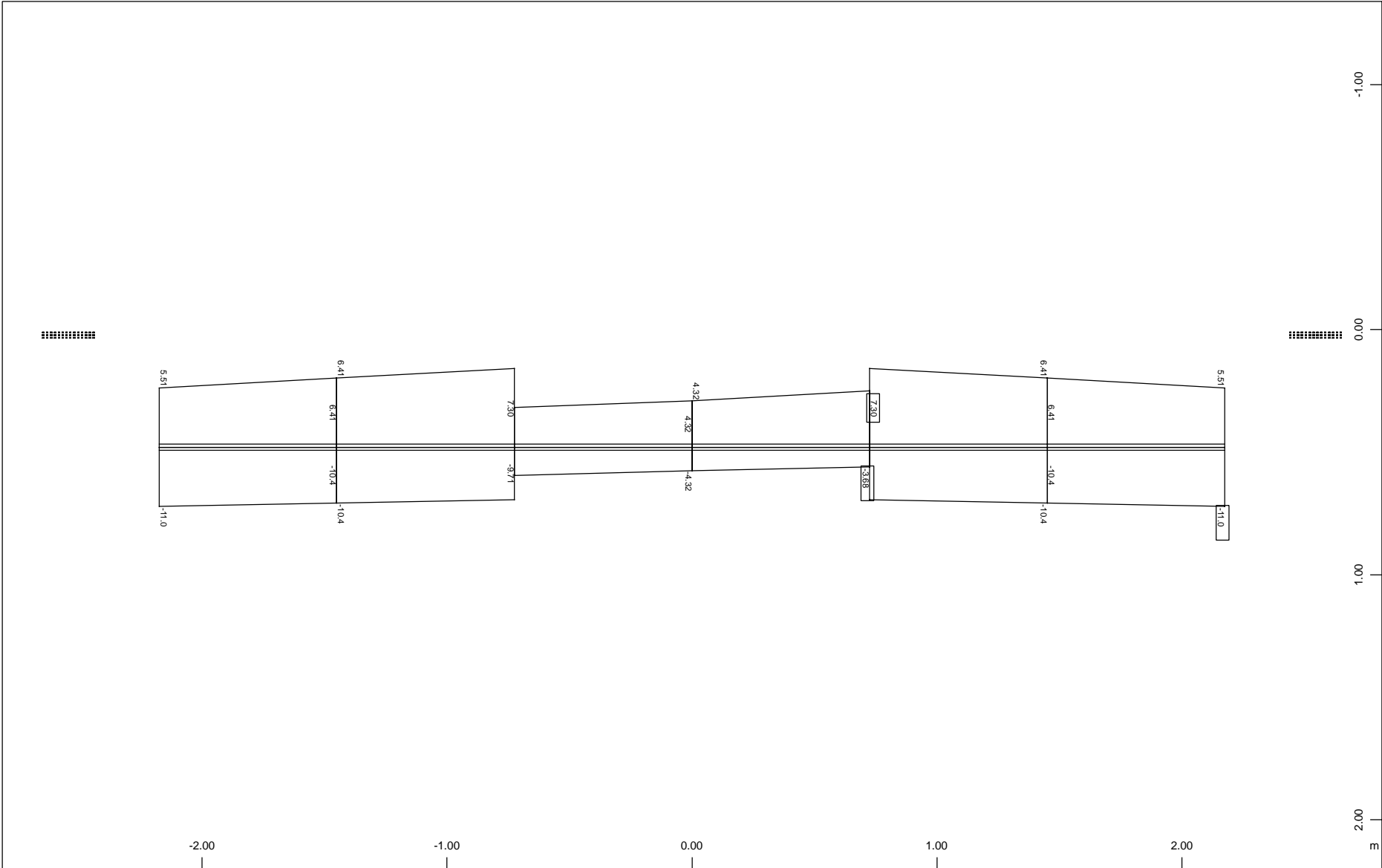


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-0.0894) (Max=1.47)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.55) (Max=-3.4918e-05)

M 1 : 22

MRT\_1. poikkituet. Leikkausvoima Vz

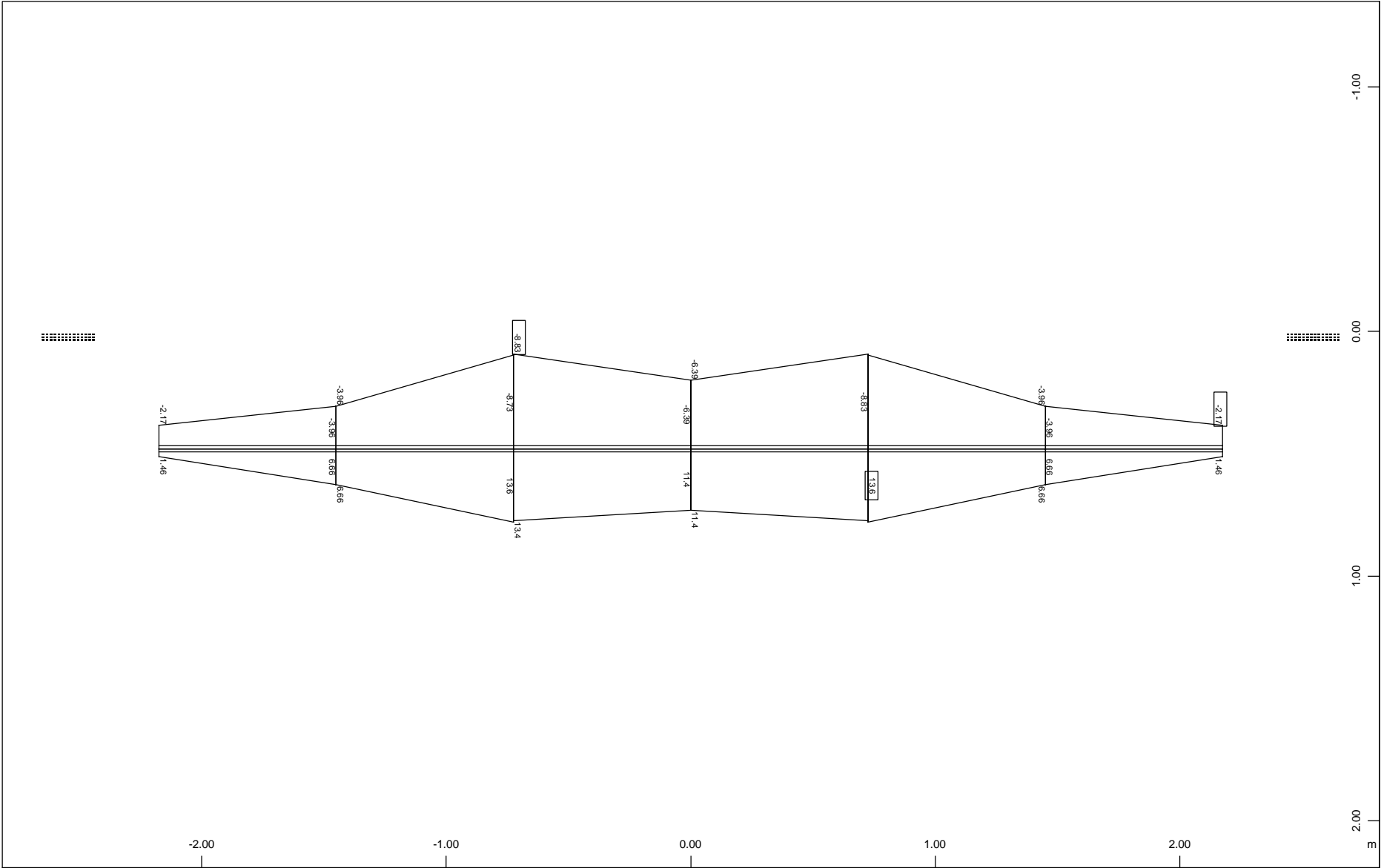


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 0  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5005 MAX-VZ BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=7.30)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5006 MIN-VZ BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 10.0 kN (Min=-11.0) (Max=-3.68)



Taivutusmomentti: My



X-Y  
Z

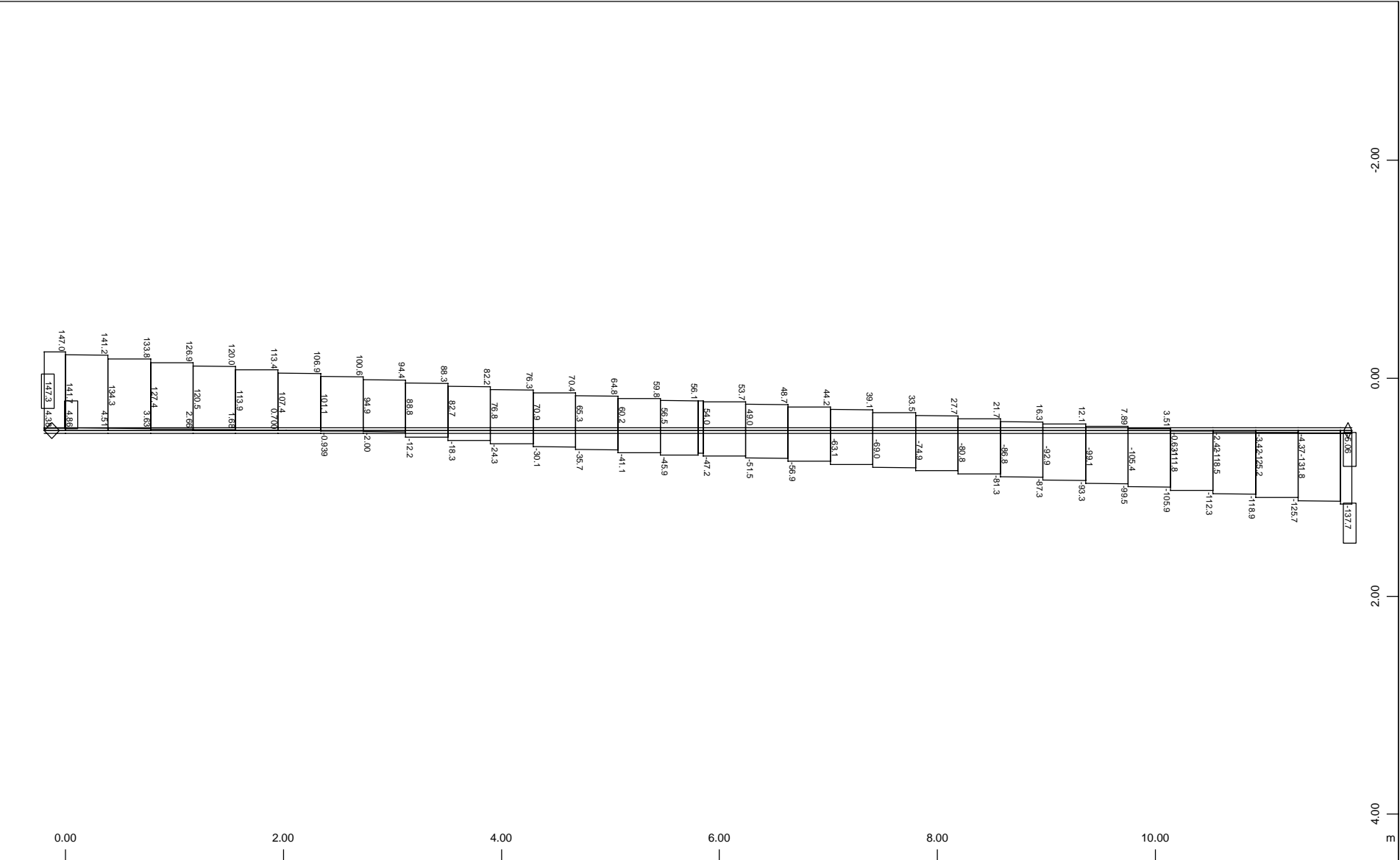
Sector of system Beam Elements Group 0

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5009 MAX-MY BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Max=13.6)

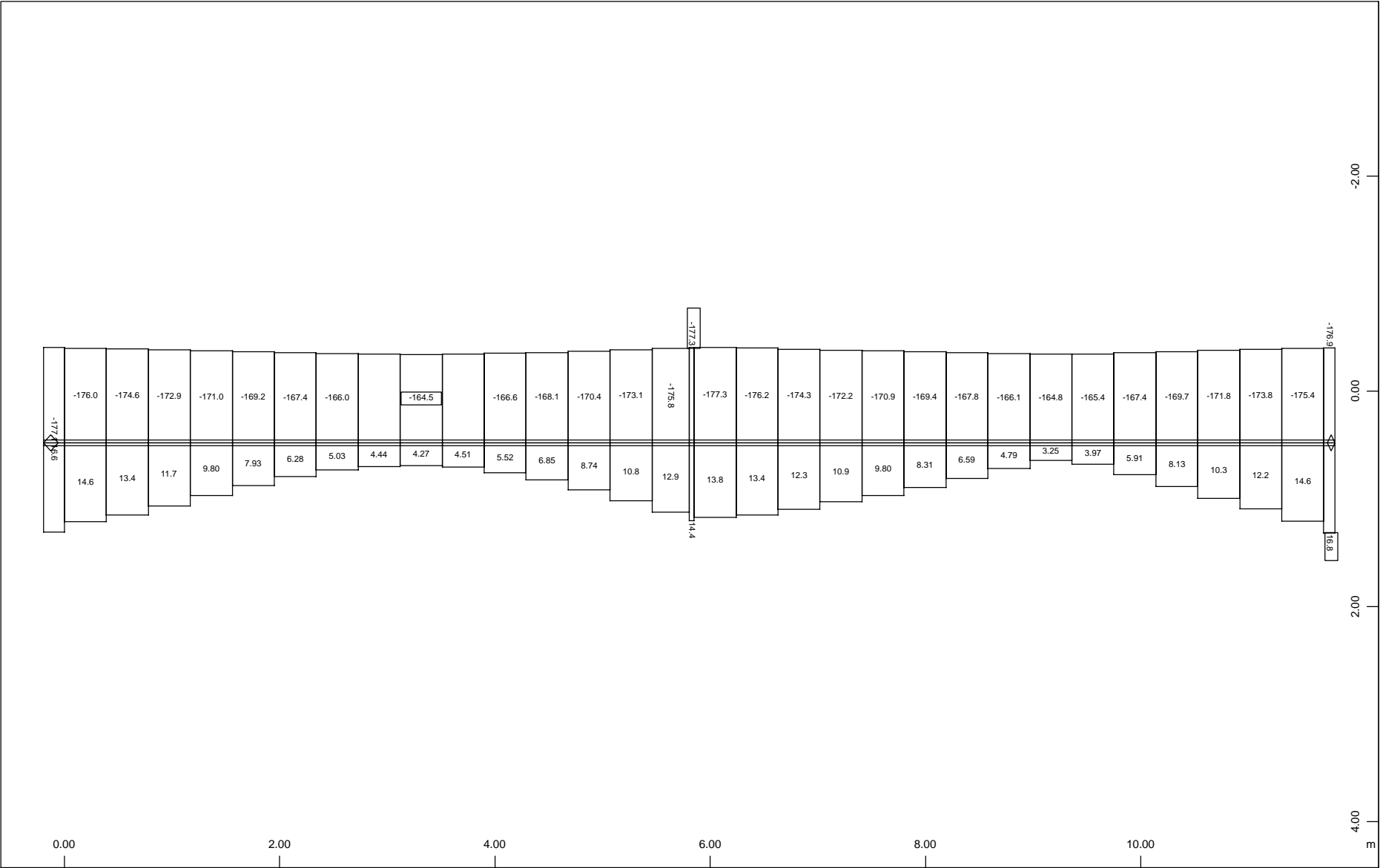
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5010 MIN-MY BEAM MRT\_1 , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-8.83) (Max=-2.17)

M 1 : 22

MRT\_2. Reunimmaiset palkit. Leikkausvoima:Vz



Normaalivoima: Nx

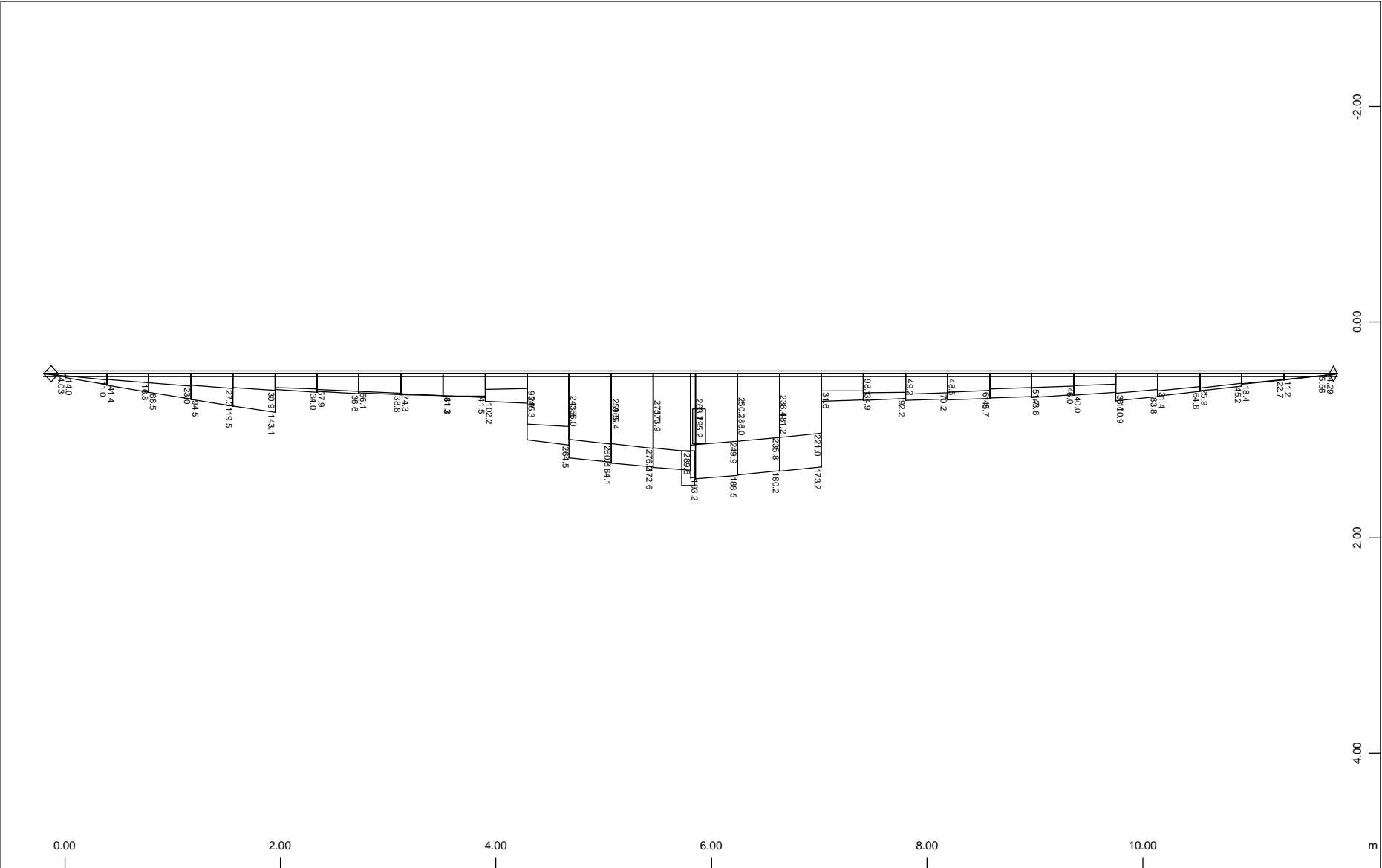


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6001 MAX-N BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 10.0 kN (Max=16.8)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6002 MIN-N BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-177.3) (Max=-164.5)

M 1 : 50

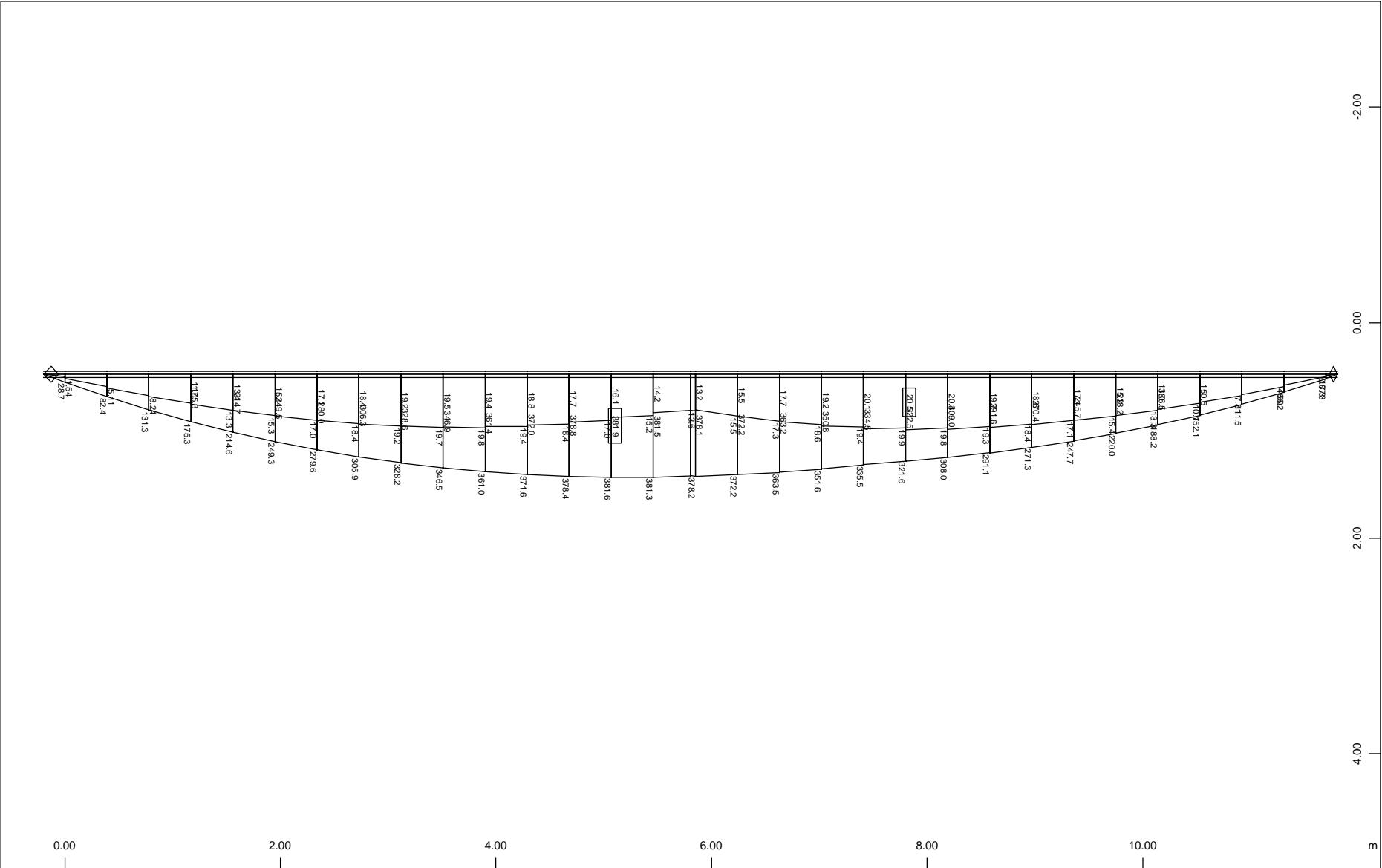
Nx vastaava taivutusmomentti: My



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6001 MAX-N BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Max=289.6)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6002 MIN-N BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=195.2)

M 1 : 50

Taivutusmomentti: My

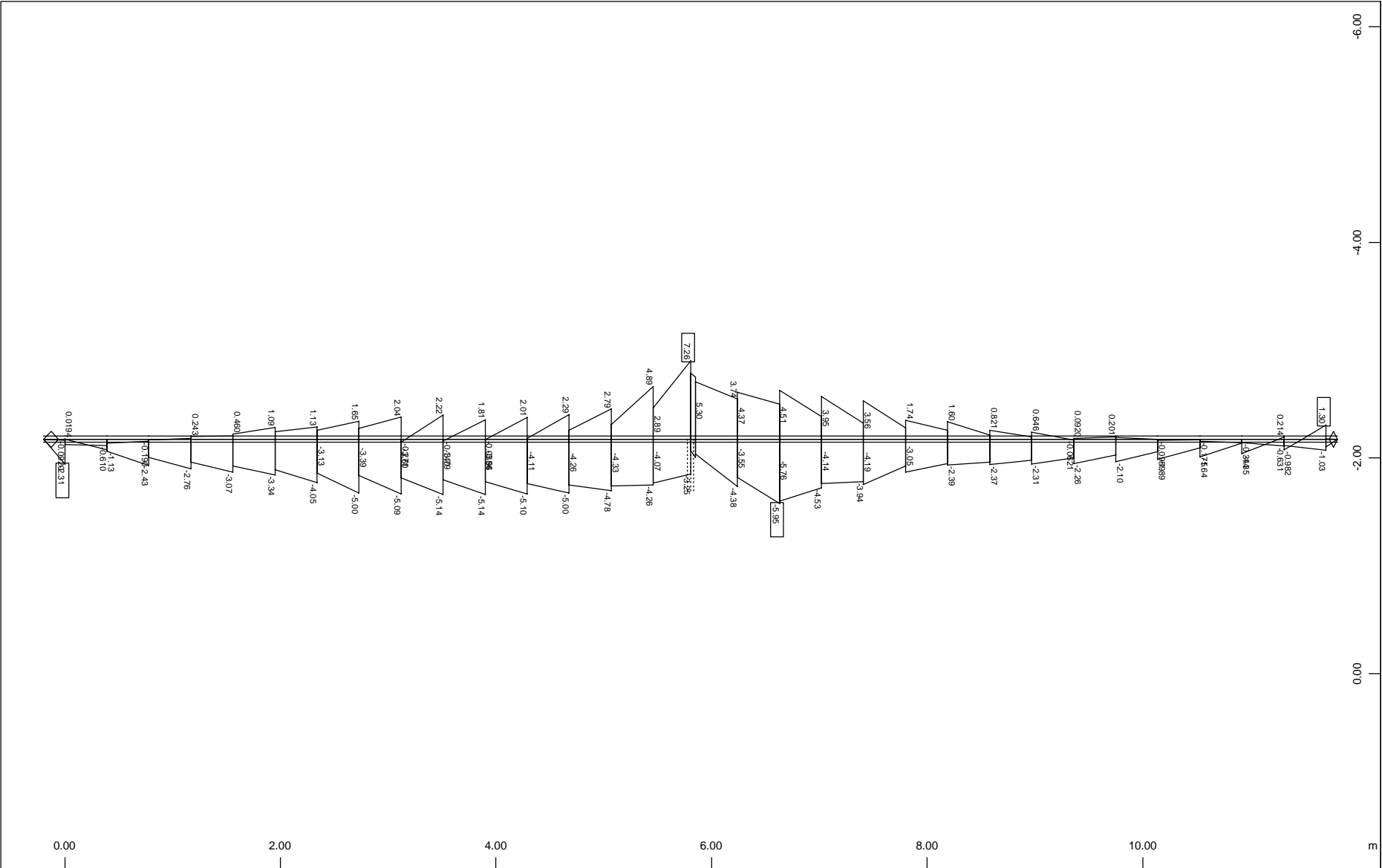


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Max=381.9)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=20.5)

M 1 : 50

My vastaava taivutusmomentti: Mz



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-5.95) (Max=1.30)  
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-2.31) (Max=7.26)

M 1 : 50

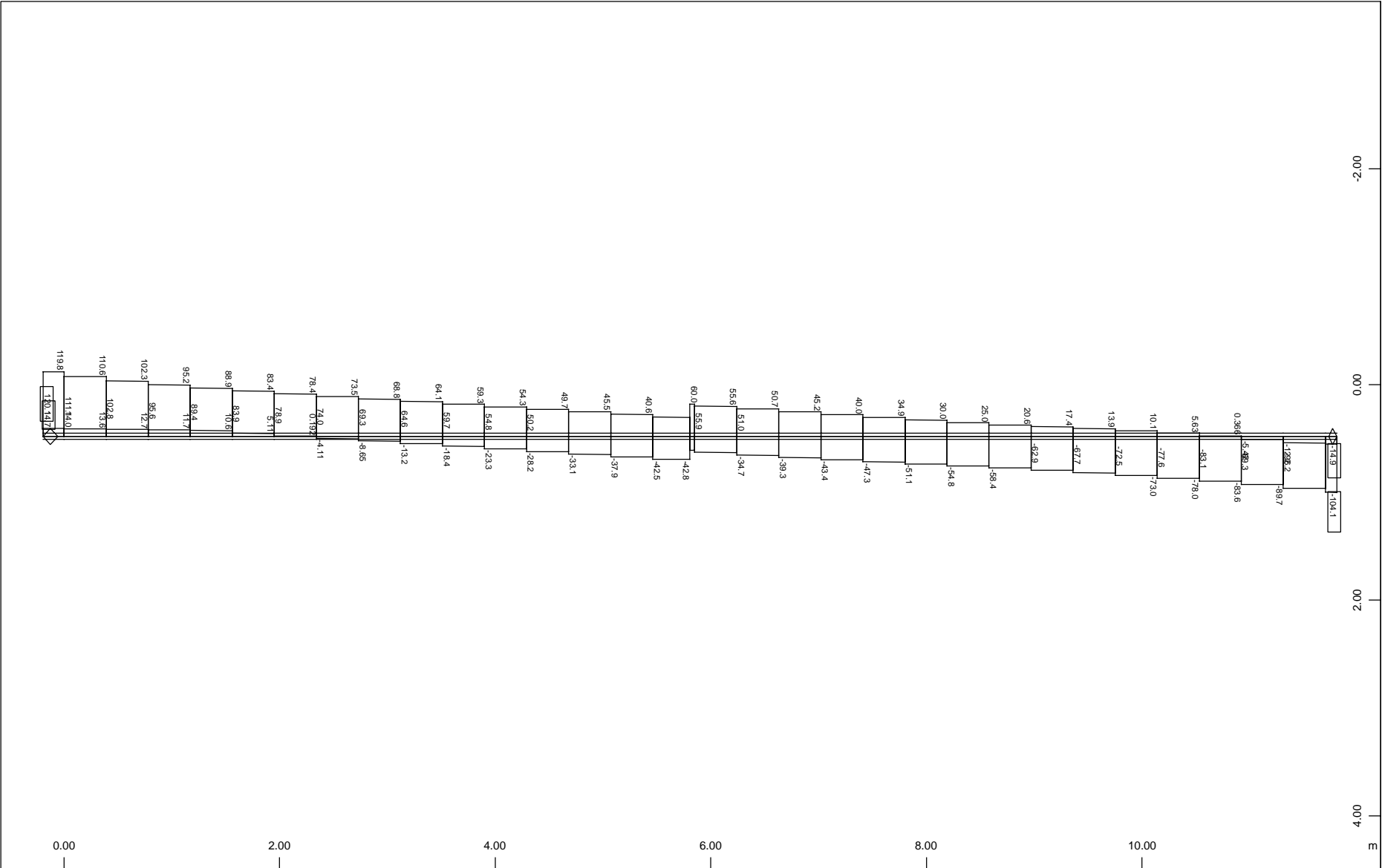


Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-162.2) (Max=9.54)

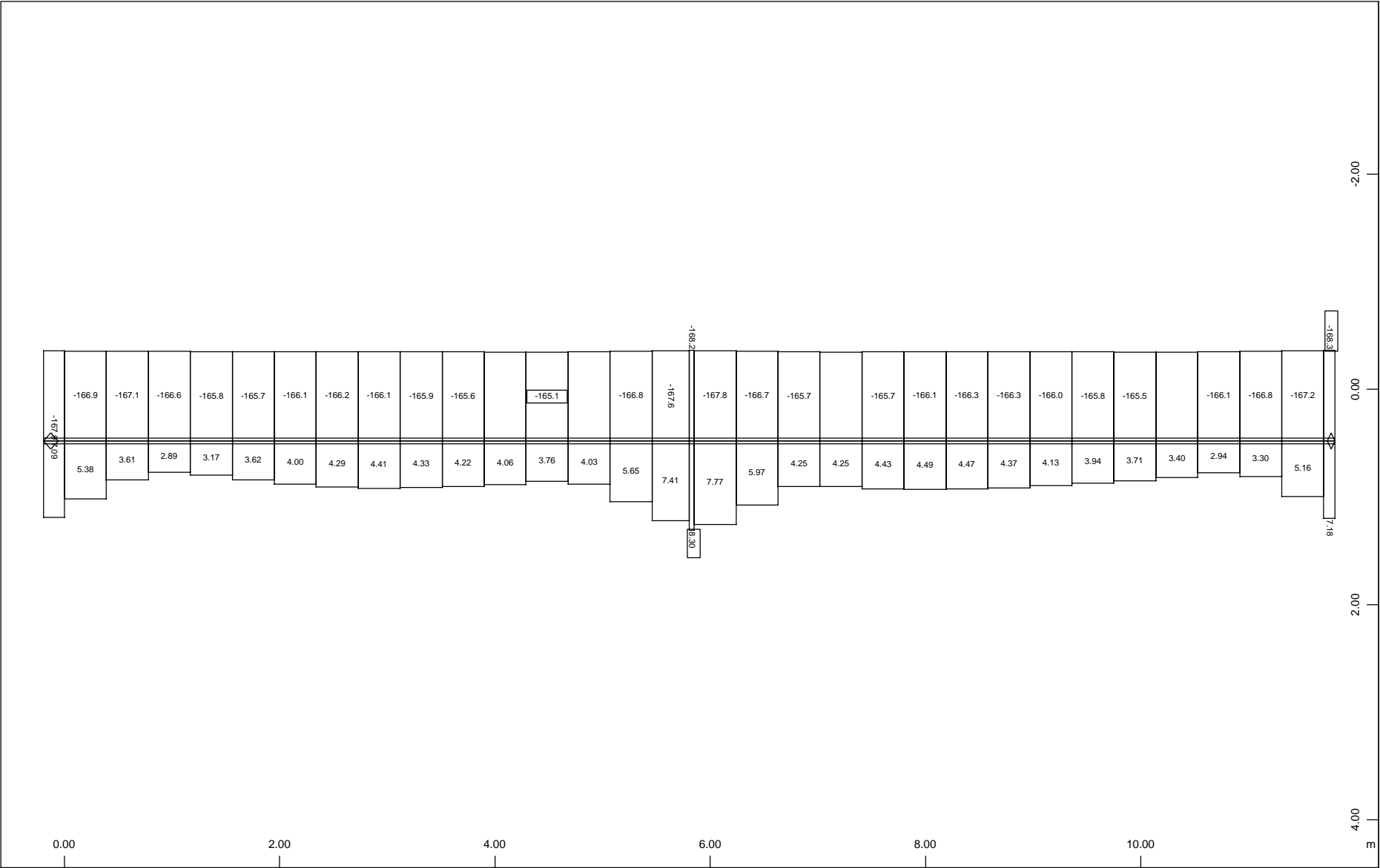
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-142.0) (Max=-0.0869)

MRT\_2. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz





Normaalivoima: Nx

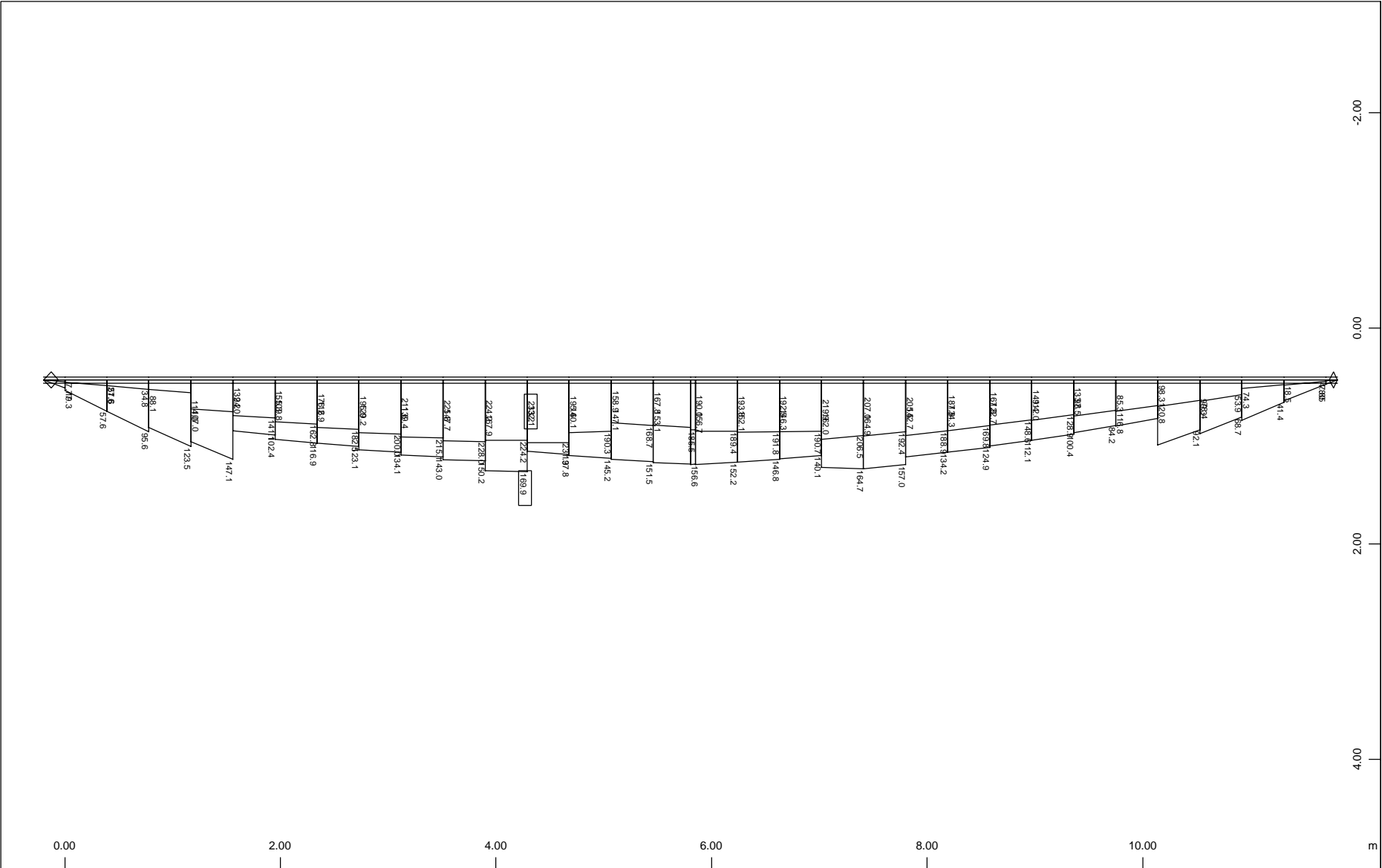


Y-X-Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6001 MAX-N BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=8.30)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6002 MIN-N BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-168.3) (Max=-165.1)

M 1 : 50

Nx vastaava taivutusmomentti: My



X  
Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6001 MAX-N BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Max=233.2)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6002 MIN-N BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=169.9)

M 1 : 50



Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Max=271.6)

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=52.9)

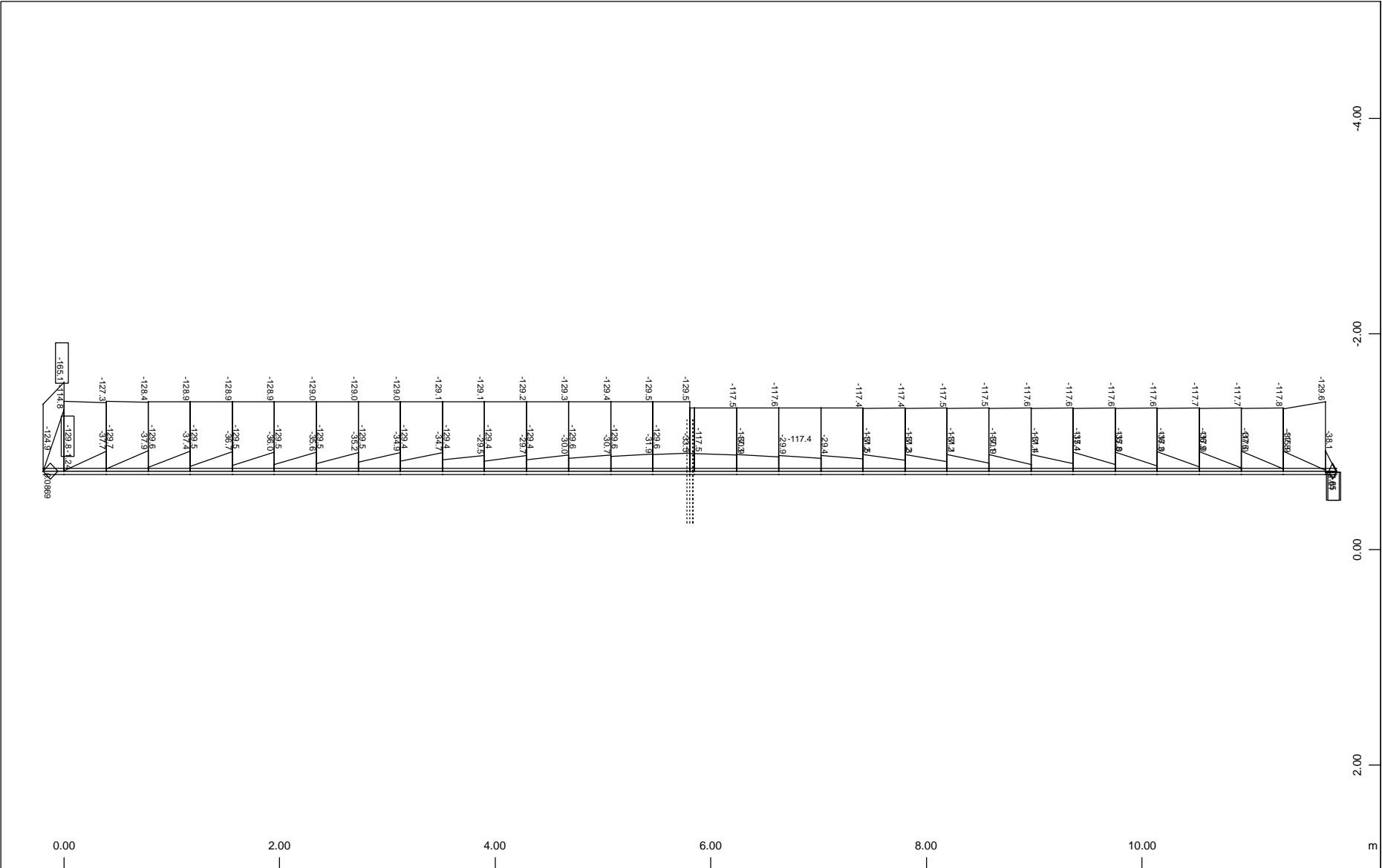


Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-5.94) (Max=0.802)

Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.39) (Max=1.75)

My vastaava normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-165.1) (Max=2.65)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-129.8) (Max=2.61)

M 1 : 50

The chart displays the frequency of 1000 random numbers. The x-axis is labeled 'Random Number' and ranges from -2.00 to 2.00. The y-axis is labeled 'Frequency' and ranges from 0.00 to 1.00. The bars are colored in a gradient from blue to red. The distribution is centered around 0.00, with the highest frequency of approximately 0.25 occurring at 0.00. The frequency decreases as the value moves away from 0.00 in both directions.

Random Number	Frequency
-2.00	0.00
-1.80	0.00
-1.60	0.00
-1.40	0.00
-1.20	0.00
-1.00	0.00
-0.80	0.00
-0.60	0.00
-0.40	0.00
-0.20	0.00
0.00	0.25
0.20	0.00
0.40	0.00
0.60	0.00
0.80	0.00
1.00	0.00
1.20	0.00
1.40	0.00
1.60	0.00
1.80	0.00
2.00	0.00

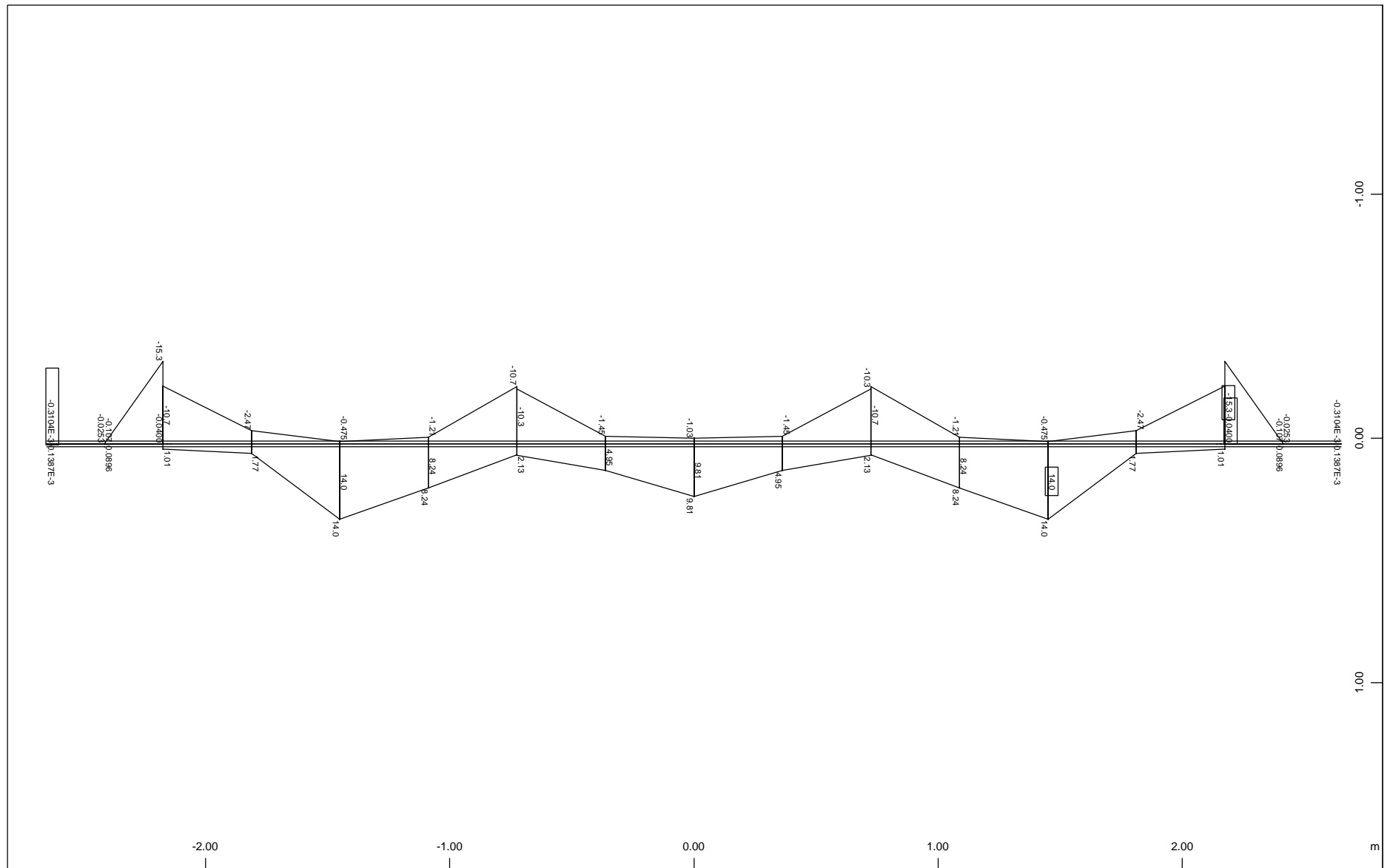
Sector of system Beam Elements Group 1

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6005 MAX-VZ BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-0.208) (Max=64.5)

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6006 MIN-VZ BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-64.5) (Max=0.208)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My



X-Y  
Z

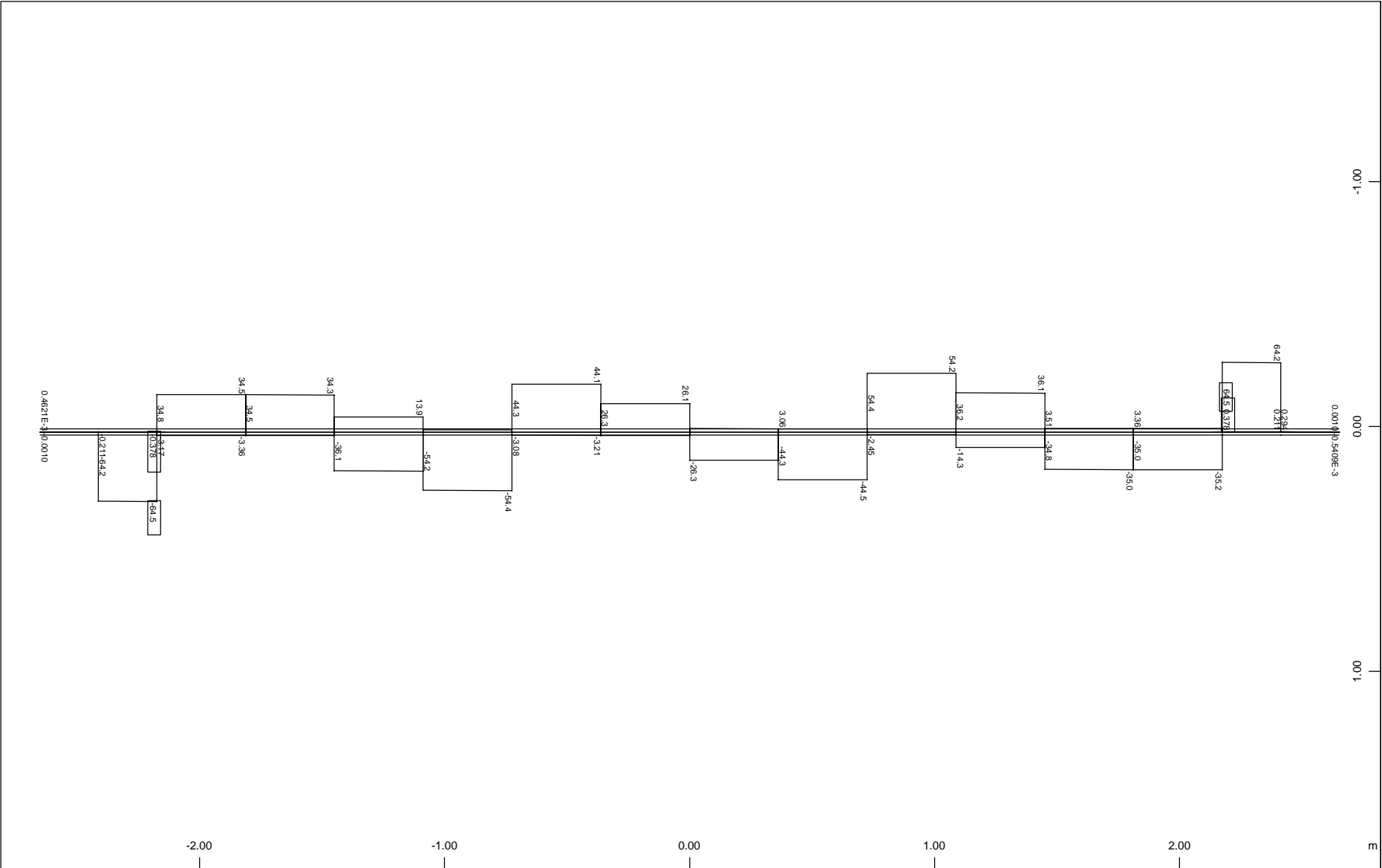
Sector of system Beam Elements Group 1

Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-0.0400) (Max=14.0)

Beam Elements , Bending moment  $M_y$ , Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-15.3) (Max=-3.1045e-04)

M 1 : 22

MRT\_2. Päätyalue laatta. Leikkausvoima Vz

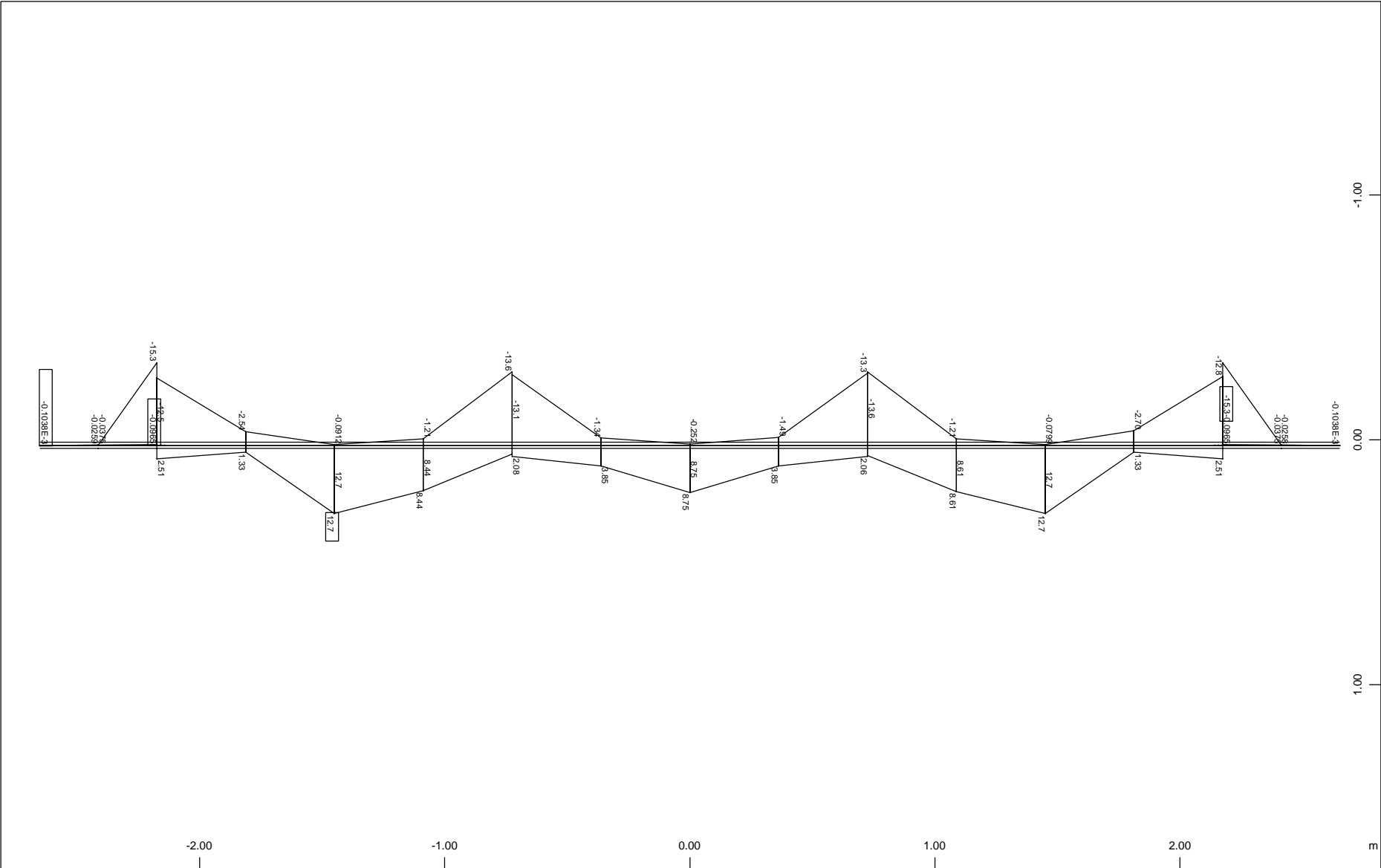


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6005 MAX-VZ BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-0.378) (Max=64.5)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6006 MIN-VZ BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-64.5) (Max=0.378)



Taivutusmomentti: My

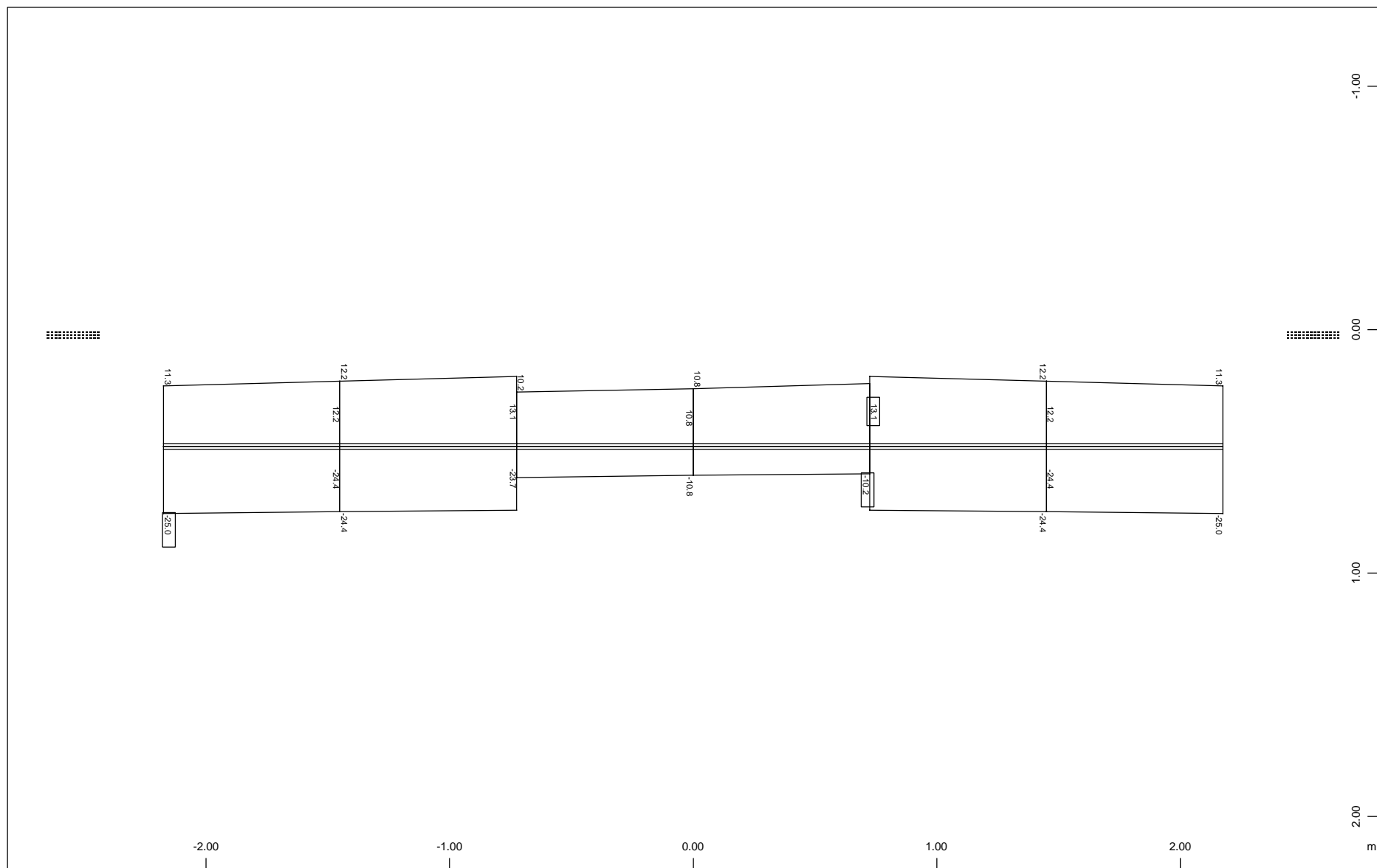


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-0.0965) (Max=12.7)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-15.3) (Max=-1.0380e-04)

M 1 : 22

MRT\_2. poikkituet. Leikkausvoima Vz


$$\begin{array}{c} \text{X} - \text{Y} \\ | \\ \text{Z} \end{array}$$

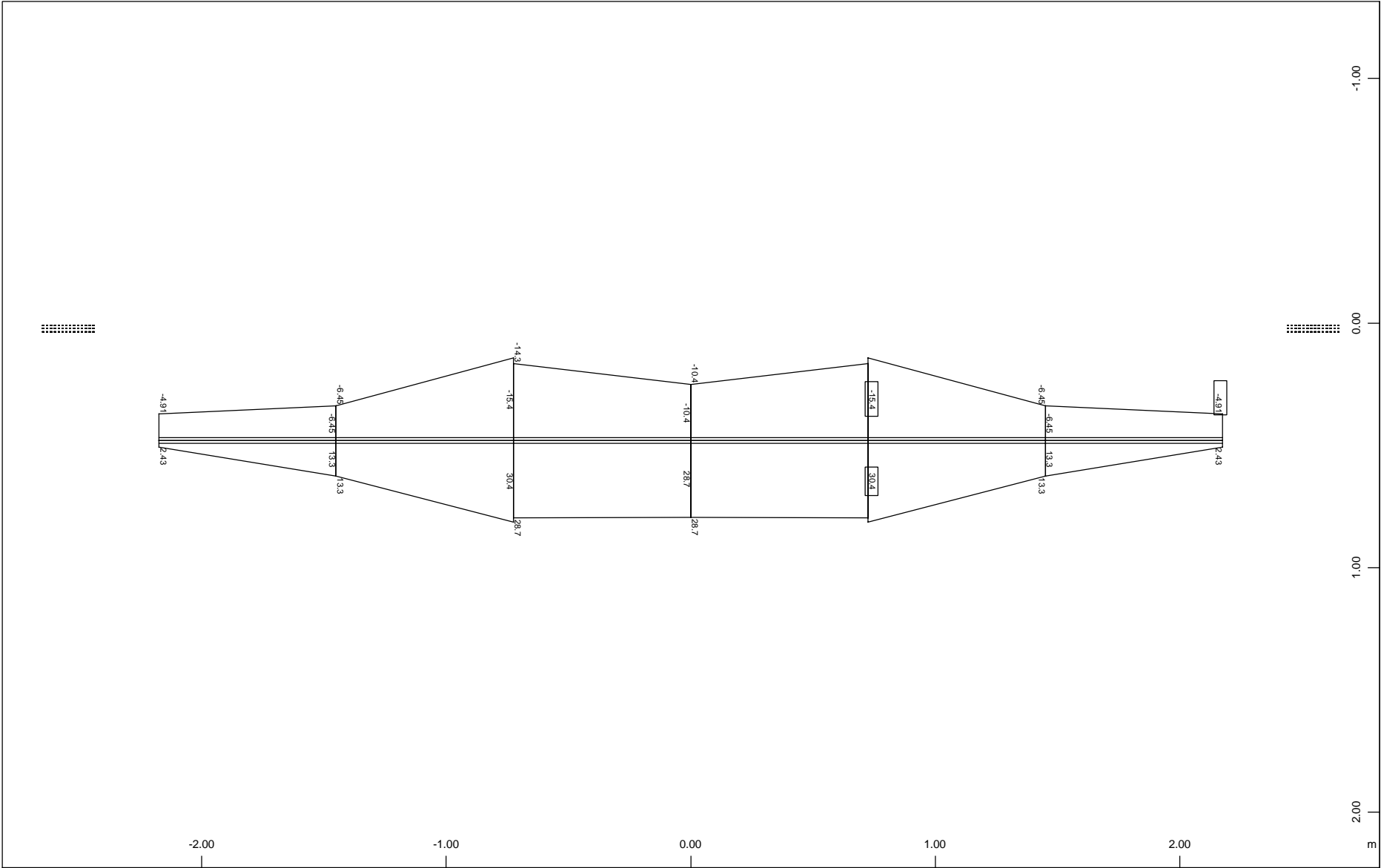
Sector of system Beam Elements Group 0

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6005 MAX-VZ BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 10.0 kN (Max=13.1)

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 6006 MIN-VZ BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-25.0) (Max=-10.2)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

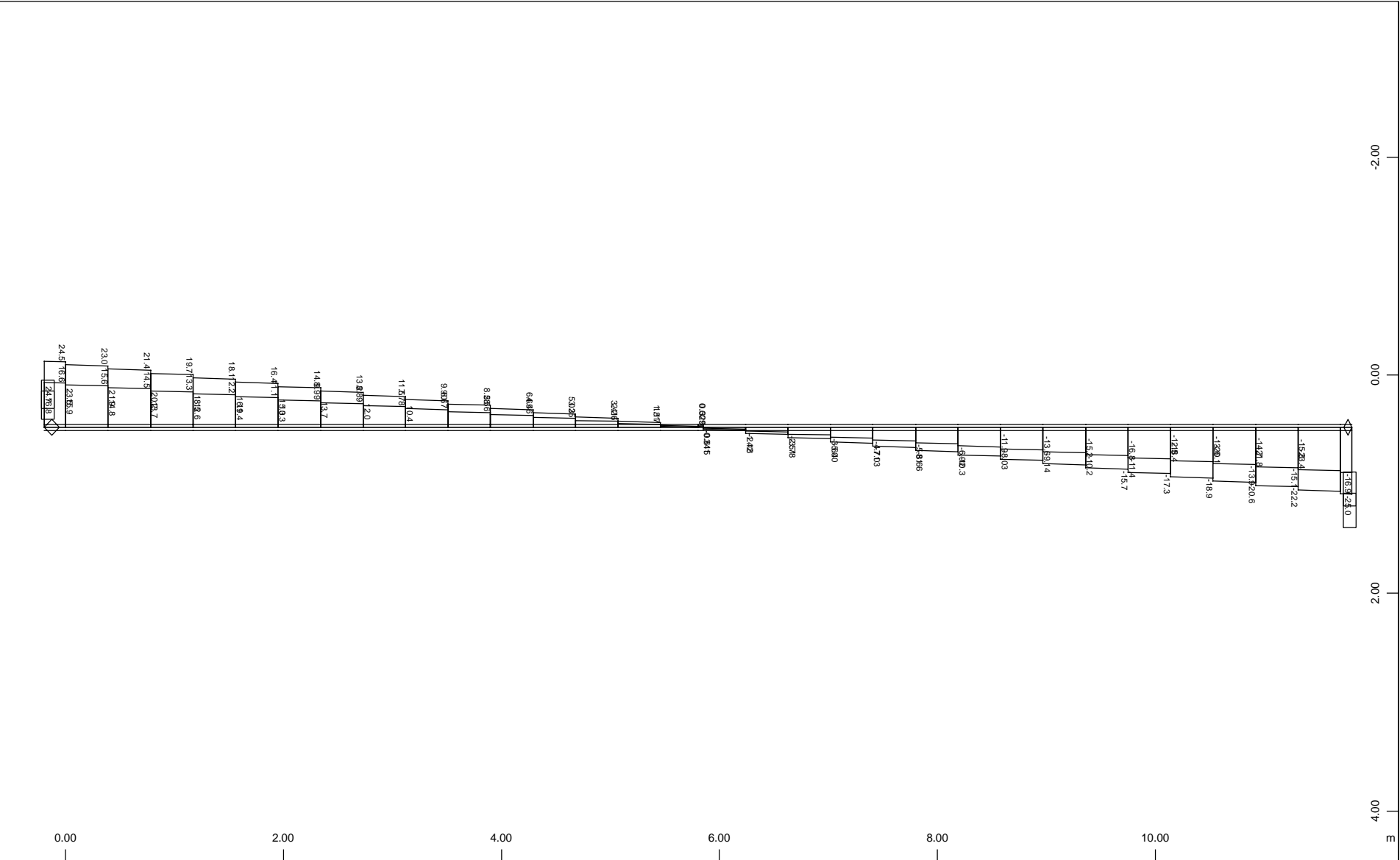


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 0  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6009 MAX-MY BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=30.4)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 6010 MIN-MY BEAM MRT\_2 , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-15.4) (Max=-4.91)

M 1 : 22

MRT\_4. Reunimmaiset palkit. Leikkausvoima:Vz



Y  
X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7005 MAX-VZ BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-16.9) (Max=24.7)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7006 MIN-VZ BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-25.0) (Max=16.8)

M 1 : 49

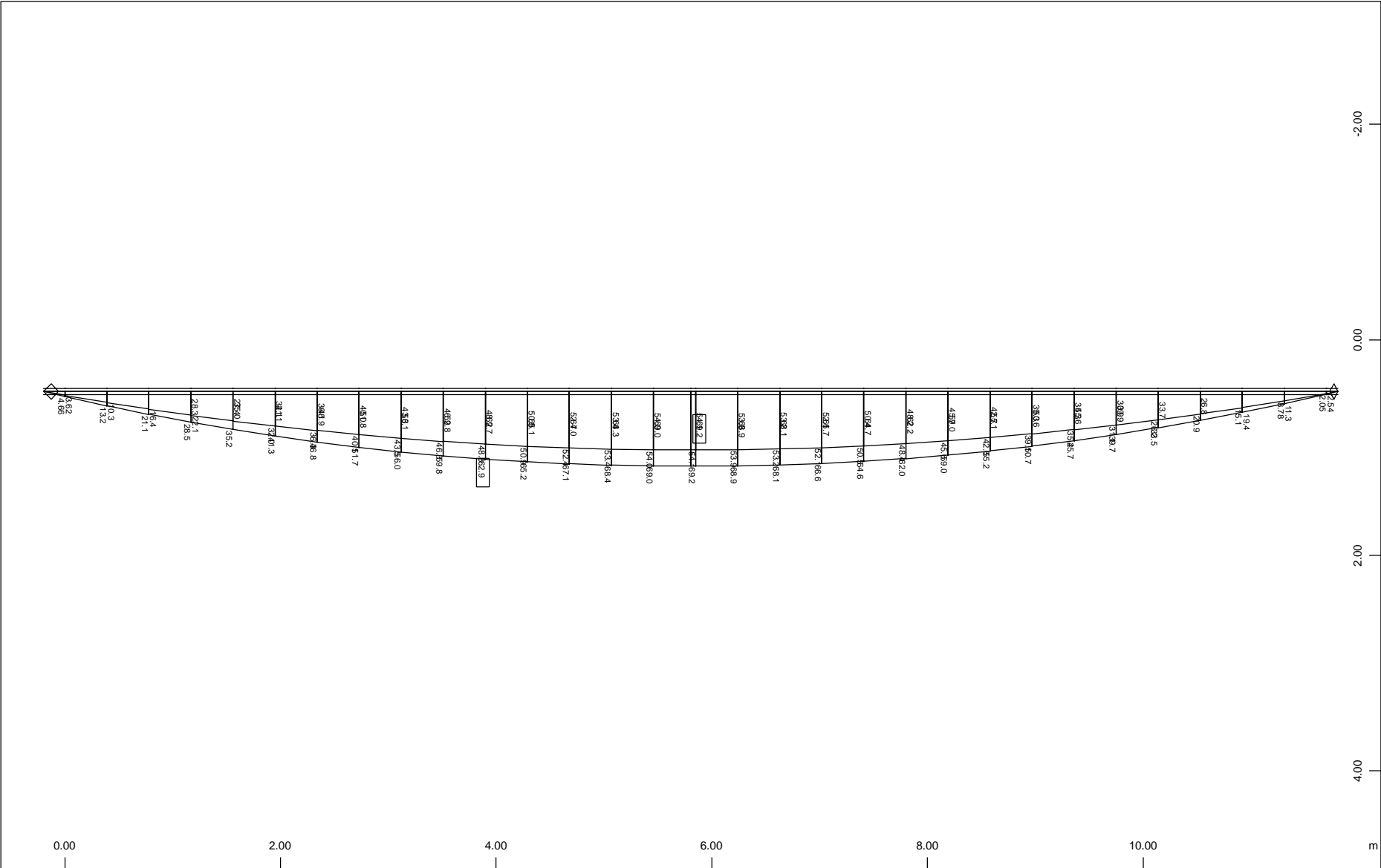
SOFiSTiK AG - [www.sofistik.de](http://www.sofistik.de)



Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7002 MIN-N BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-210.5) (Max=-207.6)

M 1 : 50

Nx vastaava taivutusmomentti: My

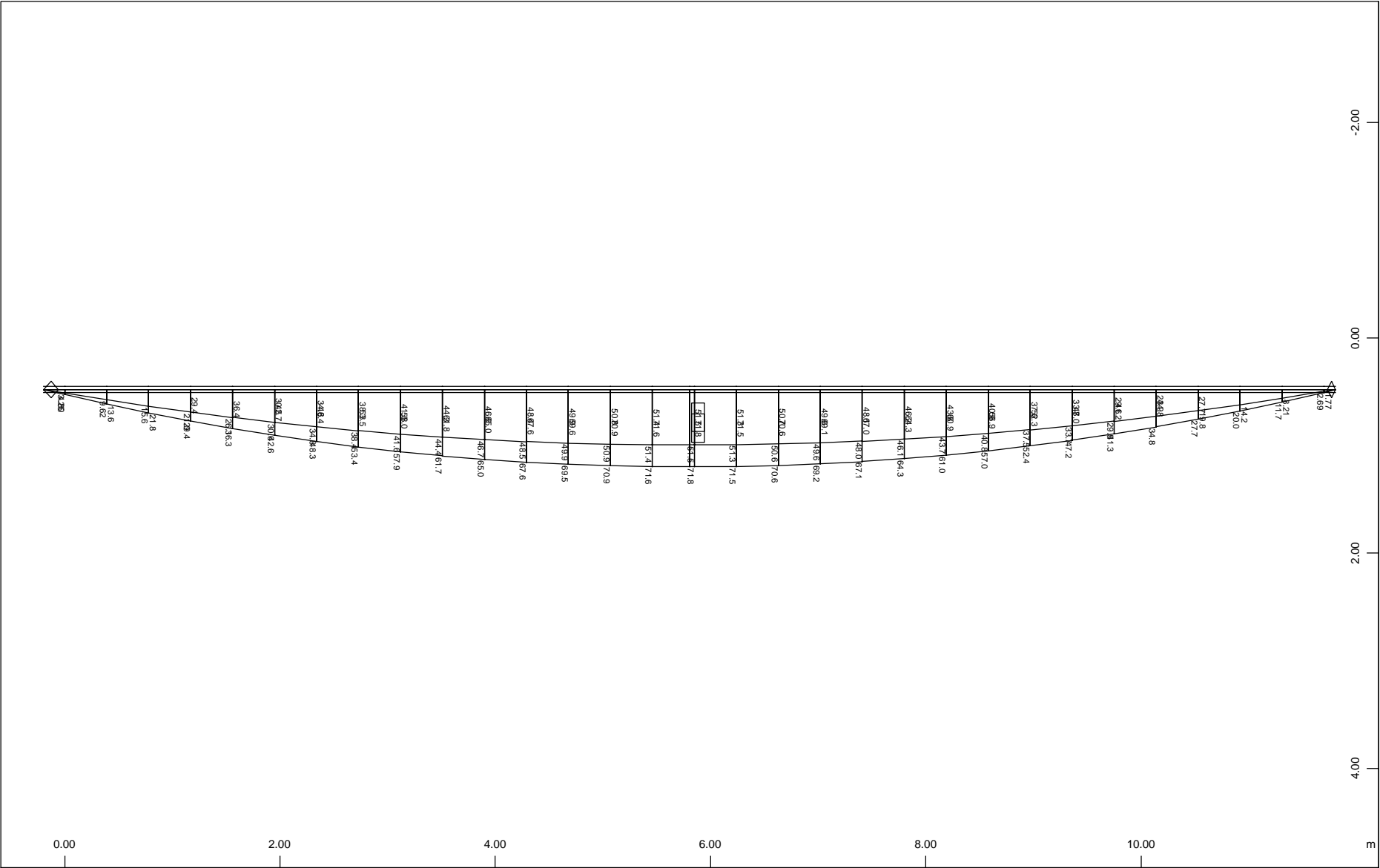


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7001 MAX-N BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=69.2)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7002 MIN-N BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=62.9)

M 1 : 50

Taivutusmomentti: My



Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=71.8)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=51.5)

M 1 : 50



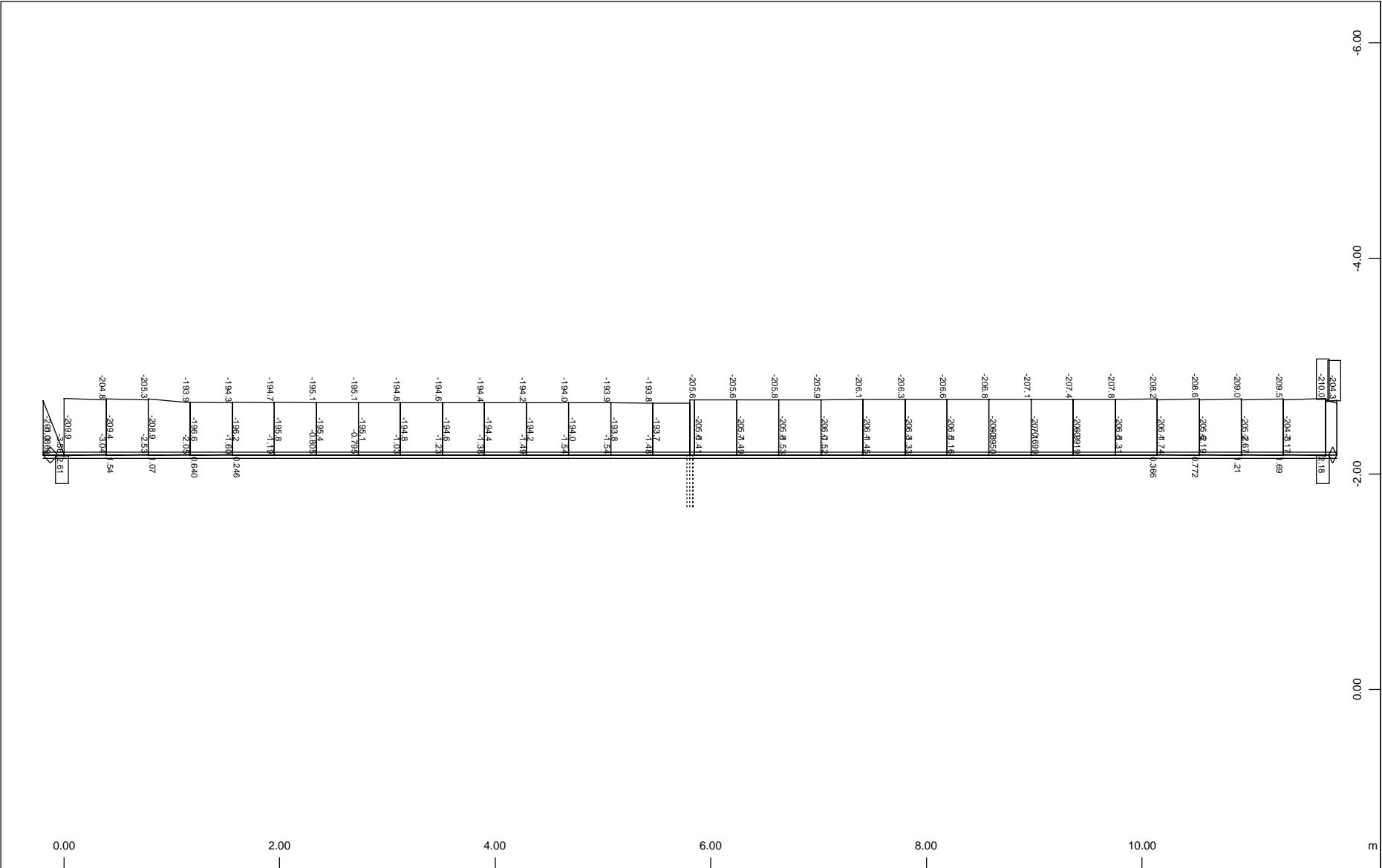
Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 0.200 kNm (Min=-0.222) (Max=0.302)

Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 0.200 kNm (Min=-0.271) (Max=0.319)



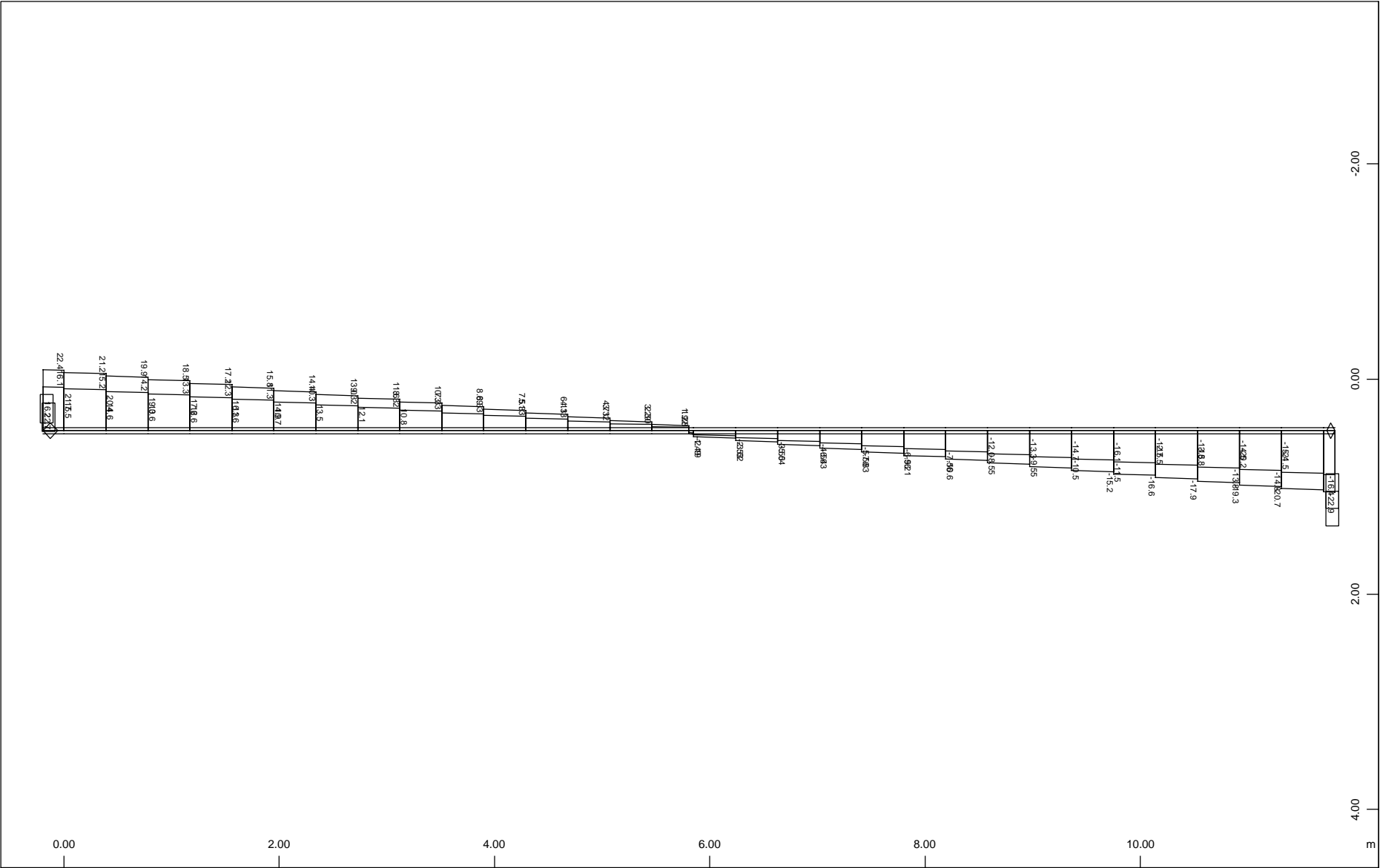
My vastaava normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-204.3) (Max=2.18)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-210.0) (Max=2.61)

M 1 : 50

MRT\_4. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz

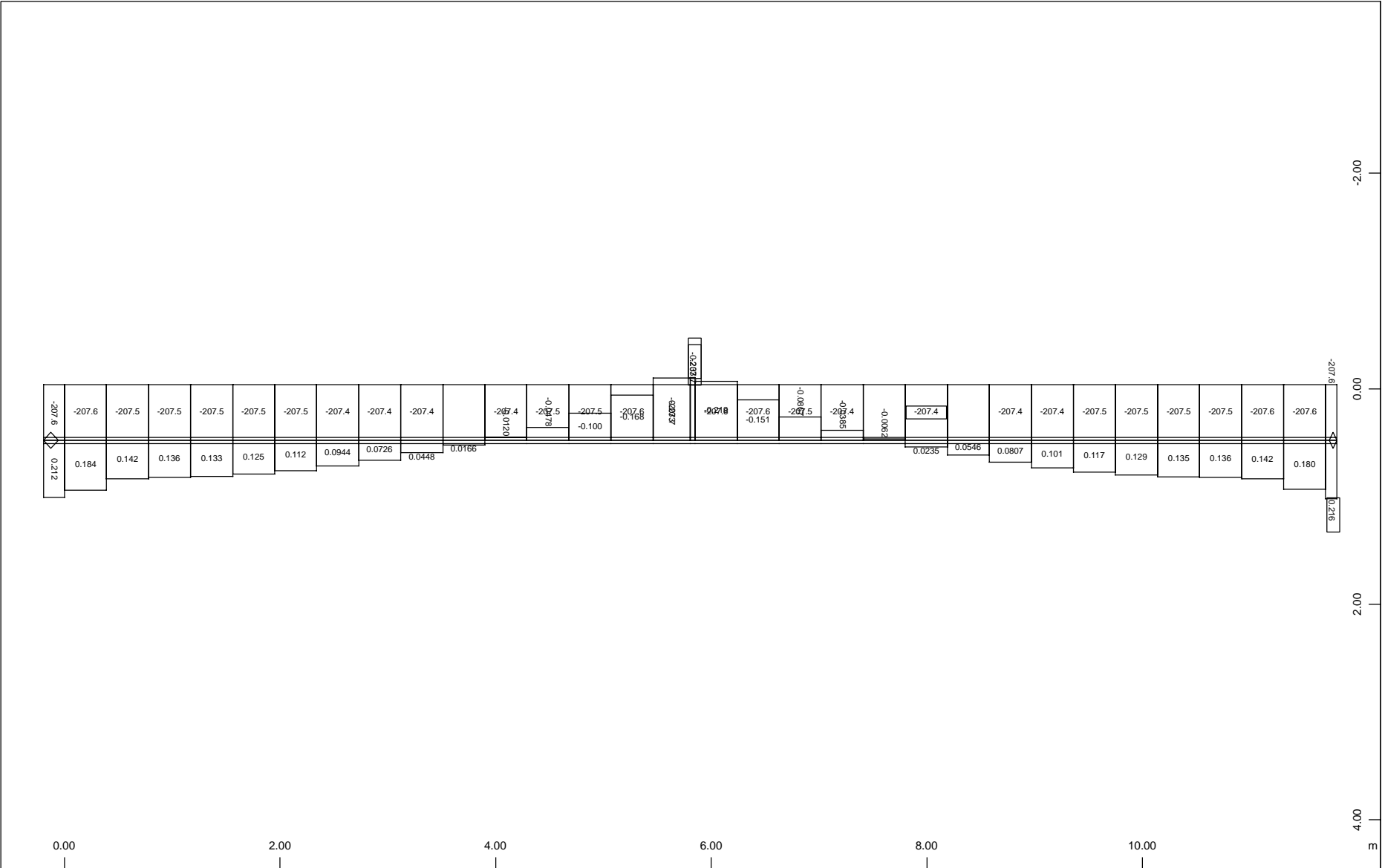


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements, Shear force Vz, Loadcase 7005 MAX-VZ BEAM MRT\_4, 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-16.4) (Max=22.7)  
Beam Elements, Shear force Vz, Loadcase 7006 MIN-VZ BEAM MRT\_4, 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-22.9) (Max=16.2)

M 1 : 50

Normaalivoima: Nx

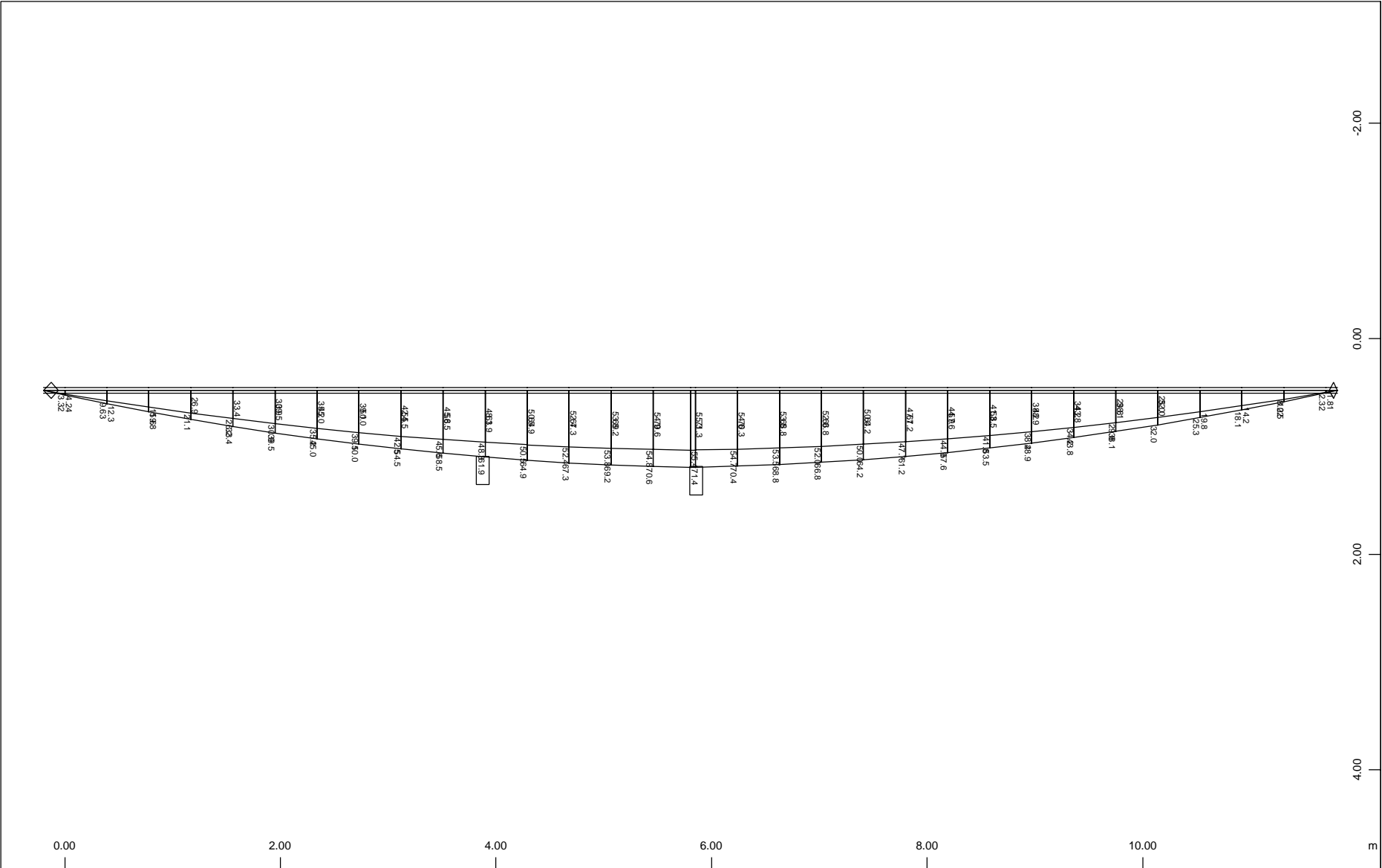


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7001 MAX-N BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 0.200 kN (Min=-0.233) (Max=0.216)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7002 MIN-N BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-207.7) (Max=-207.4)

M 1 : 50

Nx vastaava taivutusmomentti: My

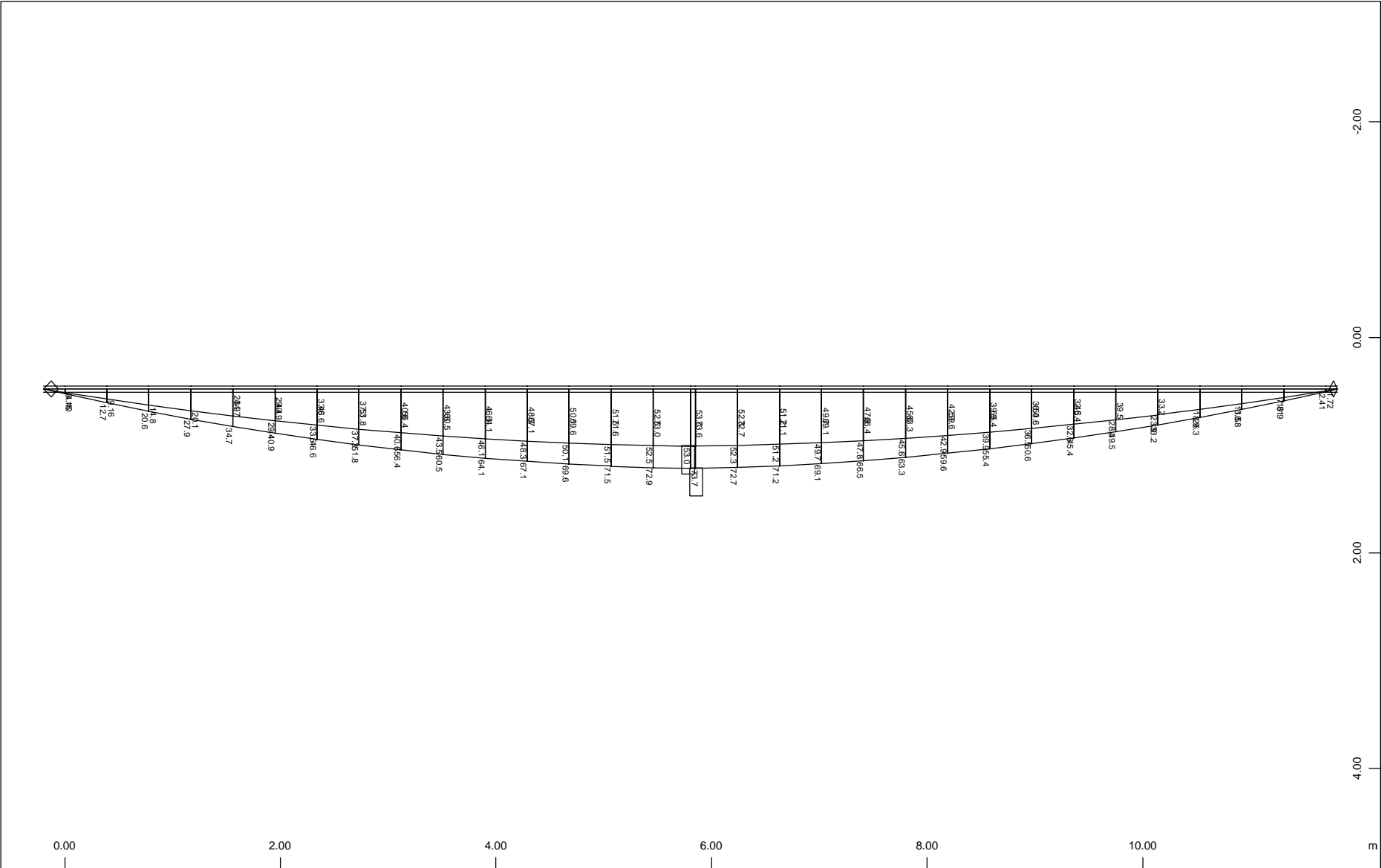


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7001 MAX-N BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=61.9)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7002 MIN-N BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=71.4)

M 1 : 50

Taivutusmomentti: My



Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=73.7)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=53.0)

M 1 : 50

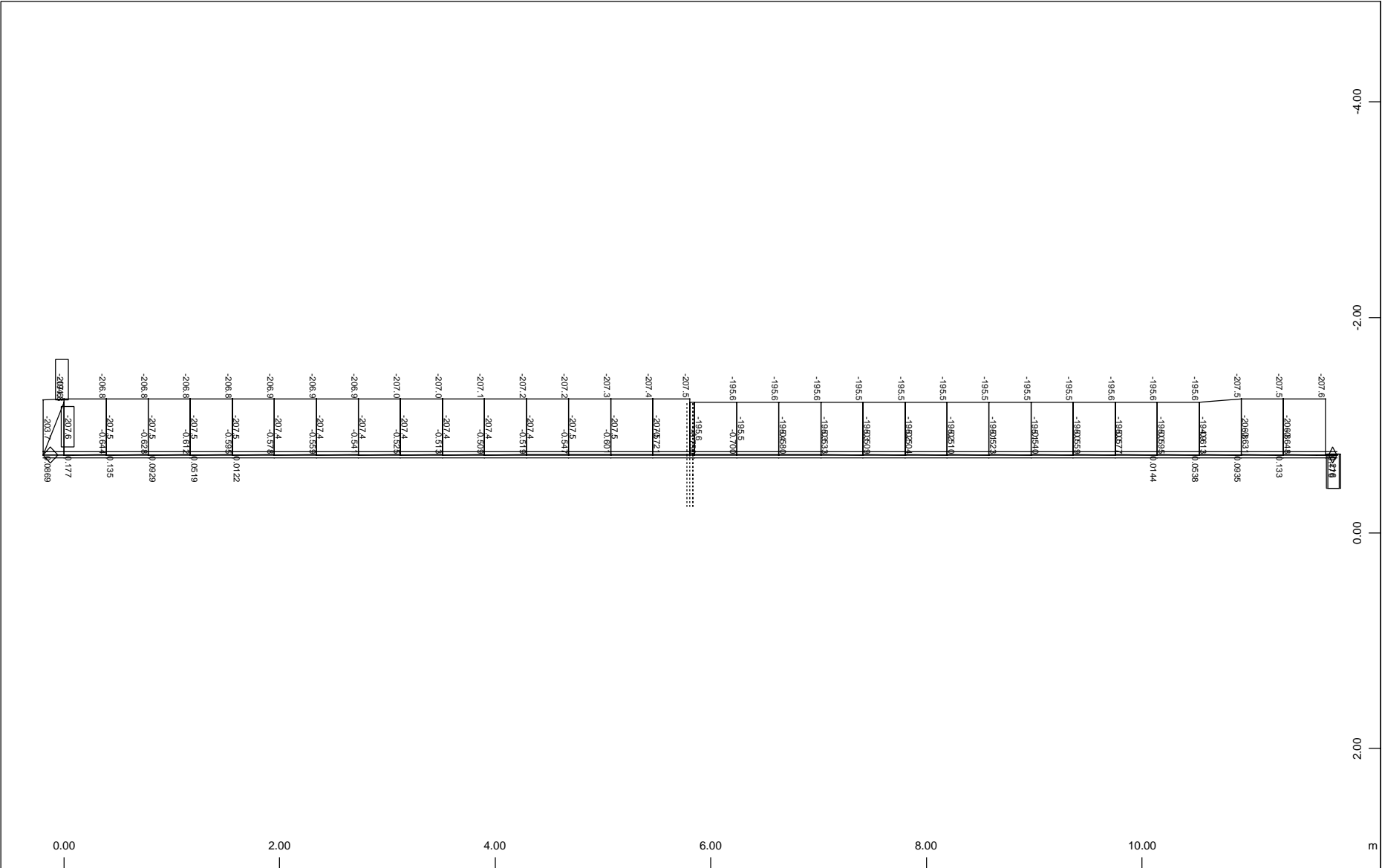


Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 0.200 kNm (Min=-0.371) (Max=0.313)

Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 0.200 kNm (Min=-0.362) (Max=0.370)

My vastaava normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-207.6) (Max=0.216)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 200.0 kN (Min=-207.6) (Max=0.176)

M 1 : 50

SOFiSTiK AG - [www.sofistik.de](http://www.sofistik.de)



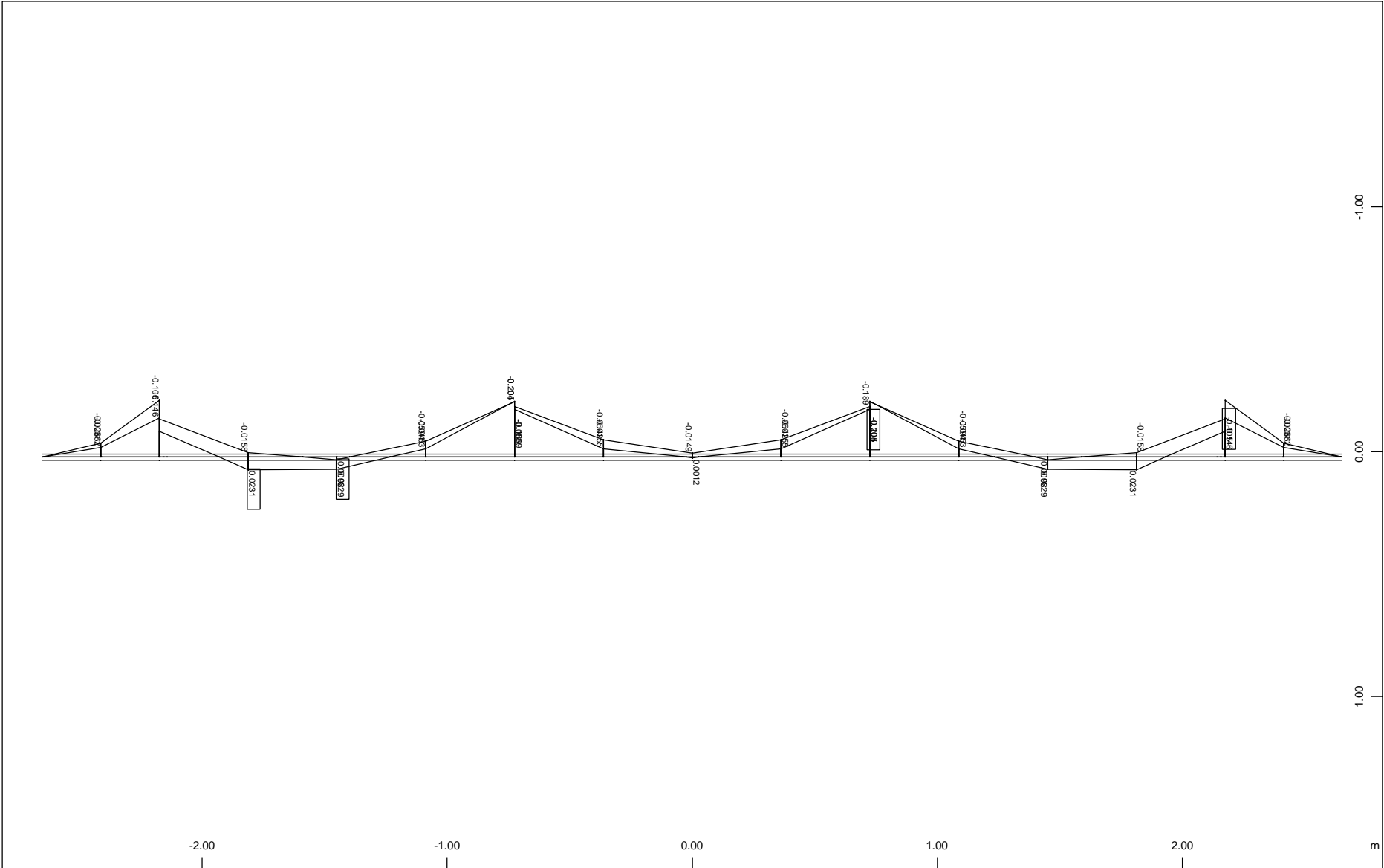
Sector of system Beam Elements Group 1

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7005 MAX-VZ BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.441) (Max=0.613)

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7006 MIN-VZ BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.613) (Max=0.441)



Taivutusmomentti: My

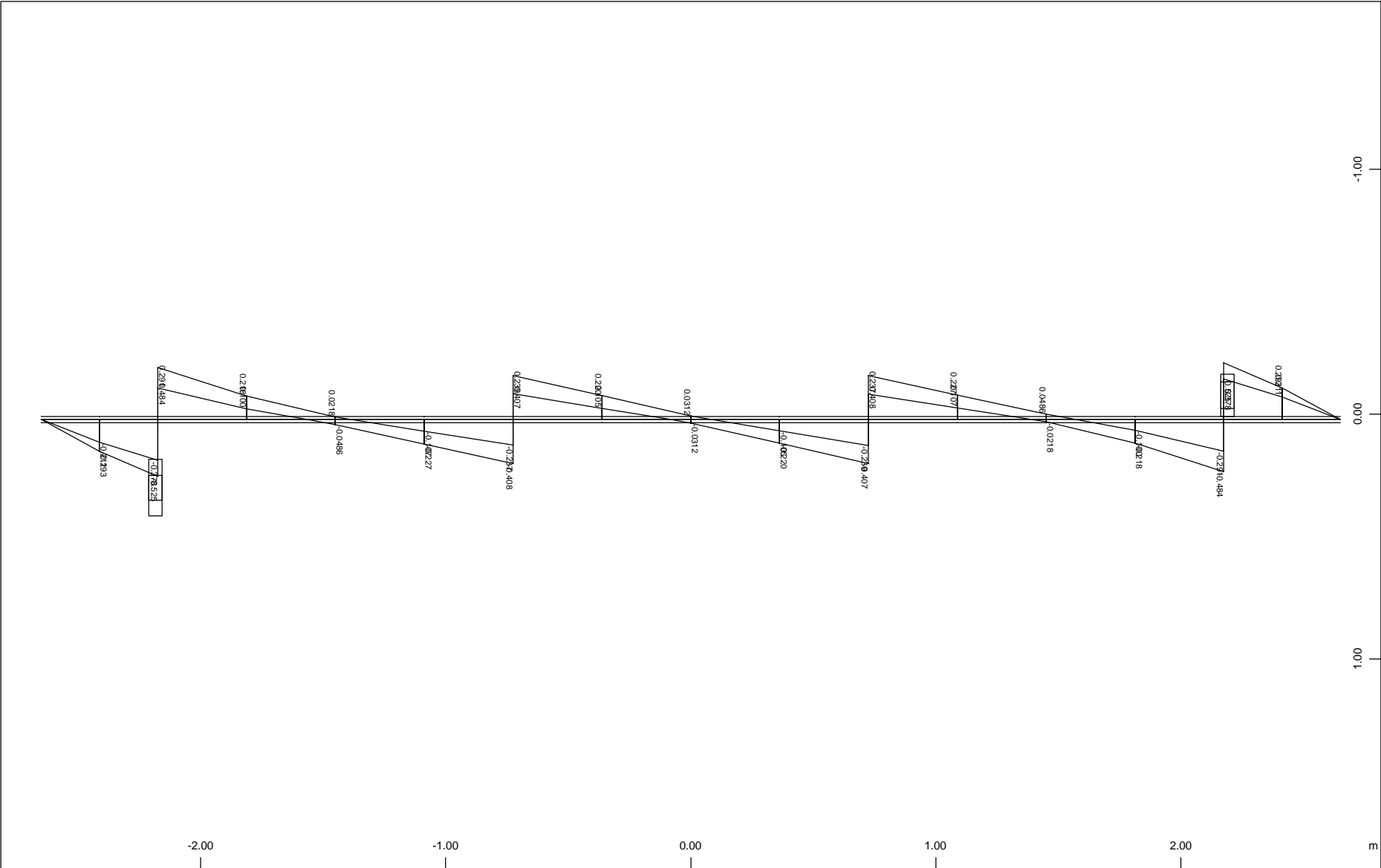


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 0.100 kNm (Min=-0.105) (Max=0.0231)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 0.200 kNm (Min=-0.205) (Max=0.0098)

M 1 : 22

MRT\_4. Päätysalue laatta. Leikkausvoima Vz

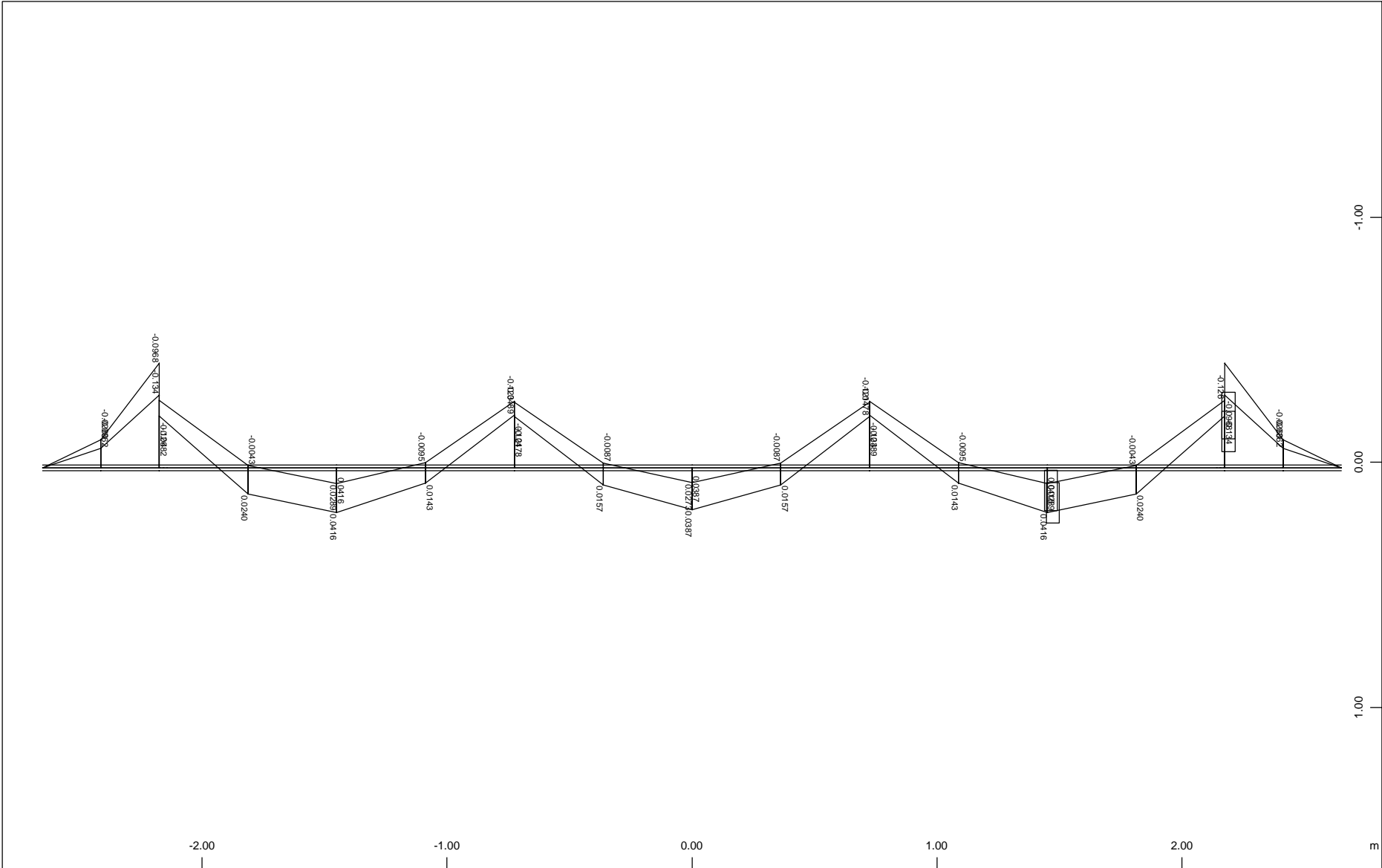


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7005 MAX-VZ BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.378) (Max=0.525)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7006 MIN-VZ BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.525) (Max=0.378)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

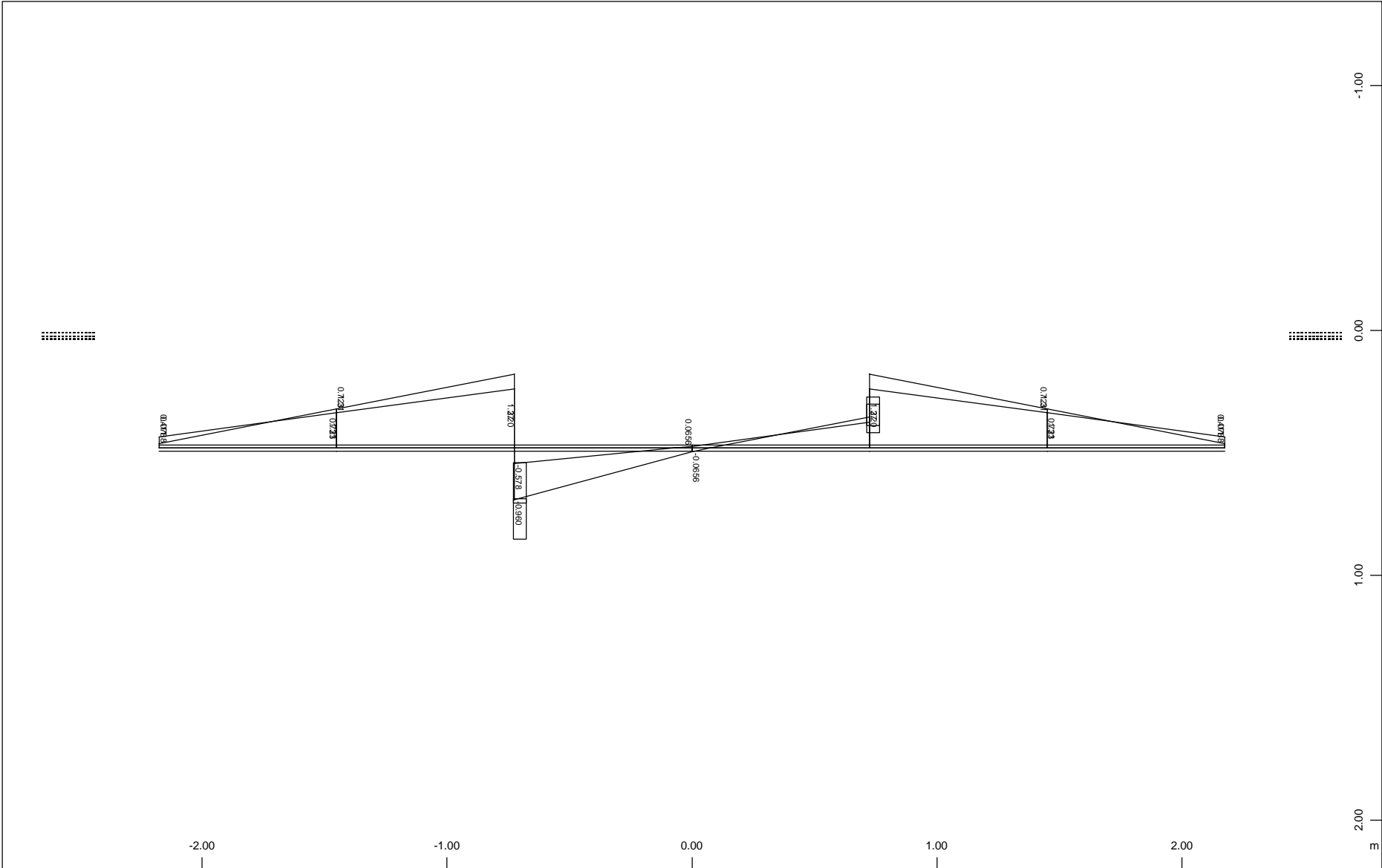


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 0.0500 kNm (Min=-0.0968) (Max=0.0416)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 0.100 kNm (Min=-0.134) (Max=0.0289)

M 1 : 22

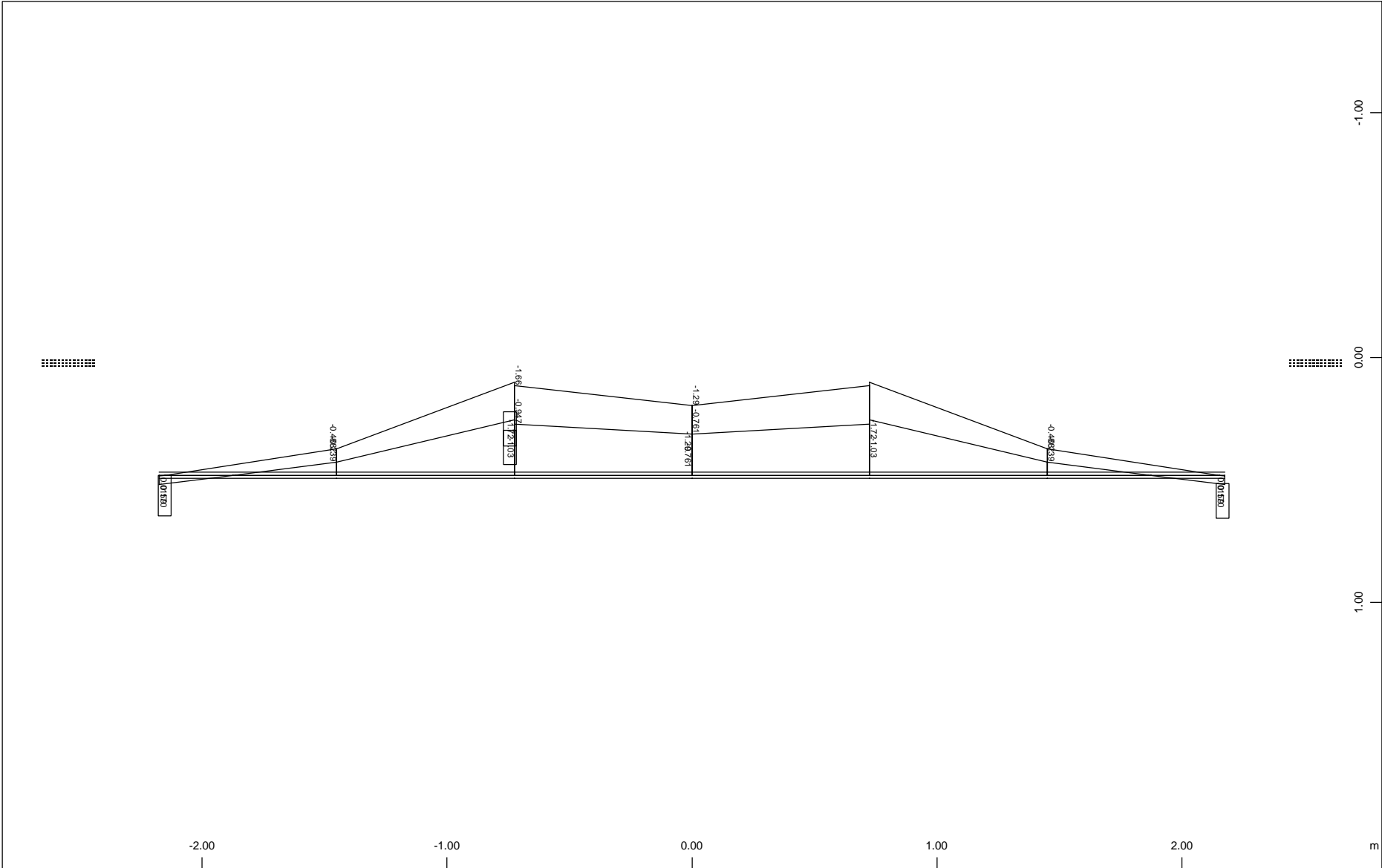
MRT\_4. poikkituet. Leikkausvoima Vz



X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 0  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7005 MAX-VZ BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-0.578) (Max=2.20)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 7006 MIN-VZ BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 1.00 kN (Min=-0.960) (Max=1.37)

Taivutusmomentti: My

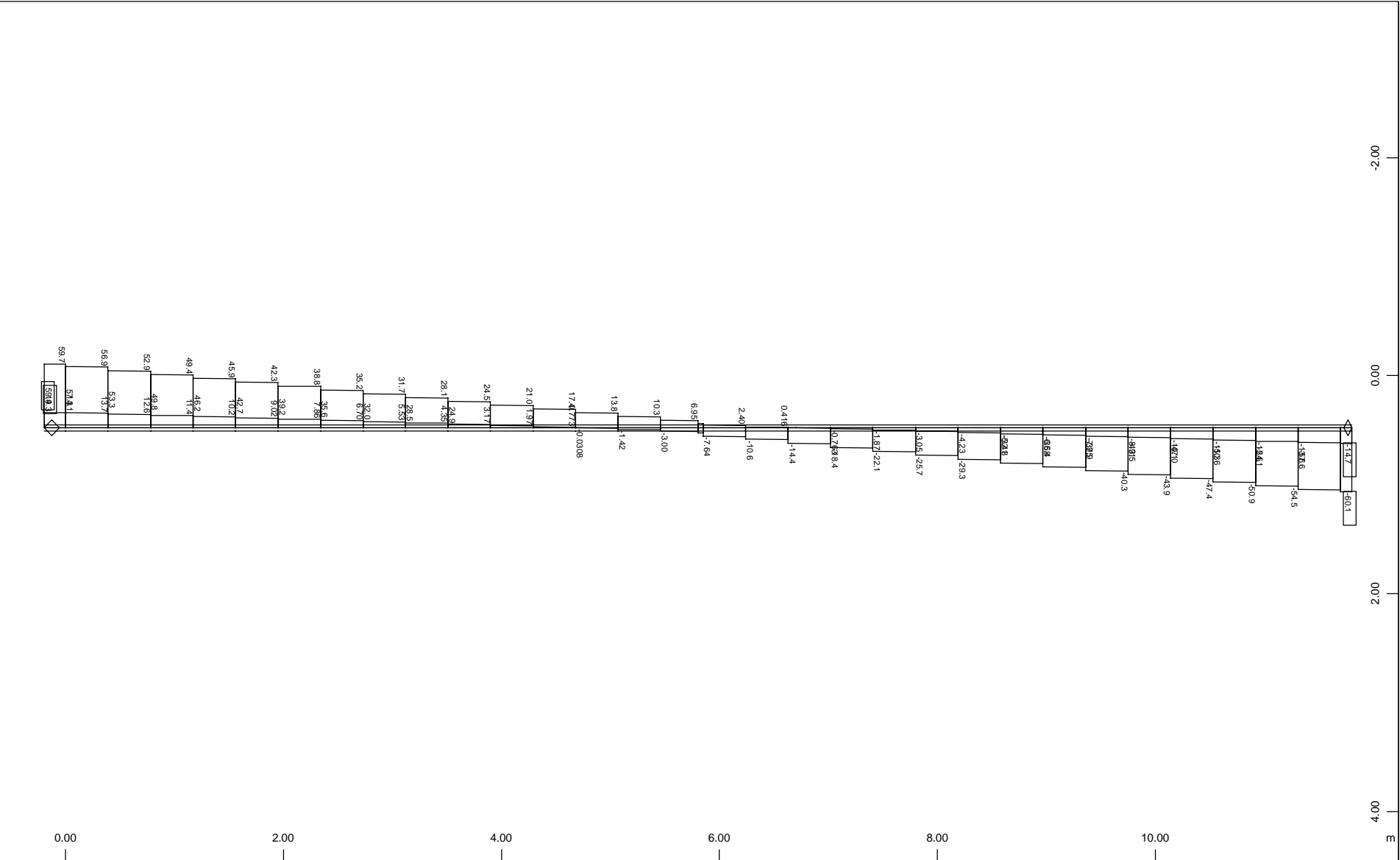


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 0  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7009 MAX-MY BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.03) (Max=0.170)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 7010 MIN-MY BEAM MRT\_4 , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.72) (Max=0.0159)

M 1 : 22

KRT\_1a. Reunimmaiset palkit. Leikkausvoima:Vz

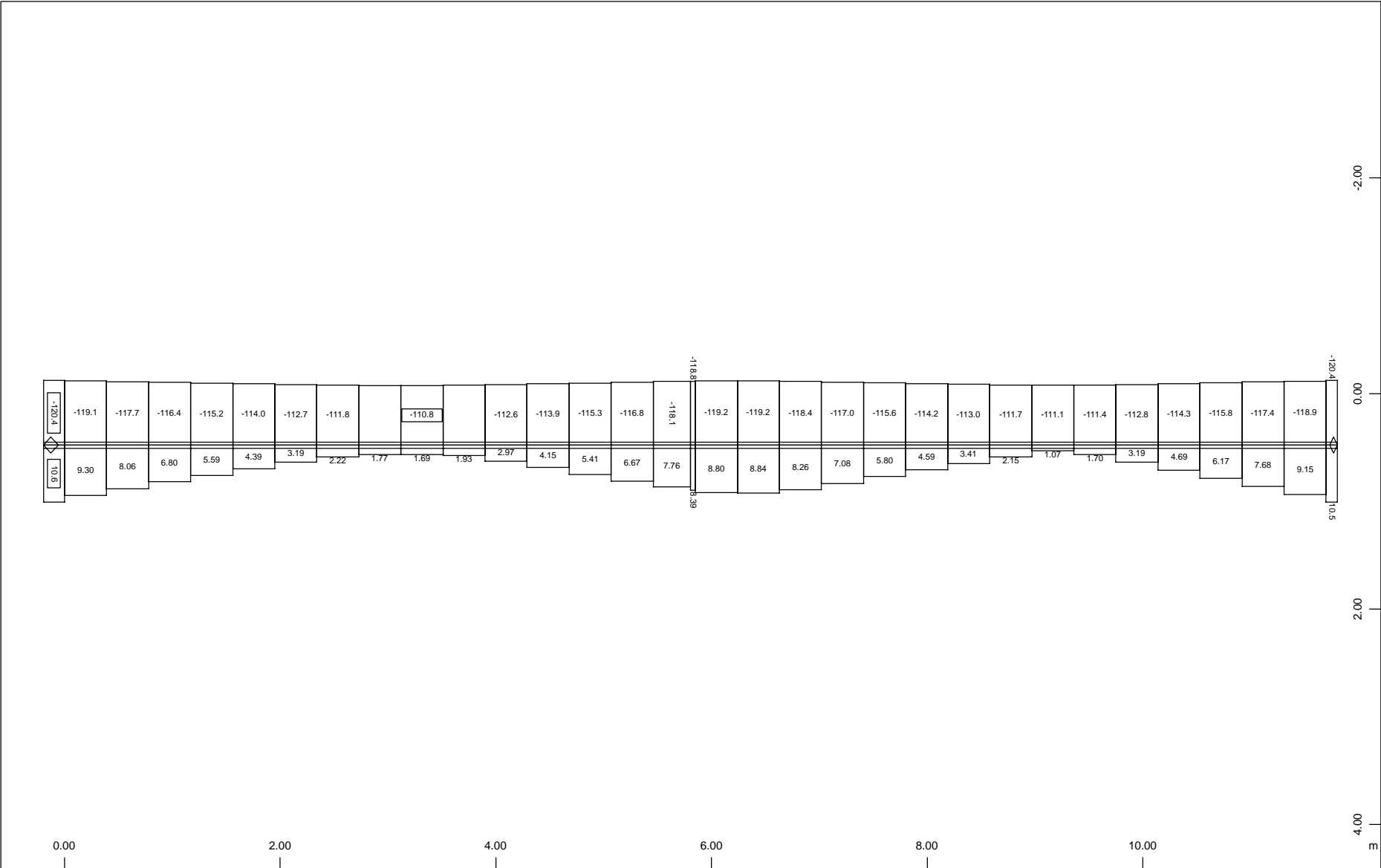


Y  
X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8005 MAX-VZ BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-14.7) (Max=59.9)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8006 MIN-VZ BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-60.1) (Max=14.3)

M 1 : 49

Normaalivoima: Nx

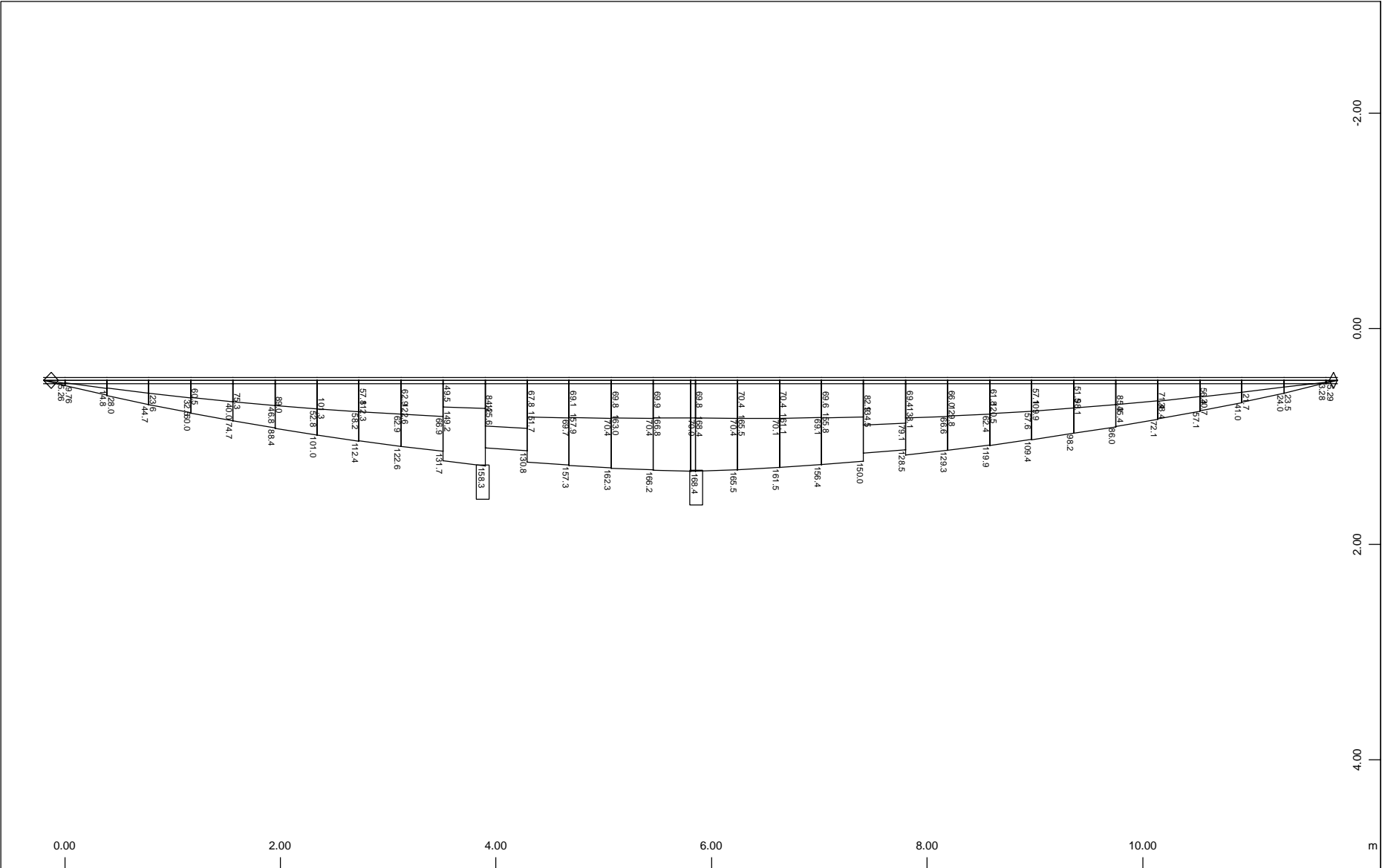


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8001 MAX-N BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 10.0 kN (Max=10.6)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8002 MIN-N BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-120.4) (Max=-110.8)

M 1 : 50

Nx vastaava taivutusmomentti: My



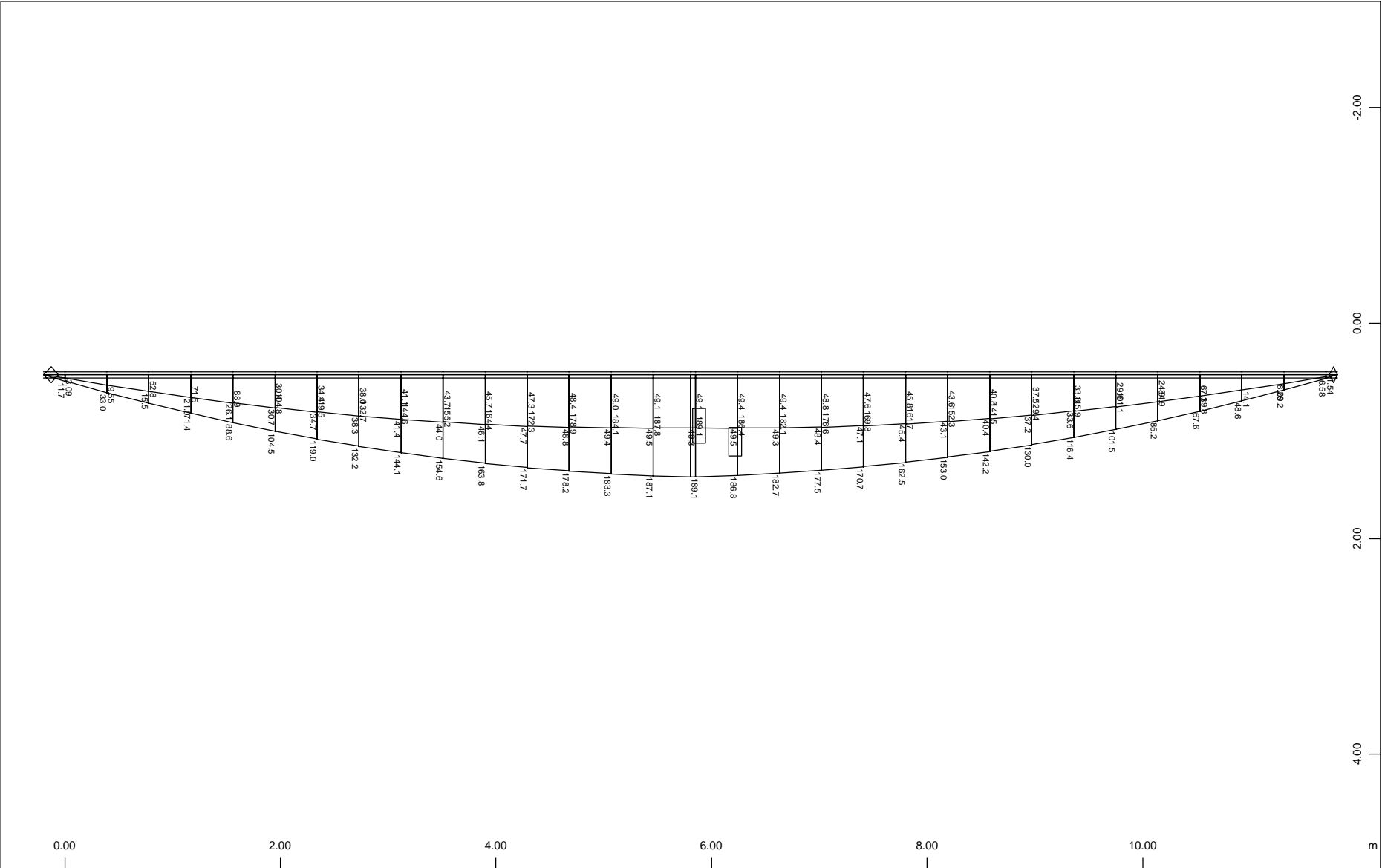
Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8001 MAX-N BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=158.3)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8002 MIN-N BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=168.4)

M 1 : 50



Taivutusmomentti: My

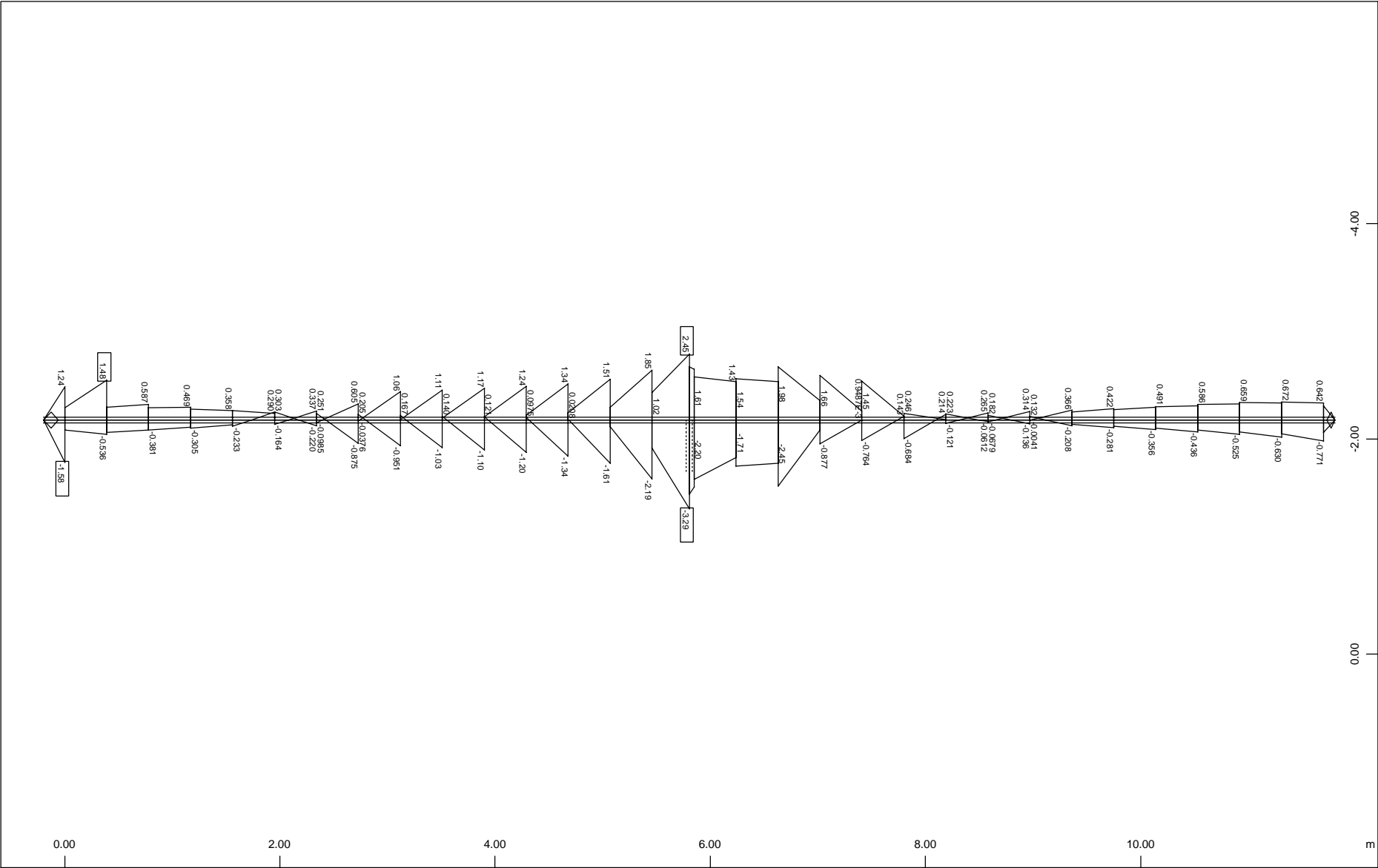


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=189.1)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=49.5)

M 1 : 50

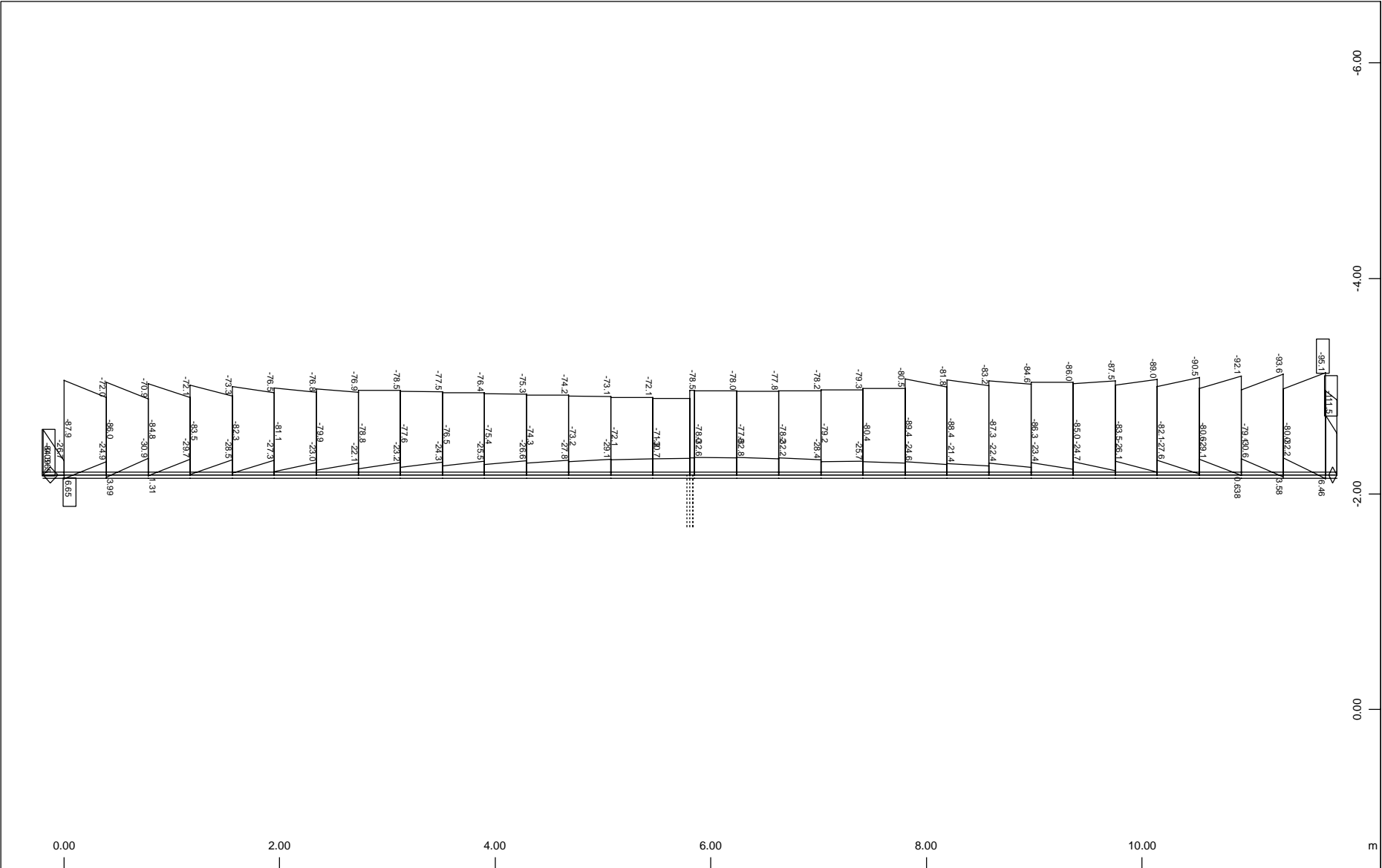
My vastaava taivutusmomentti: Mz



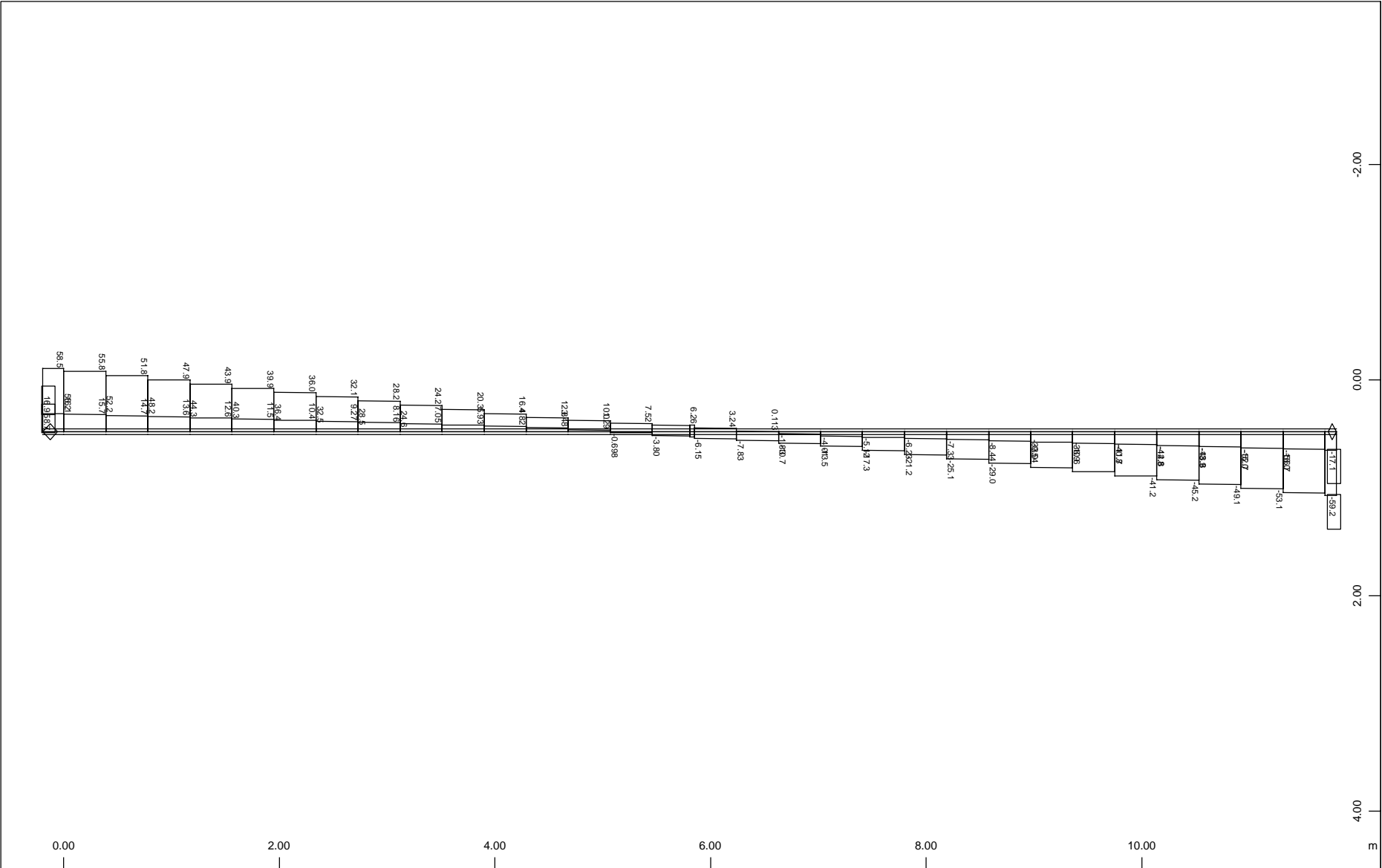
Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 2.00 kNm (Min=-3.29) (Max=1.48)  
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 2.00 kNm (Min=-1.58) (Max=2.45)

M 1 : 50

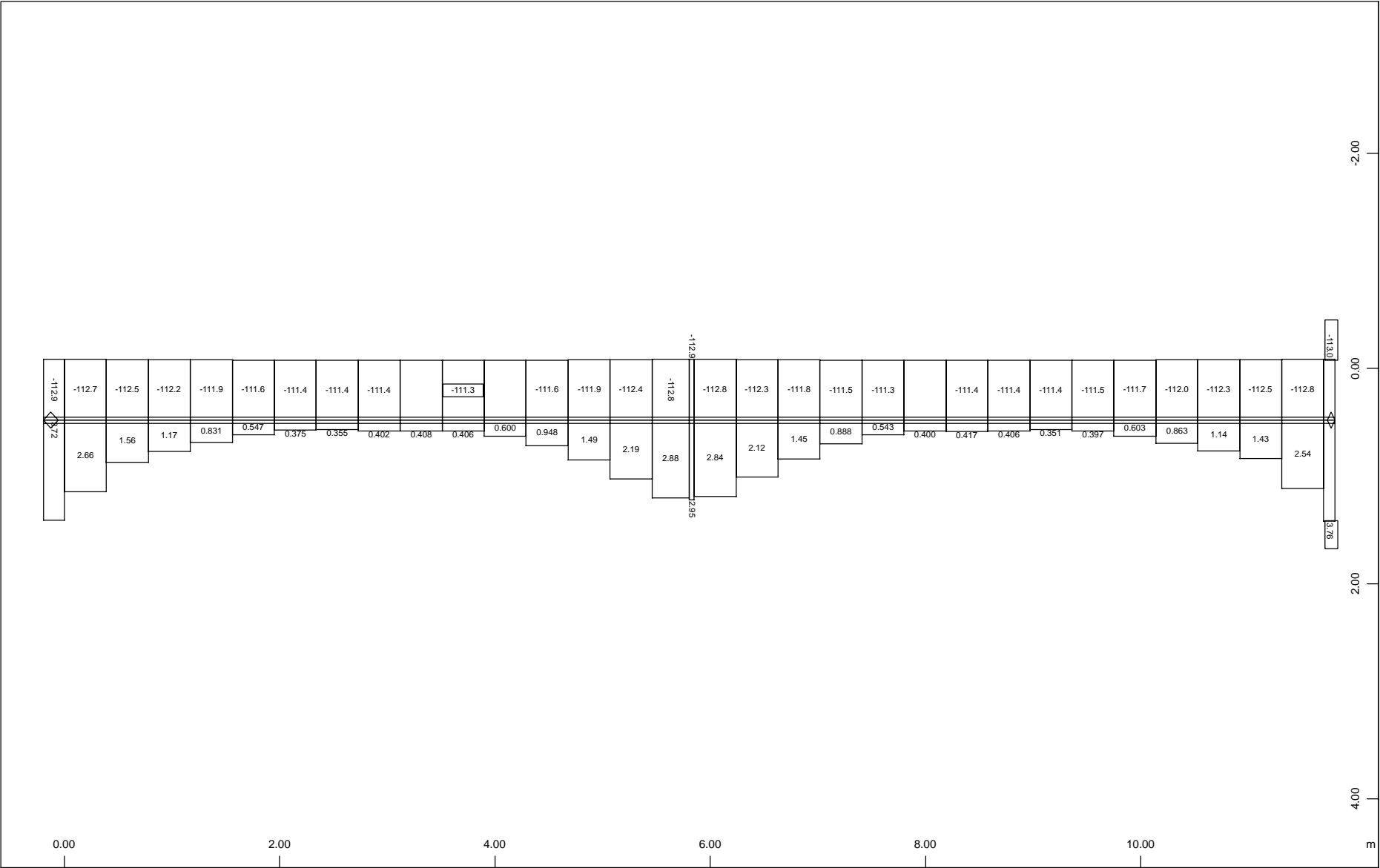
My vastaava normaalivoima: Nx



KRT\_1a. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz



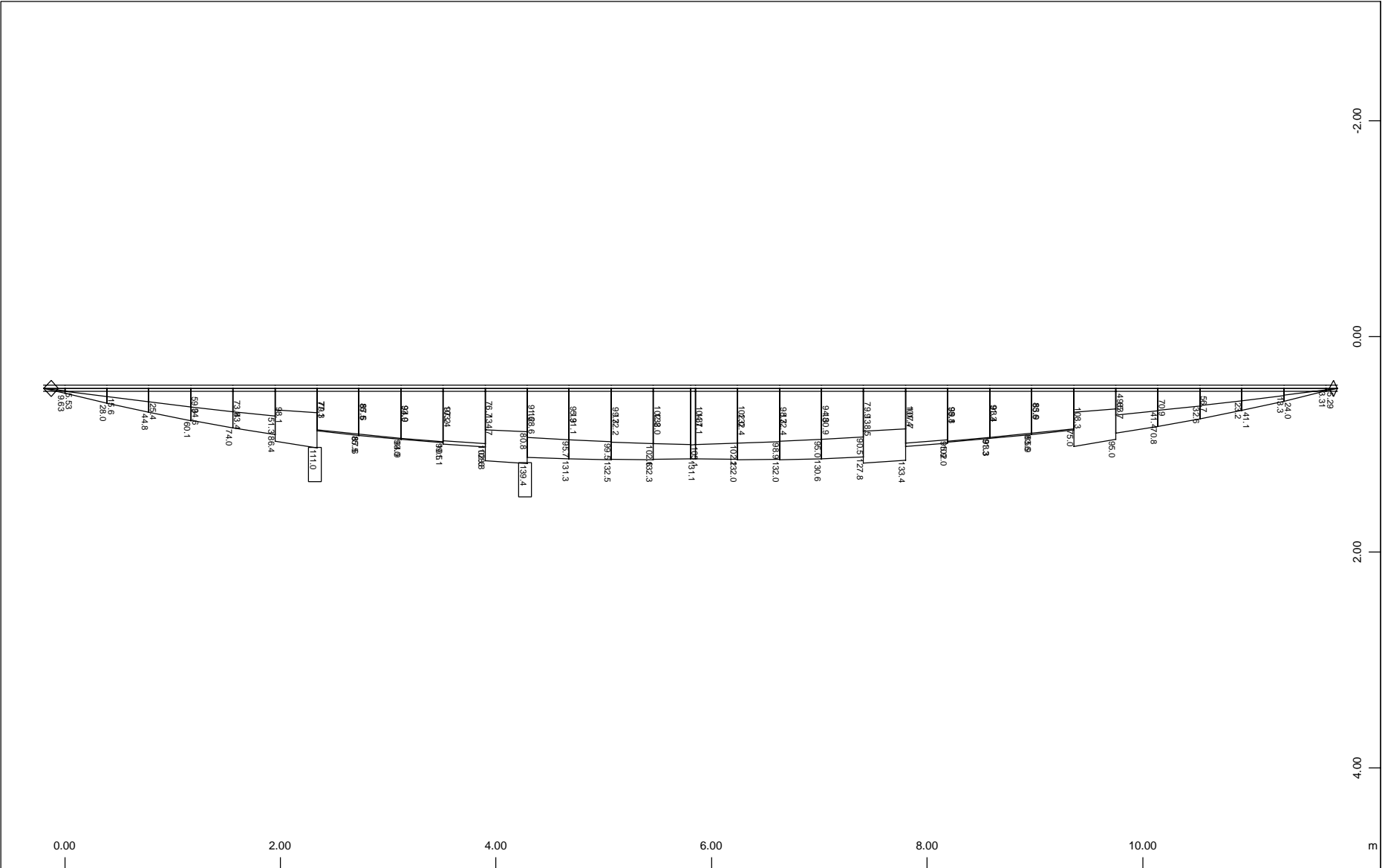
Normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8001 MAX-N BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 2.00 kN (Max=3.76)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8002 MIN-N BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-113.0) (Max=-111.3)

M 1 : 50

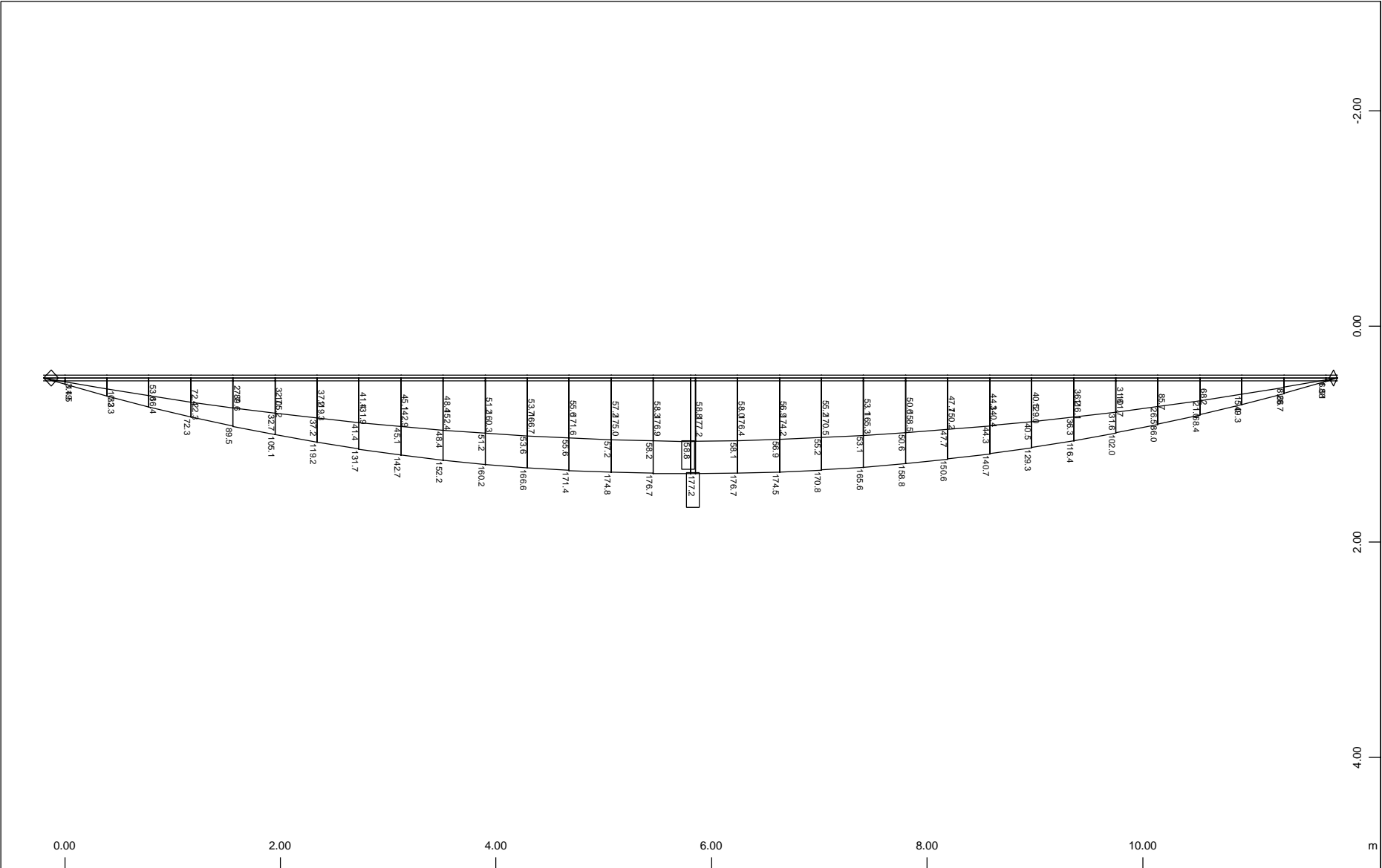
Nx vastaava taivutusmomentti: My



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8001 MAX-N BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=139.4)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8002 MIN-N BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=111.0)

M 1 : 50

Taivutusmomentti: My



Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements, Bending moment My, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT\_1a, 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=177.2)  
Beam Elements, Bending moment My, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT\_1a, 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=58.8)

M 1 : 50



Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.06) (Max=1.31)

M 1 : 50



The diagram illustrates the cross-section of a bridge deck. The horizontal axis represents the deck's width, with elevation markers ranging from -86.5 to -78.4. The vertical axis represents the deck's depth, with elevation markers ranging from -86.5 to -78.4. The deck is shown with a top surface and a bottom surface, with internal structural elements like girders and cross-bracing. The diagram is labeled with various elevation points and structural details.

Location / Feature	Elevation (m)
Top Surface (Left)	-86.4
Top Surface (Right)	-86.4
Bottom Surface (Left)	-86.5
Bottom Surface (Right)	-86.5
Internal Structure (Left)	-86.3, -86.2, -86.1, -86.0, -85.9, -85.8, -85.7, -85.6, -85.5, -85.4, -85.3, -85.2, -85.1, -85.0, -84.9, -84.8, -84.7, -84.6, -84.5, -84.4, -84.3, -84.2, -84.1, -84.0, -83.9, -83.8, -83.7, -83.6, -83.5, -83.4, -83.3, -83.2, -83.1, -83.0, -82.9, -82.8, -82.7, -82.6, -82.5, -82.4, -82.3, -82.2, -82.1, -82.0, -81.9, -81.8, -81.7, -81.6, -81.5, -81.4, -81.3, -81.2, -81.1, -81.0, -80.9, -80.8, -80.7, -80.6, -80.5, -80.4, -80.3, -80.2, -80.1, -80.0, -79.9, -79.8, -79.7, -79.6, -79.5, -79.4, -79.3, -79.2, -79.1, -79.0, -78.9, -78.8, -78.7, -78.6, -78.5, -78.4

$$\begin{array}{c} Z-X \\ | \\ Y \end{array}$$

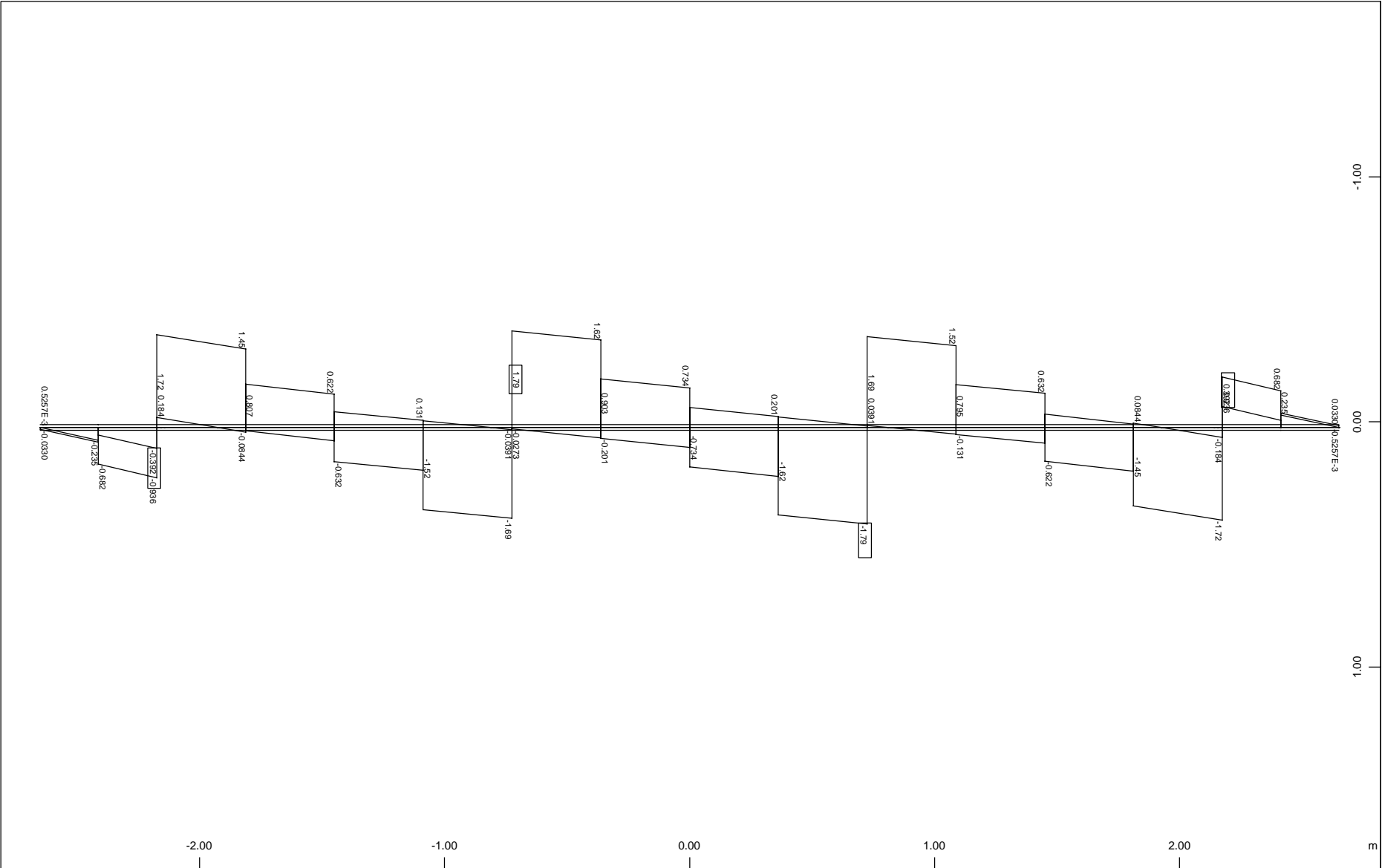
Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-111.2) (Max=1.96)

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-86.5) (Max=1.96)

M 1 : 50

KRT\_1a. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz

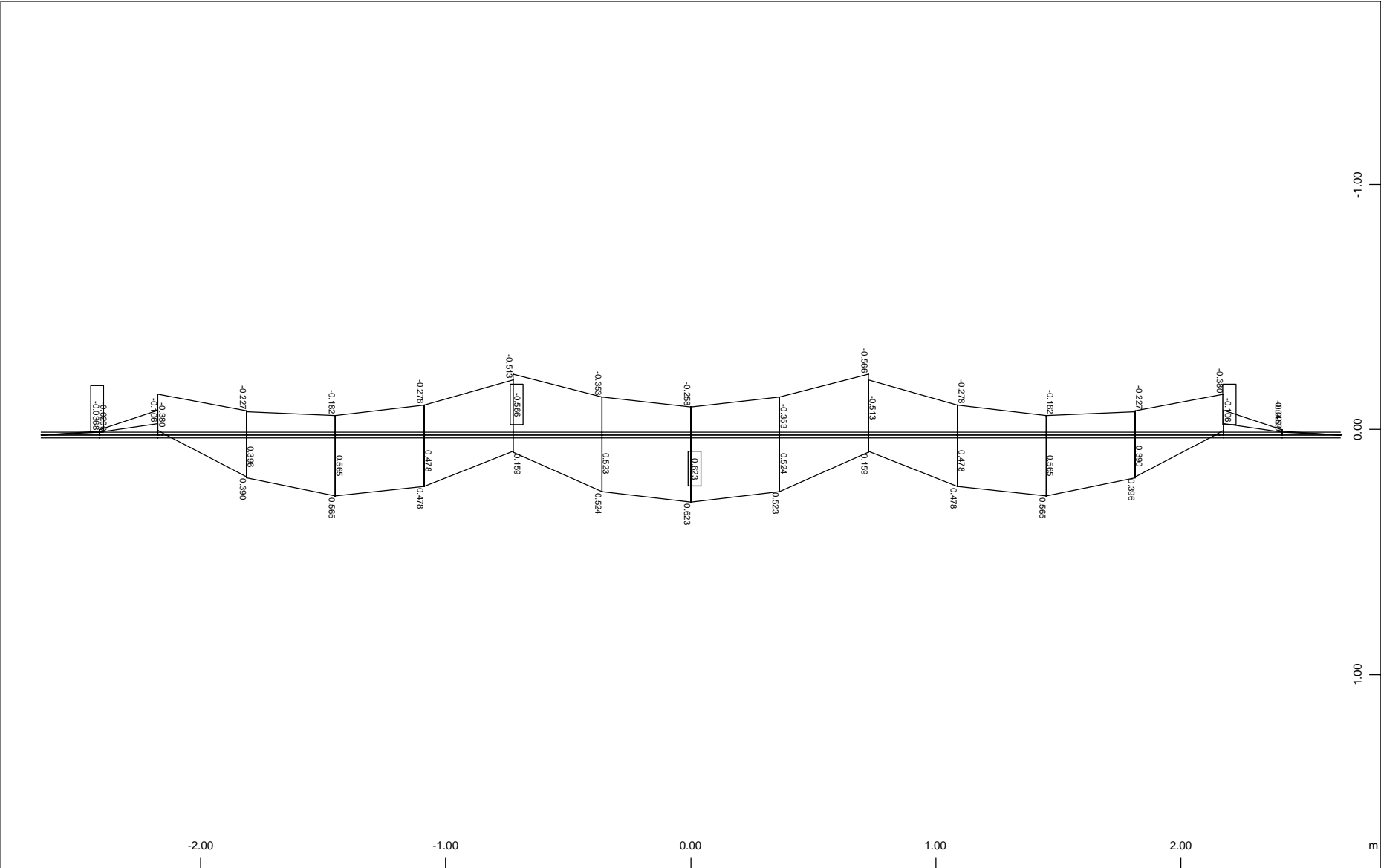


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8005 MAX-VZ BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 1.00 kN (Min=-0.392) (Max=1.79)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8006 MIN-VZ BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 1.00 kN (Min=-1.79) (Max=0.392)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

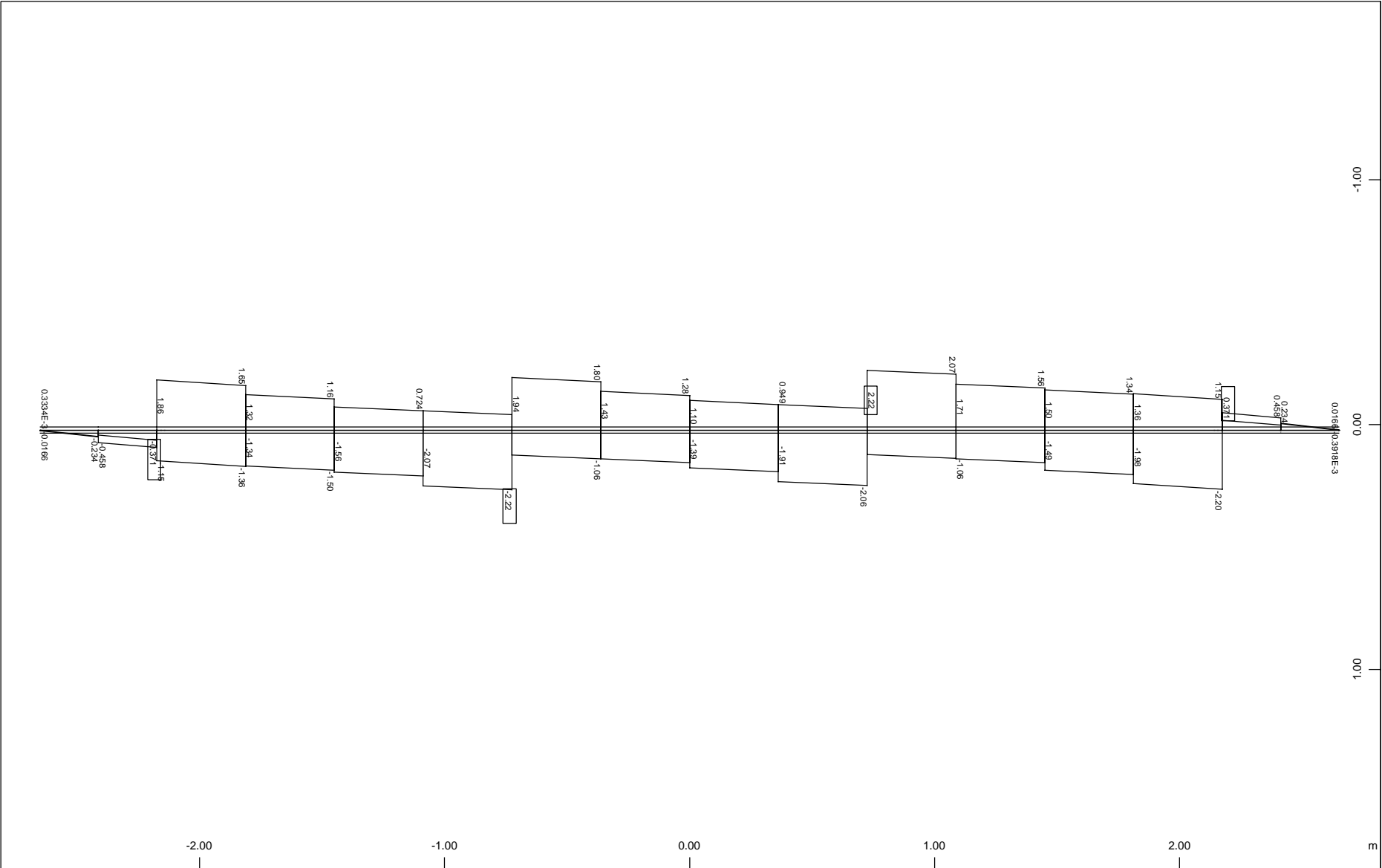


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.106) (Max=0.623)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.566) (Max=-4.7294e-05)

M 1 : 22

KRT\_1a. Päätyalue laatta. Leikkausvoima Vz

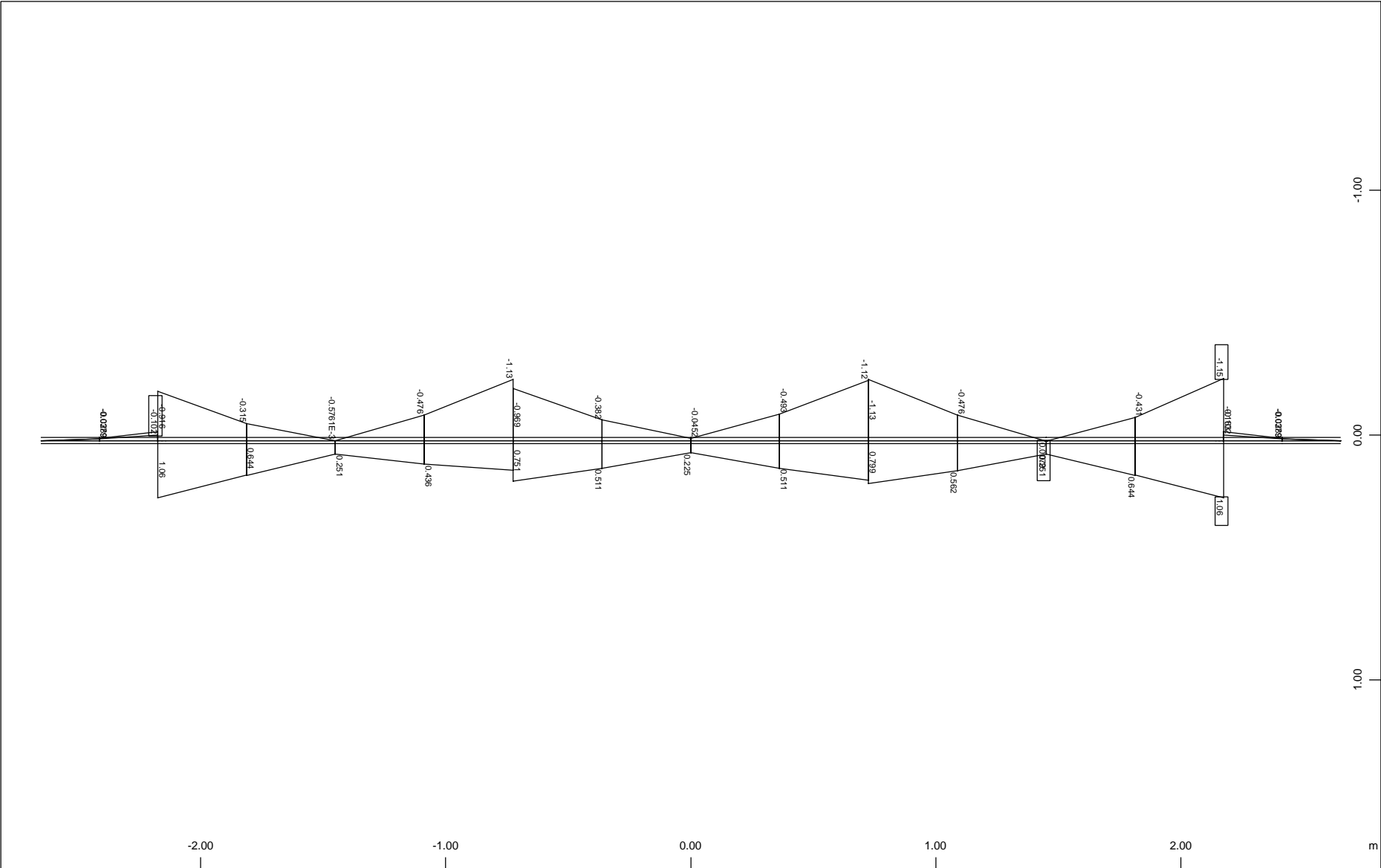


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements, Shear force Vz, Loadcase 8005 MAX-VZ BEAM KRT\_1a, 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-0.371) (Max=2.22)  
Beam Elements, Shear force Vz, Loadcase 8006 MIN-VZ BEAM KRT\_1a, 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-2.22) (Max=0.371)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

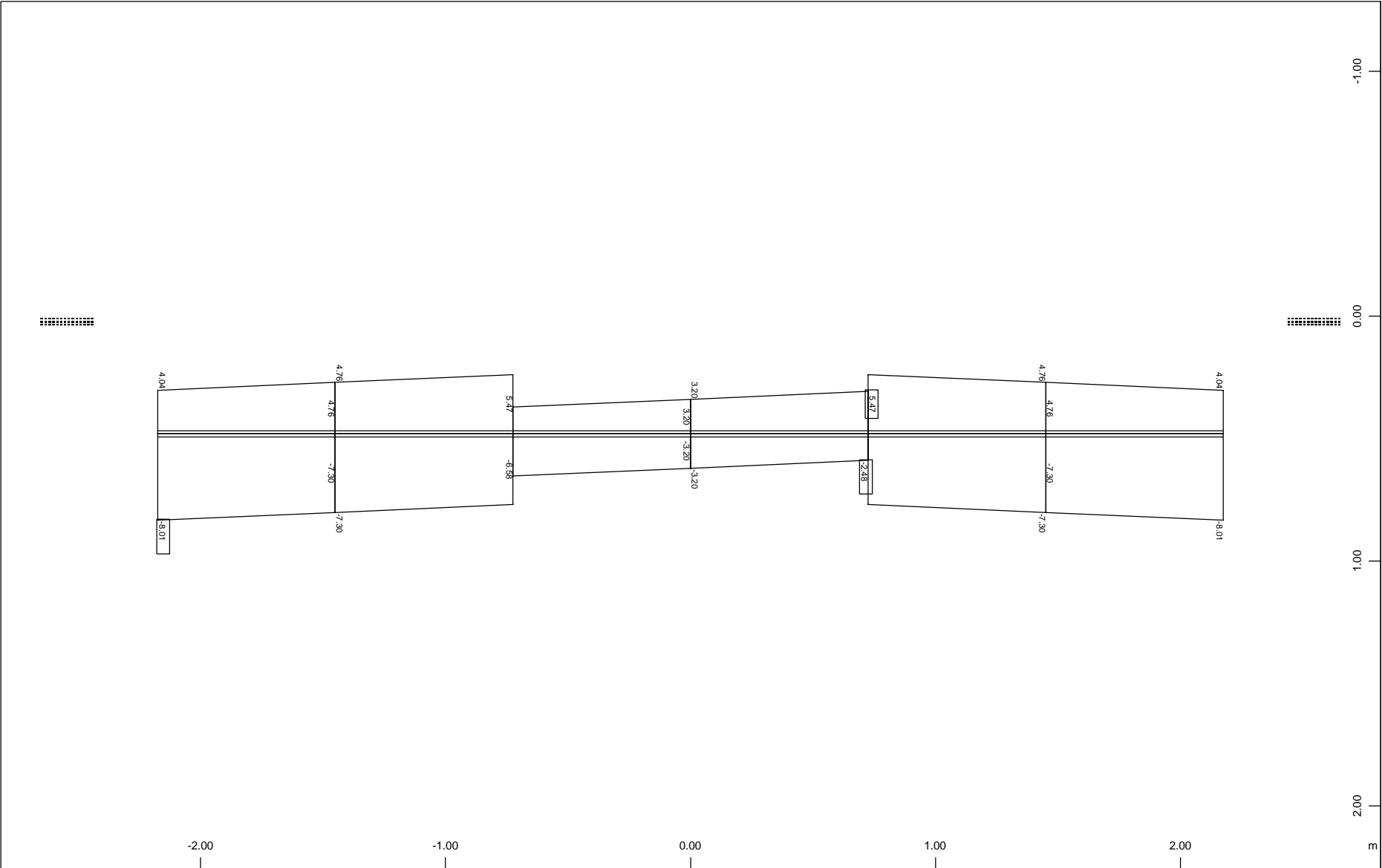


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-0.102) (Max=1.06)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.15) (Max=0.0079)

M 1 : 22

KRT\_1a. poikkituet. Leikkausvoima Vz

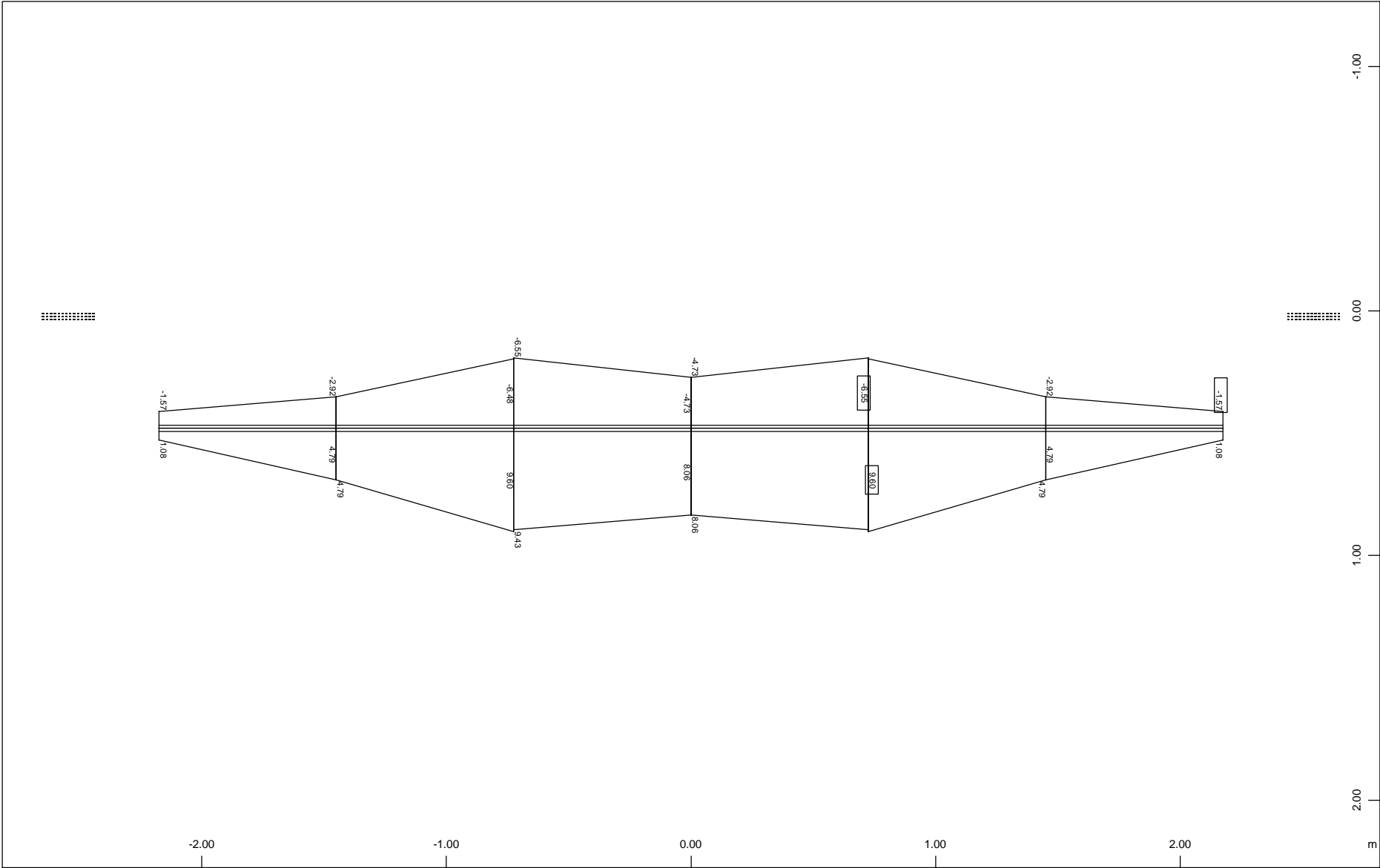


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 0  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8005 MAX-VZ BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=5.47)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 8006 MIN-VZ BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 5.00 kN (Min=-8.01) (Max=-2.48)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

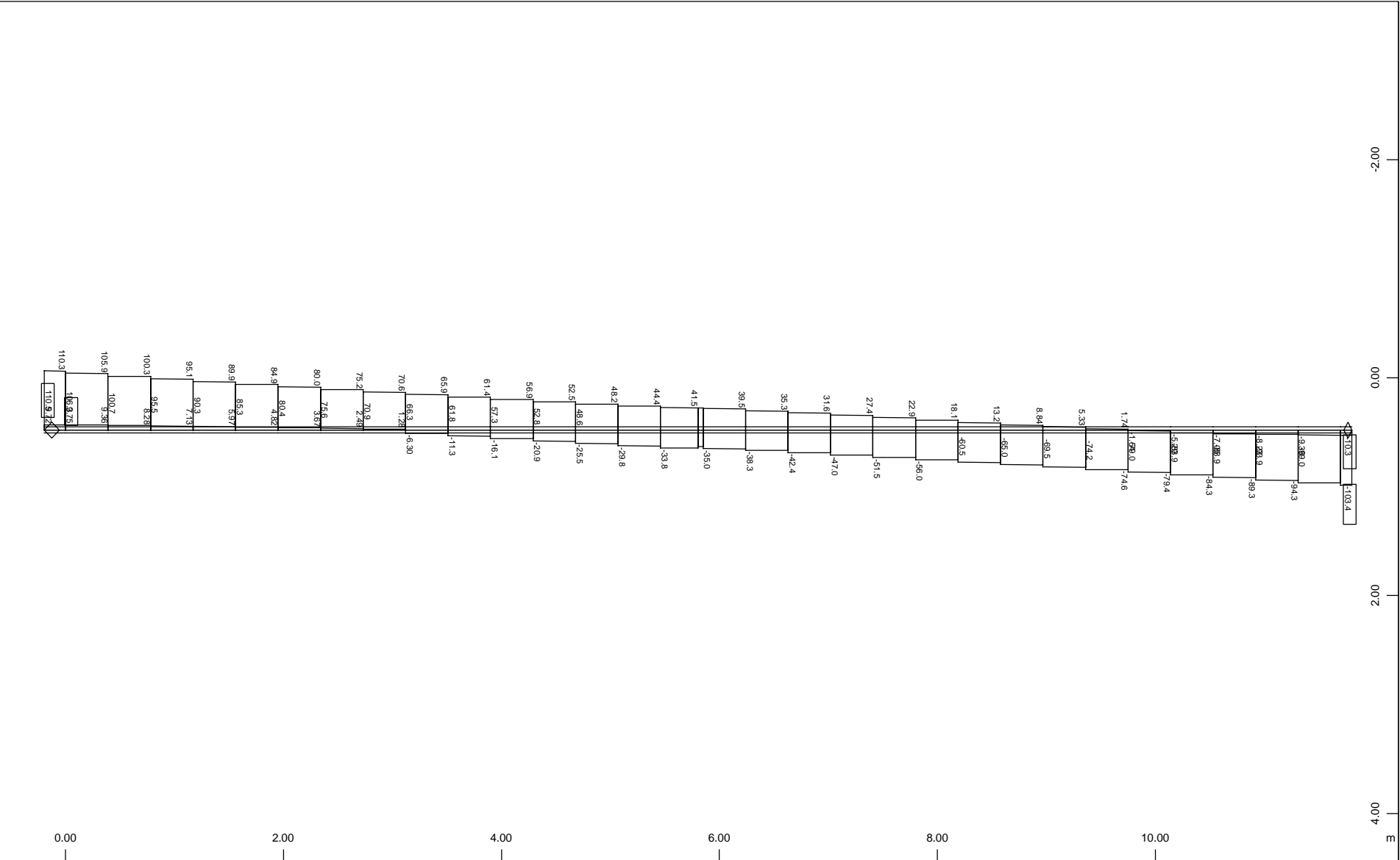


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 0  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8009 MAX-MY BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Max=9.60)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 8010 MIN-MY BEAM KRT\_1a , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-6.55) (Max=-1.57)

M 1 : 22

KRT\_2a. Reunimmaiset palkit. Leikkausvoima:Vz

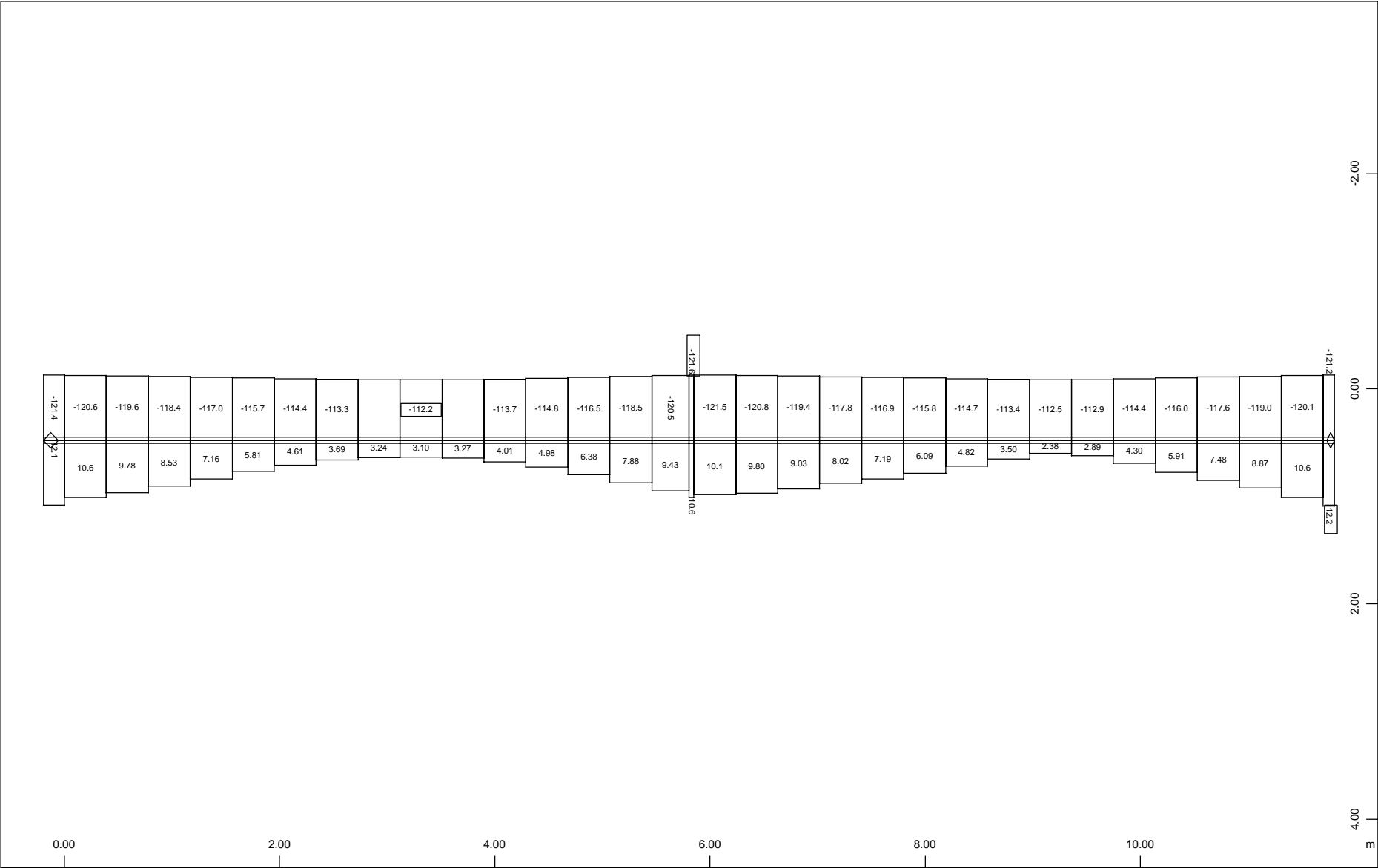


Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9005 MAX-VZ BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-10.3) (Max=110.5)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9006 MIN-VZ BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-103.4) (Max=9.75)

M 1 : 49



Normaalivoima: Nx

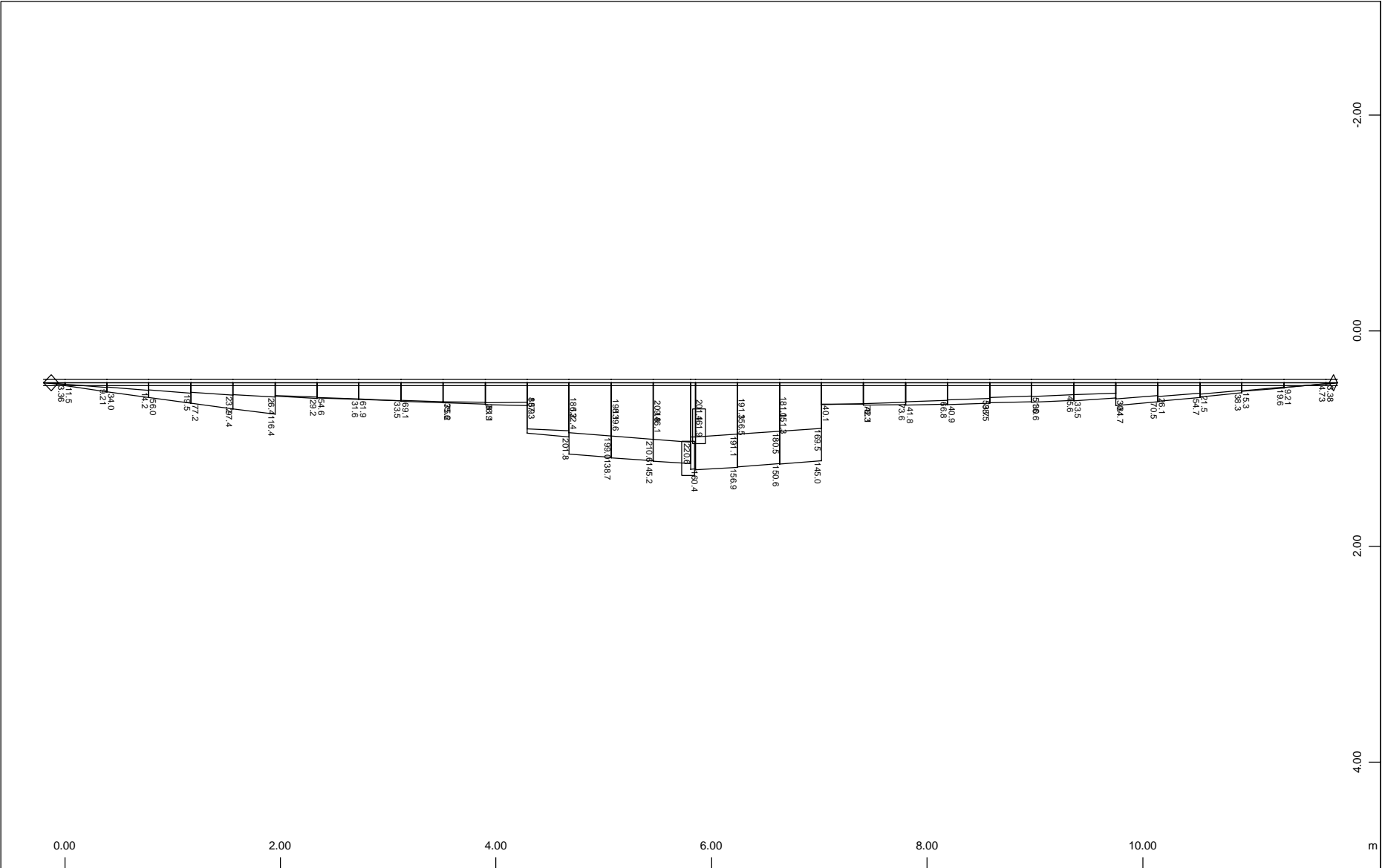


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 9001 MAX-N BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 10.0 kN (Max=12.2)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 9002 MIN-N BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-121.6) (Max=-112.2)

M 1 : 50

Nx vastaava taivutusmomentti: My

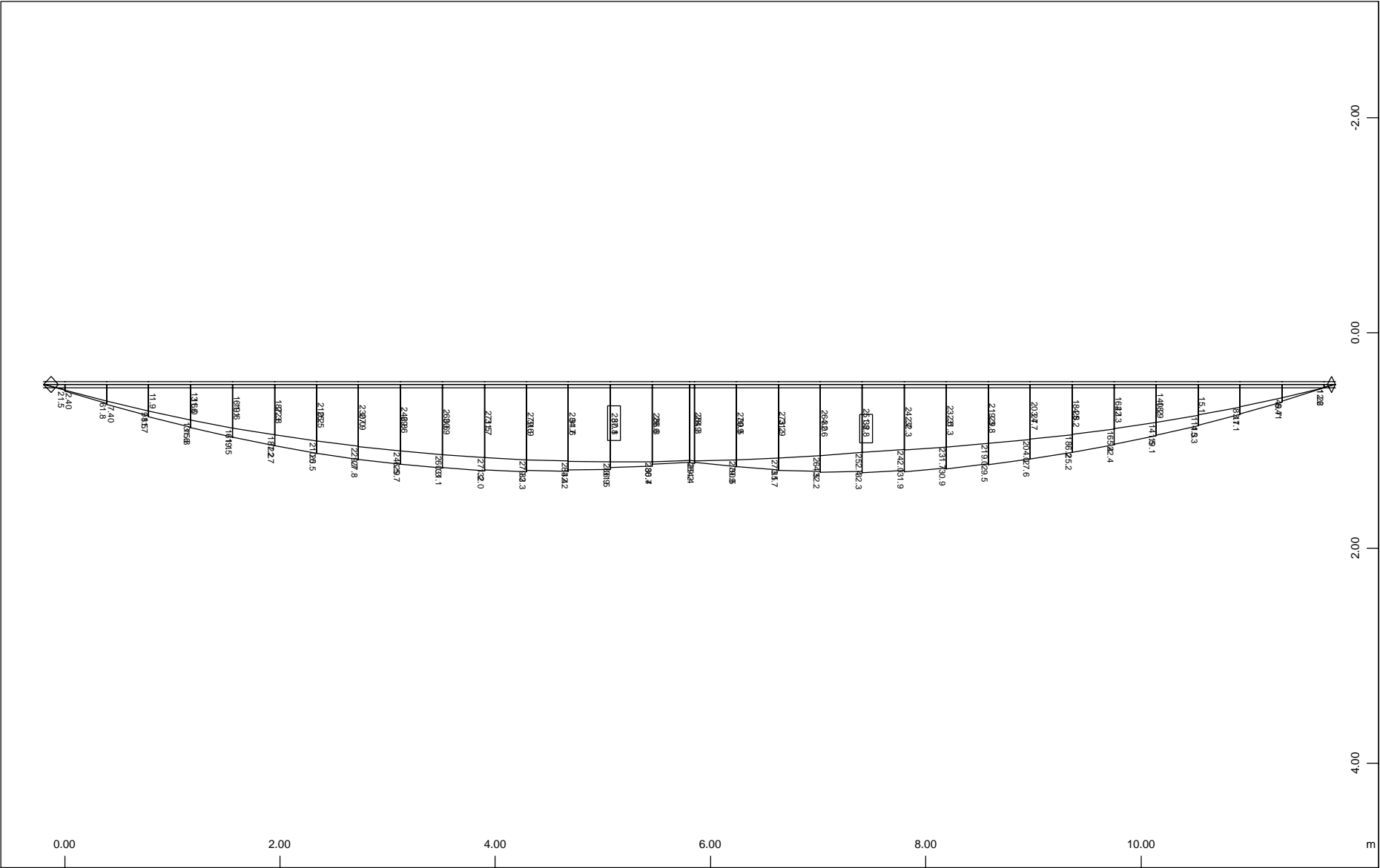


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9001 MAX-N BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Max=220.6)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9002 MIN-N BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=161.9)

M 1 : 50

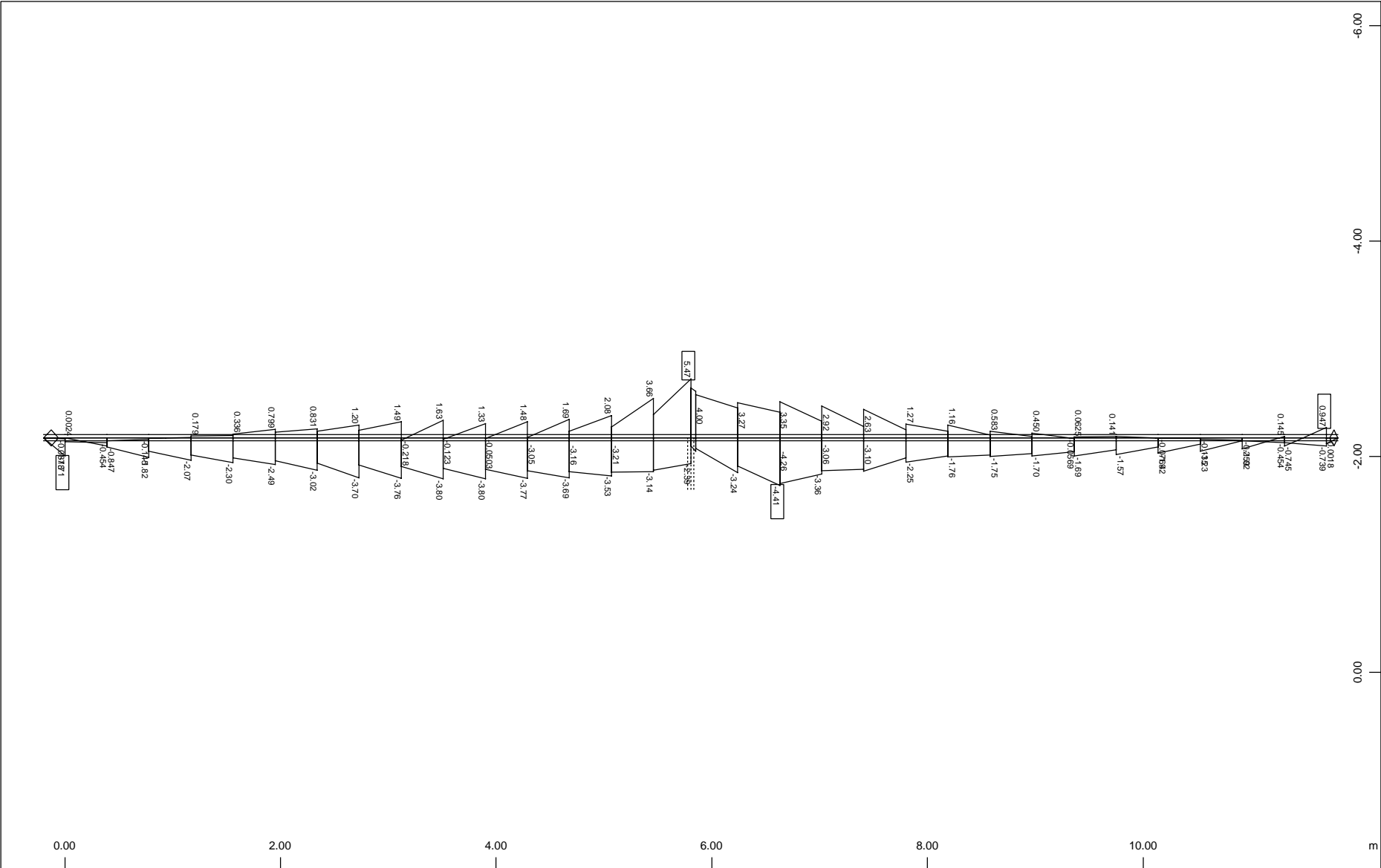
Taivutusmomentti: My



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Max=287.1)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=32.8)

M 1 : 50

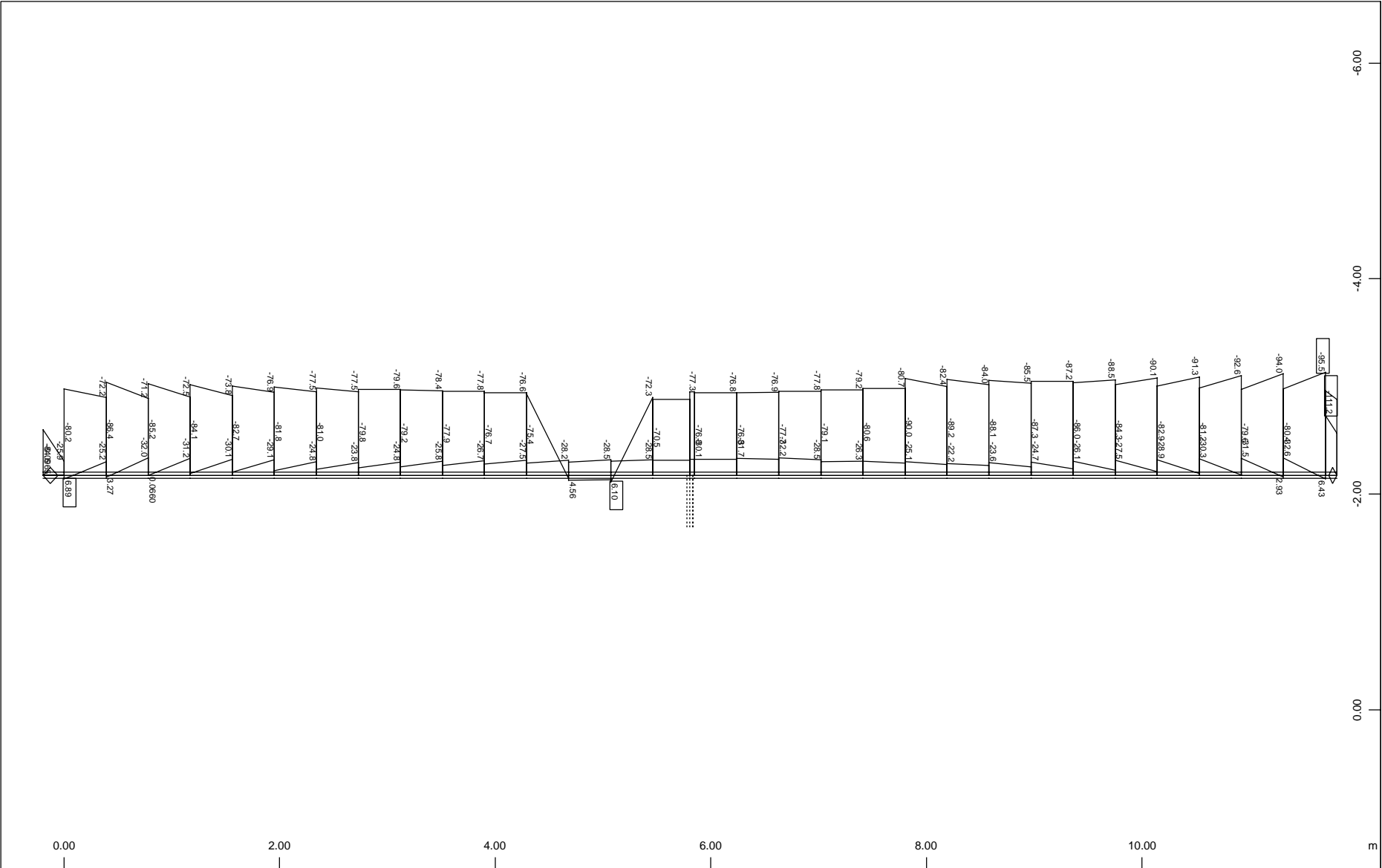
My vastaava taivutusmomentti: Mz



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-4.41) (Max=0.947)  
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-1.71) (Max=5.47)

M 1 : 50

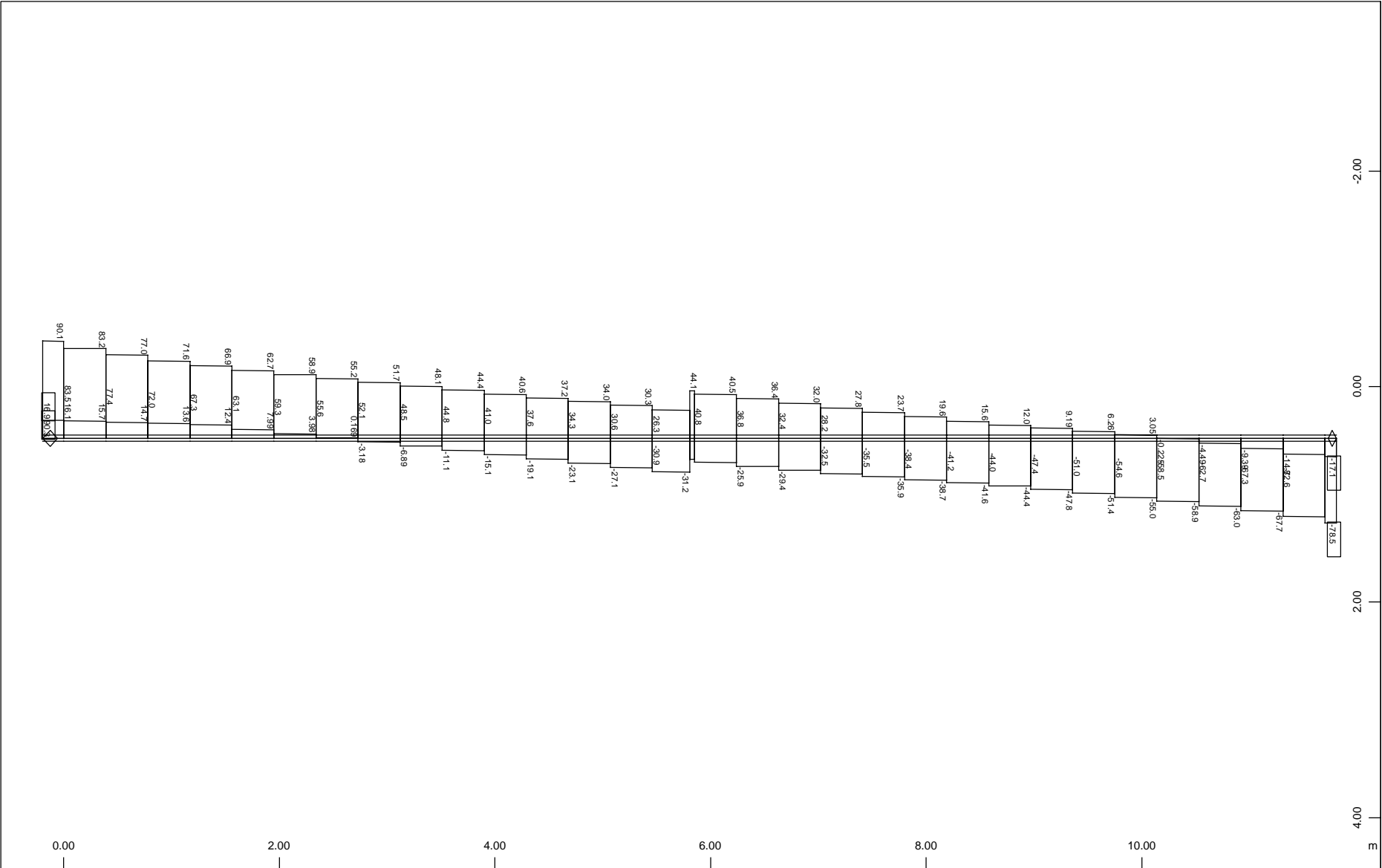
My vastaava normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-111.2) (Max=6.89)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-95.5) (Max=6.10)

M 1 : 50

KRT\_2a. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz



Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9005 MAX-VZ BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-17.1) (Max=90.3)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9006 MIN-VZ BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-78.5) (Max=16.9)

M 1 : 50

SOFiSTiK AG - [www.sofistik.de](http://www.sofistik.de)

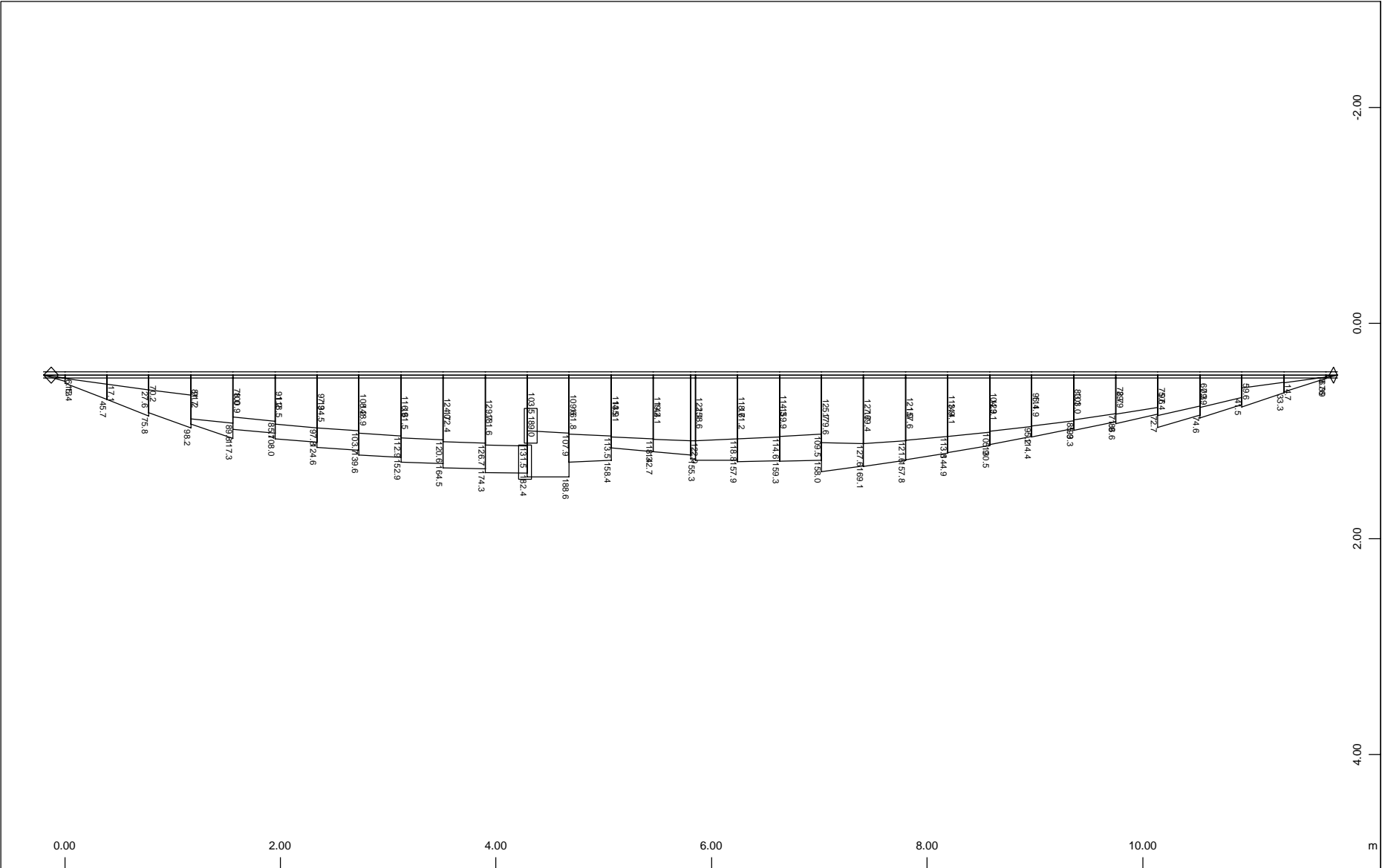


Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 9001 MAX-N BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=6.03)

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 9002 MIN-N BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-115.0) (Max=-112.7)

Nx vastaava taivutusmomentti: My



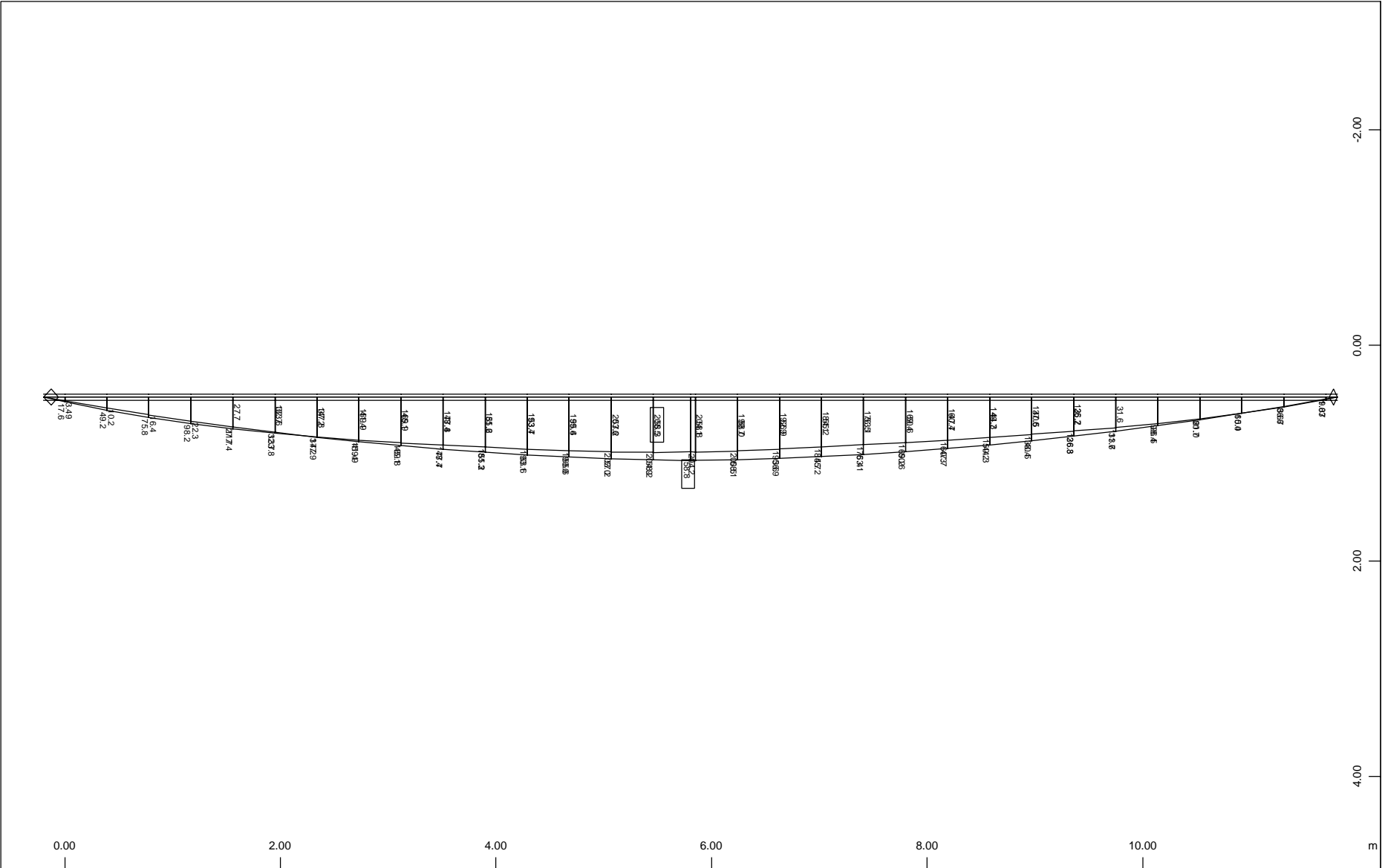
Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9001 MAX-N BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=189.0)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9002 MIN-N BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=131.5)

M 1 : 50



Taivutusmomentti: My

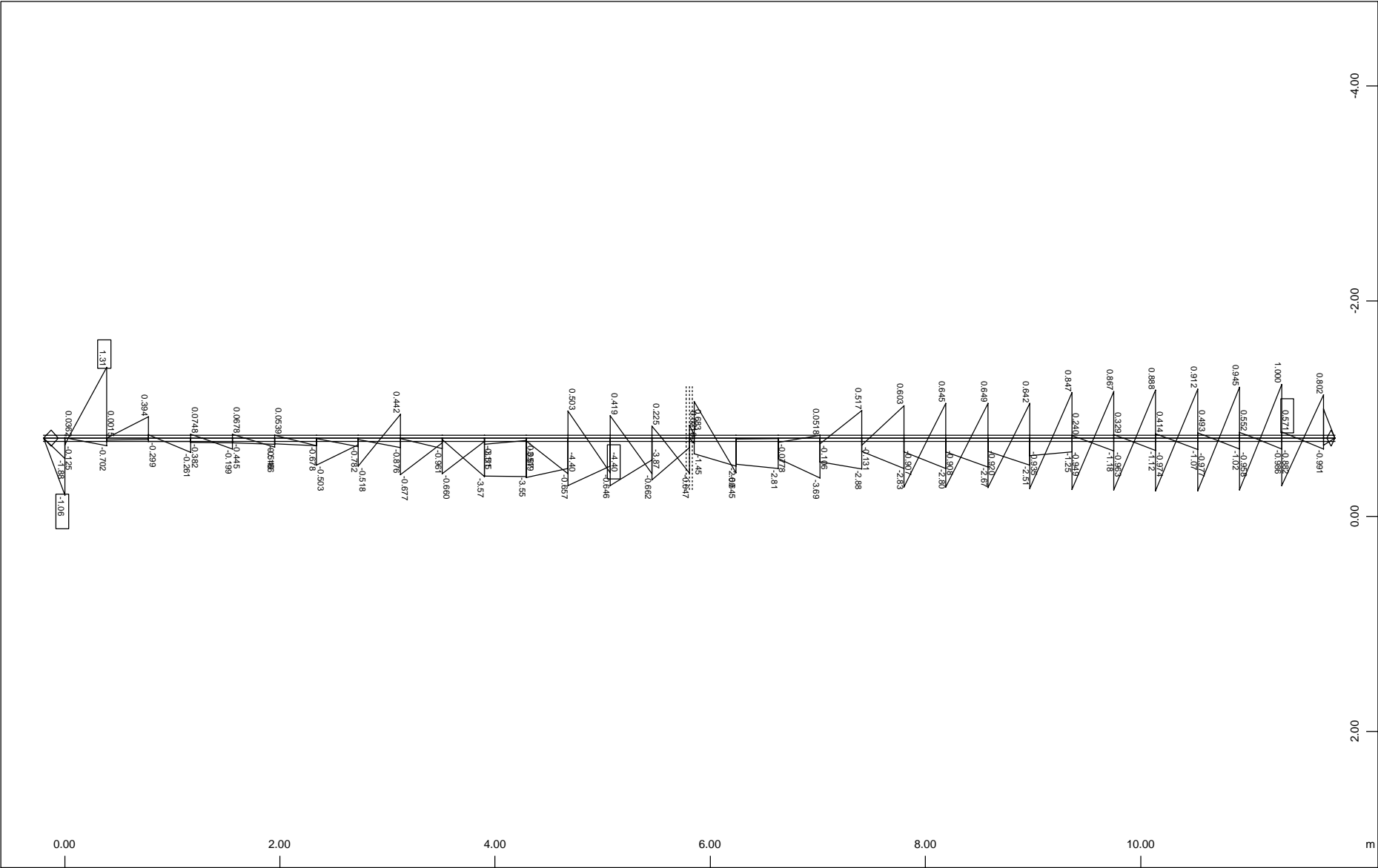


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Max=205.5)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=58.8)

M 1 : 50

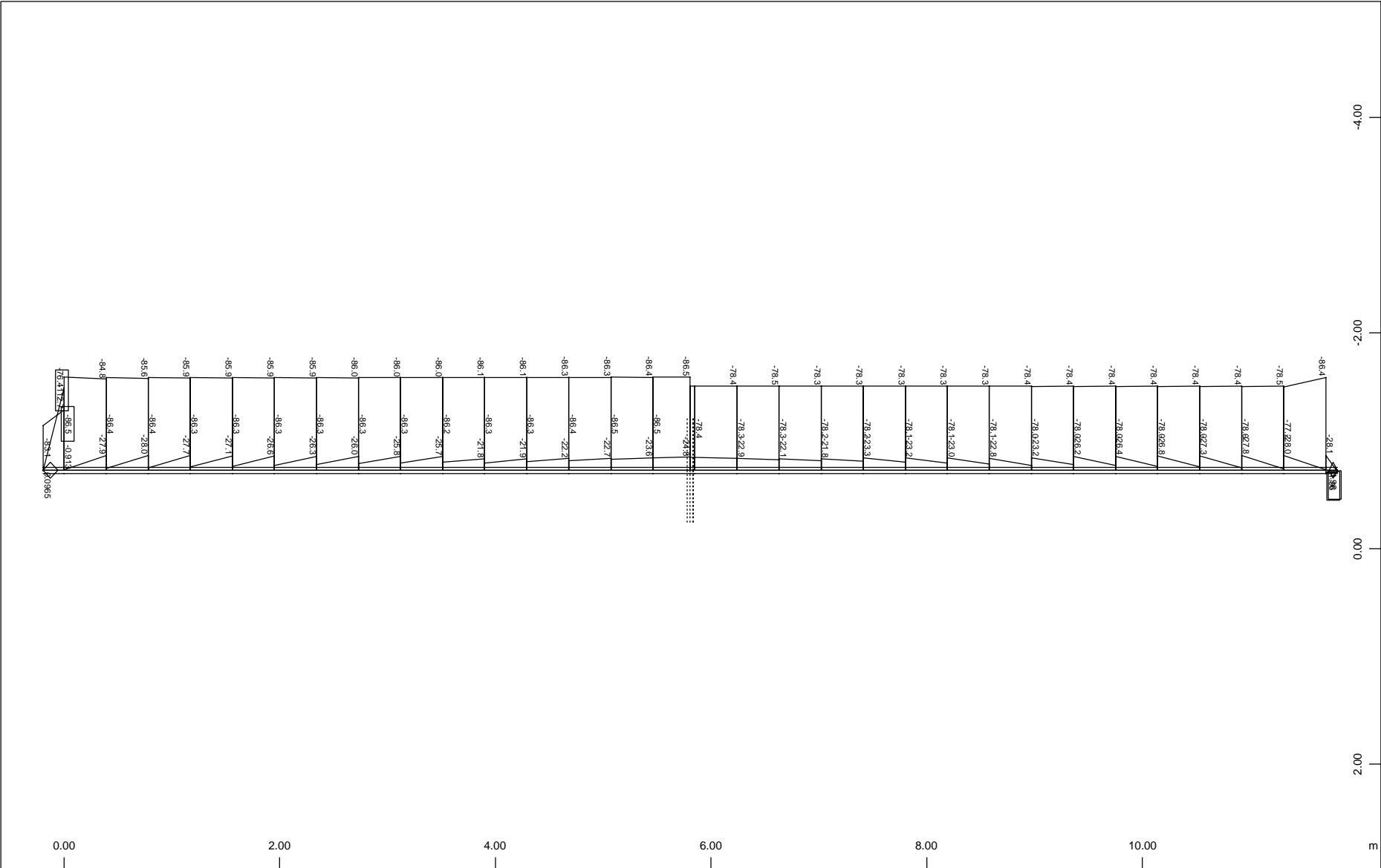
My vastaava taivutusmomentti: Mz



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-4.40) (Max=0.571)  
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.06) (Max=1.31)

M 1 : 50

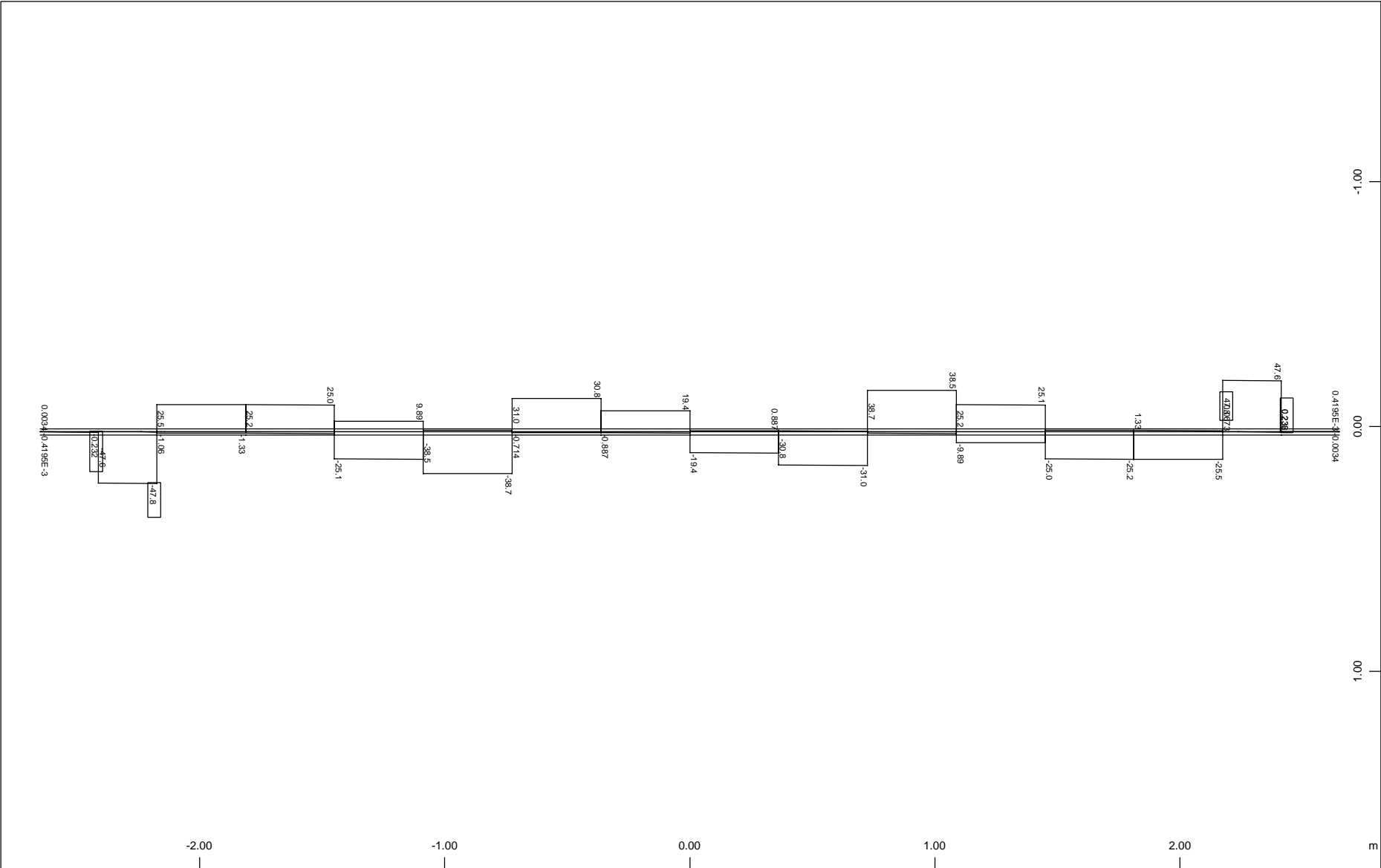
My vastaava normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements, Normal force Nx, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT\_2a, 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-112.7) (Max=1.96)  
Beam Elements, Normal force Nx, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT\_2a, 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-86.5) (Max=1.96)

M 1 : 50

KRT\_2a. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz

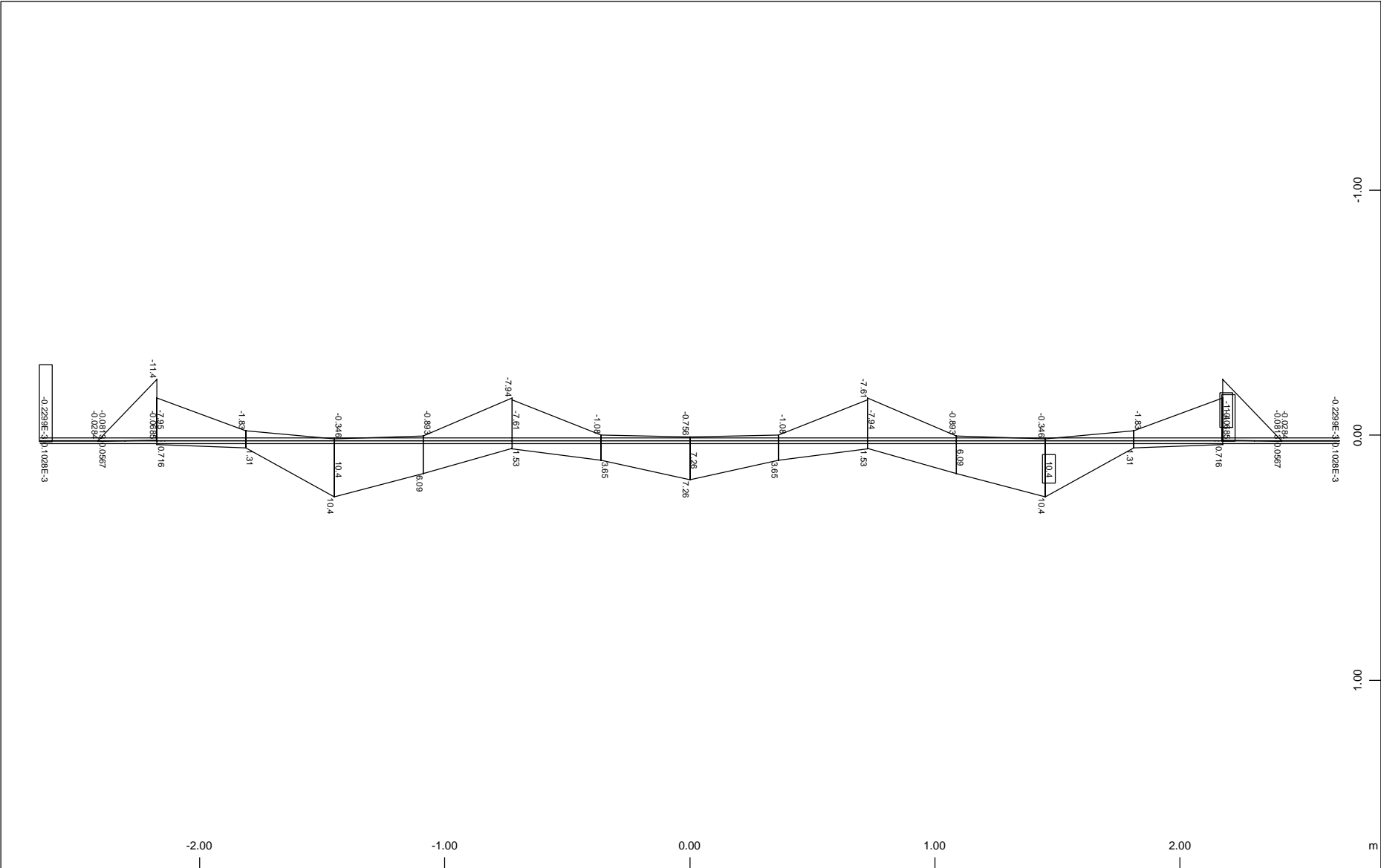


X-Y  
Z

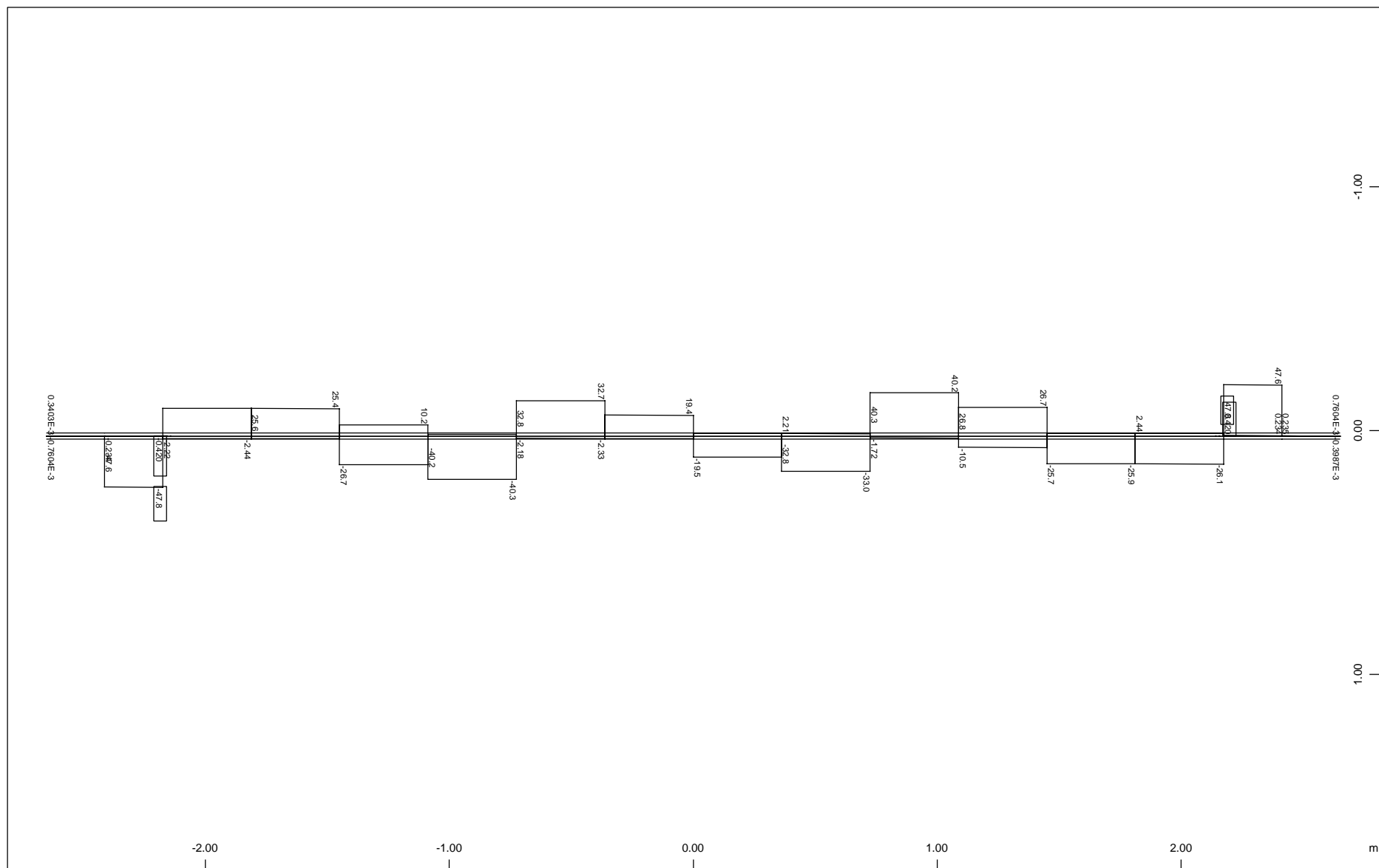
Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9005 MAX-VZ BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-0.232) (Max=47.8)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9006 MIN-VZ BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-47.8) (Max=0.232)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My



KRT\_2a. Päätysalue laatta. Leikkausvoima Vz



Sector of system Beam Elements Group 1

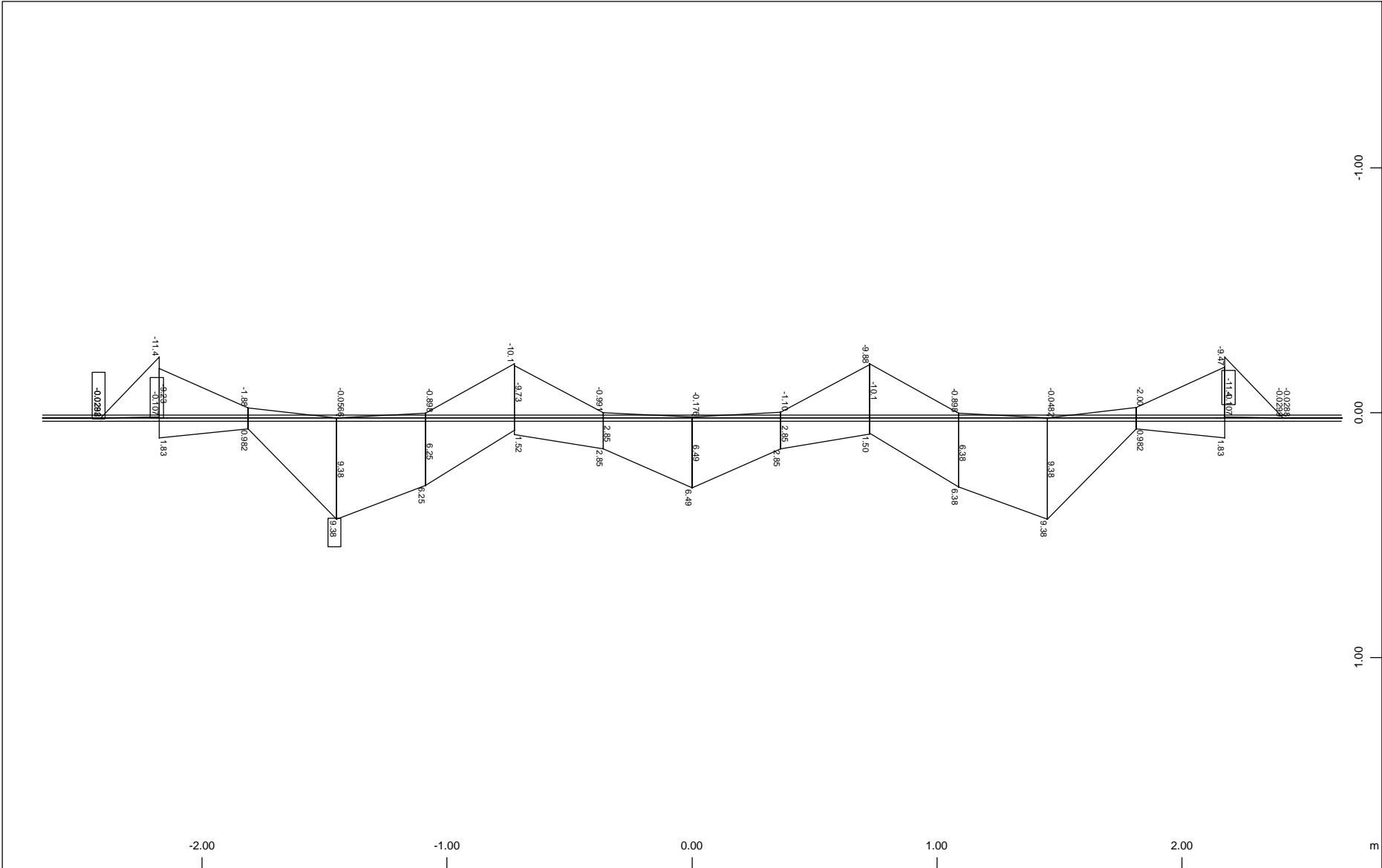
$$\begin{array}{c} \text{X} - \text{Y} \\ | \\ \text{Z} \end{array}$$

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9005 MAX-VZ BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-0.420) (Max=47.8)

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9006 MIN-VZ BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-47.8) (Max=0.420)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

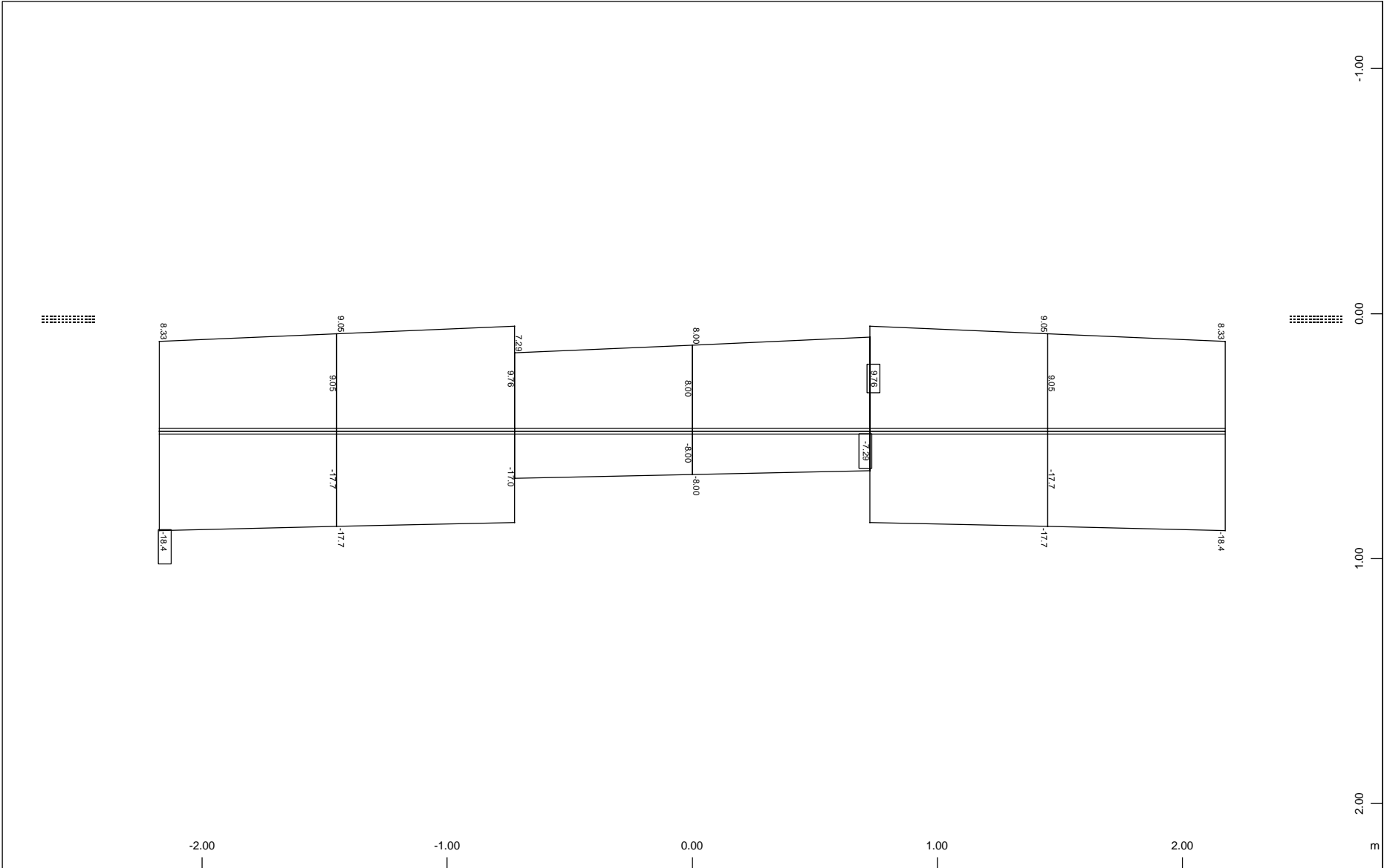


X-Y-Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-0.107) (Max=9.38)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-11.4) (Max=-7.6890e-05)

M 1 : 22

KRT\_2a. poikkituet. Leikkausvoima Vz



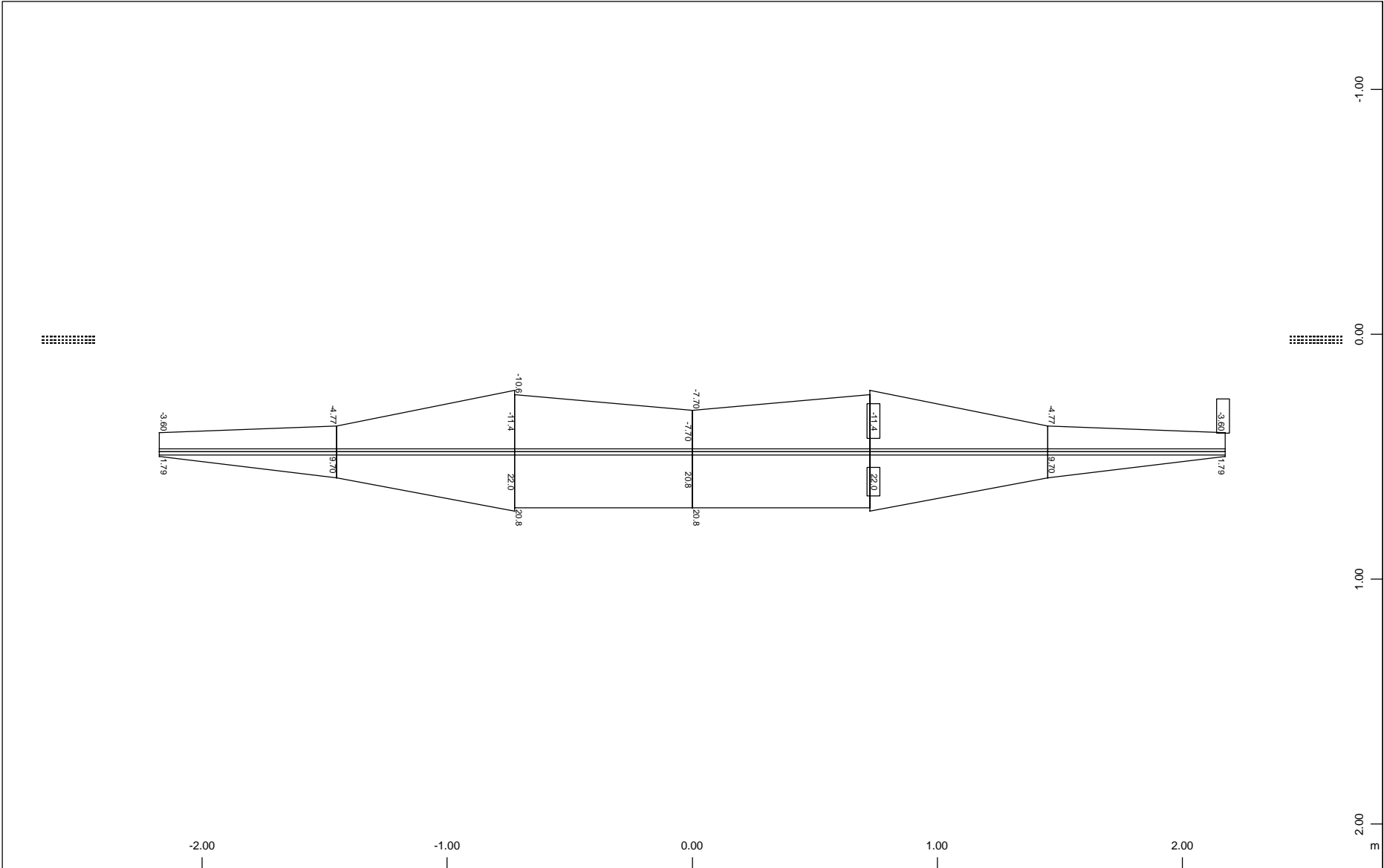
X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 0  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9005 MAX-VZ BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=9.76)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 9006 MIN-VZ BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 10.0 kN (Min=-18.4) (Max=-7.29)

M 1 : 22



Taivutusmomentti: My

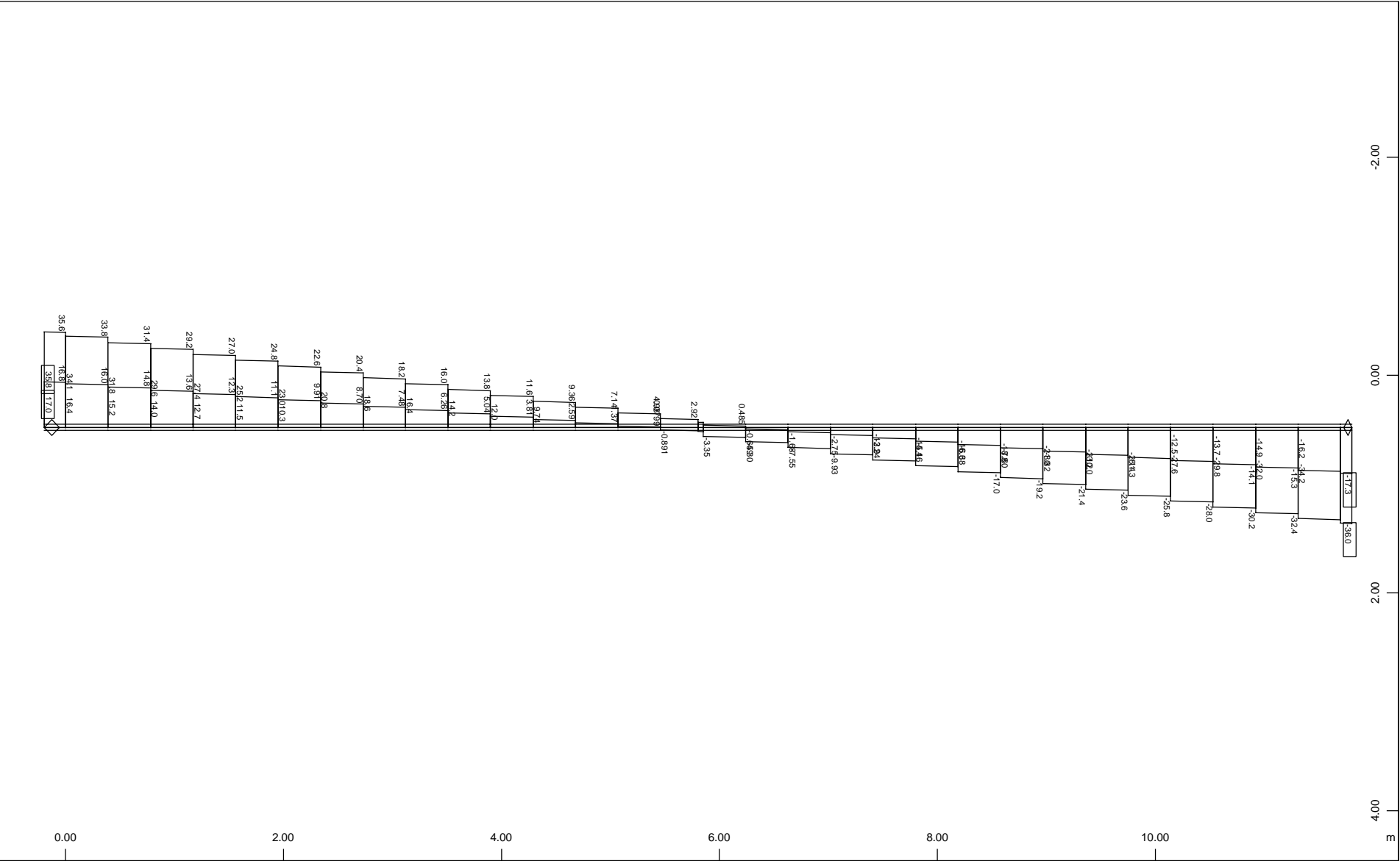


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 0  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9009 MAX-MY BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=22.0)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 9010 MIN-MY BEAM KRT\_2a , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-11.4) (Max=-3.60)

M 1 : 22

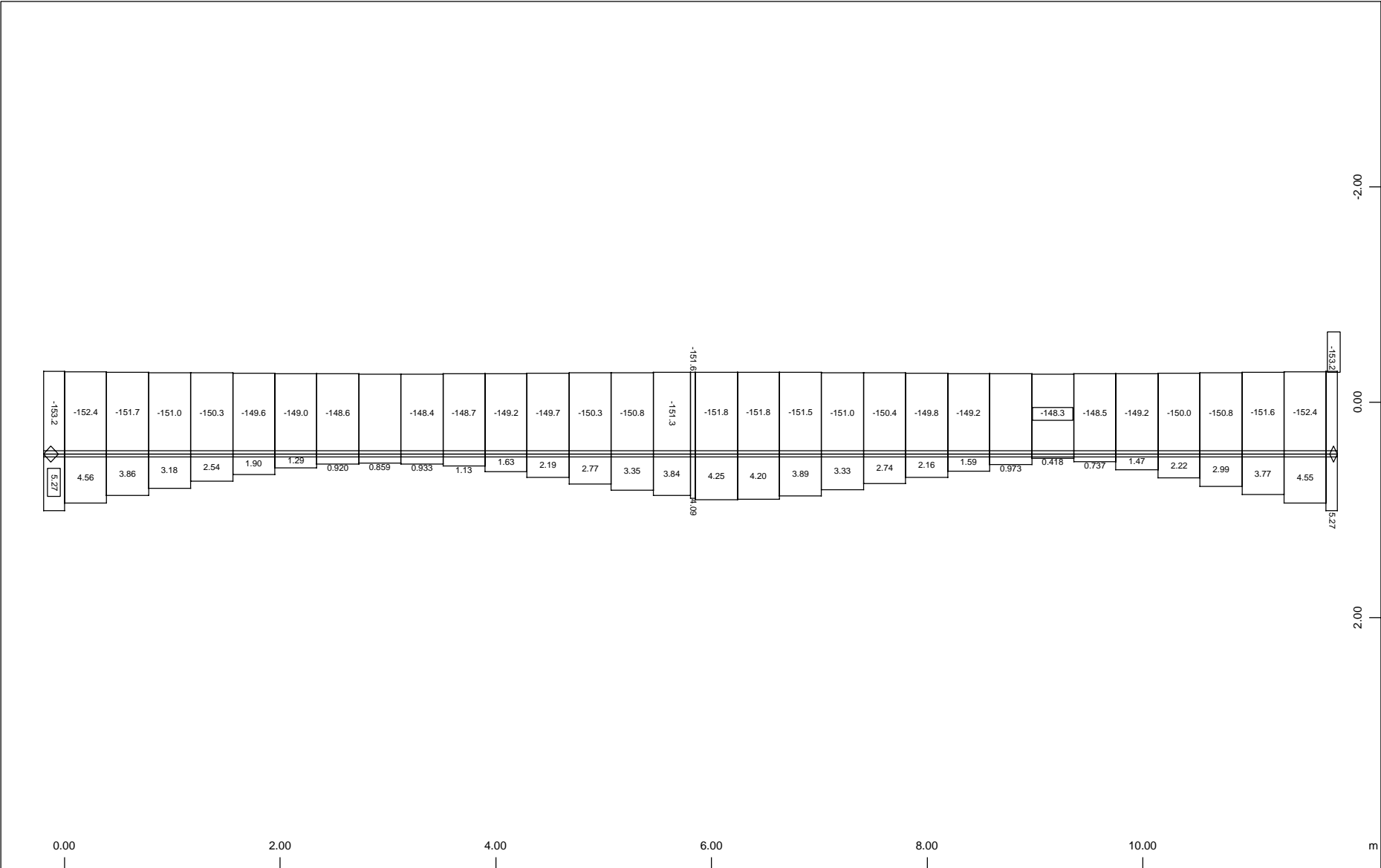
KRT\_4a. Reunimmaiset palkit. Leikkausvoima:Vz



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10005 MAX-VZ BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-17.3) (Max=35.8)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10006 MIN-VZ BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-36.0) (Max=17.0)

M 1 : 49

Normaalivoima: Nx

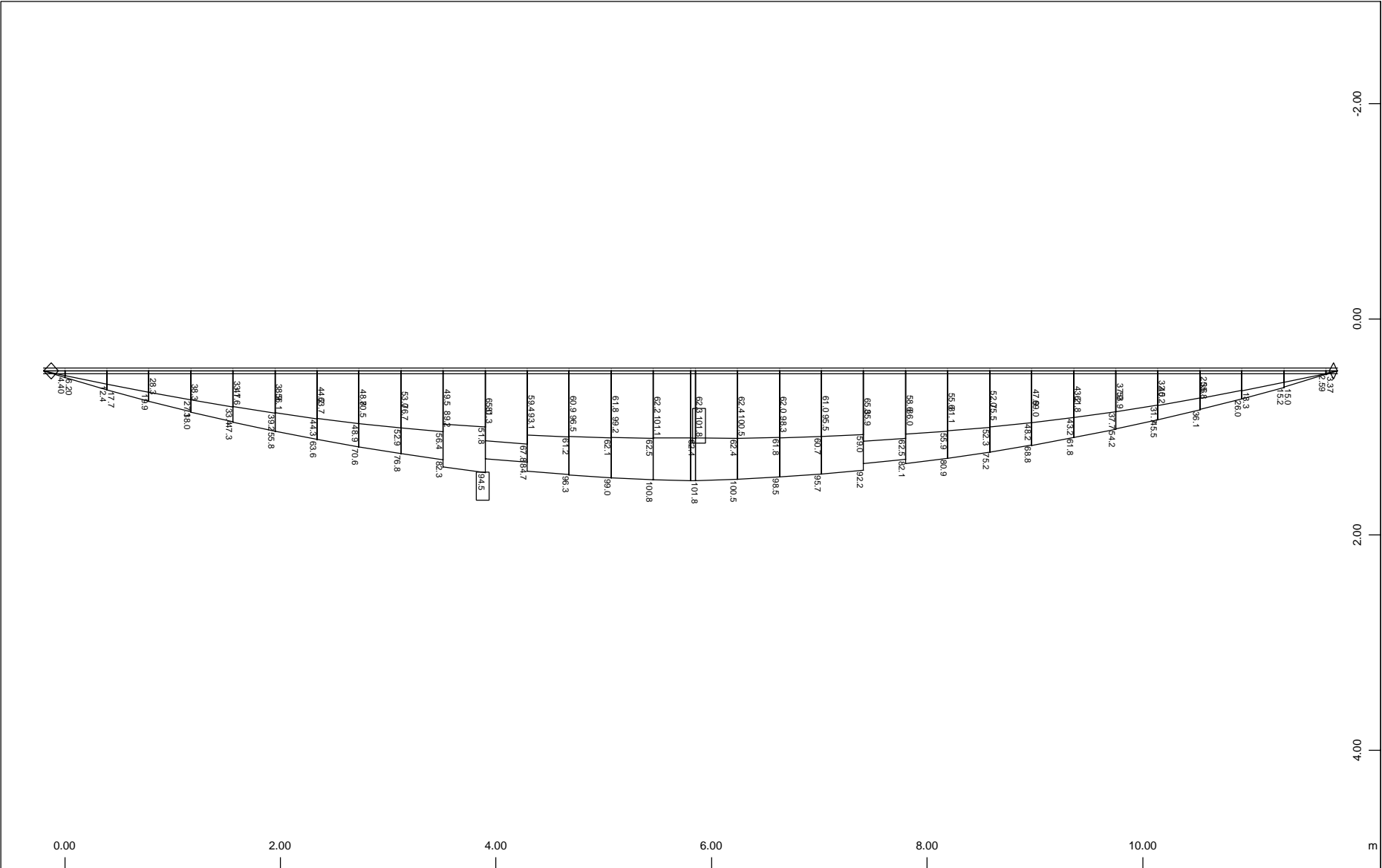


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10001 MAX-N BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=5.27)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10002 MIN-N BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-153.2) (Max=-148.3)

M 1 : 50

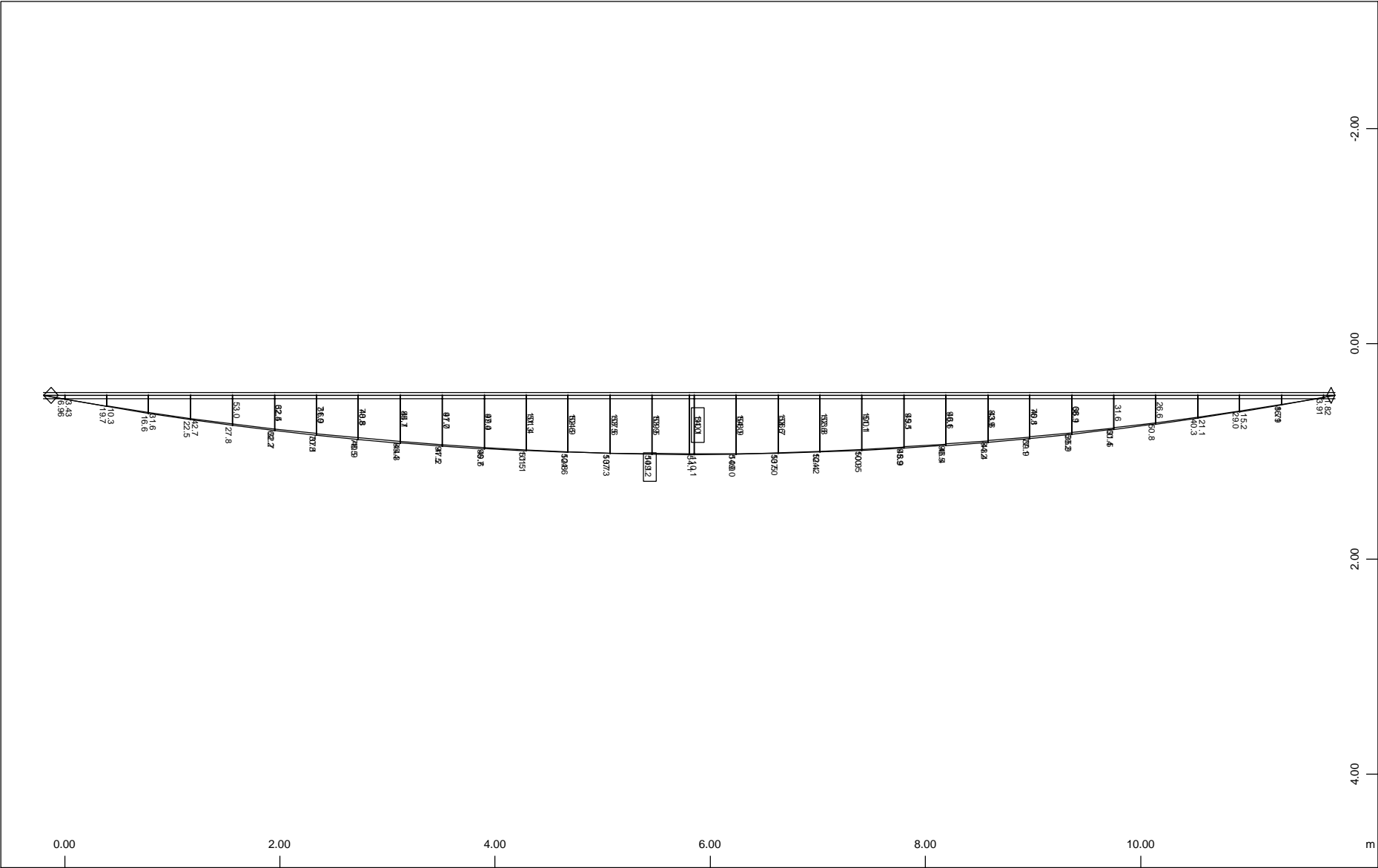
Nx vastaava taivutusmomentti: My



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10001 MAX-N BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=94.5)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10002 MIN-N BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=101.8)

M 1 : 50

Taivutusmomentti: My

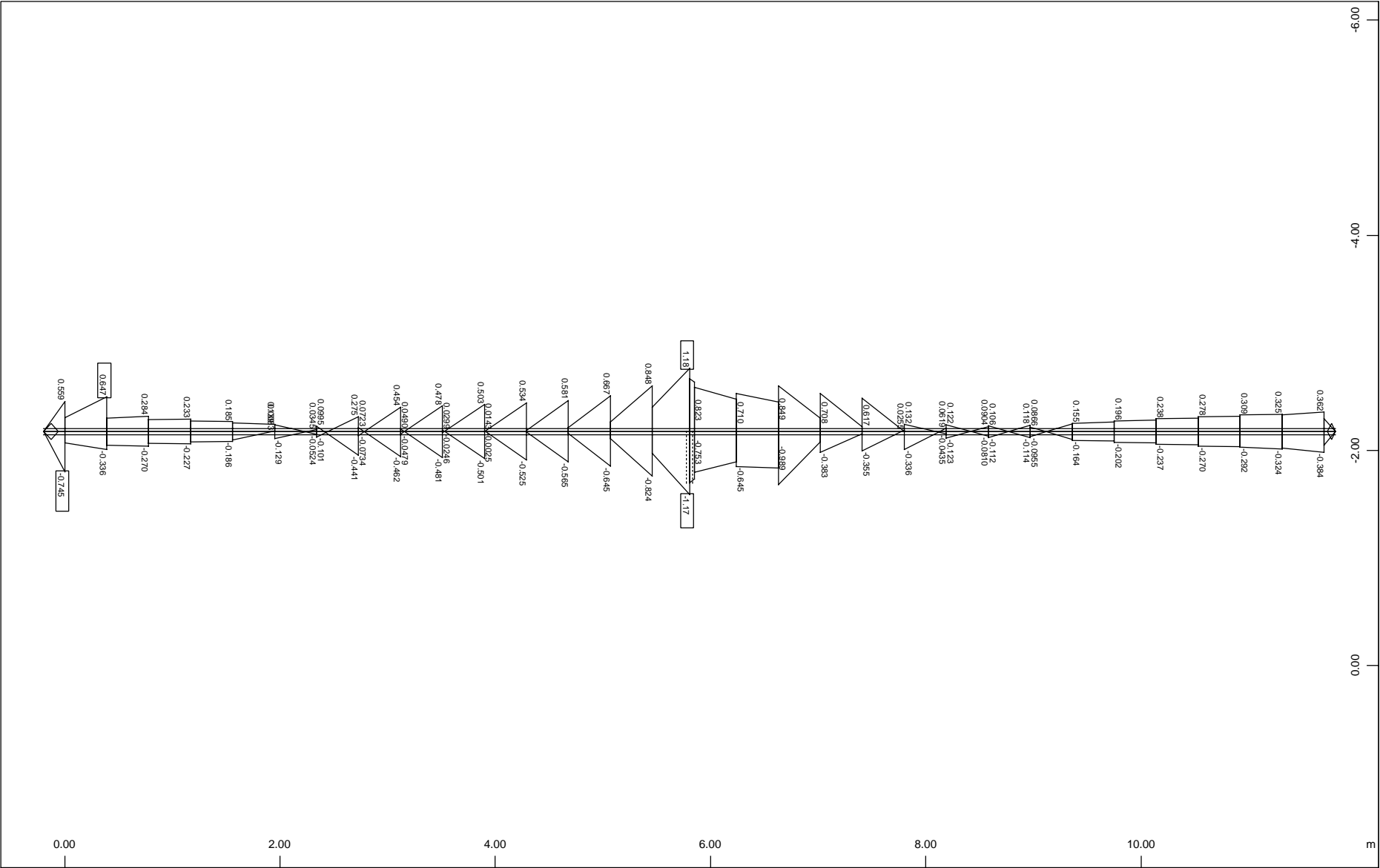


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=110.1)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=54.1)

M 1 : 50

My vastaava taivutusmomentti: Mz



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-1.17) (Max=0.647)  
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-0.745) (Max=1.18)

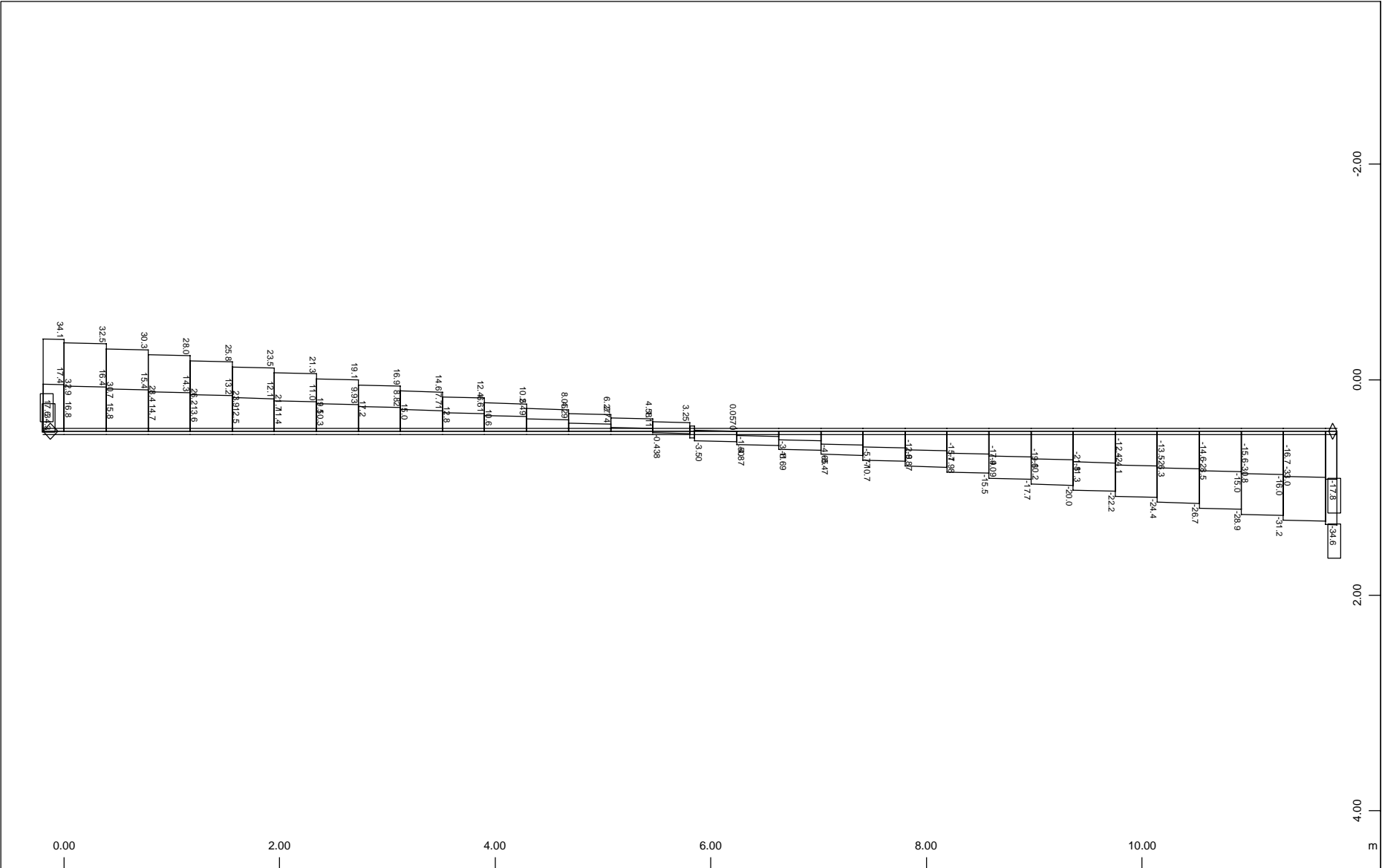
M 1 : 50



Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-142.9) (Max=0.980)

M 1 : 50

KRT\_4a. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz



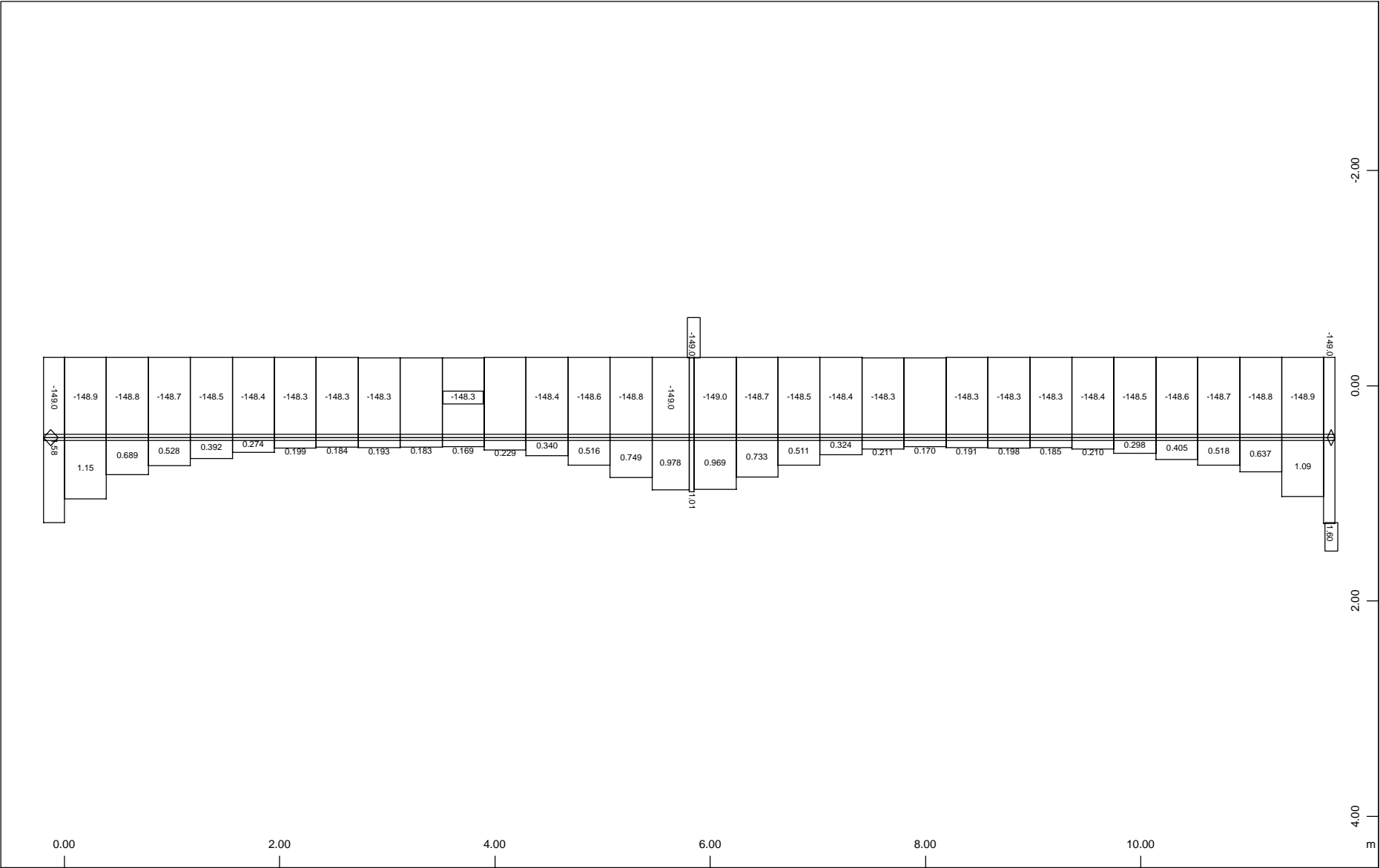
Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10005 MAX-VZ BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-17.8) (Max=34.3)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10006 MIN-VZ BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-34.6) (Max=17.6)

M 1 : 50



Normaalivoima: Nx

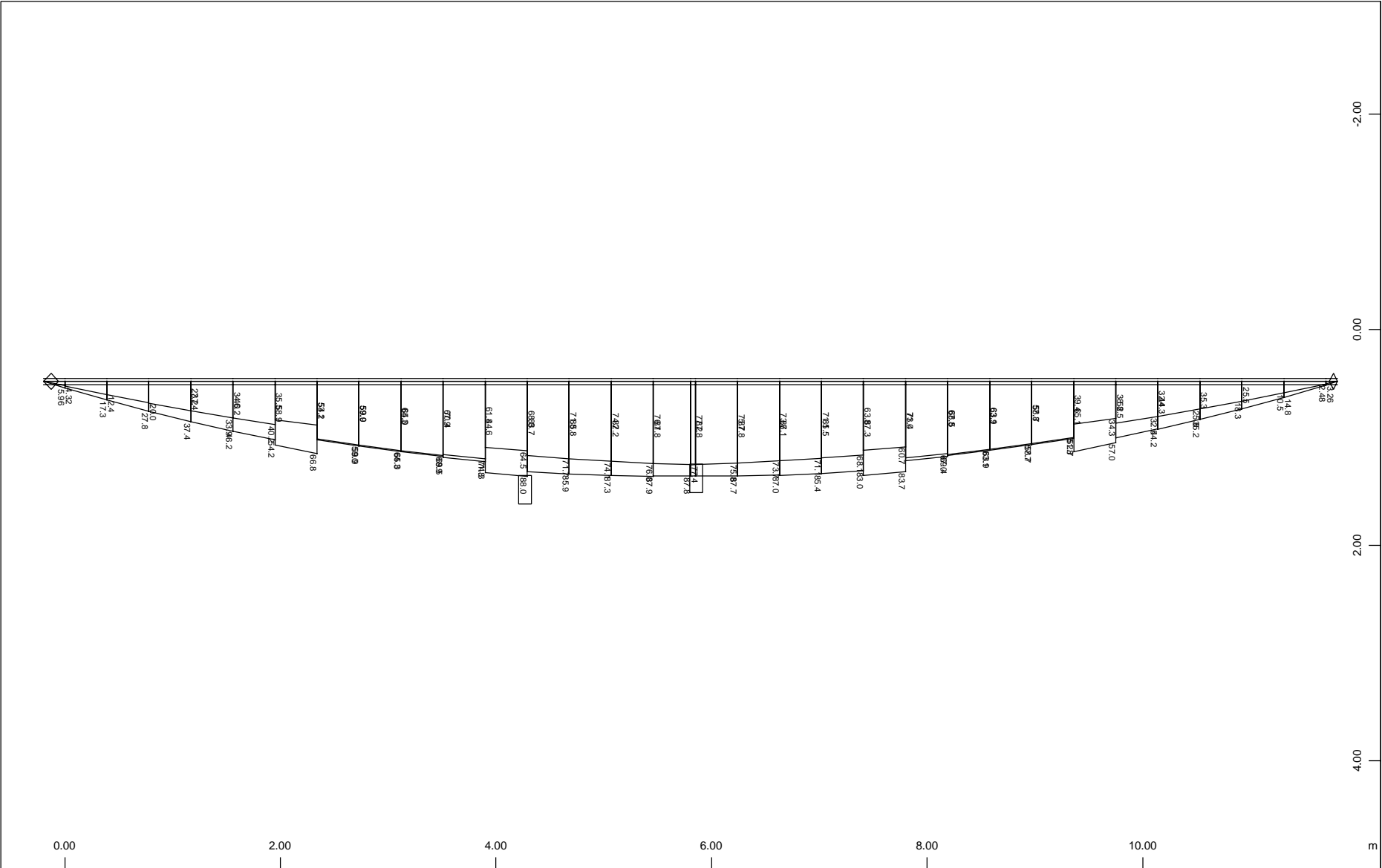


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10001 MAX-N BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 1.00 kN (Max=1.60)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10002 MIN-N BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-149.0) (Max=-148.3)

M 1 : 50

Nx vastaava taivutusmomentti: My

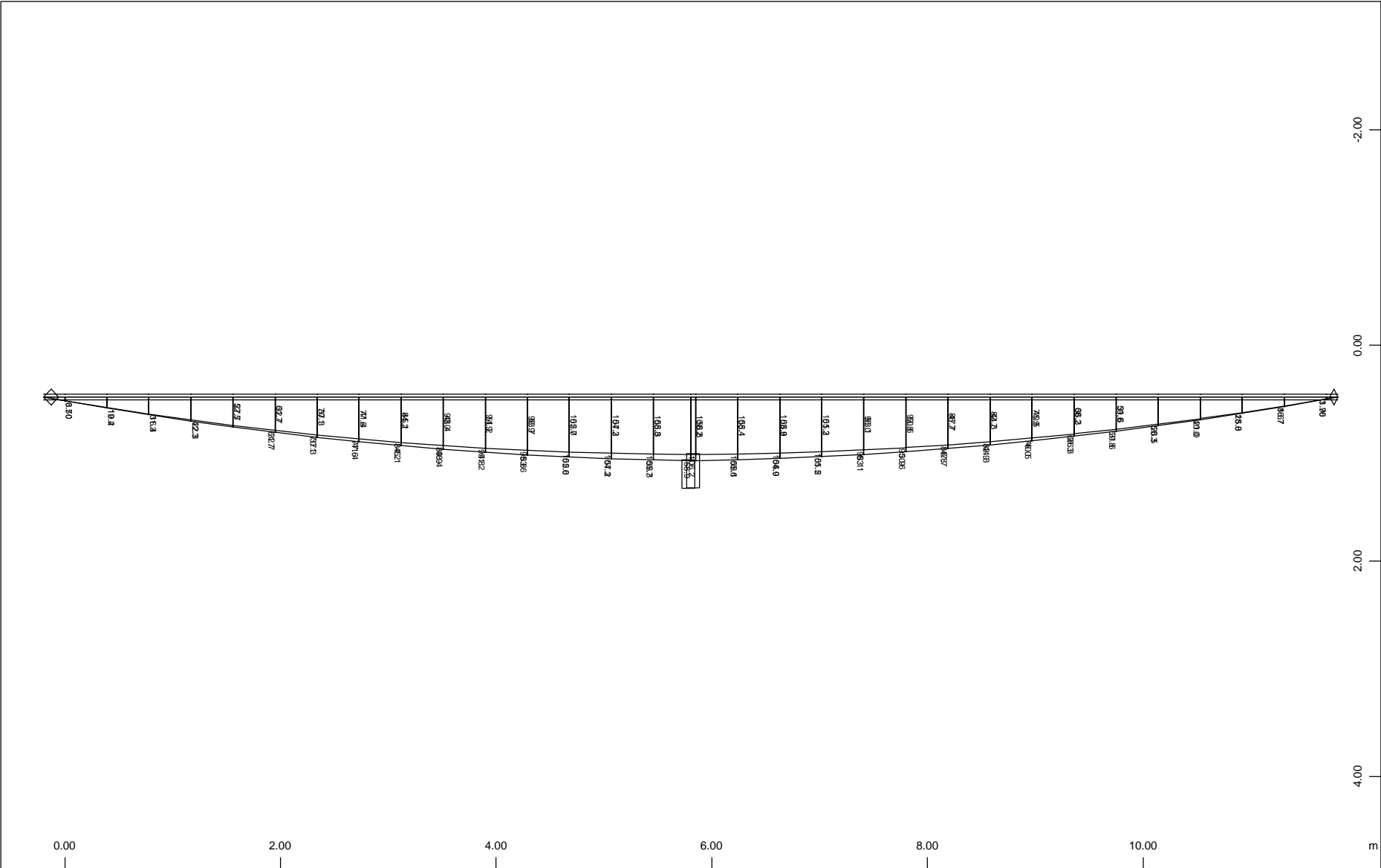


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10001 MAX-N BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=88.0)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10002 MIN-N BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=77.4)

M 1 : 50

Taivutusmomentti: My

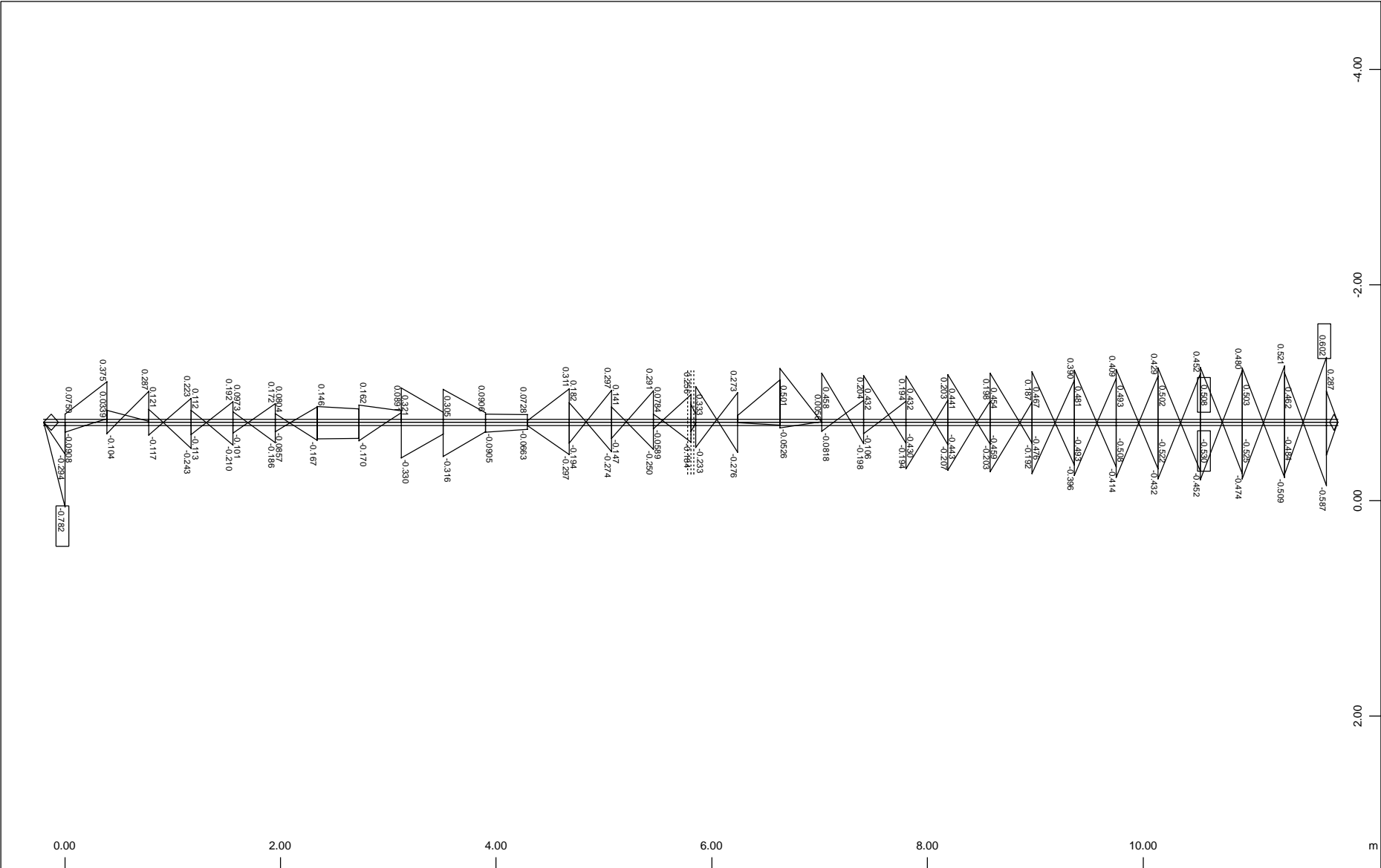


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 100.0 kNm (Max=106.2)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=58.9)

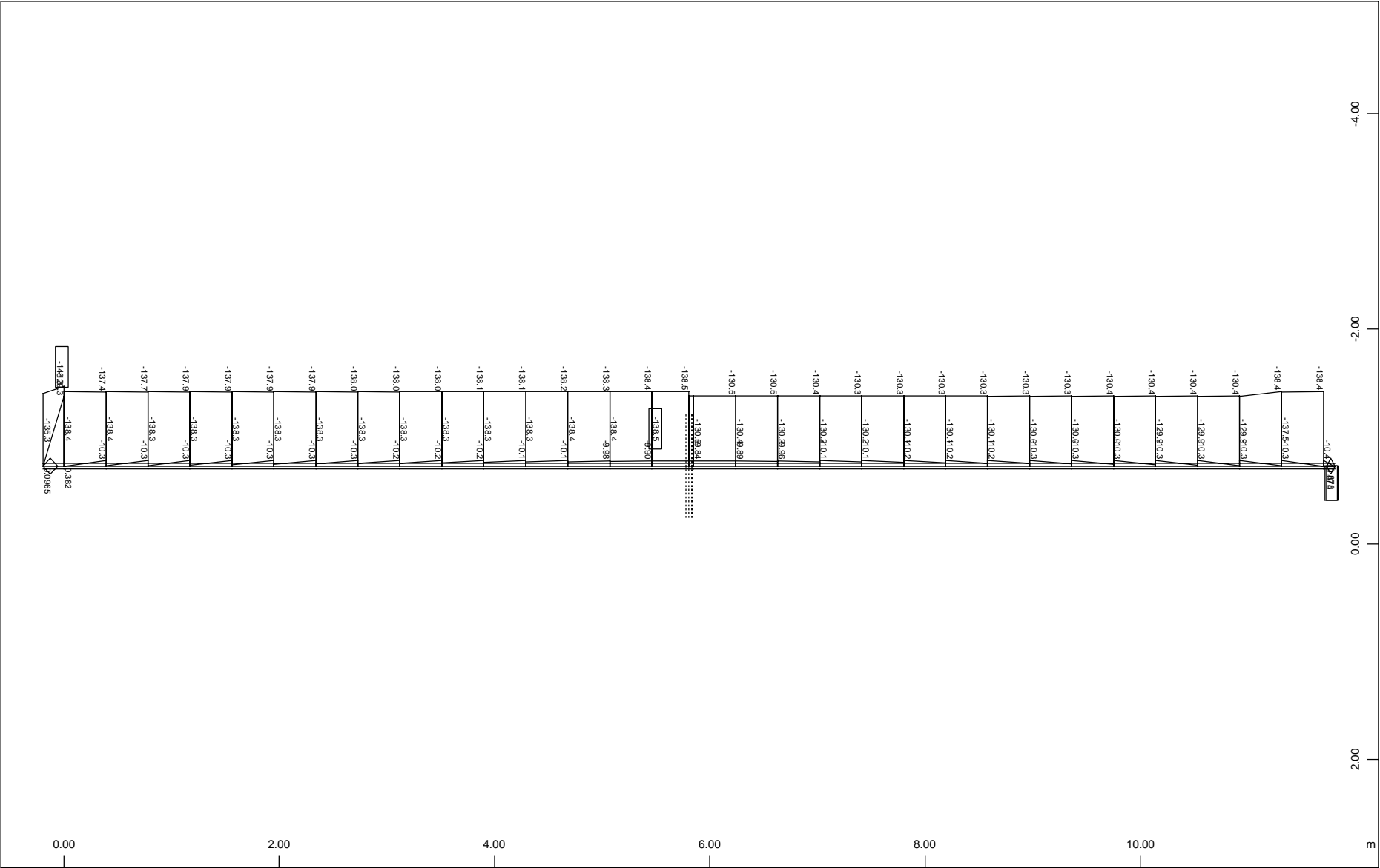
M 1 : 50

My vastaava taivutusmomentti: Mz



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.782) (Max=0.508)  
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.530) (Max=0.602)

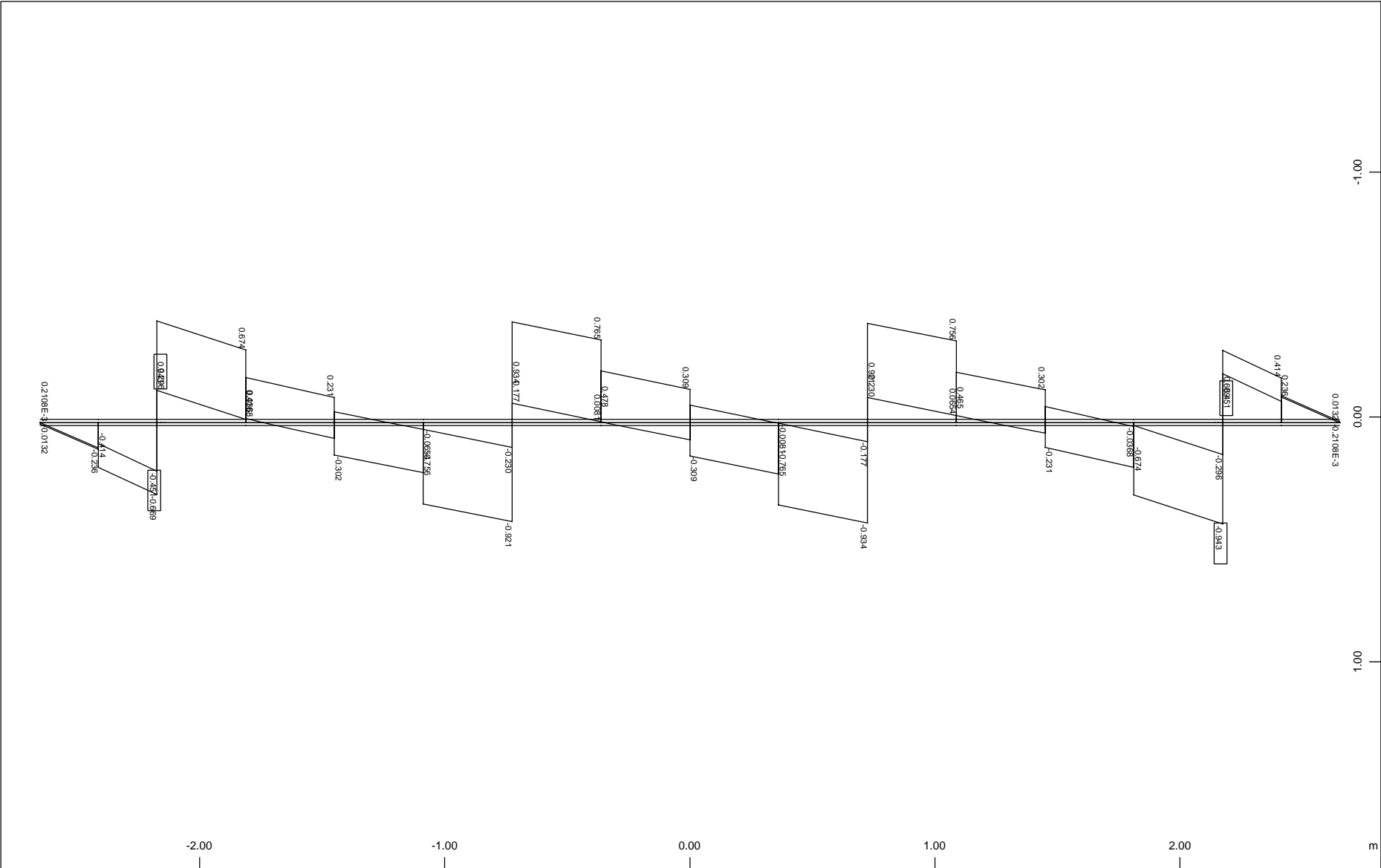
My vastaava normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-148.3) (Max=0.878)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-138.5) (Max=0.878)

M 1 : 50

KRT\_4a. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz



X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10005 MAX-VZ BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.451) (Max=0.943)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10006 MIN-VZ BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.943) (Max=0.451)

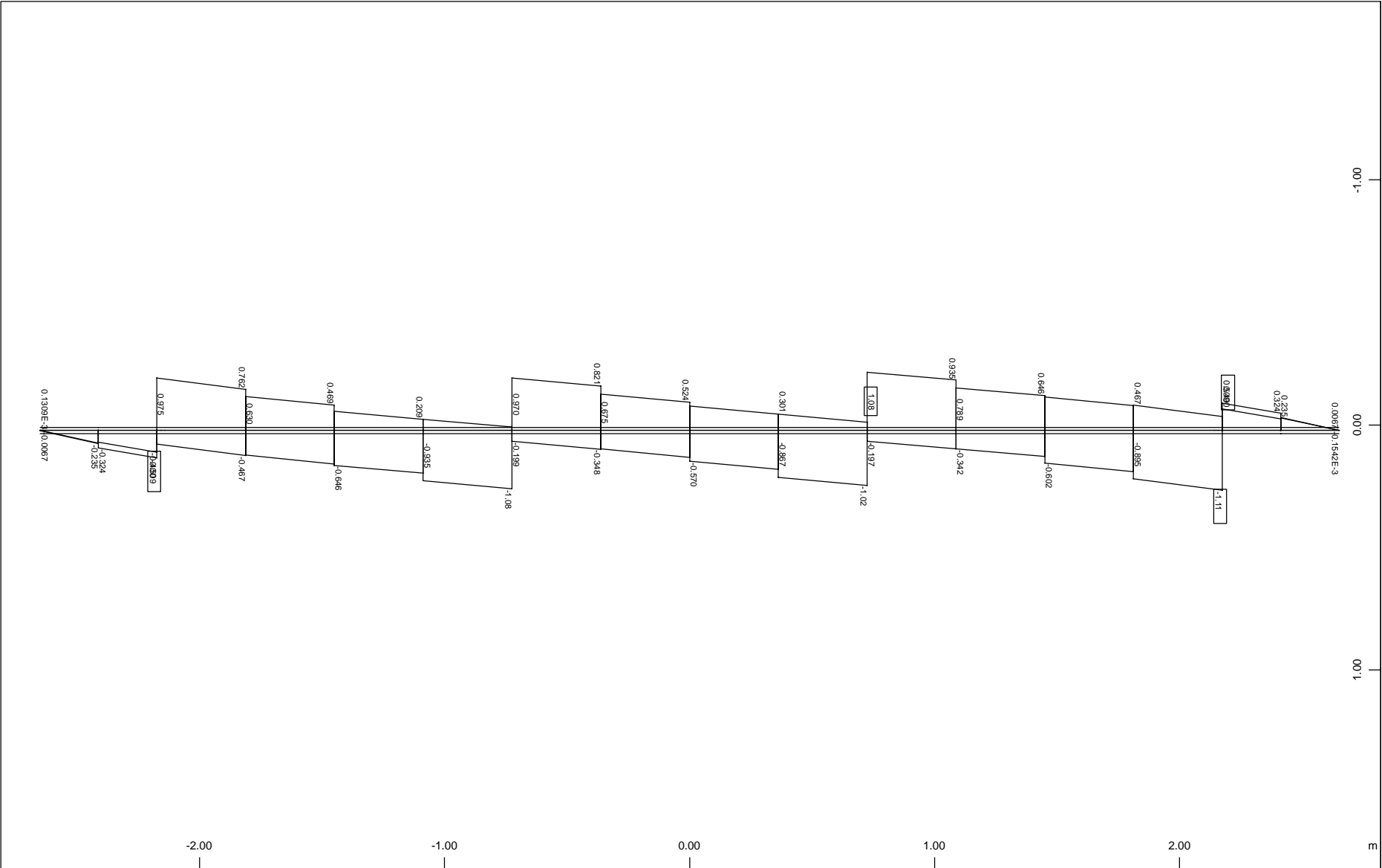
M 1 : 22

$$\begin{array}{c} \text{X} - \text{Y} \\ | \\ \text{Z} \end{array}$$

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 0.200 kNm (Min=-0.315) (Max=-1.8875e-05)

M 1 : 22

KRT\_4a. Päätyalue laatta. Leikkausvoima Vz



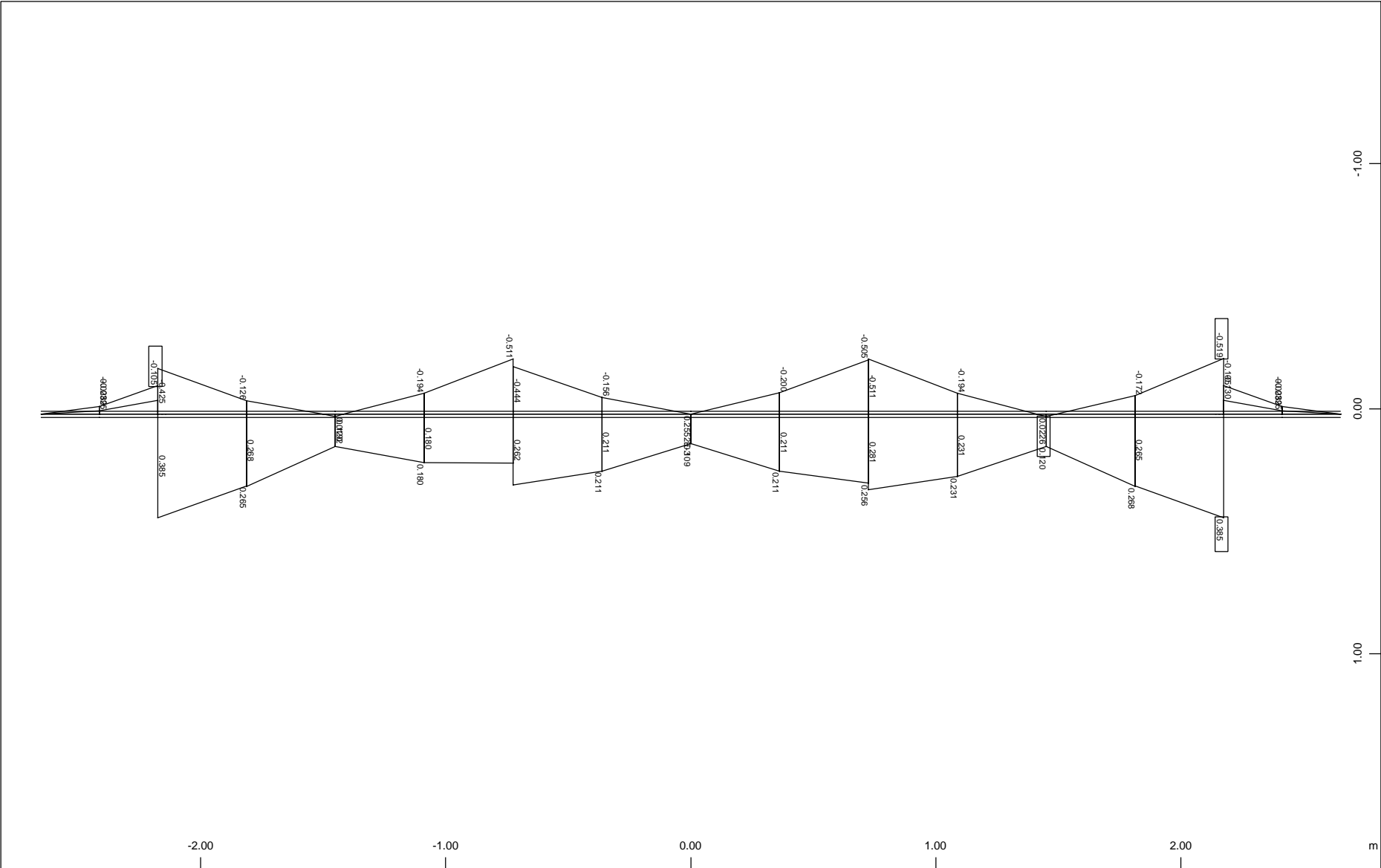
X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10005 MAX-VZ BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 1.00 kN (Min=-0.400) (Max=1.08)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10006 MIN-VZ BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 1.00 kN (Min=-1.11) (Max=0.400)

M 1 : 22



Taivutusmomentti: My

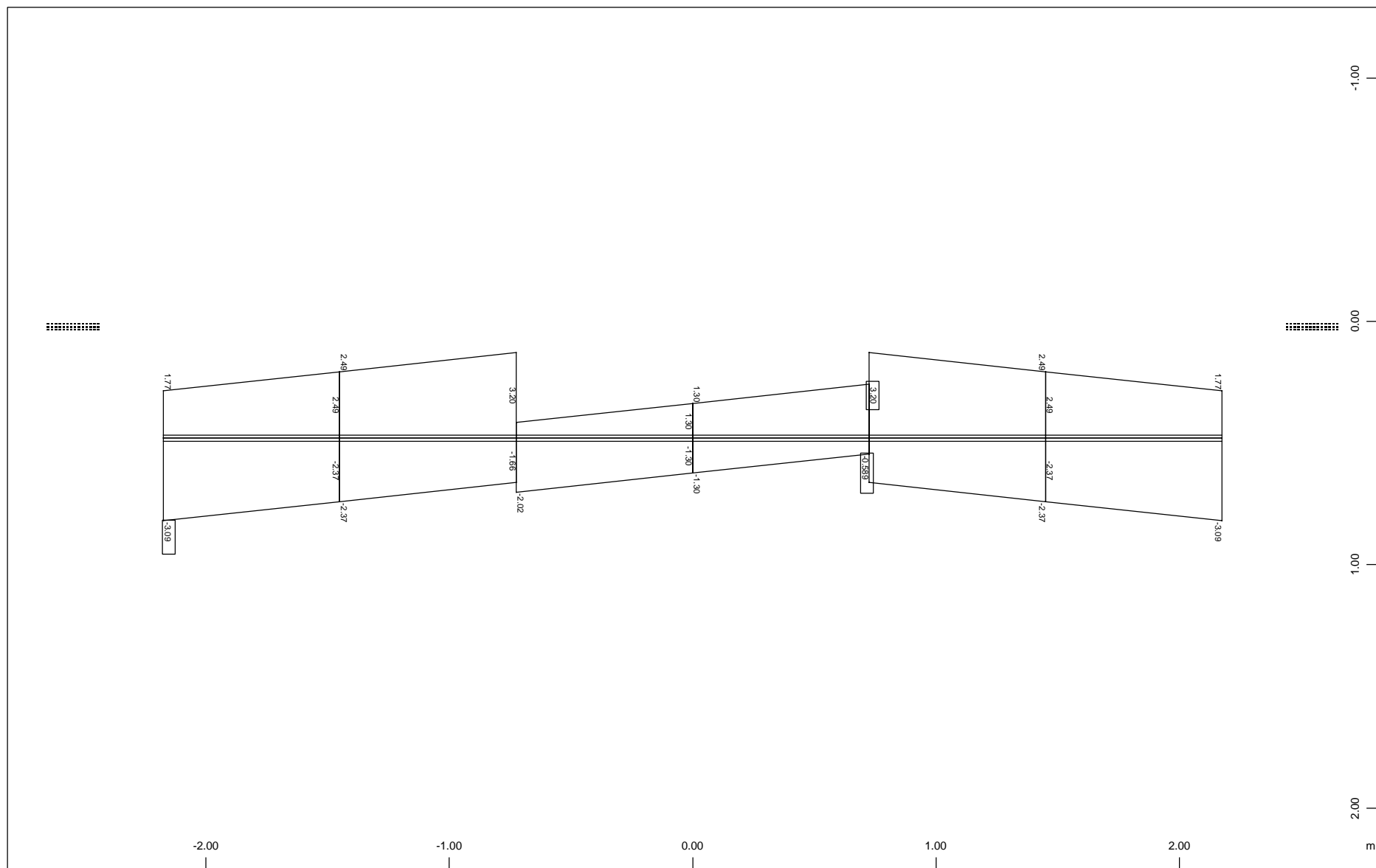


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 0.200 kNm (Min=-0.105) (Max=0.385)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.519) (Max=0.0226)

M 1 : 22

KRT\_4a. poikkituet. Leikkausvoima Vz


$$\begin{array}{c} \text{X} - \text{Y} \\ | \\ \text{Z} \end{array}$$

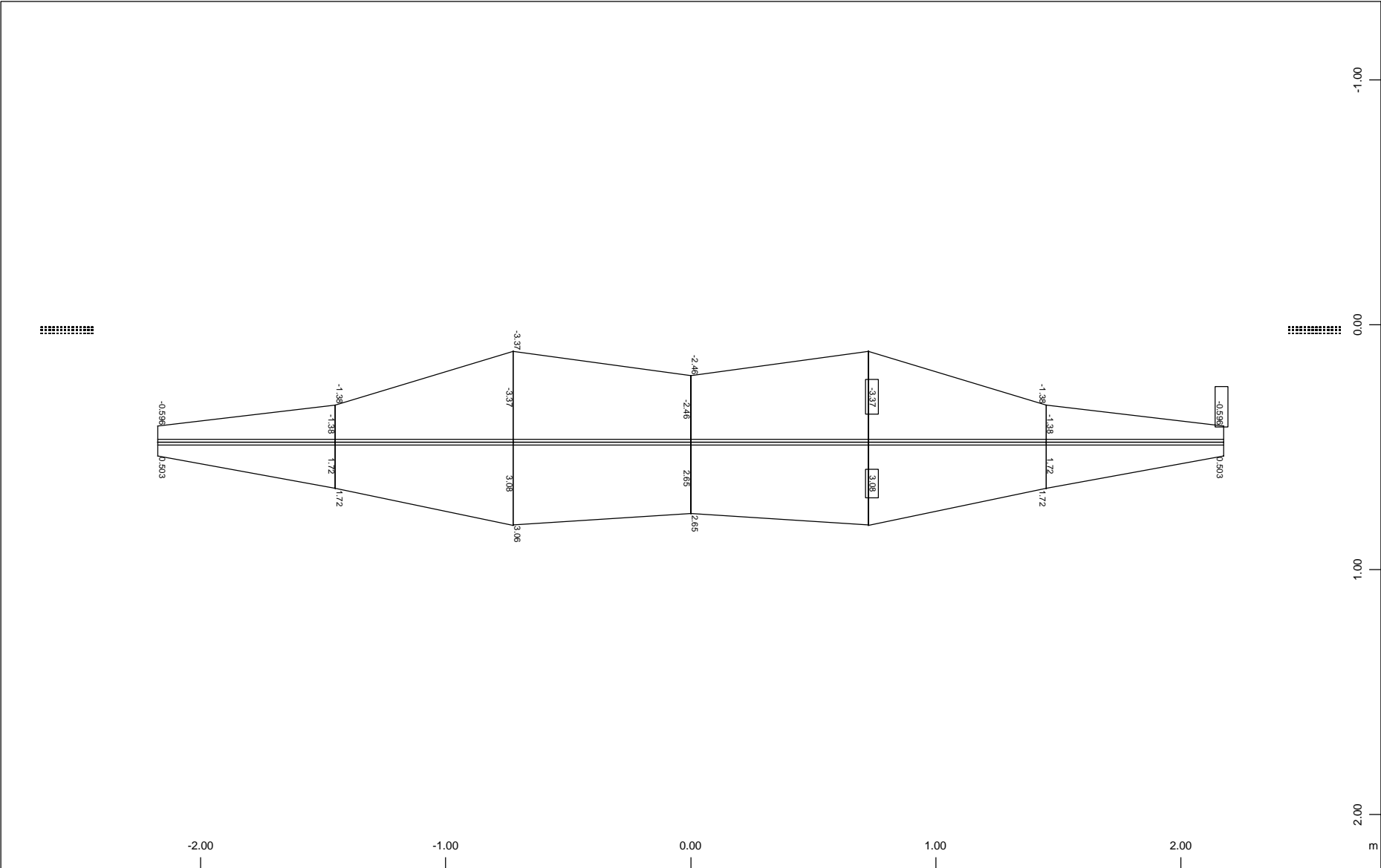
Sector of system Beam Elements Group 0

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10005 MAX-VZ BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 2.00 kN (Max=3.20)

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 10006 MIN-VZ BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-3.09) (Max=-0.589)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

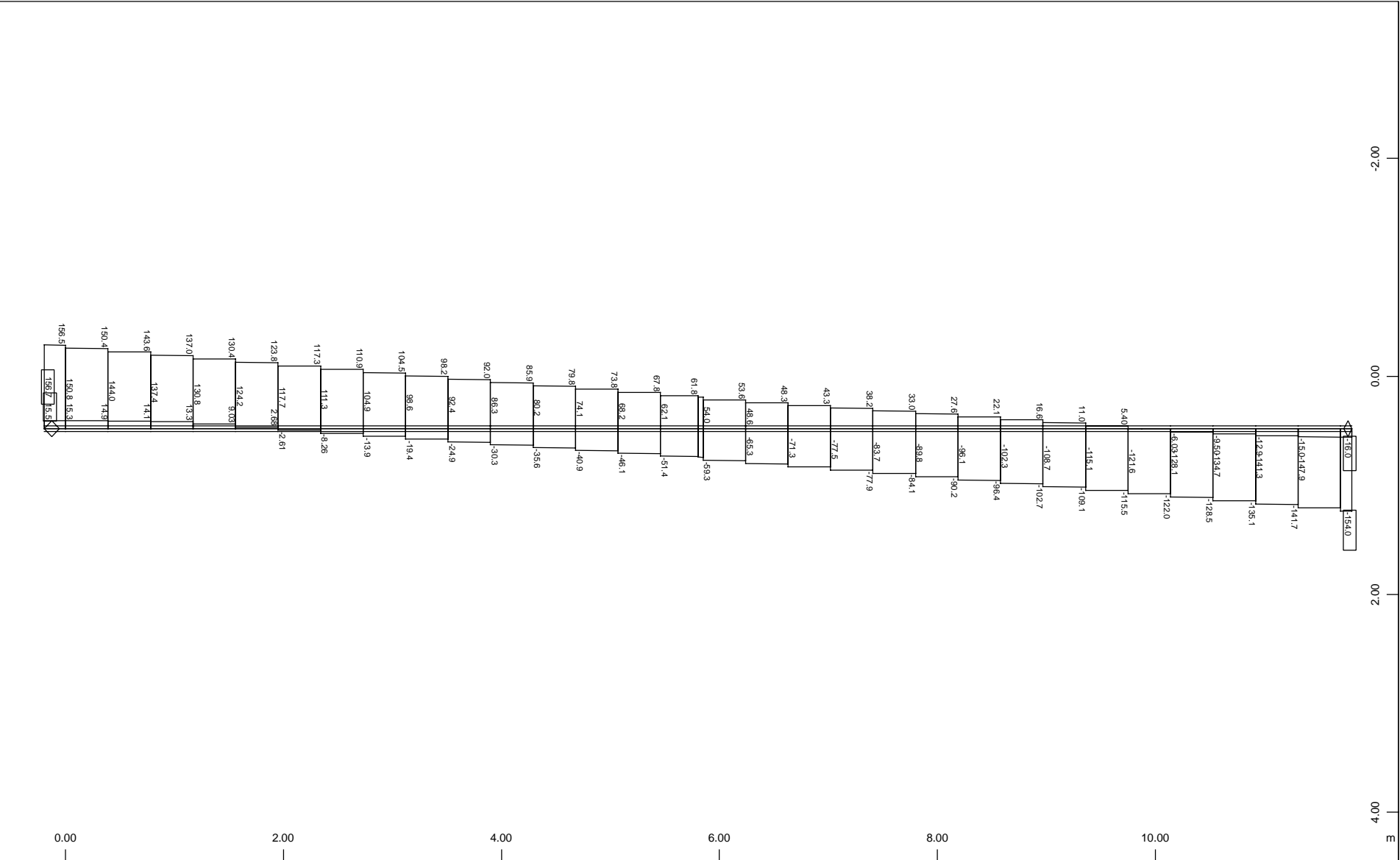


X-Y  
Z

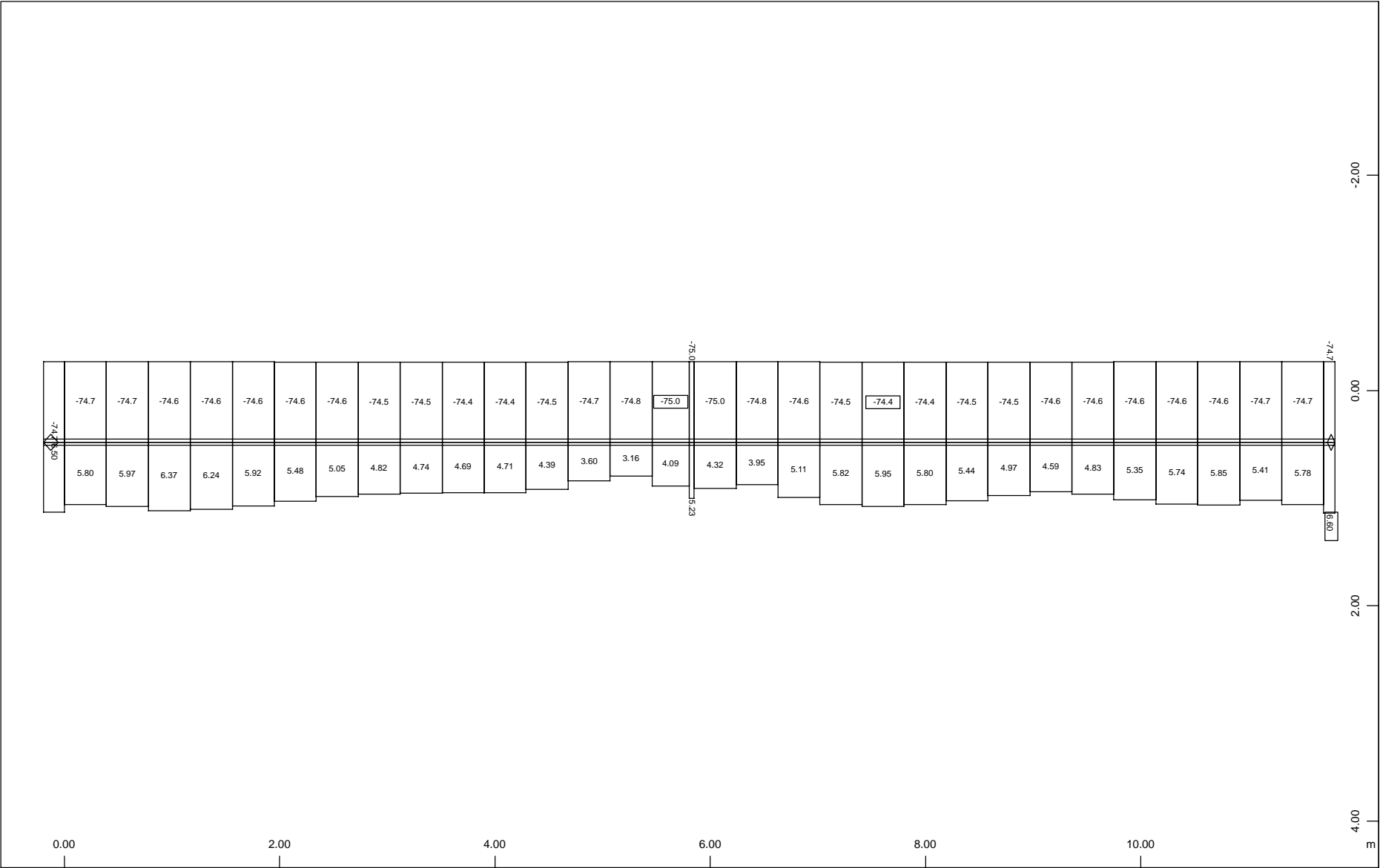
Sector of system Beam Elements Group 0  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10009 MAX-MY BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 2.00 kNm (Max=3.08)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 10010 MIN-MY BEAM KRT\_4a , 1 cm 3D = 2.00 kNm (Min=-3.37) (Max=-0.596)

M 1 : 22

Onnettomuusrajatila. Reunimmaiset palkit. Leikkausvoima: Vz



Normaalivoima: Nx

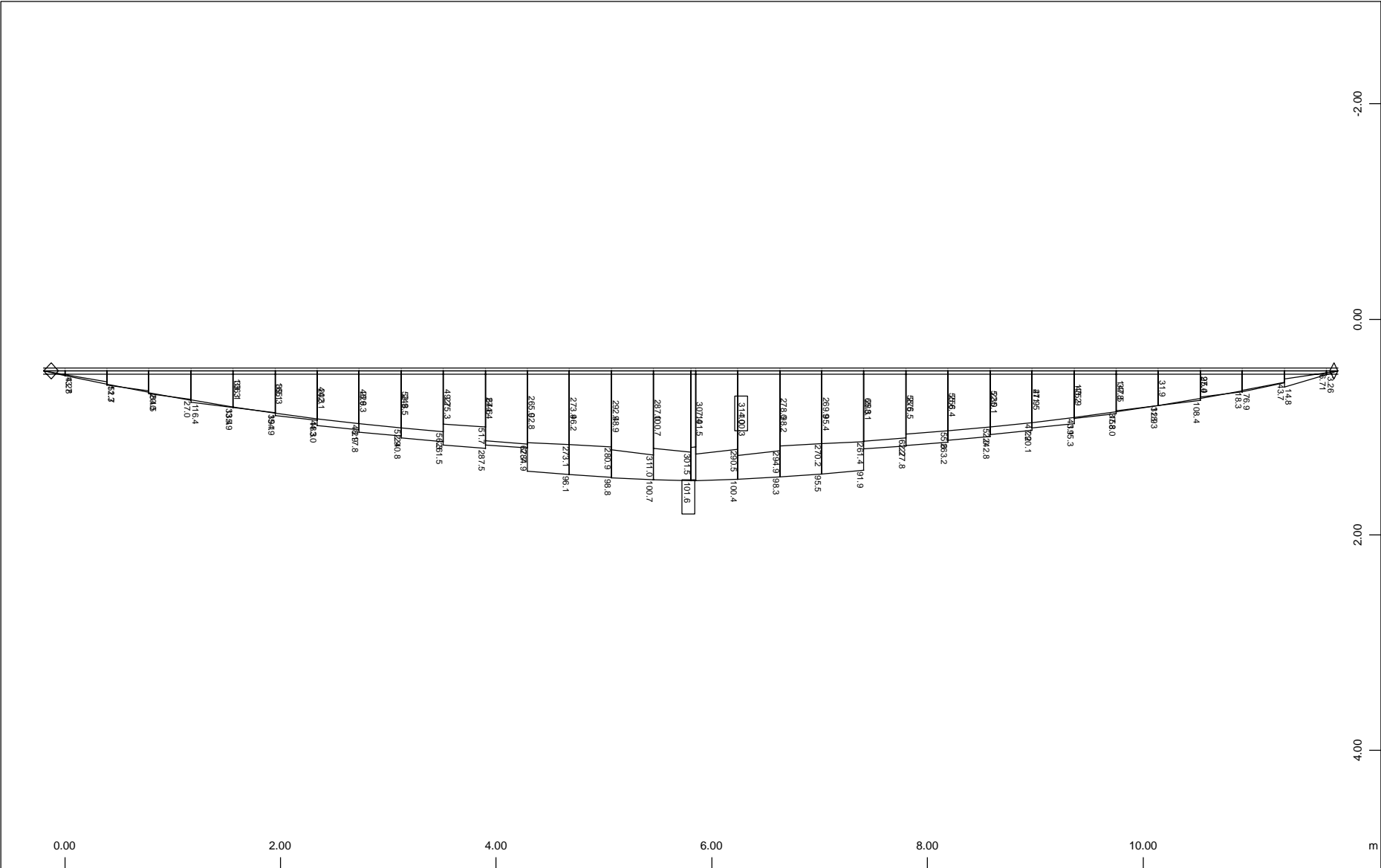


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 13001 MAX-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=6.60)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 13002 MIN-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-75.0) (Max=-74.4)

M 1 : 50

Nx vastaava taivutusmomentti: My

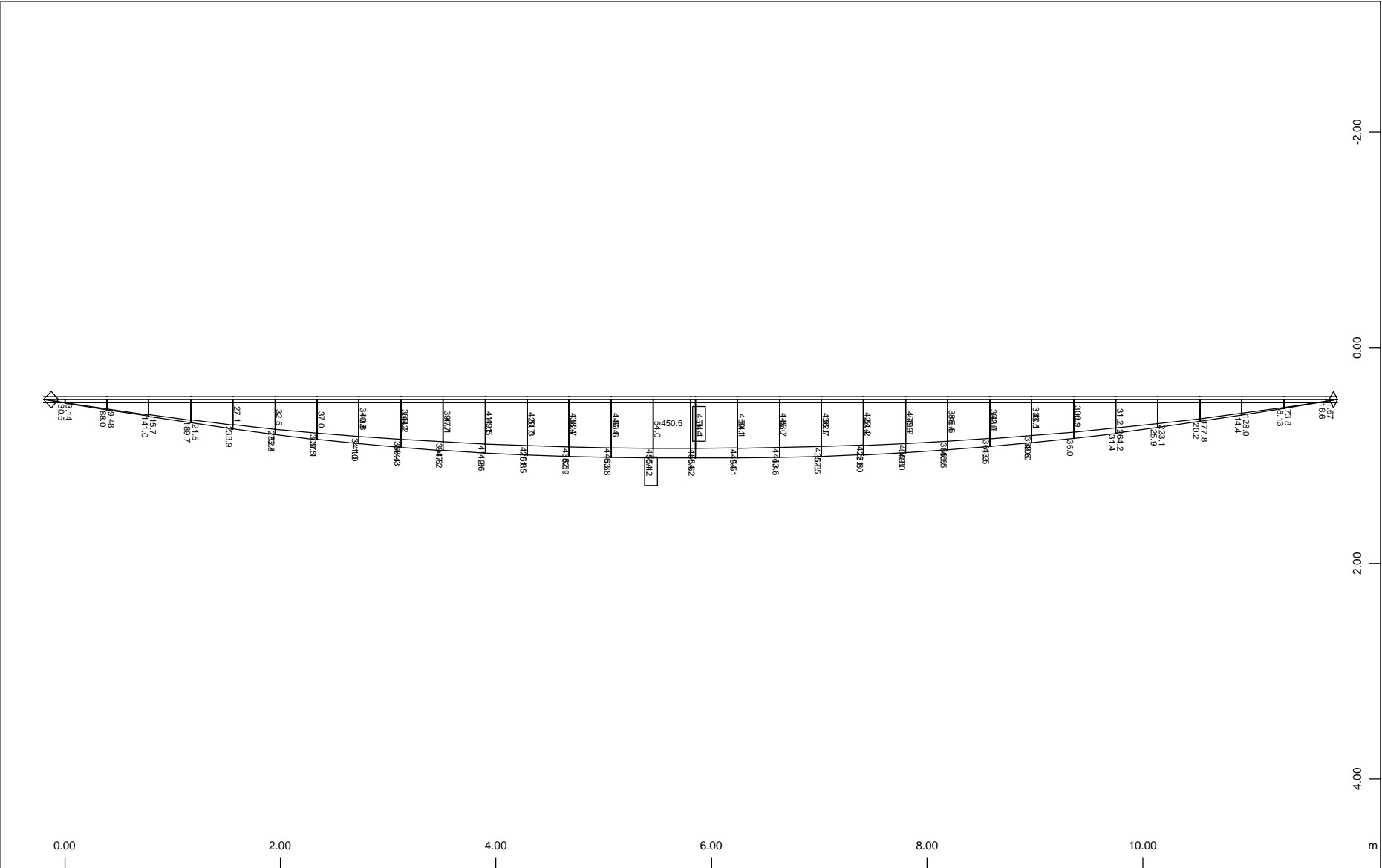


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13001 MAX-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Max=314.0)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13002 MIN-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=101.6)

M 1 : 50

Taivutusmomentti: My



Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13009 MAX-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 500.0 kNm (Max=451.4)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=54.2)

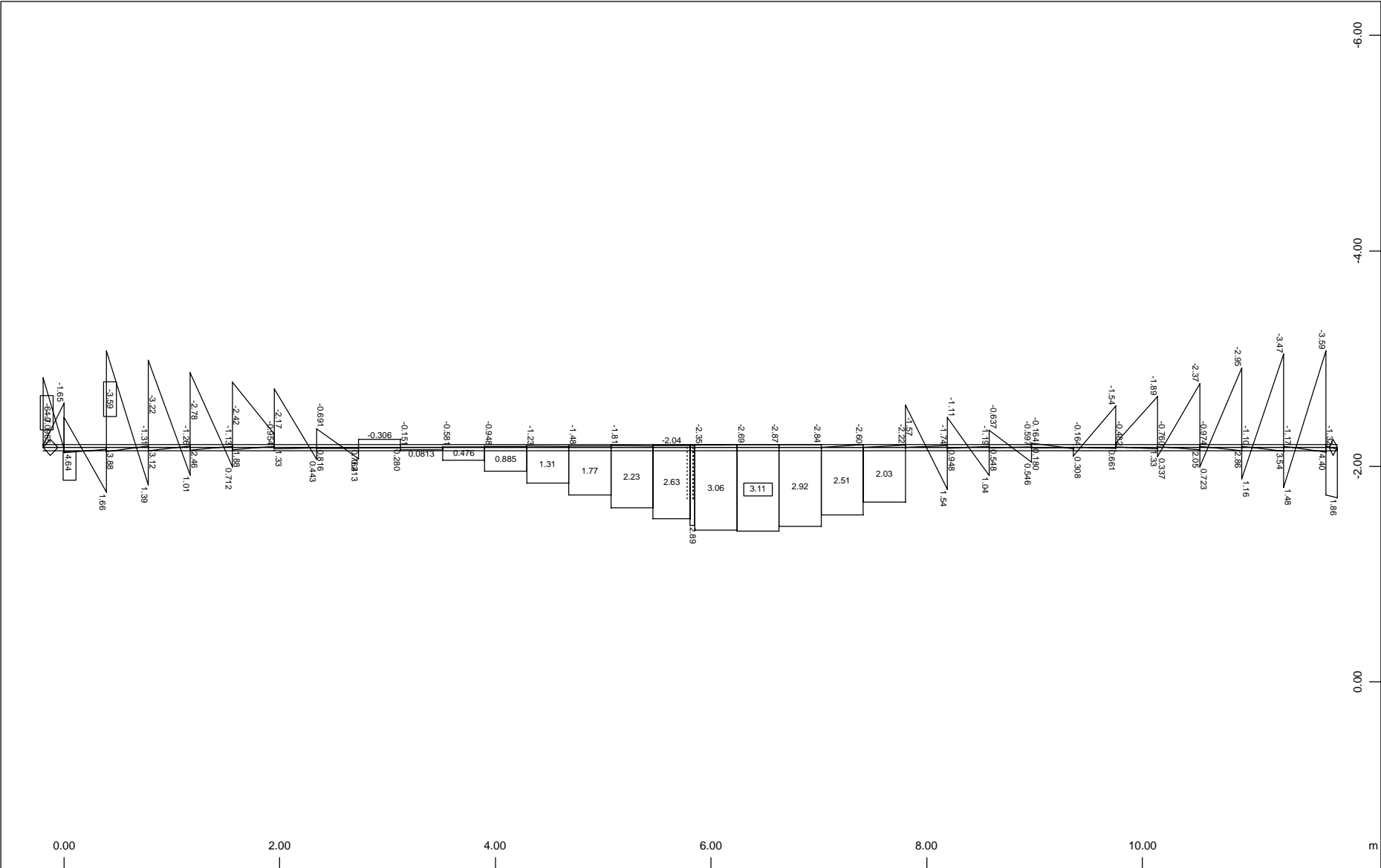
[illegible]
$$\begin{array}{c} Z-X \\ | \\ Y \end{array}$$

Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 1.00 kNm (Min=-0.935) (Max=1.22)

M 1 : 50

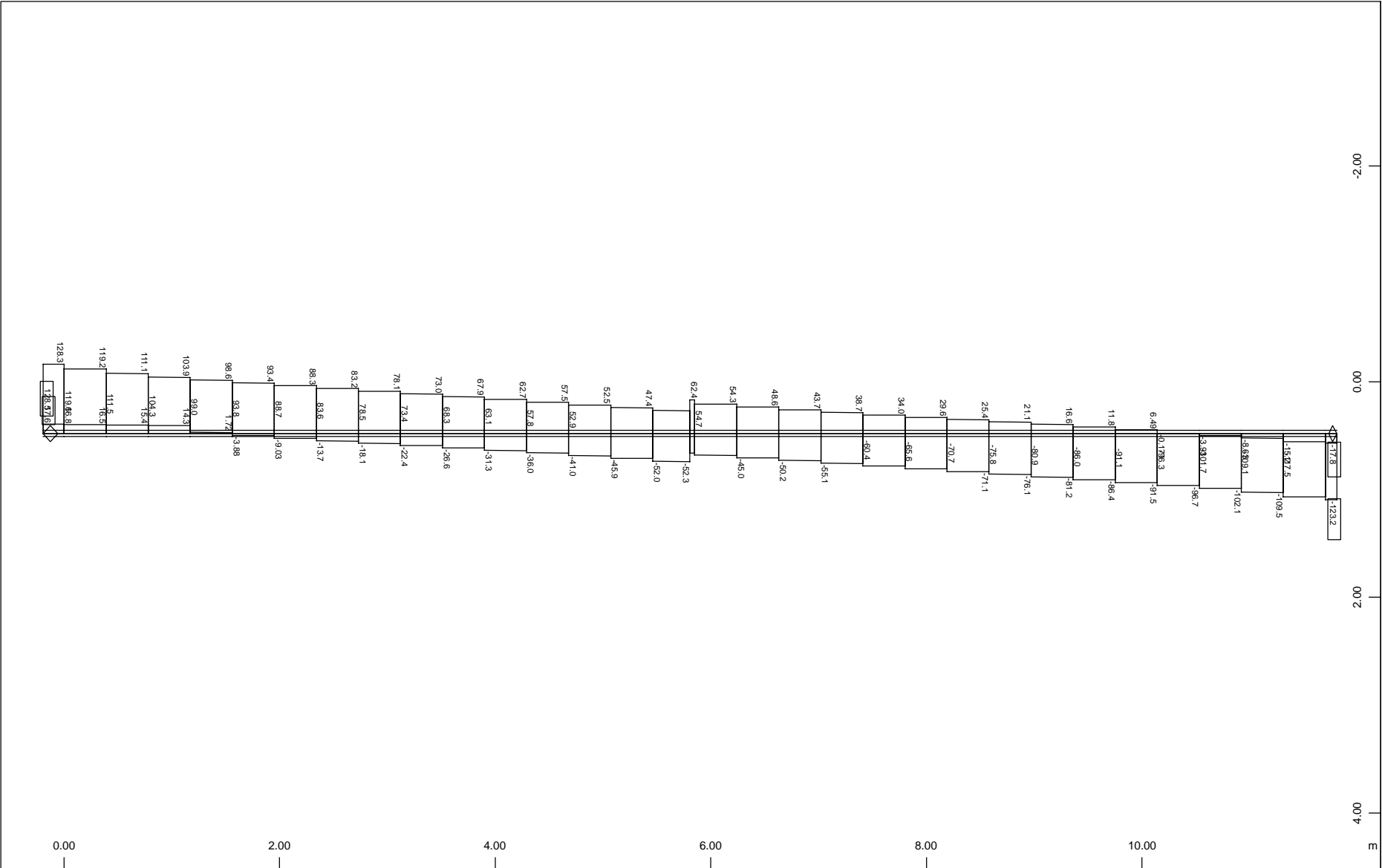


My vastaava normaalivoima: Nx



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 13009 MAX-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-64.7) (Max=4.64)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 2.00 kN (Min=-3.59) (Max=3.11)

Onnettomuusrajatila. Keskimmäiset palkit. Leikkausvoima:Vz

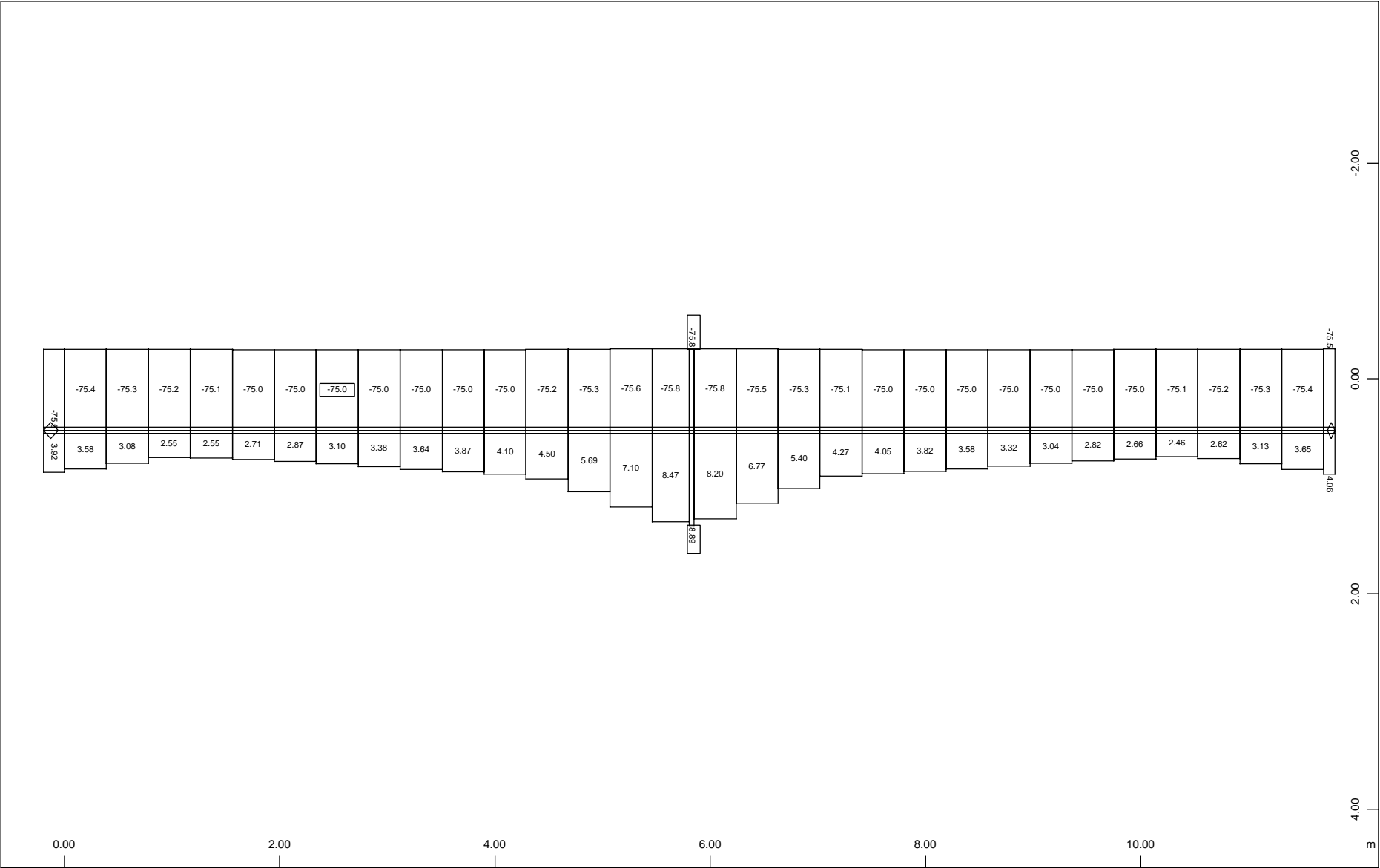


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13005 MAX-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-17.8) (Max=128.5)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13006 MIN-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 100.0 kN (Min=-123.2) (Max=17.6)

M 1 : 50

Normaalivoima: Nx

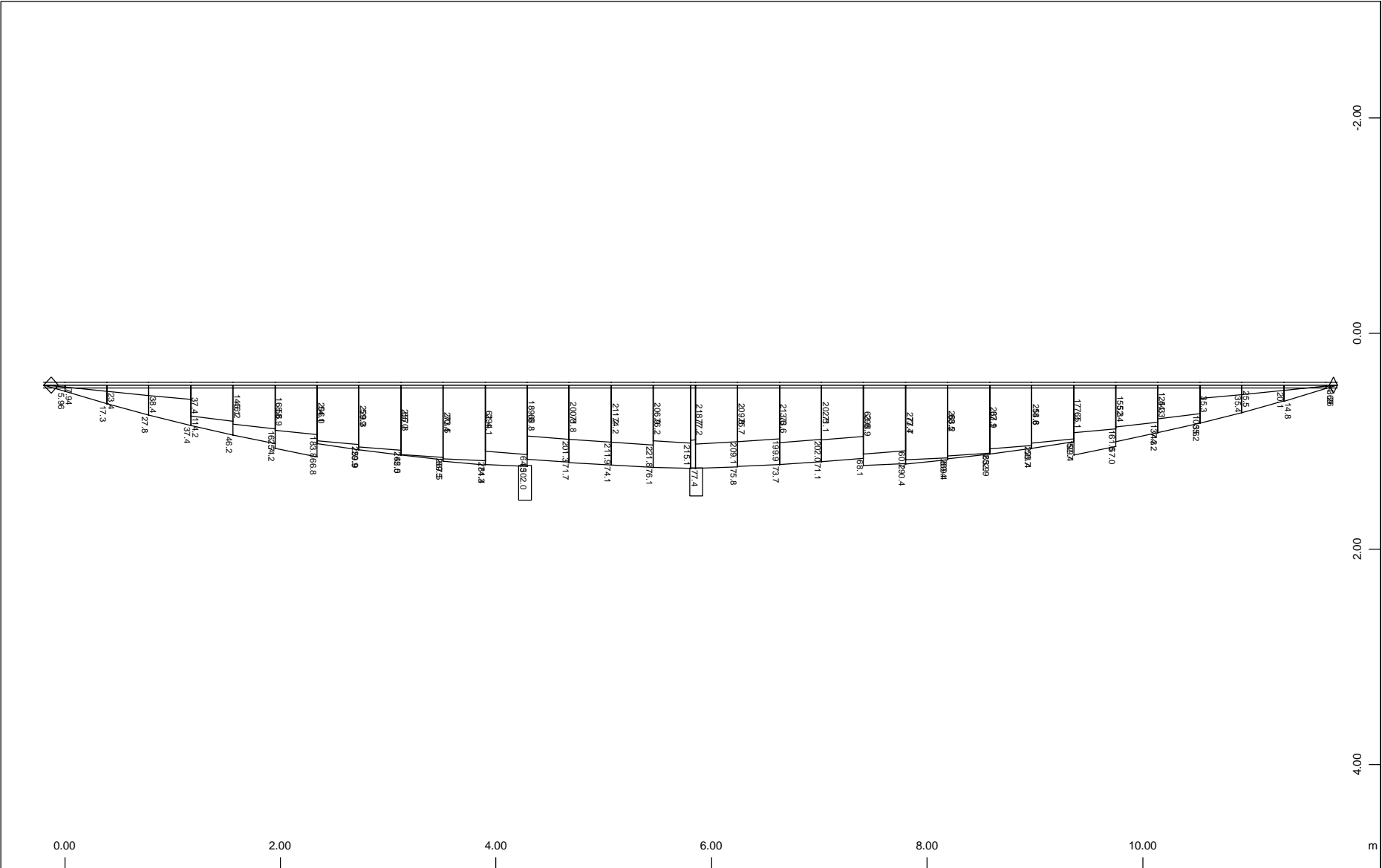


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 13001 MAX-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=8.89)  
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 13002 MIN-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-75.8) (Max=-75.0)

M 1 : 50

Nx vastaava taivutusmomentti: My

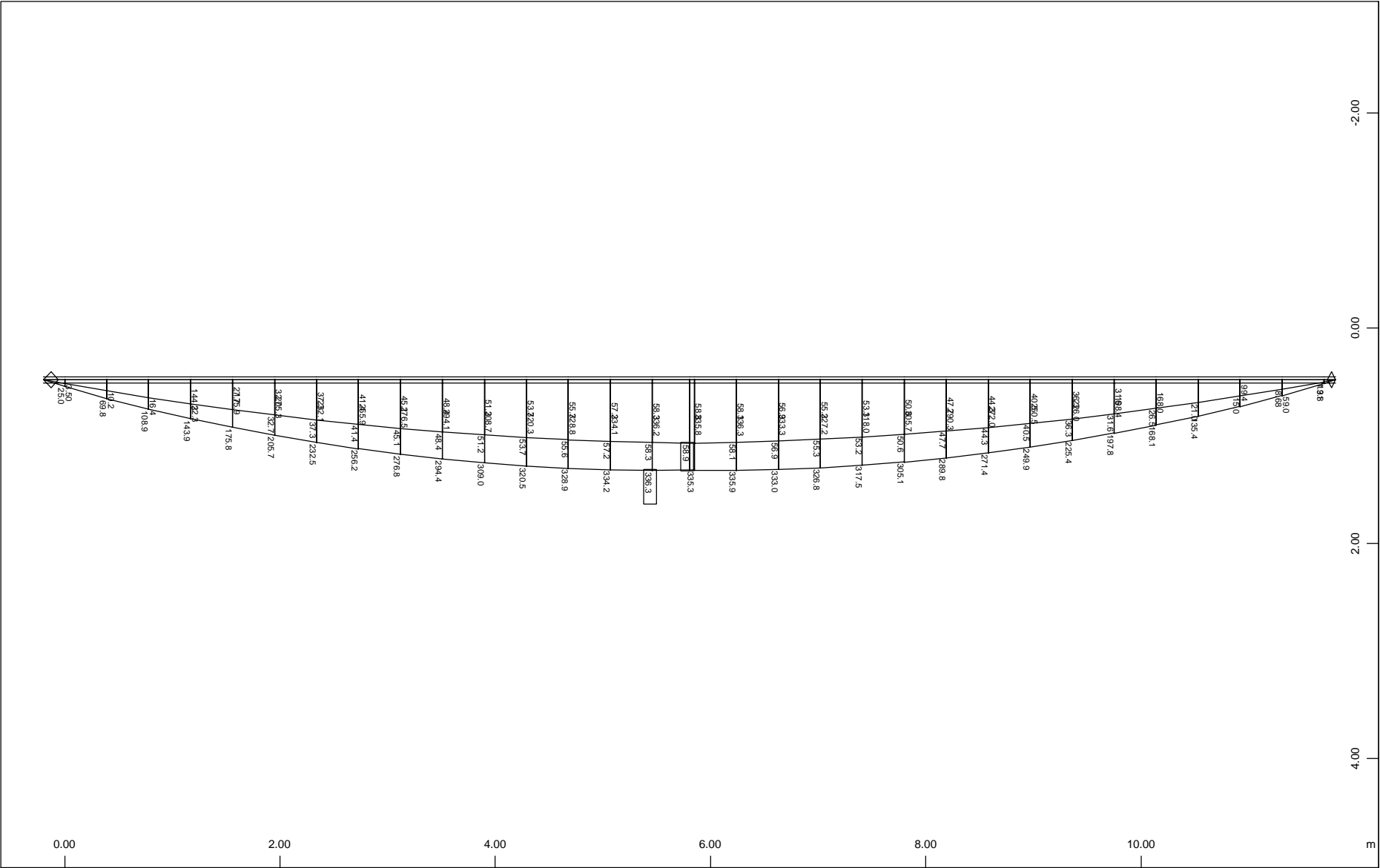


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13001 MAX-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Max=302.0)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13002 MIN-N BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=77.4)

M 1 : 50

Taivutusmomentti: My

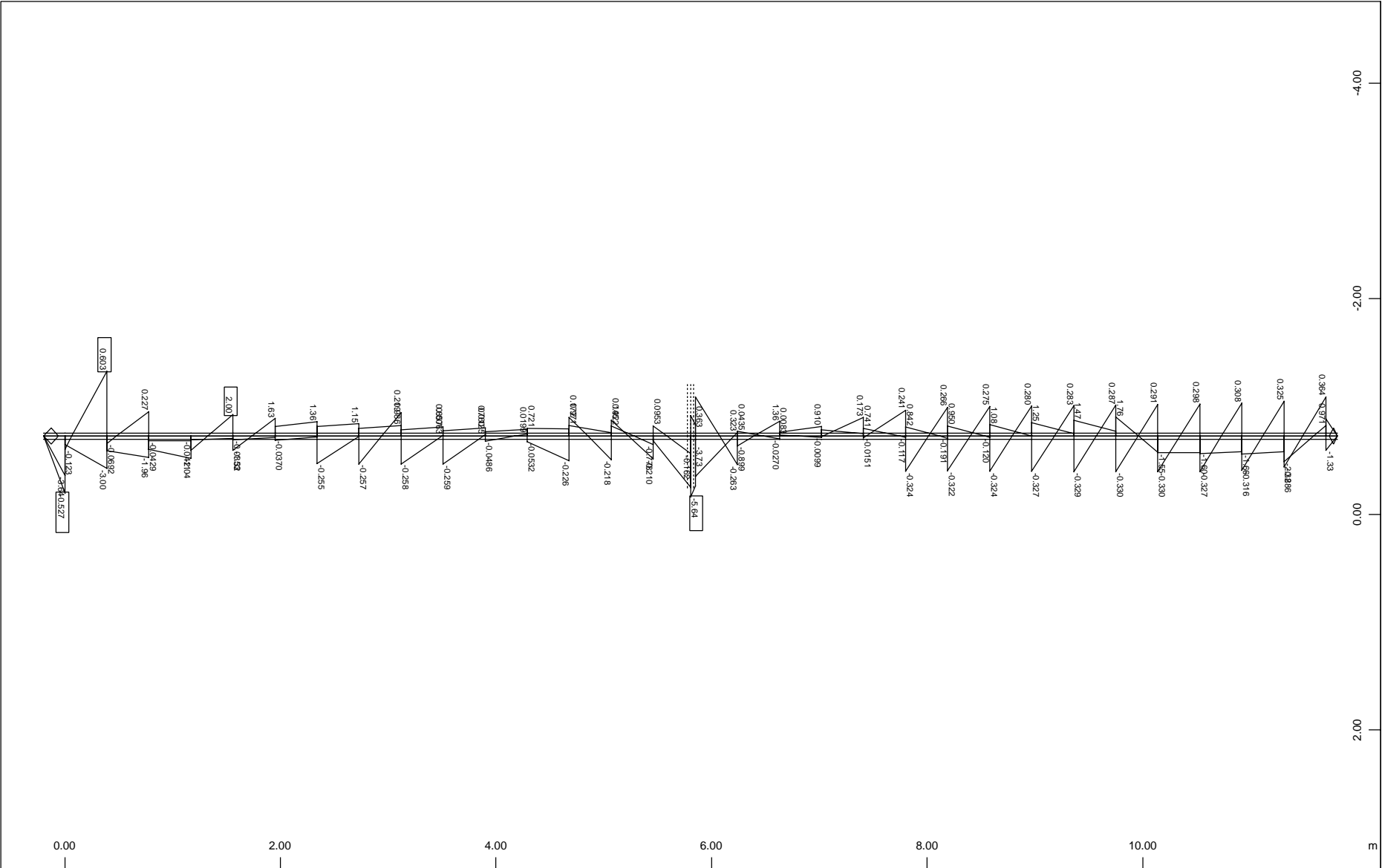


Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13009 MAX-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 200.0 kNm (Max=336.3)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kNm (Max=58.9)

M 1 : 50

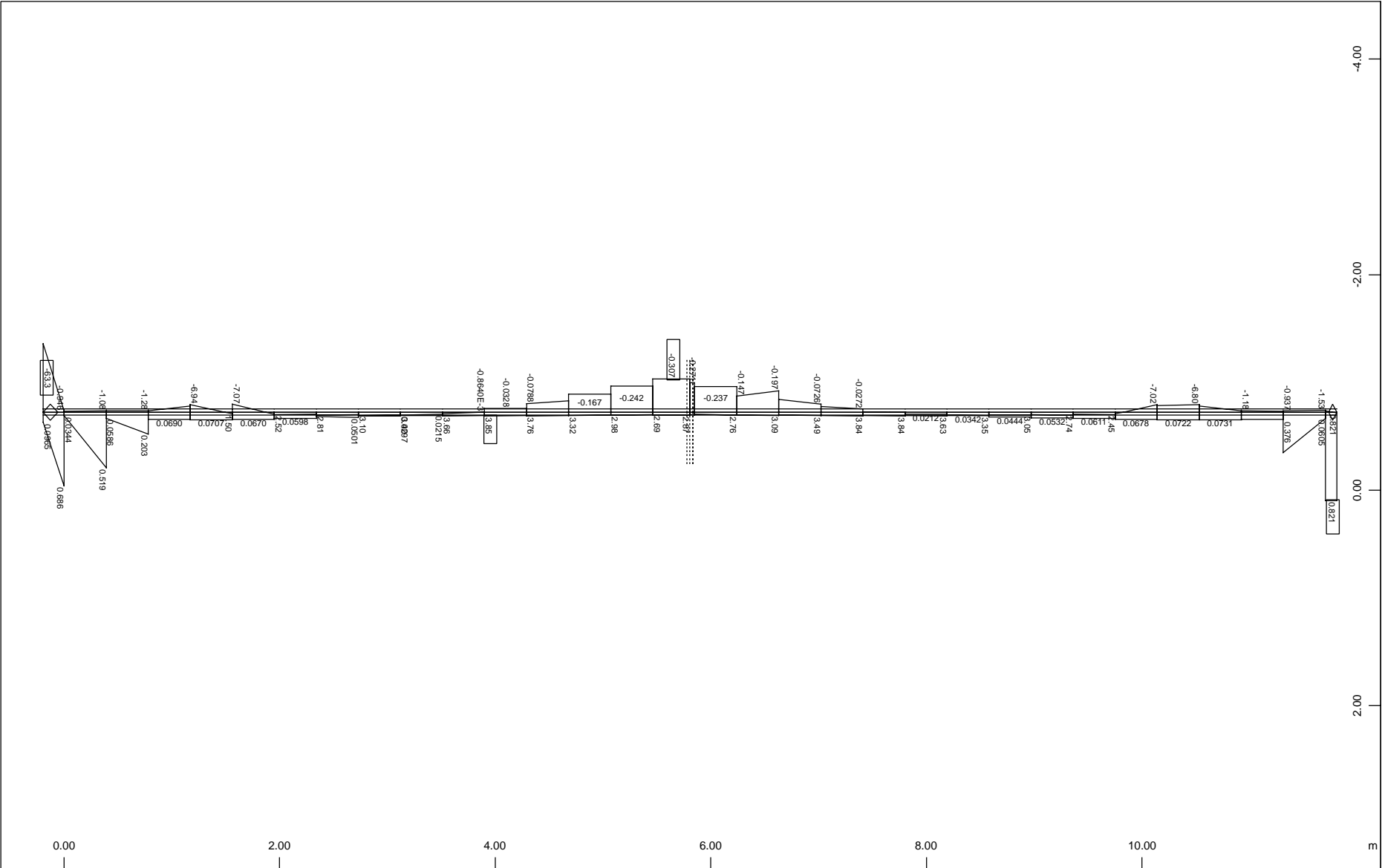
My vastaava taivutusmomentti: Mz



Sector of system Beam Elements Group 2  
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 13009 MAX-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-5.64) (Max=2.00)  
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 0.500 kNm (Min=-0.527) (Max=0.603)

M 1 : 50

My vastaava normaalivoima: Nx



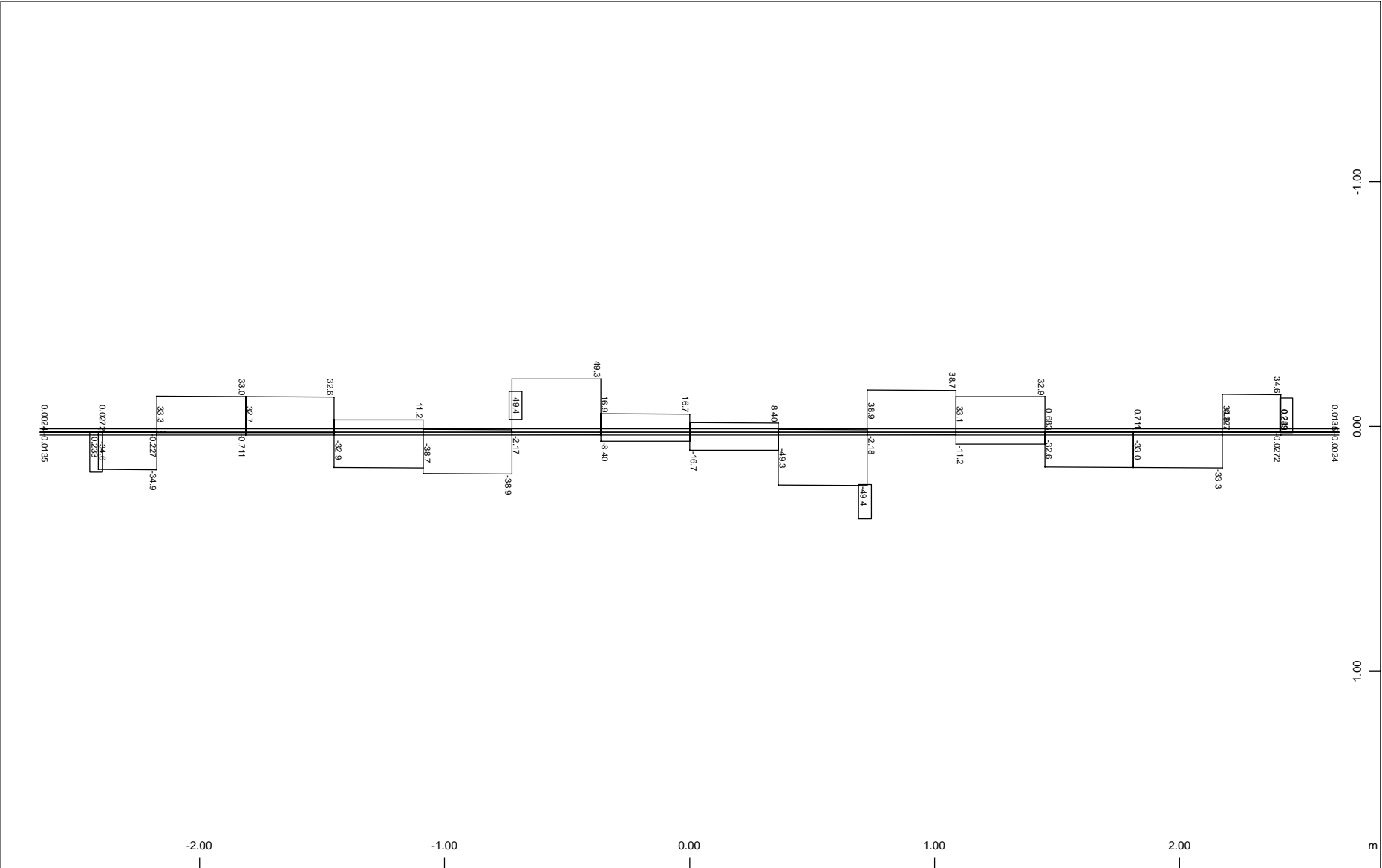
Sector of system Beam Elements Group 2

Beam Elements, Normal force Nx, Loadcase 13009 MAX-MY BEAM Onnettomuusrajatila, 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-63.3) (Max=3.85)

Beam Elements, Normal force Nx, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila, 1 cm 3D = 0.500 kN (Min=-0.307) (Max=0.821)

M 1 : 50

Onnettomuusrajatila. Keskialue laatta. Leikkausvoima Vz



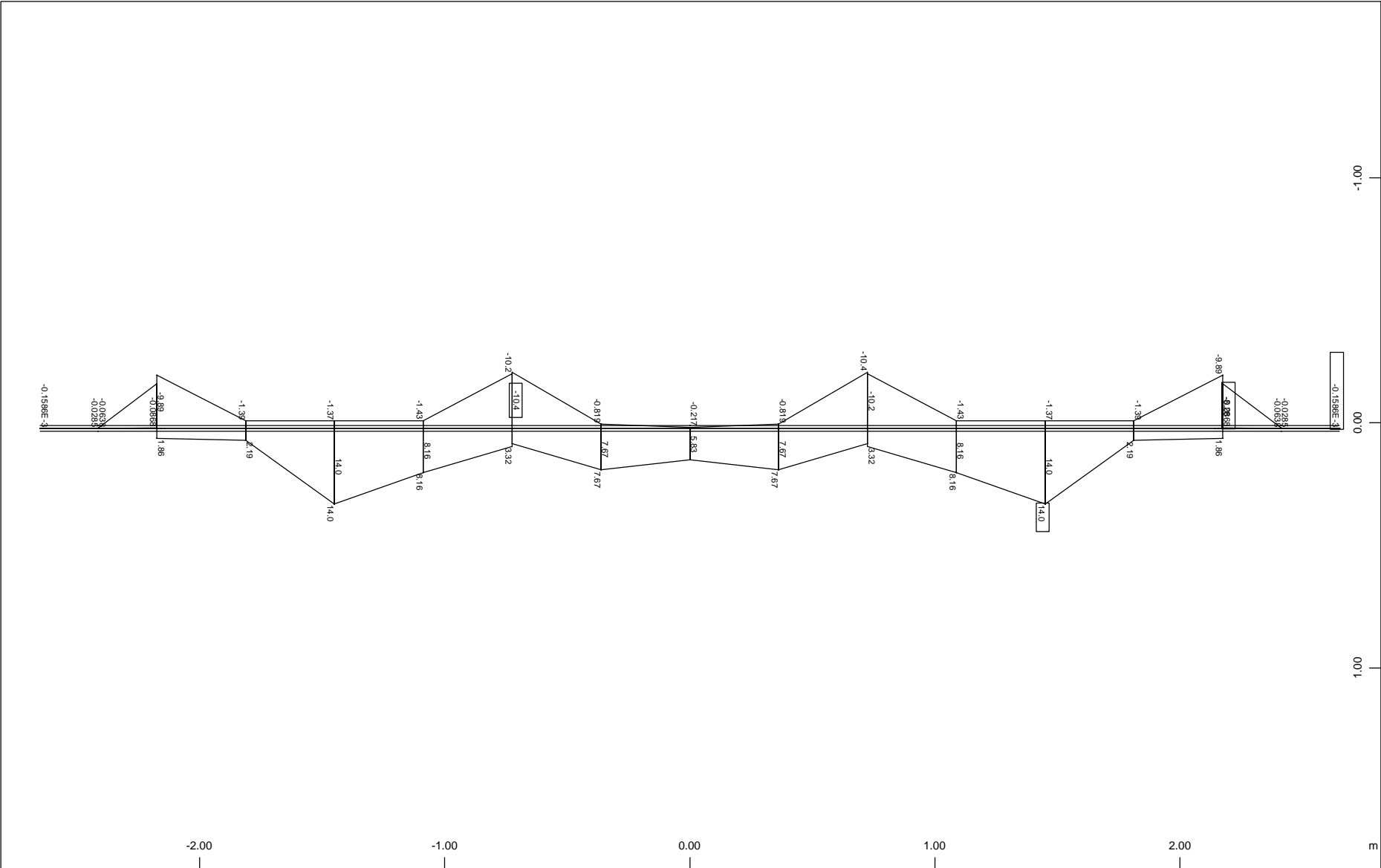
X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13005 MAX-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-0.233) (Max=49.4)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13006 MIN-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-49.4) (Max=0.233)

M 1 : 22



Taivutusmomentti: My



X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13009 MAX-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-0.0868) (Max=14.0)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-10.4) (Max=-1.5857e-04)

M 1 : 22

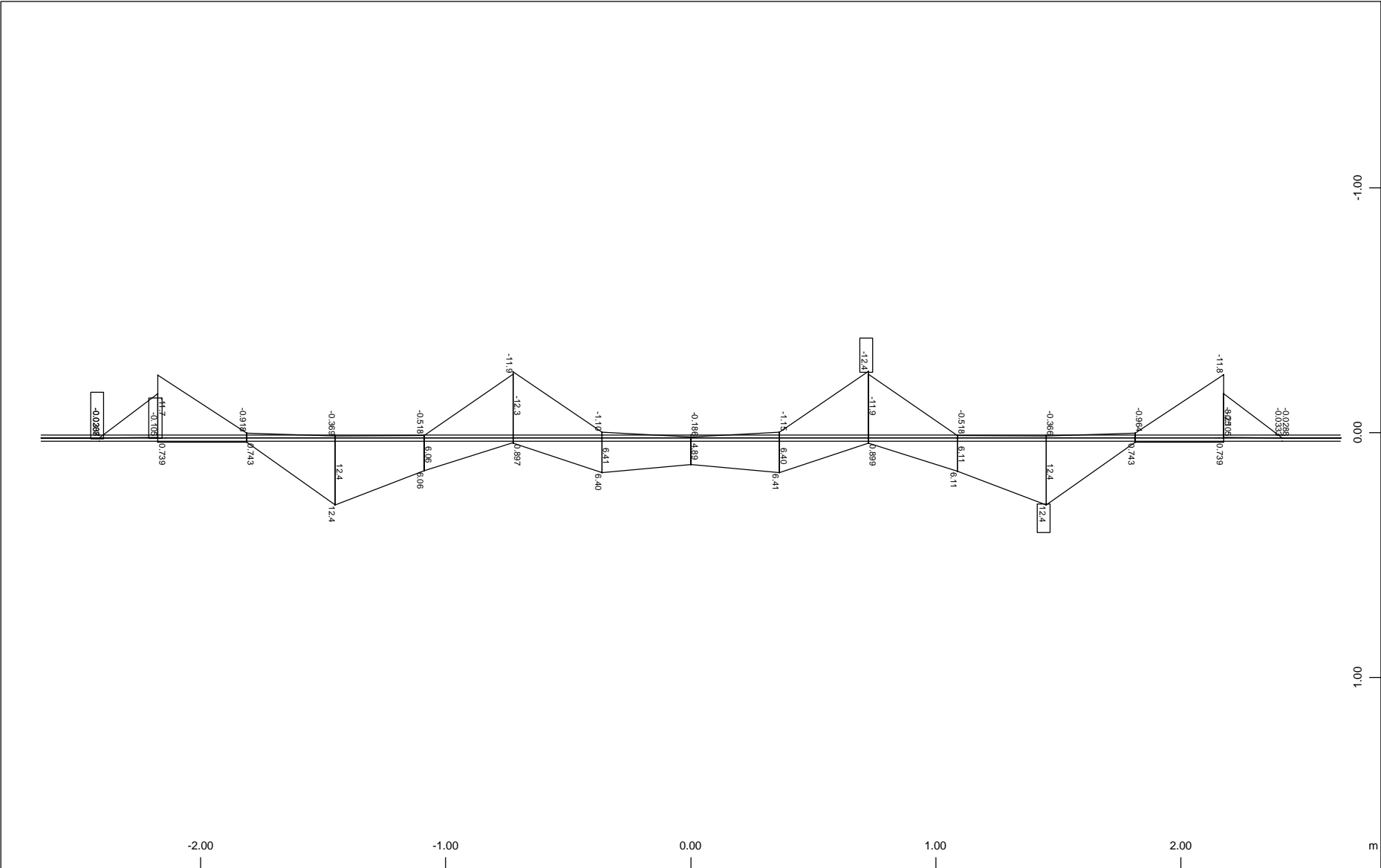


Sector of system Beam Elements Group 1

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13005 MAX-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-0.400) (Max=50.8)

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13006 MIN-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-50.9) (Max=0.400)

Taivutusmomentti: My

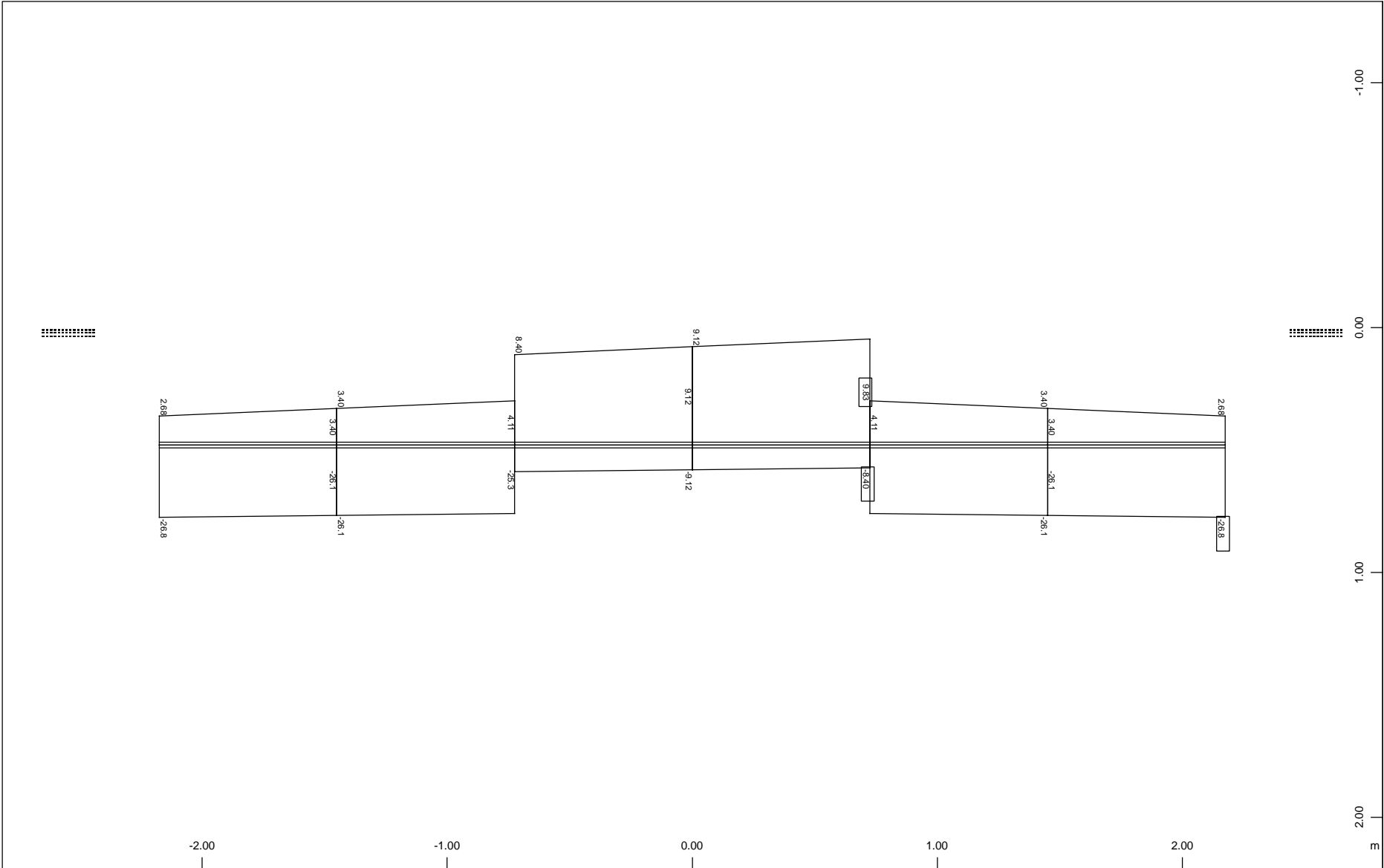


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13009 MAX-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-0.105) (Max=12.4)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 10.0 kNm (Min=-12.4) (Max=-6.8425e-05)

M 1 : 22

Onnettomuusrajatila. poikkituet. Leikkausvoima Vz

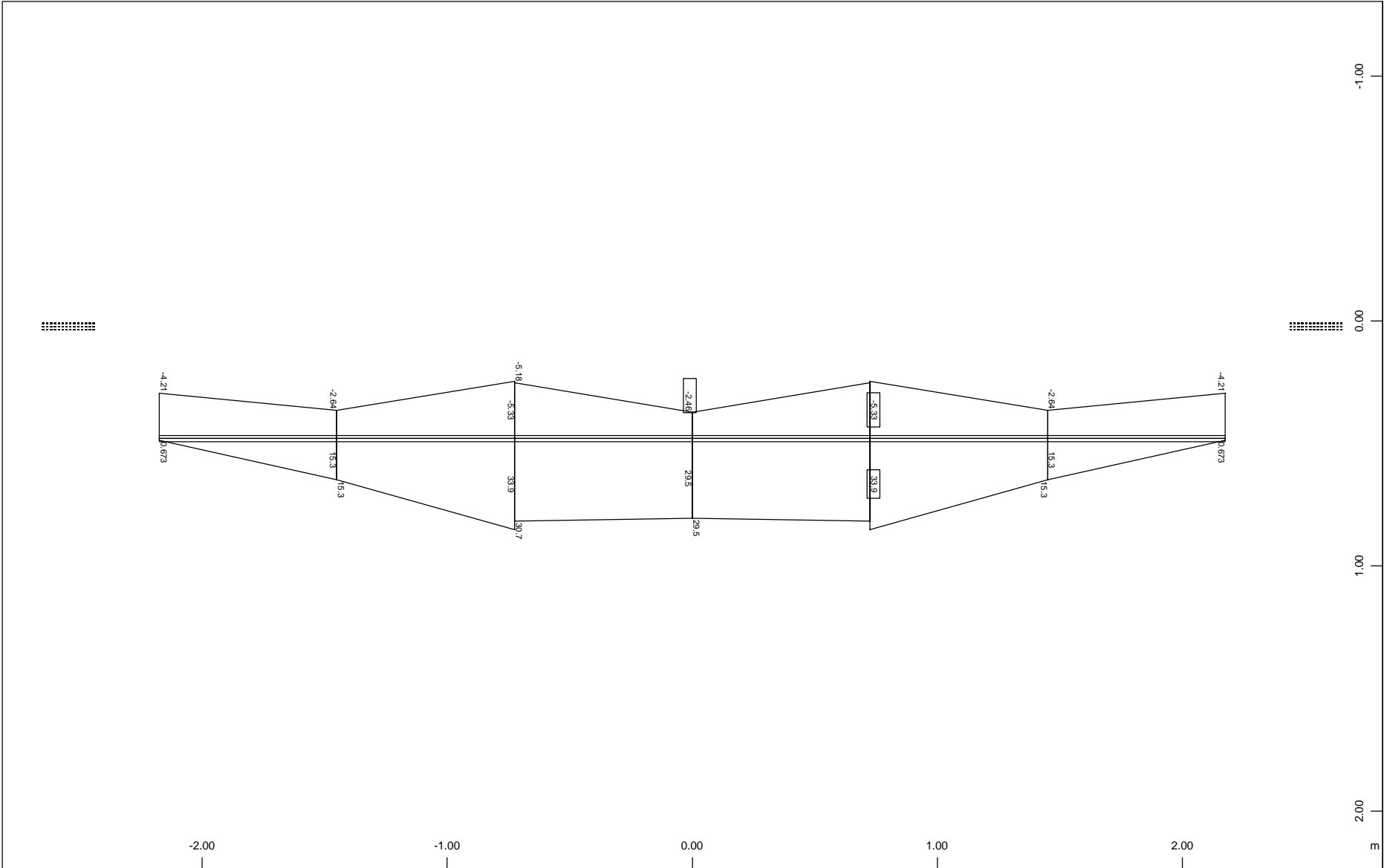


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 0  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13005 MAX-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 5.00 kN (Max=9.83)  
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 13006 MIN-VZ BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-26.8) (Max=-8.40)

M 1 : 22

Taivutusmomentti: My

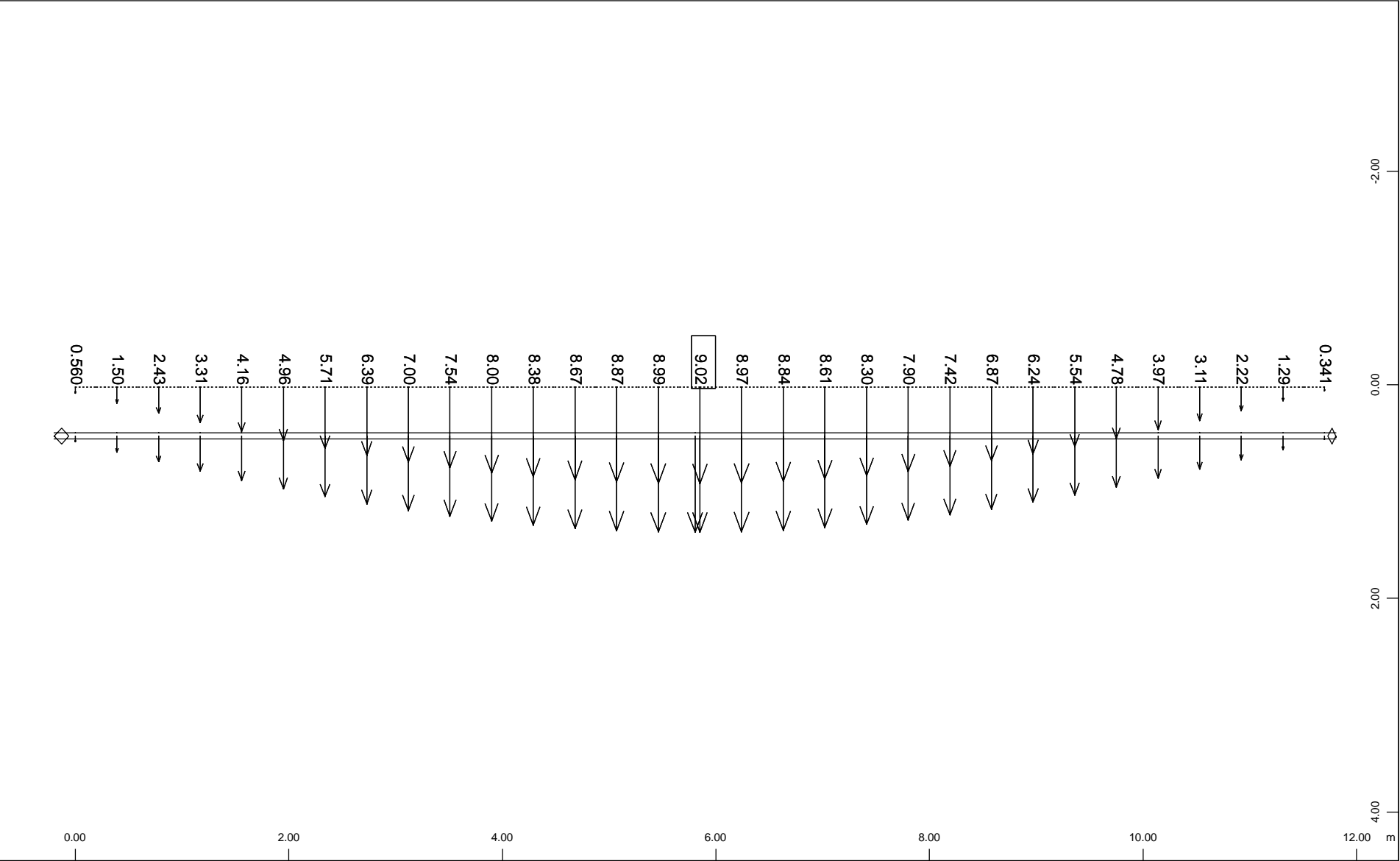


X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 0  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13009 MAX-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 20.0 kNm (Max=33.9)  
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 13010 MIN-MY BEAM Onnettomuusrajatila , 1 cm 3D = 5.00 kNm (Min=-5.33) (Max=-2.46)

M 1 : 22

Pysyvät kuormat. Reunimmaisiet palkit. Hetkellinen taipuma



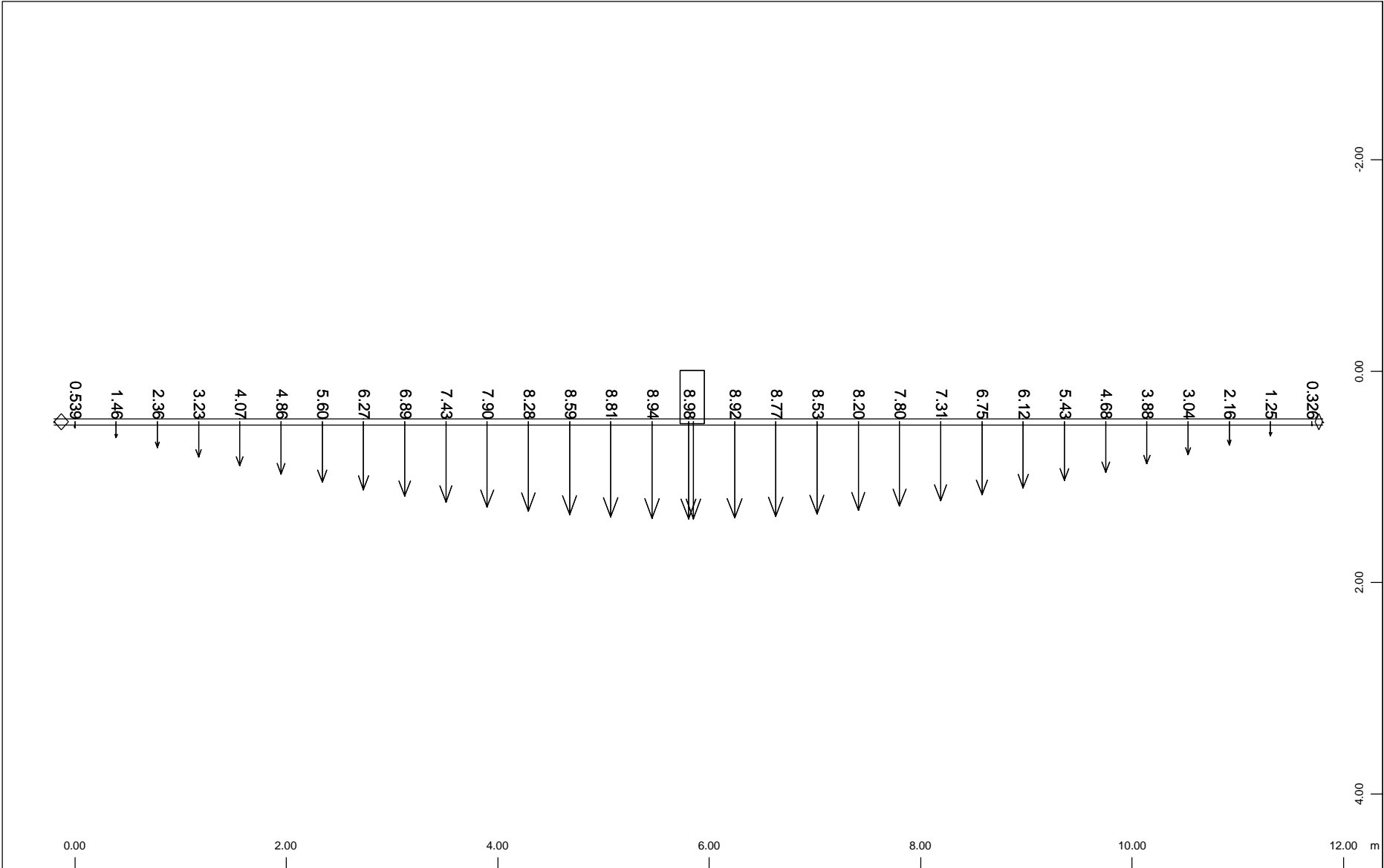
Y  
X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15005 MAX-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 5.00 mm  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15006 MIN-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 5.00 mm

(Max=9.02)  
(Max=9.02)

M 1 : 50

Pysyvät kuormat. Keskimmäiset palkit. Hetkellinen taipuma



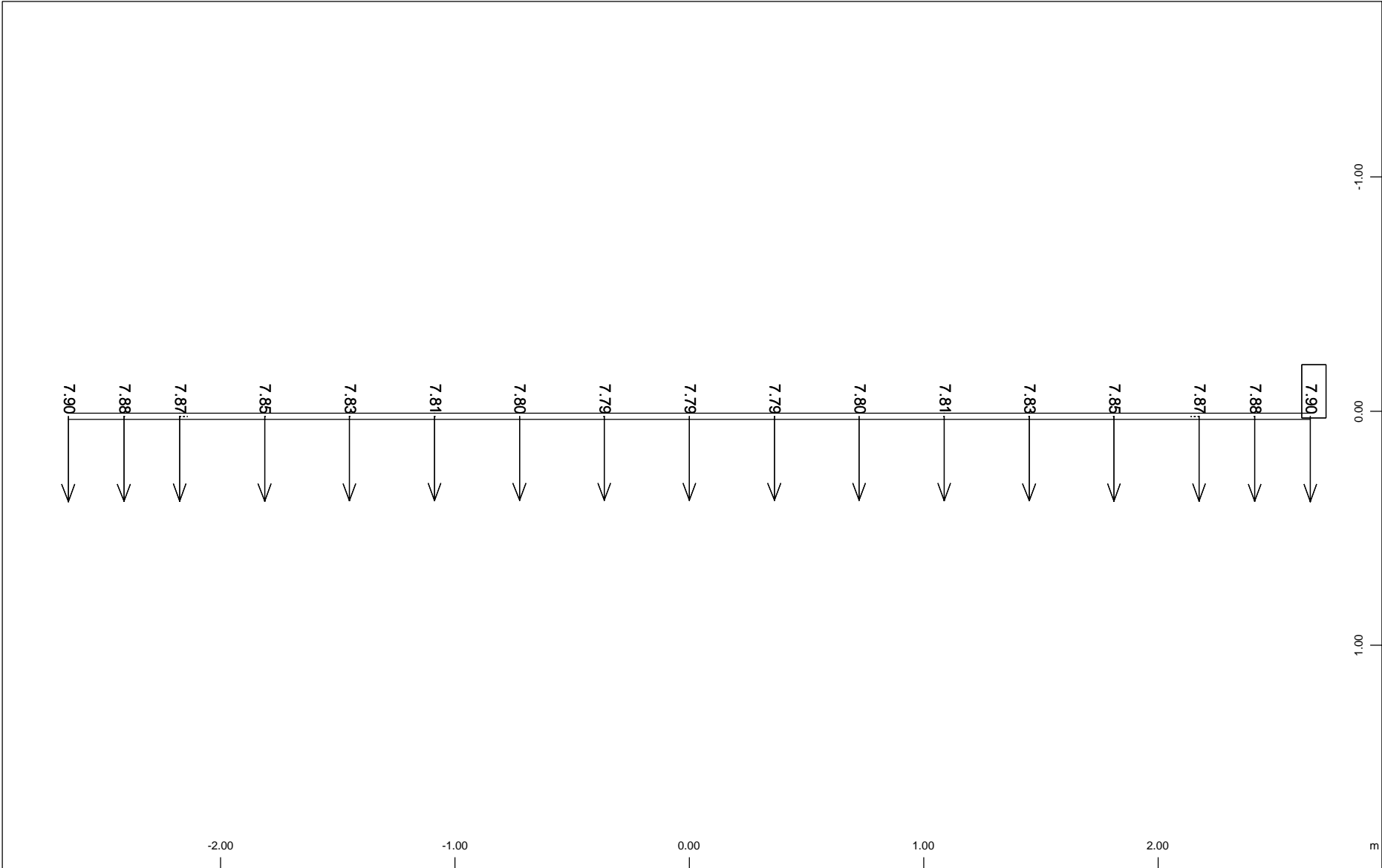
Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15005 MAX-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 5.00 mm  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15006 MIN-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 5.00 mm

(Max=8.98)  
(Max=8.98)

M 1 : 51

Pysyvät kuormat. Keskialue laatta. Hetkellinen taipuma



X-Y  
Z

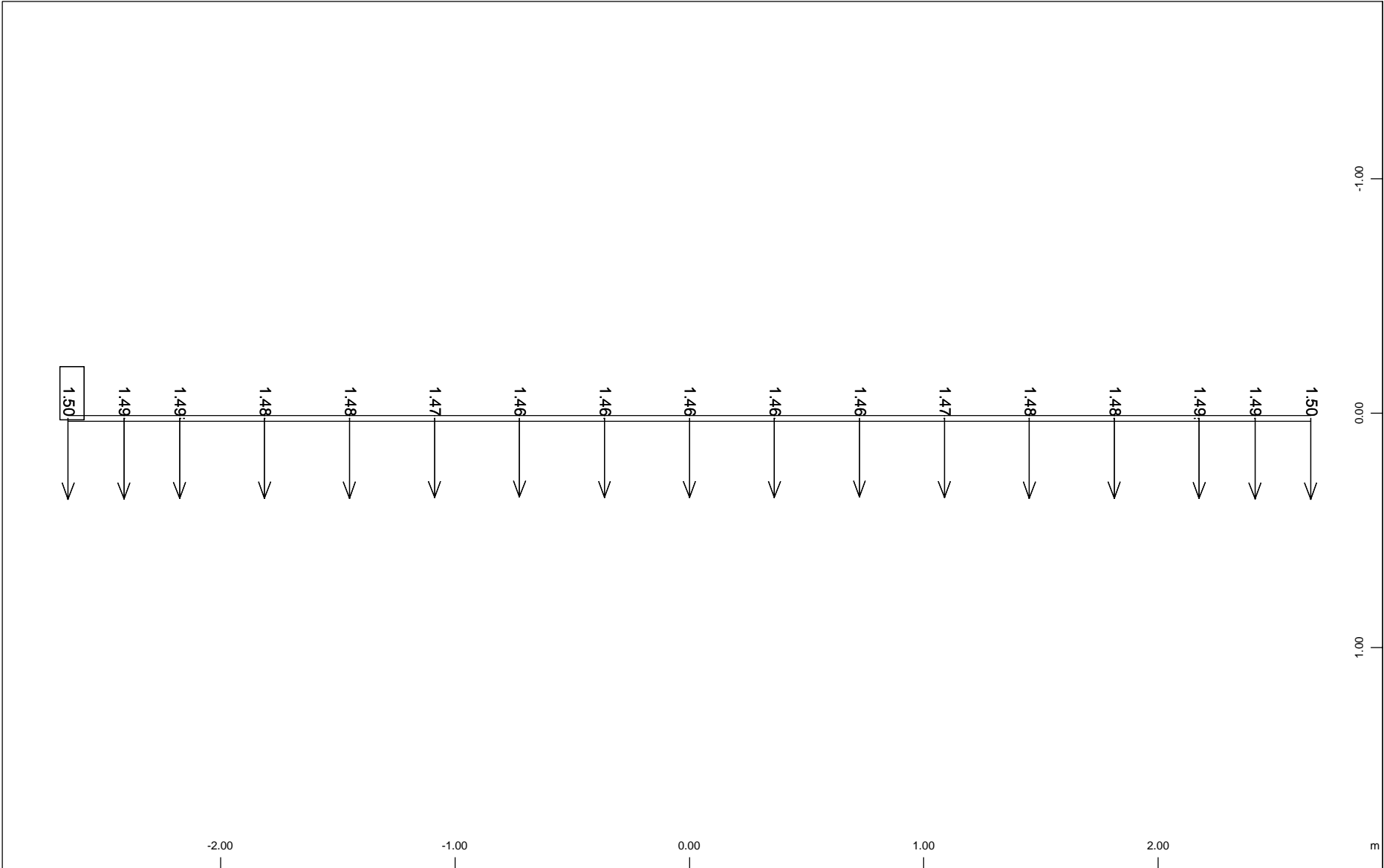
Sector of system Beam Elements Group 1  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15005 MAX-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 5.00 mm  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15006 MIN-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 5.00 mm

(Max=7.90)  
(Max=7.90)

M 1 : 23



Pysyvät kuormat. Päätyalue laatta. Hetkellinen taipuma



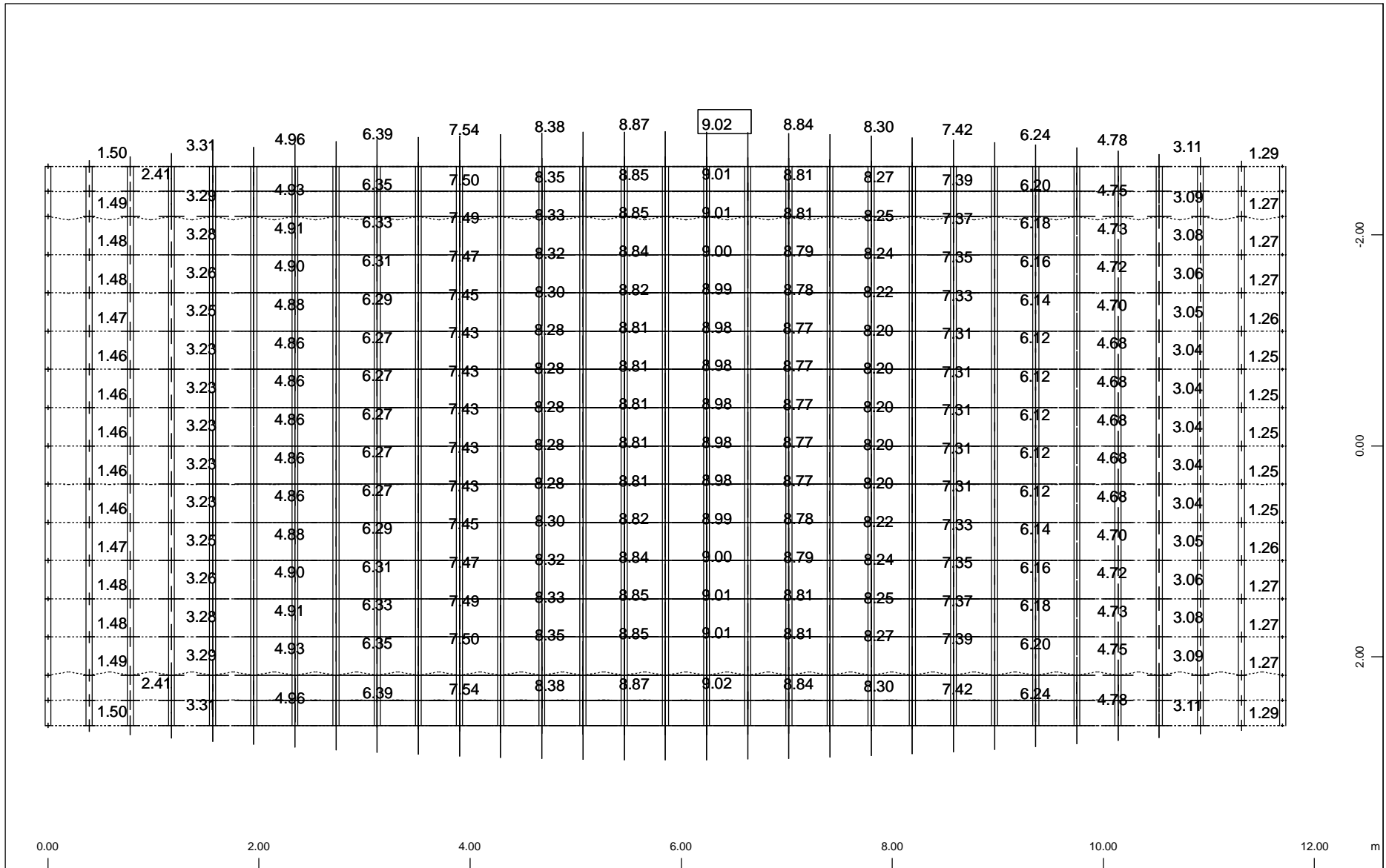
X  
Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15005 MAX-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 1.00 mm  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15006 MIN-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 1.00 mm

(Max=1.50)  
(Max=1.50)

M 1 : 23

Pysyvät kuormat. Hetkellinen taipuma



Sector of system Beam Elements

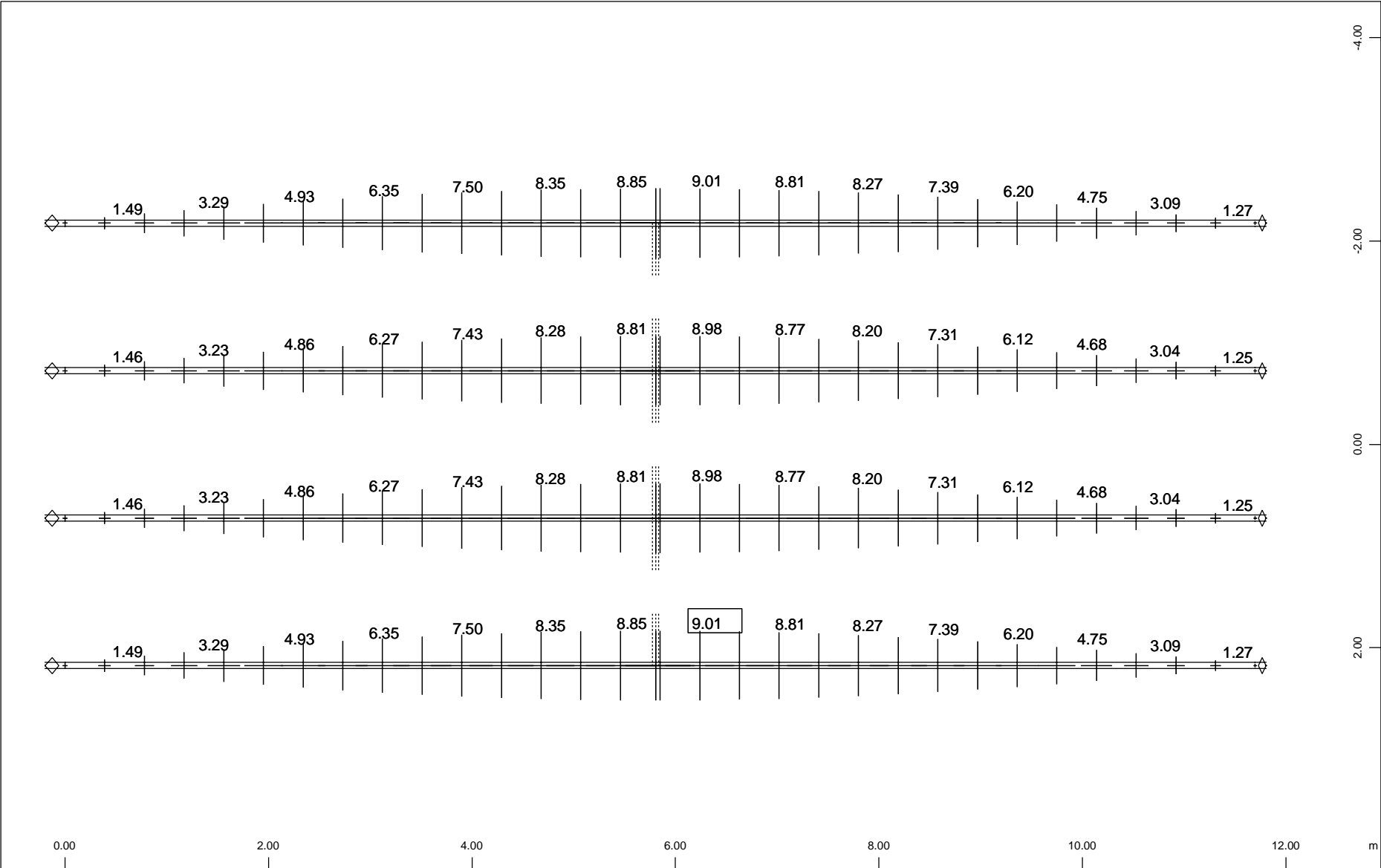
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15005 MAX-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 5.00 mm

Nodal displacement in global Z, Loadcase 15006 MIN-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 5.00 mm

➤ (Max=9.02)  
 ➤ (Max=9.02)

M 1 : 51

Pysyvät kuormat. Hetkellinen taipuma

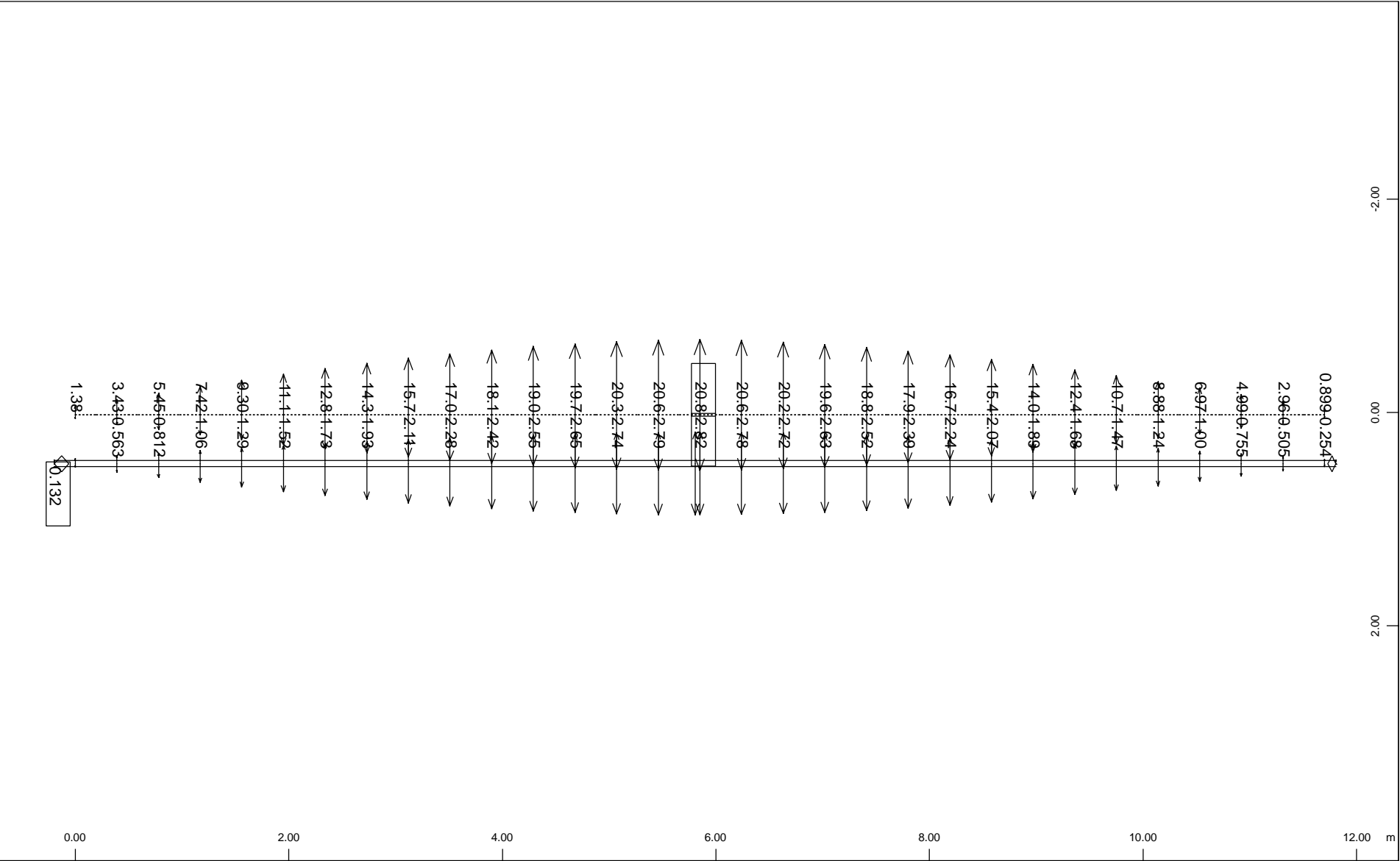


Sector of system Beam Elements Group 2  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15005 MAX-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 5.00 mm  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 15006 MIN-VZ BEAM Pysyvän kuorman tai , 1 cm 3D = 5.00 mm

➤ (Max=9.01)  
➤ (Max=9.01)

M 1 : 53

Tasan jakautunut liikennekuorma. Reunimmaisiet palkit. Hetkellinen taipuma

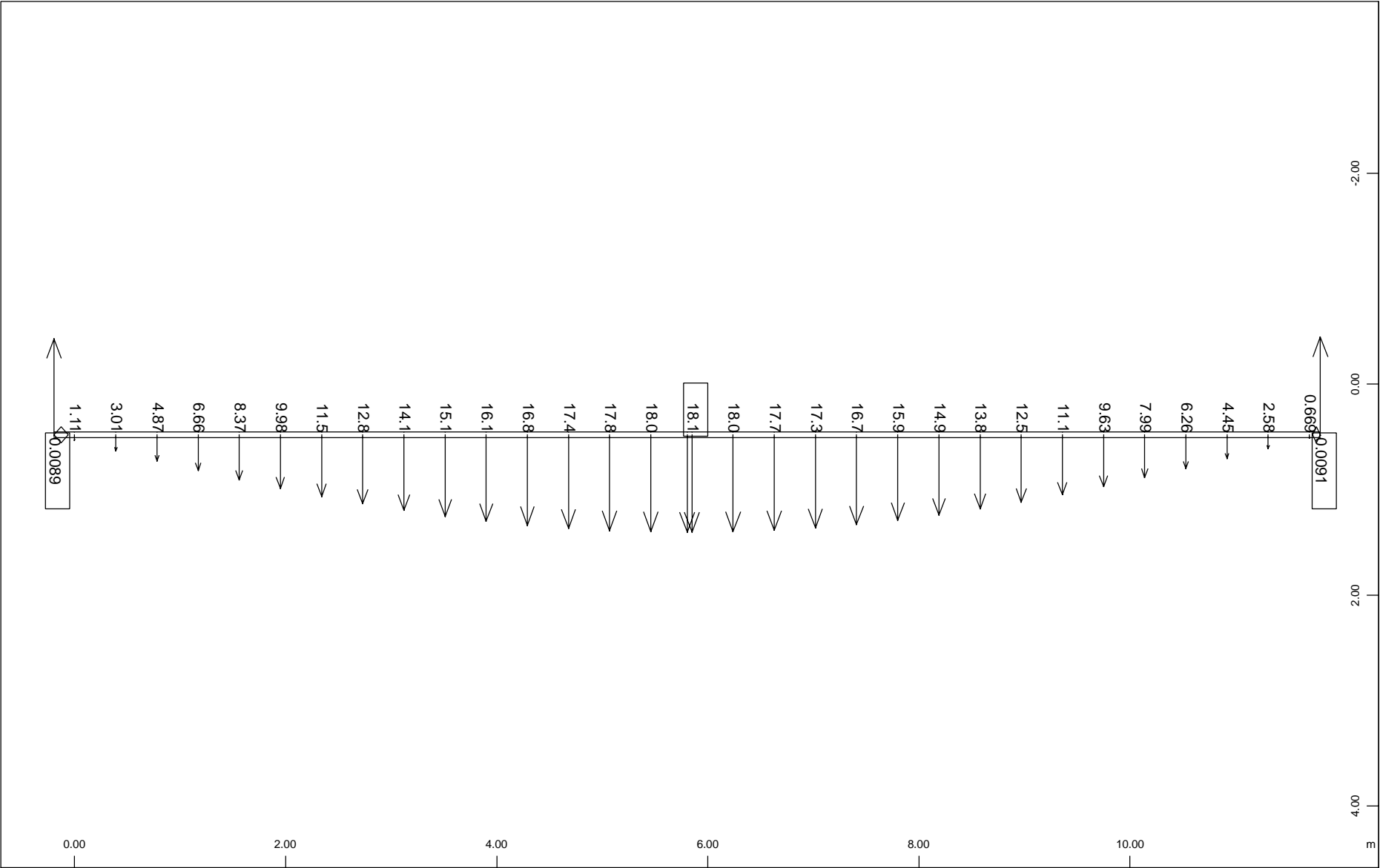


Sector of system Beam Elements Group 2  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16005 MAX-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 20.0 mm  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16006 MIN-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 2.00 mm

(Max=20.8)  
(Min=-2.82) (Max=-0.132)

M 1 : 50

Tasan jakautunut liikennekuorma. Keskimmäiset palkit. Hetkellinen taipuma



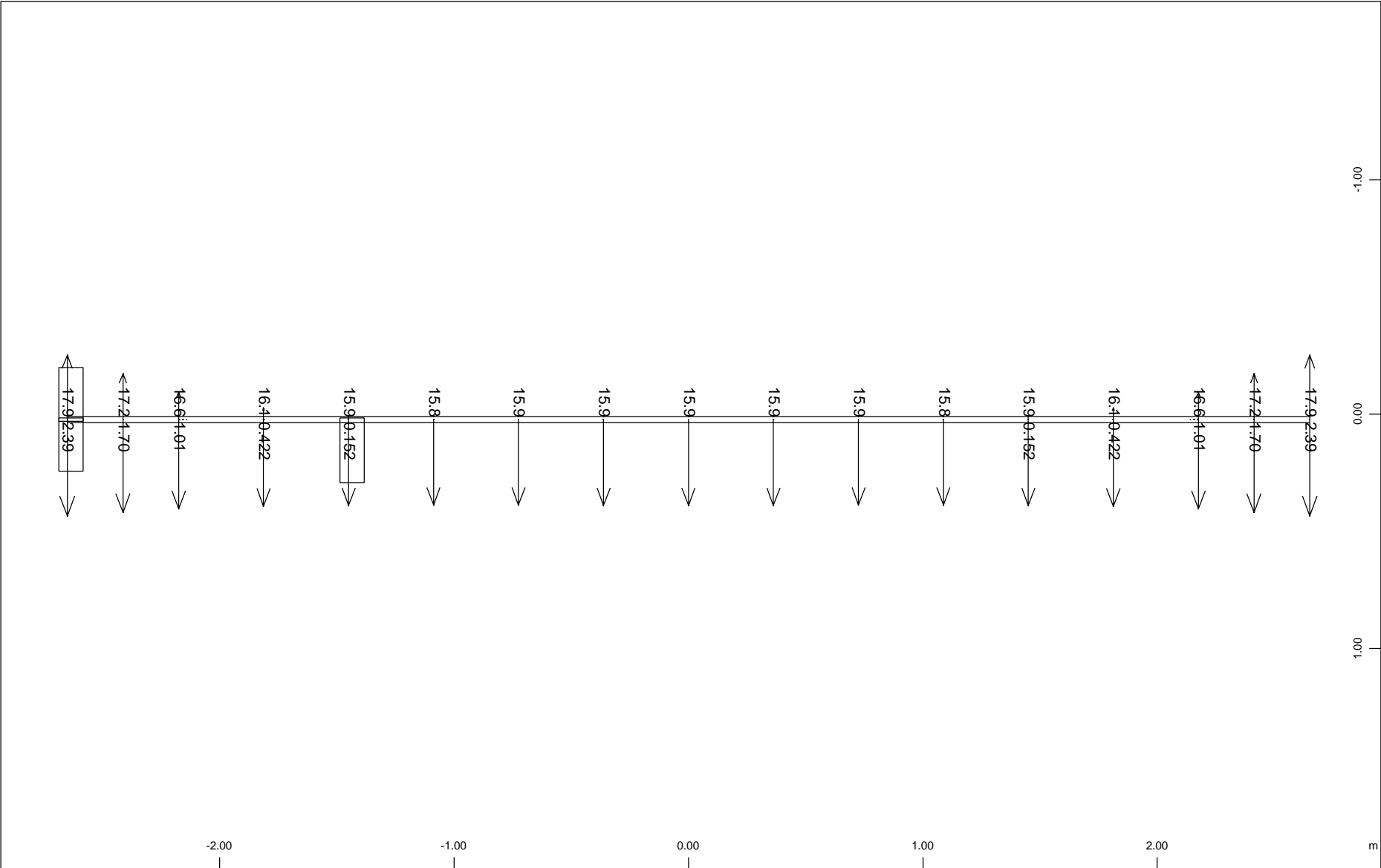
Y-X  
Z

Sector of system Beam Elements Group 2  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16005 MAX-VZ BEAM Tasan jakautuneen lii , 1 cm 3D = 10.0 mm  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16006 MIN-VZ BEAM Tasan jakautuneen lii , 1 cm 3D = 0.0050 mm

(Max=18.1)  
(Min=-0.0091) (Max=0)

M 1 : 51

Tasan jakautunut liikennekuorma. Keskialue laatta. Hetkellinen taipuma



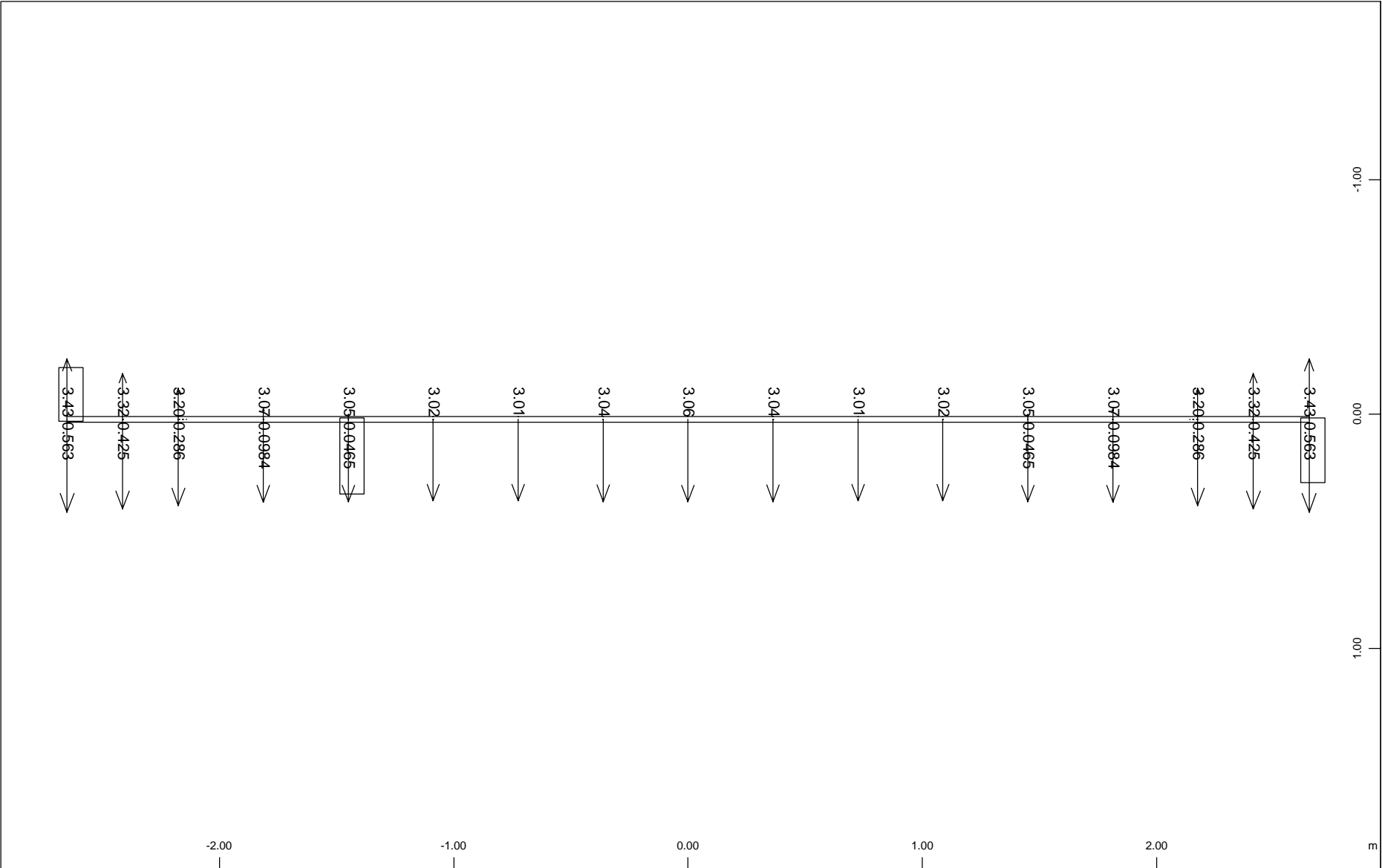
X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16005 MAX-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 10.0 mm  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16006 MIN-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 2.00 mm

(Max=17.9)  
(Min=-2.39) (Max=0)

M 1 : 23

Tasan jakautunut liikennekuorma. Päätymä laatta. Hetkellinen taipuma



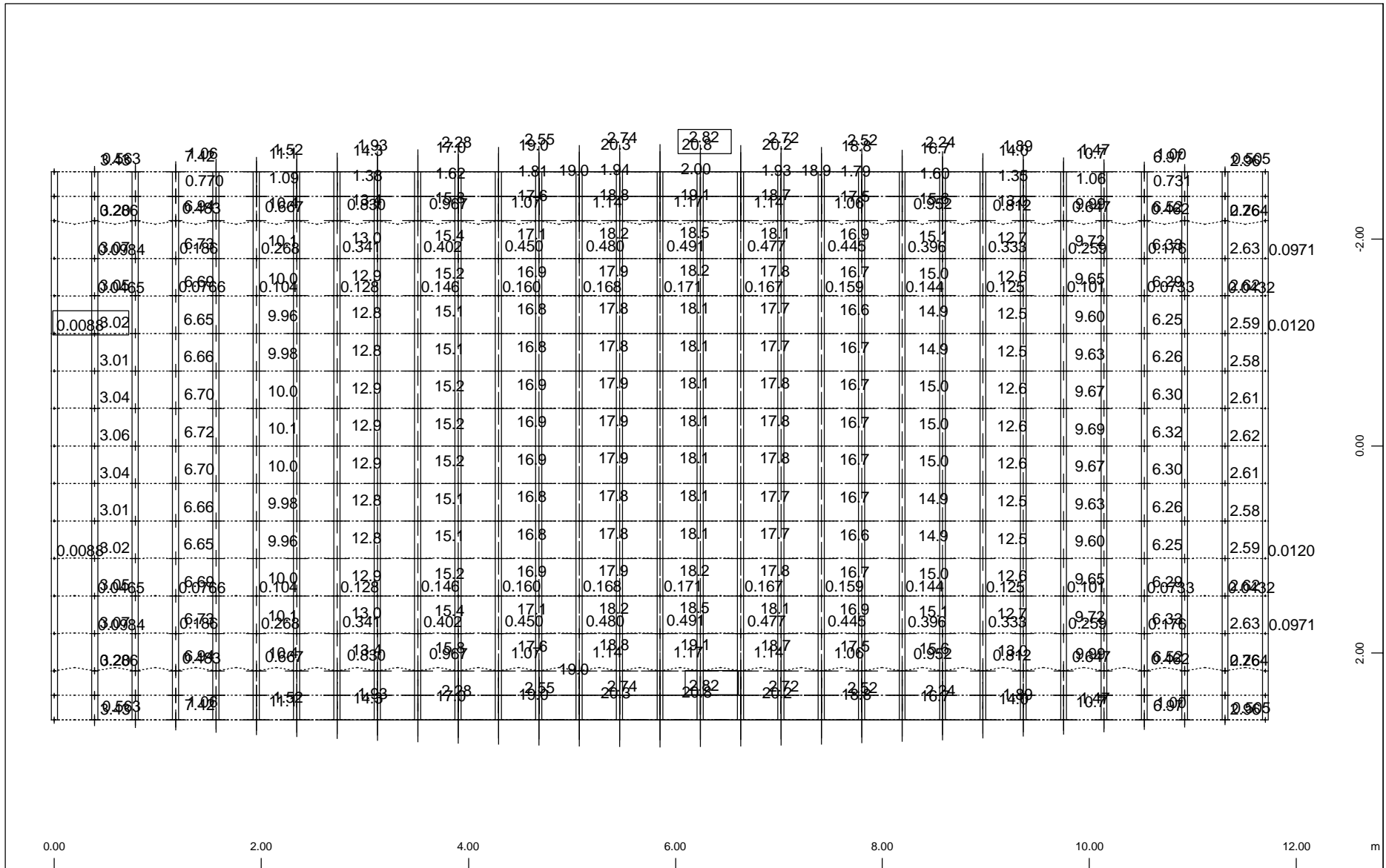
X-Y  
Z

Sector of system Beam Elements Group 1  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16005 MAX-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 2.00 mm  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16006 MIN-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 0.500 mm

(Max=3.43)  
(Min=-0.563) (Max=0)

M 1 : 23

Tasan jakautunut liikennekuorma. Hetkellinen taipuma



Sector of system Beam Elements

Nodal displacement in global Z, Loadcase 16005 MAX-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 20.0 mm

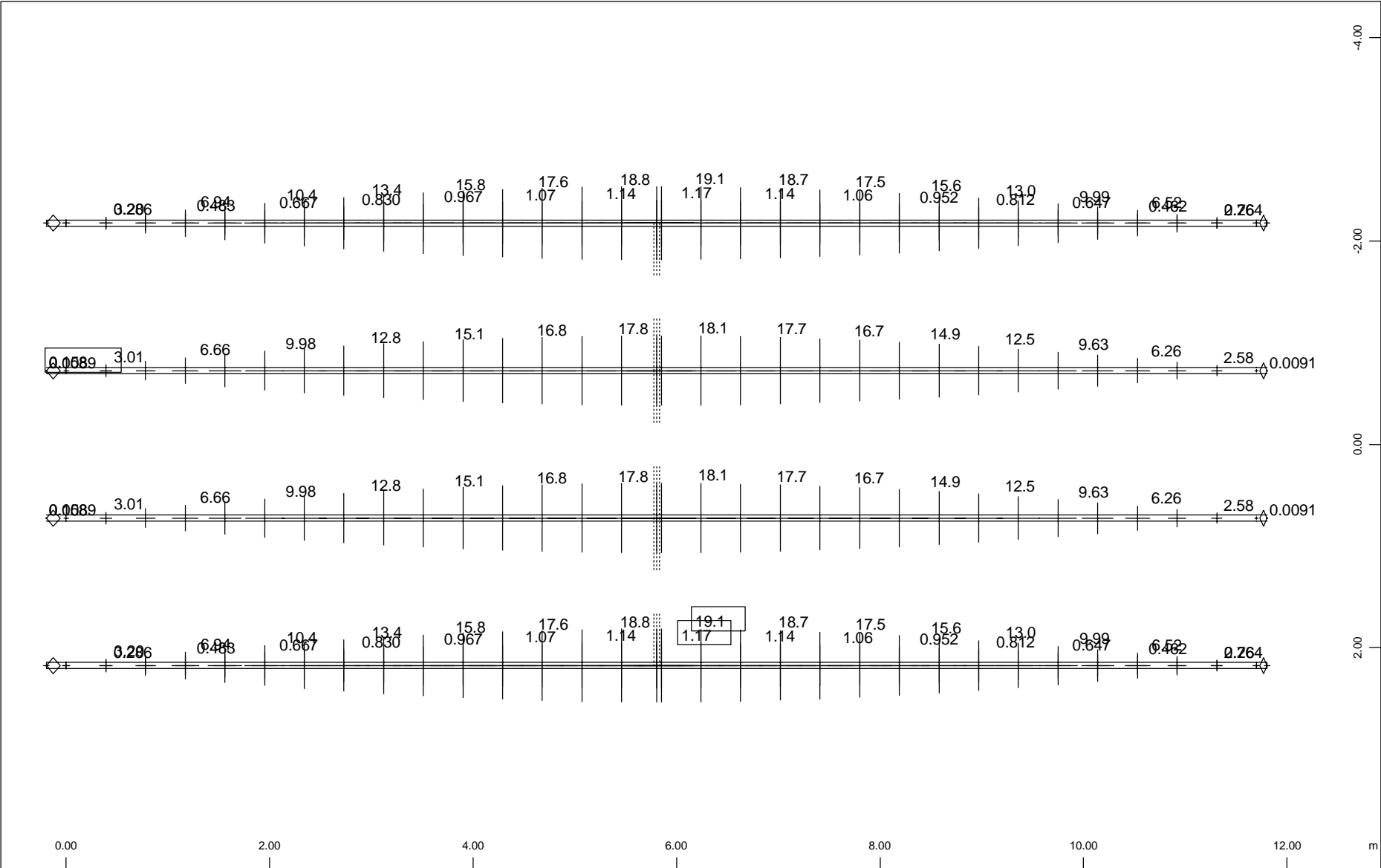
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16006 MIN-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 2.00 mm

➤ (Max=20.8)  
➤ (Min=-2.82) (Max=0)

M 1 : 52



Tasan jakautunut liikennekuorma. Hetkellinen taipuma



Sector of system Beam Elements Group 2  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16005 MAX-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 10.0 mm  
Nodal displacement in global Z, Loadcase 16006 MIN-VZ BEAM Tasan jakautuneen li , 1 cm 3D = 1.00 mm

➤ (Max=19.1)  
➤ (Min=-1.17) (Max=0)

M 1 : 53