

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΓΕΝΙΚΗ Δ/ΝΣΗ ΑΡΧ/ΤΩΝ & ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ
ΕΦΟΡΕΙΑ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΩΝ ΠΟΛΗΣ ΑΘΗΝΩΝ

Ν Ε Ο Π Ω Λ Η Τ Η Ρ Ι Ο Α Κ Ρ Ο Π Ο Λ Η Σ

Σ Τ Α Τ Ι Κ Η Μ Ε Λ Ε Τ Η

ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ – ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Α Π Ρ Ι Λ Ι Ο Σ 2 0 2 2

ΓΡΑΦΕΙΟ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ Π. ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ
Πολιτικοί Μηχανικοί ΕΜΠ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
2	ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	3
3	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	3
4	ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ - ΦΟΡΤΙΑ	6
4.1	ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ	6
4.2	ΦΟΡΤΙΑ	6
4.3	ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ	12
5	ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	13
5.1	ΦΟΡΕΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	13
5.2	ΑΝΤΙΔΙΑΒΡΩΤΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	17
6	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ	17
6.1	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	17
6.2	ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΛΩΝ	36
6.3	ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ	59
7	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΕΓΕΡΣΗΣ	76
8	ΕΠΙΛΟΓΟΣ	76
9	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α' – ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ	

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντικείμενο της παρούσης τεχνικής εκθέσης είναι η περιγραφή του φέροντος οργανισμού του νέου πωλητηρίου της Ακρόπολης των Αθηνών, η παρουσίαση των βασικών παραμέτρων της Στατικής μελέτης, η ανάλυση και διαστασιολόγηση των δομικών στοιχείων και των συνδέσεων των μελών και η συνοπτική περιγραφή της μεθοδολογίας ανέγερσης. Στο παράρτημα του παρόντος παρουσιάζονται τα σχέδια των συνδέσεων των μελών. Τα γενικά σχέδια της κατασκευής παρουσιάζονται στο αντίστοιχο τμήμα της αρχιτεκτονικής μελέτης και δεν θα επαναληφθούν στην παρούσα χάριν συντομίας. Η αρχιτεκτονική μελέτη εκπονήθηκε από το γραφείο Flux Office (Εύα Μανιδάκη και Θανάσης Δεμίρης).

Ευχαριστίες οφείλονται στο προσωπικό της Εφορείας της Πόλεως των Αθηνών για το ενδιαφέρον και την συνεργασία τους με την ομάδα μελέτης.

2 ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Εξ' αιτίας της ιδιαιτερότητας του χώρου προκρίνεται η μεταλλική κατασκευή έναντι άλλων. Η έδραση του φέροντος οργανισμού γίνεται επί πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος, πλήρως ανεξάρτητης από το υποκείμενο γεωλογικό υπόβαθρο, ώστε να είναι εφικτή η αναστρεψιμότητα όλων των εργασιών, αν κριθεί αναγκαίο στο μέλλον.

Οι βασικές αρχές σχεδιασμού της επέμβασης εξ' επόψεως κατασκευαστικής μεθοδολογίας και φέροντος οργανισμού είναι οι εξής:

- A. Αναστρεψιμότητα της επέμβασης.
- B. Περιορισμός των κατασκευαστικών εργασιών στο πεδίο / σημαντικός βαθμός προκατασκευής
- Γ. Κατασκευαστική απλότητα
- Δ. Ευκολία στη μέθοδο μεταφοράς και ανέγερσης, ώστε όλα τα δομικά μέλη να μπορούν να μεταφερθούν χειρωνακτικά, χωρίς μηχανικά ανυψωτικά μέσα.

3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Η νέα κατασκευή θα έχει γενικές διαστάσεις σε κάτοψη 21 x 7.0 m με συνολικό ύψος 3.50 m. Ο φέρων οργανισμός της κατασκευής αποτελείται από μεταλλικό φορέα με 14 μεμονωμένα υποστυλώματα υποστυλώματα διατομής CHS 101.6x8 και διαφραγματικά στοιχεία δυσκαμψίας διατεταγμένα σε κατάλληλες θέσεις επί της γενικής κάτοψης, τα οποία συνίστανται από ορθοστάτες και οριζόντιες δοκούς SHS 50x4 και διαγώνια μέλη RHS 50x30x4. Τα διαφράγματα θα συναρμολογούνται στο εργοστάσιο και θα μεταφέρονται στο έργο.

Η οροφή της κατασκευής αποτελείται από κύριες δοκούς διατομής IPE 160, δευτερεύουσες δοκούς διατομής IPE 120 και τεγίδες διατομής IPE 80. Η διαμόρφωση των οπών γίνεται μέσω καμπύλων τεμαχίων διατομής UPN 120. Η επικάλυψη της μεταλλικής οροφής γίνεται από επικαθήμενη ξύλινη στέγη, ως εξής:

A. Επί των μεταλλικών δοκών διαστρώνονται φύλλα κ/π θαλάσσης 20mm. Στην περιμετρική ζώνη της κατασκευής τοποθετούνται σε δύο στρώσεις (συνολικό πάχος 40mm). Τα φύλλα κ/π τοποθετούνται σε πεπλεγμένη διάταξη, ώστε να μην δημιουργείται διαμήκης αρμός.

B. Τα φύλλα κ/π θαλάσσης βιδώνονται στις μεταλλικές διατομές με αυτοδιάτρητα γαλβανισμένα στριφώνια M6x40 με φρεζαριστή κεφαλή ανά 15cm περιμετρικά και στο μέσον του φύλλου.

Γ. Επί του κ/π τοποθετείται η ξυλεία πεύκης κατηγορίας C24 (εμποτισμένη και με περιεχόμενη υγρασία <15%) σε δοκούς μεταβλητού ύψους (ώστε να διαμορφώνεται κλίση 5% στο άνω πέλμα). Το πλάτος των δοκών θα είναι 5 cm. Τα μέσα σύνδεσης και στερέωσης θα είναι αυτοδιάτρητα γαλβανισμένα στριφώνια M4 και γωνιακά γαλβανισμένα ελάσματα. Τα στριφώνια πρέπει να έχουν ελάχιστη έμψη 25mm στο συνδεδεμένο μέλος.

Δ. Επί των ξύλινων επικαθήμενων δοκών θα τοποθετηθεί το σανίδωμα πάχους 22mm (εμποτισμένη ξυλεία πεύκης) και η τελική επικάλυψη θα είναι από φύλλα τιτανιούχου ψευδάργυρου (Zinc)

Η θεμελίωση της κατασκευής θα γίνεται μέσω συμπαγούς πλάκας σκυροδέματος (επί εδάφους) συνολικού πάχους 30cm. Η πλάκα επί εδάφους θα φέρει περιμετρικά δοκούς πλάτους 25cm και μεταβλητού ύψους. Στόχος των περιμετρικών δοκών είναι η εξασφάλιση της κατασκευής έναντι ολίσθησης. Για τον λόγο αυτό θα έχουν έμψη εντός του γεωλογικού υποβάθρου 30cm. Η κατασκευή περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

A. Καθαρισμός και απομάκρυνση εδαφικού μανδύα φυτοκάλυψης (εκτιμώμενο βάθος έως 40cm)

B. Χάραξη της θεμελίωσης – εξασφάλιση έμψης των περιμετρικών δοκών επί του υποβάθρου κατά 30cm

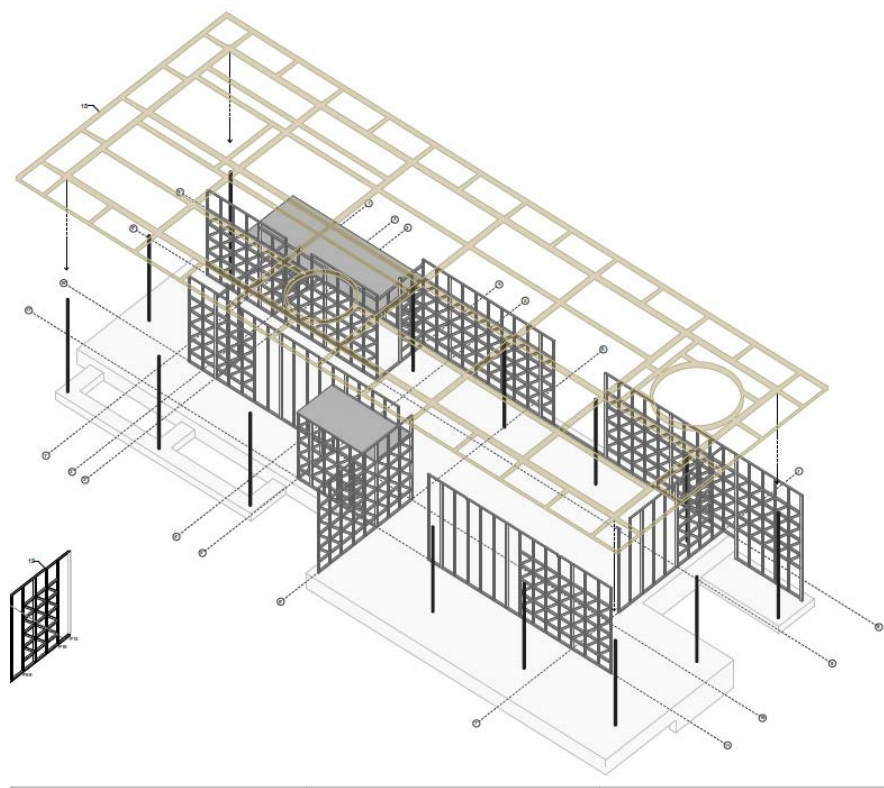
Γ. Κατασκευή ξυλοτύπου και σκυροδέτηση των περιμετρικών δοκών

Δ. Επίχωση της επιφάνειας επί γεωφάσματος διαχωρισμού 100gr/m² με διαβαθμισμένα σκύρα διαμέτρου 2-4cm (πάχος 40cm) και στρώση θραυστού υλικού λατομείου τύπου 3Α (πάχος 30cm). Καλή δόνηση της επιφάνειας με δονητική πλάκα.

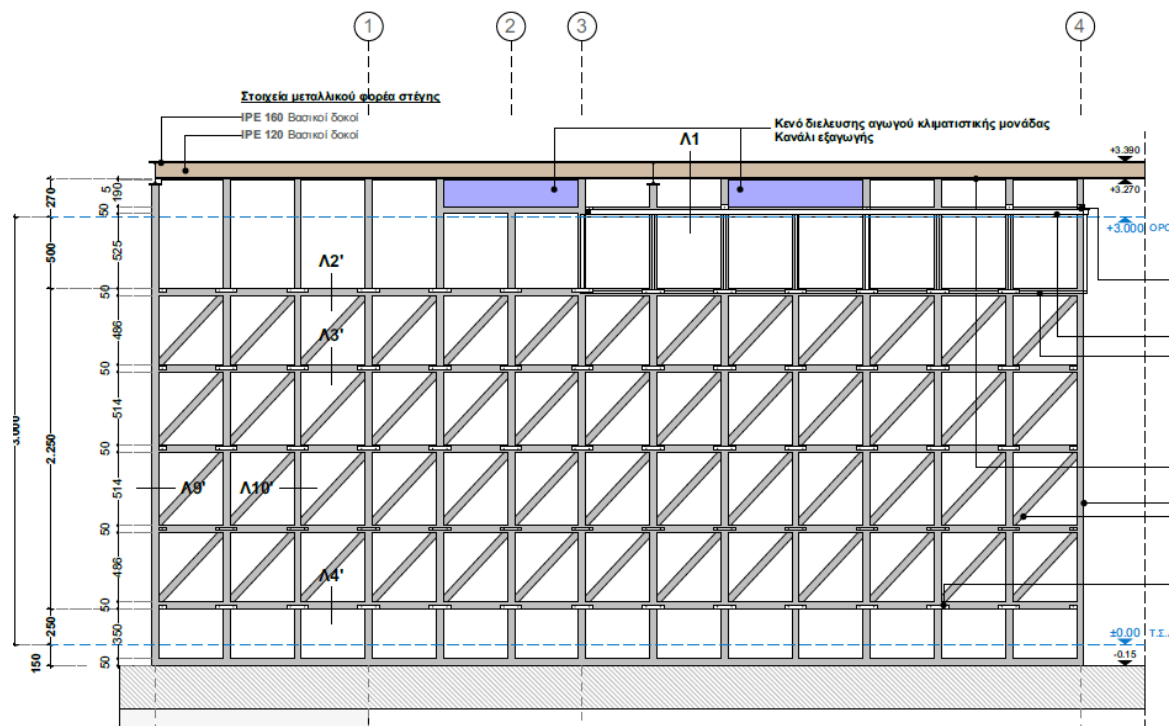
Ε. Στρώση γεωφάσματος απεμπλοκής 100gr/m² και φύλλου πολυαιθυλενίου 2mm

ΣΤ. Τοποθέτηση οπλισμών με αποστατήρες 3cm και σκυροδέτηση της πλάκας σκυροδέματος.

Ακολουθούν αποσπάσματα ισομετρικών απεικονίσεων των κατασκευών που εκπονήθηκαν από το αρχιτεκτονικό γραφείο Flux Office.



Εικ. 3-1 Φορέας Κατασκευής (σχέδιο Flux-office)



Εικ. 3-2 Τυπικό στοιχείο διαφράγματος (ορθοστάτες και οριζόντιες δοκοί SHS 50x4 / διαγώνια μέλη RHS 50x30x4)

4 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ - ΦΟΡΤΙΑ

4.1 ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

Η μελέτη έχει βασισθεί στους ισχύοντες κανονισμούς και πρότυπα, συγκεκριμένα:

1. Ευρωκώδικας 0 «Eurocode - Basis of structural design / Ευρωκώδικας - Βάσεις σχεδιασμού δομημάτων».
2. Ευρωκώδικας 1 «Basis of design and actions on structures / Βάσεις σχεδιασμού και δράσεων στις κατασκευές».
3. Ευρωκώδικας «Design of Reinforced Concrete structures / Σχεδιασμός κατασκευών από ΩΣ».
4. Ευρωκώδικας 3 «Design of steel structures / Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα».
5. Ευρωκώδικας 5 «Design of timber structures / Σχεδιασμός κατασκευών από ξύλο».
6. Ευρωκώδικας 8 «Design of structures for earthquake resistance / Αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών» , με τα Εθνικά κείμενα εφαρμογής του.

4.2 ΦΟΡΤΙΑ

Για την ανάλυση του δομήματος ελήφθησαν τα κάτωθι φορτία:

- Μόνιμα φορτία (G)

Φορτία από ίδια βάρη υλικών φέροντος οργανισμού

Ίδιο βάρος ωπλισμένου σκυροδέματος 25.00 kN/m³

Ίδιο βάρος δομικού χάλυβα 78.50 kN/m³

Επιφανειακά φορτία

Επικάλυψη στέγης 0.80 kN/m²

- Μεταβλητά φορτία - ωφέλιμα (Q)

Επιφανειακά φορτία

Φορτίο Συντήρησης 0.50 kN/m²

- Μεταβλητά φορτία - χιόνι (S)

Επιφανειακά φορτία

Φορτίο χιονιού (ανά m² οριζόντιας επιφανείας) 0.65 kN/m²

- Μεταβλητά φορτία - άνεμος (W)

Πίεση αναφοράς ανέμου

1.225 kN/m²

- Σεισμικά φορτία (E)

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας

I

Σεισμική επιτάχυνση εδάφους

$\alpha = 0.16g$

Κατηγορία εδάφους

B: $T_1 = 0.15$, $T_2 = 0.50$

Συντελεστής συμπεριφοράς

$q = 1.00$

Σπουδαιότητα δομήματος

$\Sigma 2: \gamma_1 = 1.00$

Συντελεστής θεμελίωσης (κατ.Β)

$S = 1.20$

Φάσμα σεναρίου-κανονισμού

Με βάση το φάσμα σχεδιασμού του EC8, για την οριζόντια συνιστώσα ισχύει:

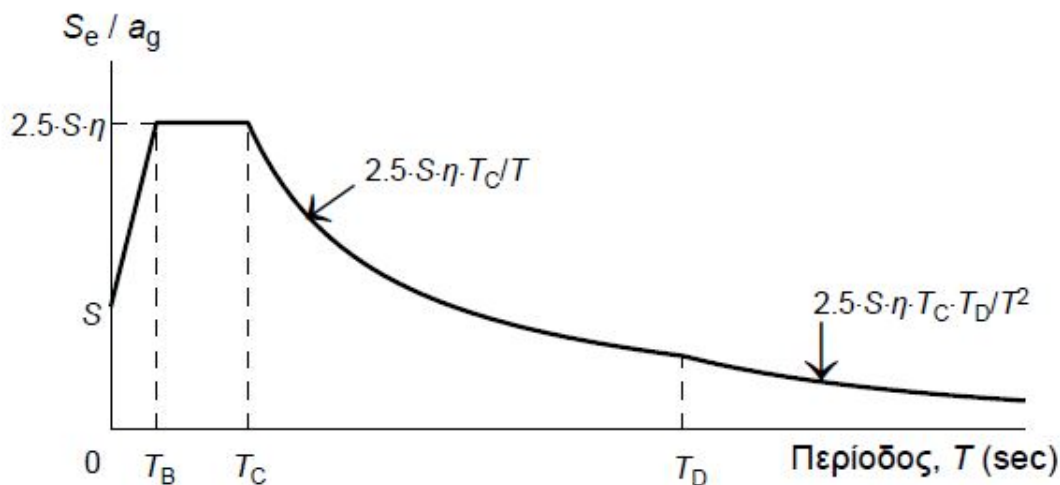
$$0 < T < T_B : S_d(T) = \gamma_I \cdot \alpha_{gR} \cdot S \cdot [2/3 + T / T_B \cdot (2.5/q - 2/3)]$$

$$T_B < T < T_C : S_d(T) = \gamma_I \cdot \alpha_{gR} \cdot S \cdot 2.5 / q$$

$$T_C < T < T_D : S_d(T) = \gamma_I \cdot \alpha_{gR} \cdot S \cdot 2.5 / q \cdot (T_C / T) \geq \beta \cdot \gamma_I \cdot \alpha_{gR}$$

$$T_D < T : S_d(T) = \gamma_I \cdot \alpha_{gR} \cdot S \cdot 2.5 / q \cdot (T_C \cdot T_D / T^2) \geq \beta \cdot \gamma_I \cdot \alpha_{gR}$$

Τα φάσματα απόκρισης, σύμφωνα με όσα αναφέρονται στα κανονιστικά πρότυπα, καθορίζονται από την μέγιστη επιτάχυνση (Ζώνη Ι, $\alpha_g = 1.6 \text{ m/sec}^2$) και την κατηγορία εδάφους (κατ.Β, $S=1.20$) στην περιοχή που θα κατασκευαστεί το κτίριο.



εικ.3ε Οριζόντιες συνιστώσες φάσματος

- Συνδυασμοί σεισμού ($\Sigma G_{ki} + \Sigma \psi_{2i} Q_{ki} + E_i$)

Με τη δυναμική φασματική μέθοδο:

LC 3001:	1.00-G	+ 0.30-Q	+ 1.00-Ex	+ 0.30-Ey	(Κυρίως σεισμός κατά +X)
LC 3002:	1.00-G	+ 0.30-Q	+ 1.00-Ex	- 0.30-Ey	(Κυρίως σεισμός κατά +X)
LC 3003:	1.00-G	+ 0.30-Q	- 1.00-Ex	+ 0.30-Ey	(Κυρίως σεισμός κατά -X)
LC 3004:	1.00-G	+ 0.30-Q	- 1.00-Ex	- 0.30-Ey	(Κυρίως σεισμός κατά -X)
LC 3005:	1.00-G	+ 0.30-Q	+ 0.30-Ex	+ 1.00-Ey	(Κυρίως σεισμός κατά +Y)
LC 3006:	1.00-G	+ 0.30-Q	+ 0.30-Ex	- 1.00-Ey	(Κυρίως σεισμός κατά -Y)
LC 3007:	1.00-G	+ 0.30-Q	- 0.30-Ex	+ 1.00-Ey	(Κυρίως σεισμός κατά +Y)
LC 3008:	1.00-G	+ 0.30-Q	- 0.30-Ex	- 1.00-Ey	(Κυρίως σεισμός κατά -Y)

Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας δράσεων

$\gamma_g=1.35$ (μόνιμων δράσεων)

$\gamma_q=1.50$ (μεταβλητών δράσεων)

Συντελεστές συνδυασμού δράσεων

$\psi_0/\psi_1/\psi_2$

Μεταβλητές δράσεις

0,6/0,6/0,3

4.2.1 Αναλυτικός Υπολογισμός φορτίων Ανέμου

Η εγκατάσταση βρίσκεται 7Km από την ακτή, συνεπώς η ταχύτητα αναφοράς του ανέμου είναι 33m/sec.

Πίεση αναφοράς:

1. EC1-WIND-acropolis Shop

ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΝΕΜΟΥ

Ευρωπαϊκός 1 (EC1) Δράσεις σε δομήματα, Δράσεις ανέμου, EN1991-1-4:2005

1.1. Ταχύτητα αναφοράς

(EN1991-1-4, §4.2)

$v_{bo}=33.00$ m/s, Ελλάδα ELOT, Ζώνη: 2

$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{bo} = 33.00$ m/s

1.2. Επίδραση εδάφους

(EN1991-1-4, §4.3.2, Παράρτημα Α)

Κατηγορία εδάφους: II

(EN1991-1-4, Πιν.4.1)

Αγροτικές εκτάσεις με χαμηλή βλάστηση και μεμονωμένα εμπόδια (δένδρα, κτίρια)

Συντελεστής τραχύτητας $C_x(z)$

(EN1991-1-4, §4.3.2)

Κατηγορία εδάφους: II, $z=4.000$ m, $z_0=0.050$ m, $z_{min}=2$ m, $z_{max}=200$ m, $z_{oII}=0.050$ m

$kx=0.19 \cdot (0.050/0.05)^{0.07}=0.190$

$C_x(z)=kx \cdot \ln(z/z_0)=0.190 \cdot \ln(4.000/0.050)=0.833$

Συντελεστής τοπογραφικής διαμόρφωσης $C_o(z)$

(EN1991-1-4, §4.3.3)

$C_o(z)=1.000$

(EN1991-1-4, §4.3.3)

Συντελεστής στροβιλισμού K_t

(EN1991-1-4, §4.4)

$K_t=1.000$

Συντελεστής έκθεσης $C_e(z)$

(EN1991-1-4, §4.5)

Κατηγορία εδάφους: II

(EN1991-1-4, Πιν.4.1)

$z=4.00$ m, $kx=0.190$, $lv(z)=0.228$, $C_e(z)=1.801$

(EN1991-1-4, Εξ.Α. 4.8,4.7,4.4,4.3)

$q(z)=C_e(z) \cdot (\psi_p) \cdot V_b^2=[0.001] \times 1.801 \times 0.625 \times 33.00^2=1.225$ kN/m²

1.3. Πίεση αναφοράς ανέμου $q(z)=C_e(z) \cdot q_b=C_e(z) \cdot (0.625) \cdot V_b^2$

(EN1991-1-4, §4.5)

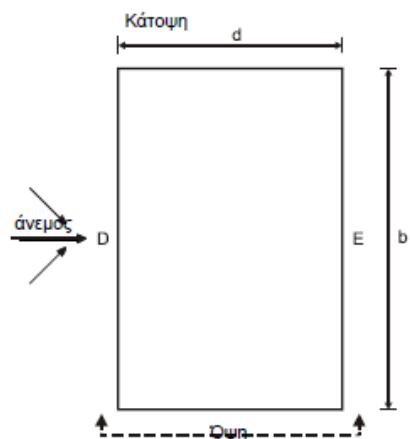
$V_b=33.00$ m/sec, $z=4.000$ m, $C_x(z)=0.833$, $C_o(z)=1.000$, $K_t=1.000$, $C_e(z)=1.801$

$q(z)=C_e(z) \cdot (\psi_p) \cdot V_b^2=[0.001] \times 1.801 \times 0.625 \times 33.00^2=1.225$ kN/m²

Η τιμή του συντελεστή εσωτερικής πίεσης είναι $C_{pi} = +0.20$

Για τη τιμή του συντελεστή εξωτερικής πίεσης ισχύουν τα παρακάτω:

Κατακόρυφοι τοίχοι

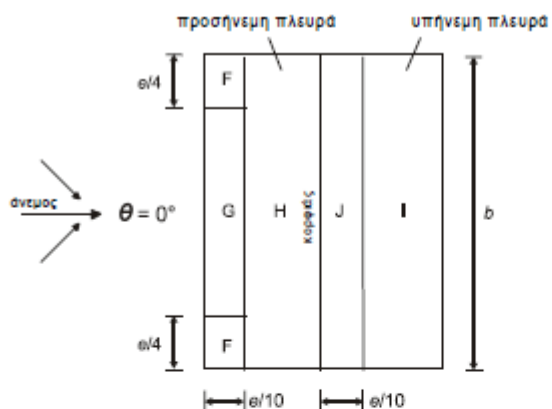


Πίνακας 7.1 — Προτεινόμενες τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης για κατακόρυφους τοίχους κτιρίων ορθογωνικής κάτοψης

Ζώνη	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	



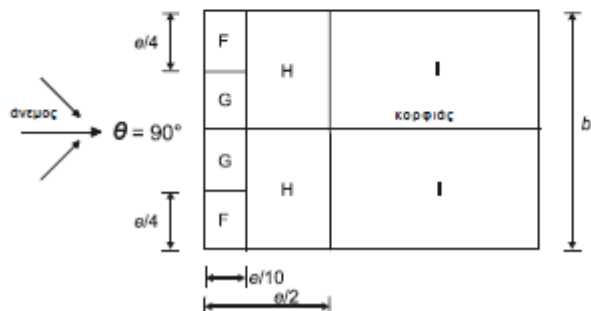
Δικλινής Στέγη



$e = b$ ή $2h$
όποιο είναι μικρότερο

(β) διεύθυνση ανέμου $\theta = 0^\circ$

b : διάσταση εγκάρσια
στον άνεμο



(γ) διεύθυνση ανέμου $\theta = 90^\circ$

Πίνακας 7.4α — Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για δικλινείς στέγες

Γωνία κλίσης α	Ζώνη για διεύθυνση ανέμου $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
									-0,6	

Πίνακας 7.4β — Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για δικλινείς στέγες

Γωνία Κλίσης α	Ζώνη για διεύθυνση ανέμου $\Theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	

Πίνακας 7.2 — Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για οριζόντιες στέγες

Τύπος στέγης		Ζώνη							
		F		G		H		I	
		C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}	C _{pe,10}	C _{pe,1}
Αιχμηρά άκρα		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	
								-0,2	
Με στηθαία	h _p /h=0,025	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	
								-0,2	
	h _p /h=0,05	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	
								-0,2	
	h _p /h=0,10	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	
								-0,2	
Καμπυλωμένα άκρα	r/h = 0,05	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		+0,2	
								-0,2	
	r/h = 0,10	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		+0,2	
								-0,2	
	r/h = 0,20	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		+0,2	
								-0,2	
Σπαστά άκρα	α = 30°	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		+0,2	
								-0,2	
	α = 45°	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		+0,2	
								-0,2	
	α = 60°	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+0,2	
								-0,2	

4.3 Φορτίσεις

Οι βασικές φορτίσεις (LC: Load Case) που εφαρμόστηκαν, σε αντιστοιχία με τις προαναφερθείσες τιμές φορτίων, είναι οι κάτωθι:

- Μόνιμα φορτία (G)

LC 10 Ίδιο βάρος μελών

LC 11 Επικαλύψεις οροφής

- Μεταβλητά φορτία οροφής (S)

LC 3 Φορτία Χιονιού

- Φορτία Ανέμου (W)

LC 41 Άνεμος στη διεύθυνση X

LC 42 Άνεμος στη διεύθυνση Y

- Συνδυασμοί οριακής κατάστασης αστοχίας (ULS : $\sum \gamma_{gi} G_{ki} + \gamma_{q1} Q_{k1} + \sum \gamma_{qi} \cdot \psi_{0i} Q_{ki}$)

LC 1001: 1.35·G + 1.50·S

LC 1101: 1.00·G + 1.50·W_x

LC 1102: 1.00·G + 1.50·W_y

Συνδυασμοί λειτουργικότητας SLS

LC 1201: 1.00·G + 1.00·S +1.00·W_{x,y}

5 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

5.1 Φορέας Κατασκευής

Ο φέρων οργανισμός αποτελείται από 14 μεμονωμένους στύλους κοίλης κυκλικής διατομής και 6 κύριες δοκούς IPE 160. Κατακόρυφα διαφράγματα δυσκαμψίας διατάσσονται σε κατάλληλες θέσεις ώστε να παραλαμβάνουν τα φορτία του ανέμου και να περιορίζουν τις μετακινήσεις της οροφής σε περίπτωση σεισμικών δράσεων ή ανεμοφόρτισης. Η εσχάρα δοκών της στέγης ολοκληρώνεται με δευτερεύουσες δοκούς και τεγίδες.

Κατάλογος Διατομών

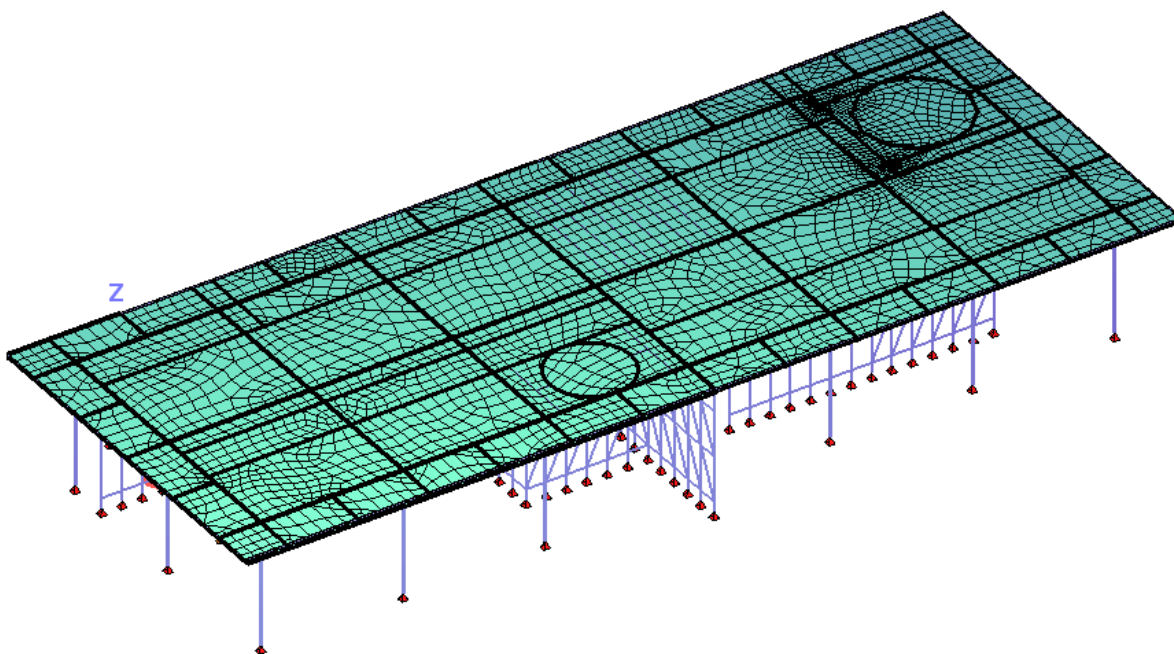
Στύλοι	CHS 101.6x8
Κύριες Δοκοί / περιμετρική κεφαλοδοκός	IPE 160 (με απότμηση προεξέχοντος άκρου)
Κατακόρυφοι / οριζόντιοι συνδ. Διαφραγμάτων	SHS 50x4
Διαγώνιοι συνδ. Διαφραγμάτων	RHS 50x30x4
Δευτερεύουσες δοκοί	IPE 120
Ειδικοί σύνδεσμοι στις οπές	UPN 120
Τεμάχια άκρων	L 120x80x8

Οι συνδέσεις των δομικών στοιχείων θα είναι κοχλιωτές, οι μετωπικές πλάκες και τα ελάσματα δυσκαμψίας θα είναι προσυγκολλημένα στα κύρια δομικά στοιχεία με συγκολλήσεις τύπου εξωρραφές πλήρους διείδυσης πάχους 4mm.

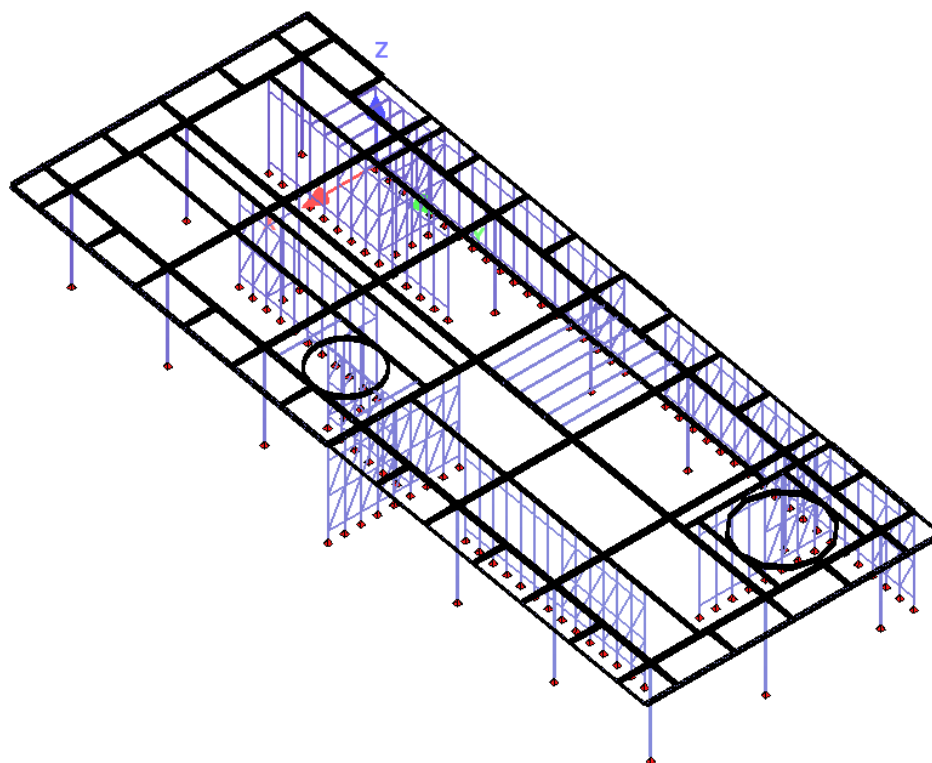
Τα υλικά της κατασκευής και οι προδιαγραφές επεξεργασίας των μελών θα είναι οι κάτωθι:

▪ Δομικός Χάλυβας	S275, EN 10210
▪ Κοχλίες κατηγορίας	8.8
▪ Χάλυβας αντίβαρων	S235
▪ Κατηγορίας ατμοσφαιρικής έκθεσης (EN ISO 12944)	C3
▪ Συγκολλήσεις (EN 1090)	EXC 3

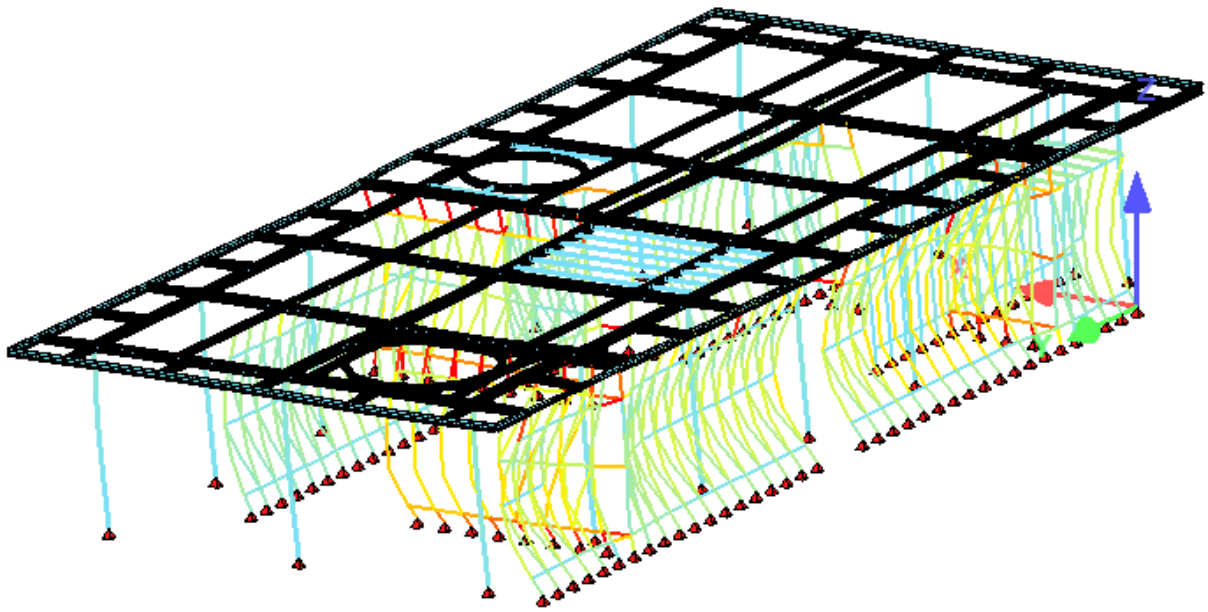
Ακολουθούν γενικές εικόνες του αριθμητικού προσομοιώματος και τυπικών συνδέσεων.



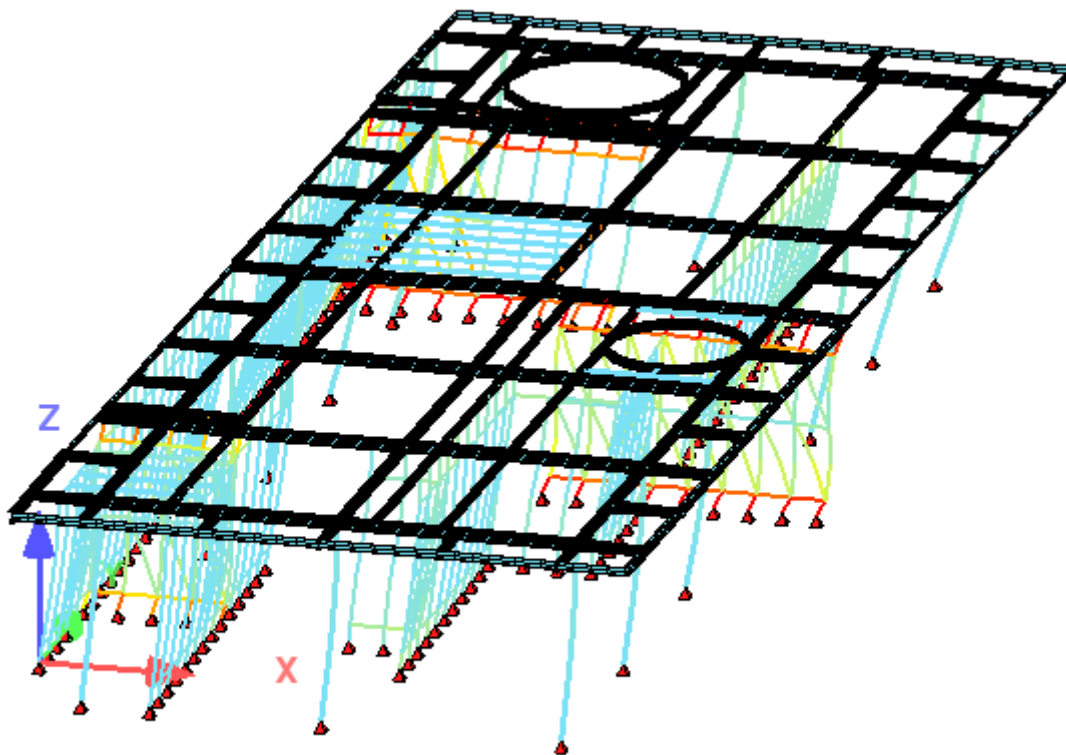
εικ. 5.1 Γενική άποψη κατασκευής



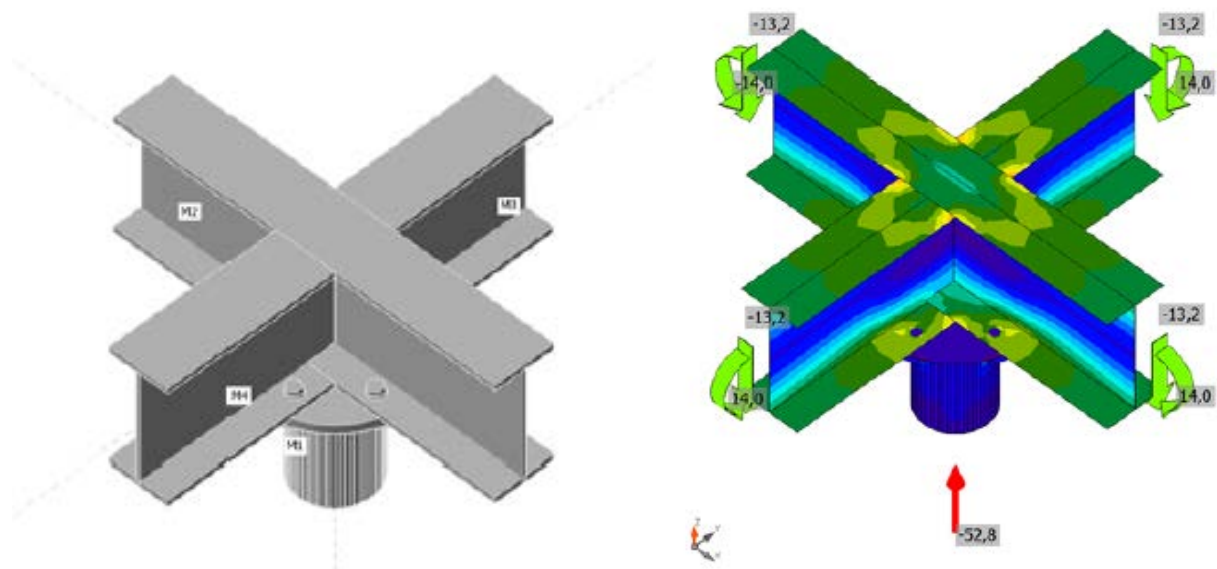
εικ. 5.2 Γενική διάταξη μεταλλικού φορέα



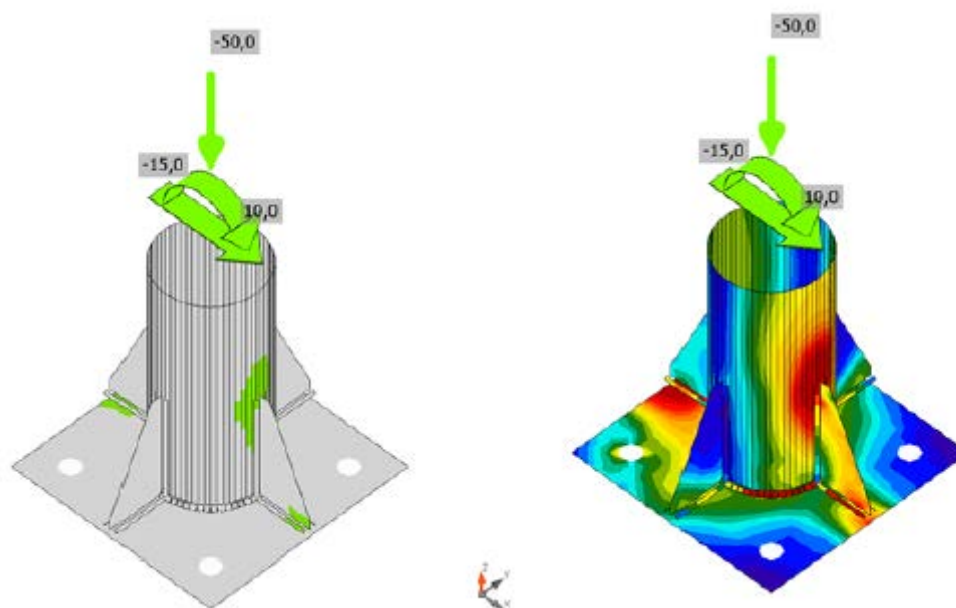
εικ. 5-3 Φόρτιση ανέμου W_x – Χαρακτηριστική παραμόρφωση φορέα



εικ. 5-4 Δεσπόμενη ιδιομορφή κατά x-x, $T_x=0.23\text{sec}$, $M_x = 86\%$



εικ. 5-5 Σύνδεση κεφαλής CHS 100x8 με κύριες δοκούς IPE 160



εικ. 5-6 Έδραση στύλου CHS 100x8

5.2 Αντιδιαβρωτική προστασία

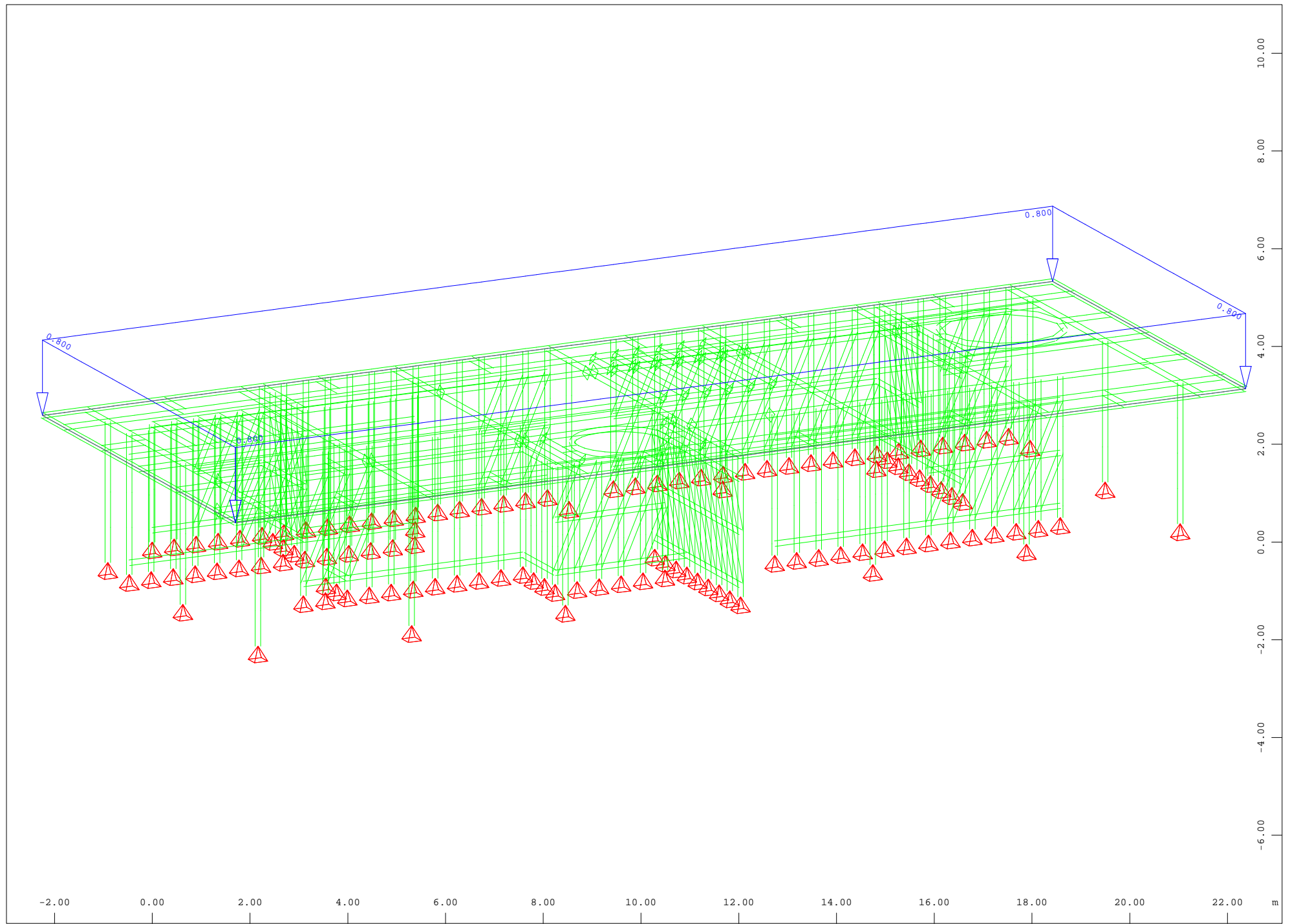
Ο βαθμός προστασίας των μεταλλικών κατασκευών πρέπει να ικανοποιεί κατηγορία περιβάλλοντος C3 - medium κατά EN ISO 12944. Λόγω κινδύνων εν χρόνω φθορών, αποξέσεων κλπ. απαιτείται η επιθεώρηση της κατασκευής μετά τη φάση ανέγερσης και η επιδιόρθωση τυχόν φθορών της επιφανειακής προστασίας. Η εργασία πρέπει να ικανοποιεί τις προδιαγραφές του αντίστοιχου ΕΤΕΠ.

6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ

6.1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Η δυσμενέστερη παραμόρφωση παρουσιάζεται στη φόρτιση W_x στην εγκάρσια διεύθυνση της κατασκευής και είναι:

$$12.5\text{mm} < U_{\text{επιτρ.}} = 3.00/150 = 20\text{mm}$$

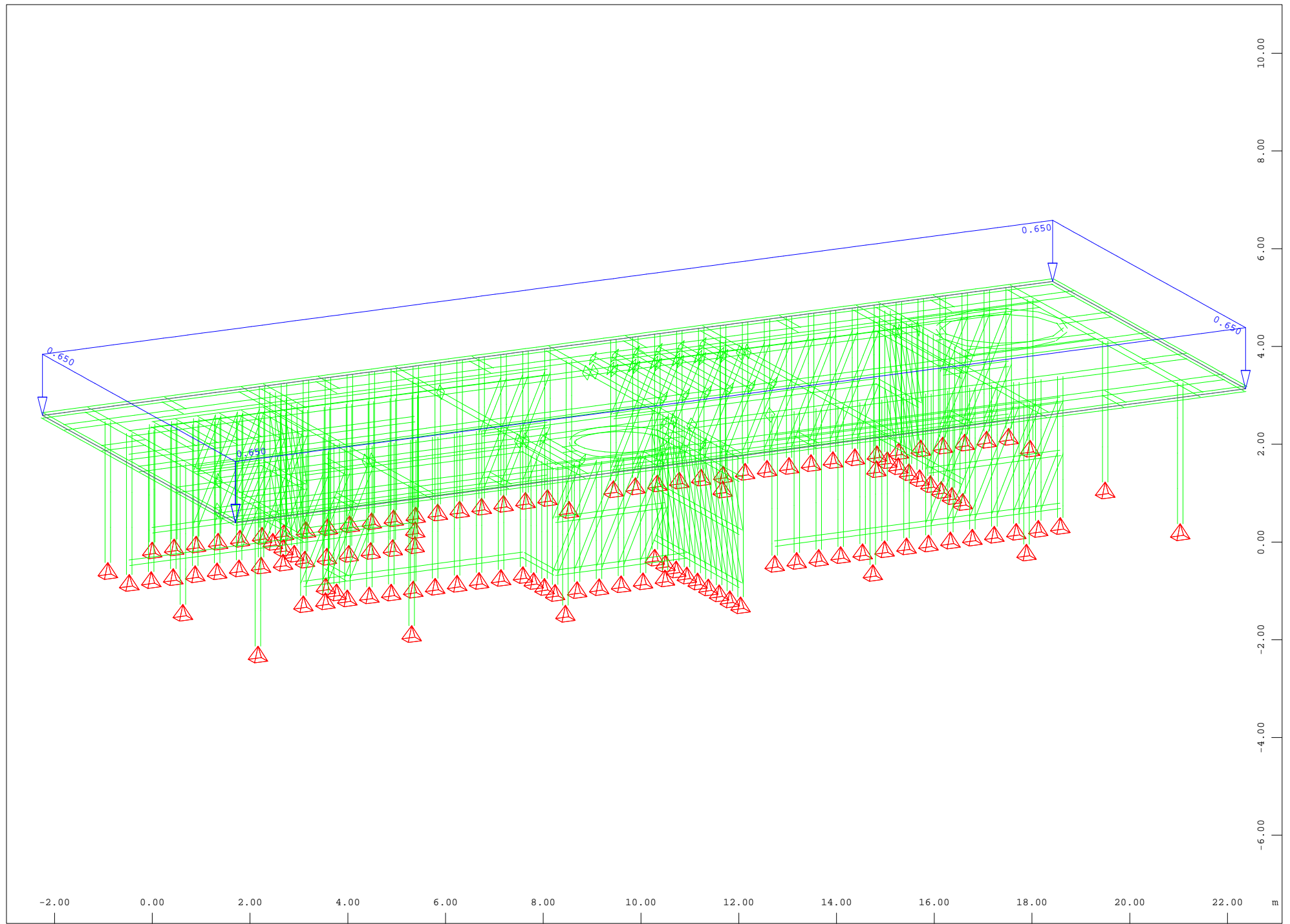


All loads, Loadcase 2 ADDITIONAL PERMANENT LOADS , (1 cm 3D = unit) Area element load (force) vector (Unit=0.500 kN/m2)

(Max=0.800)

M 1 : 100

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



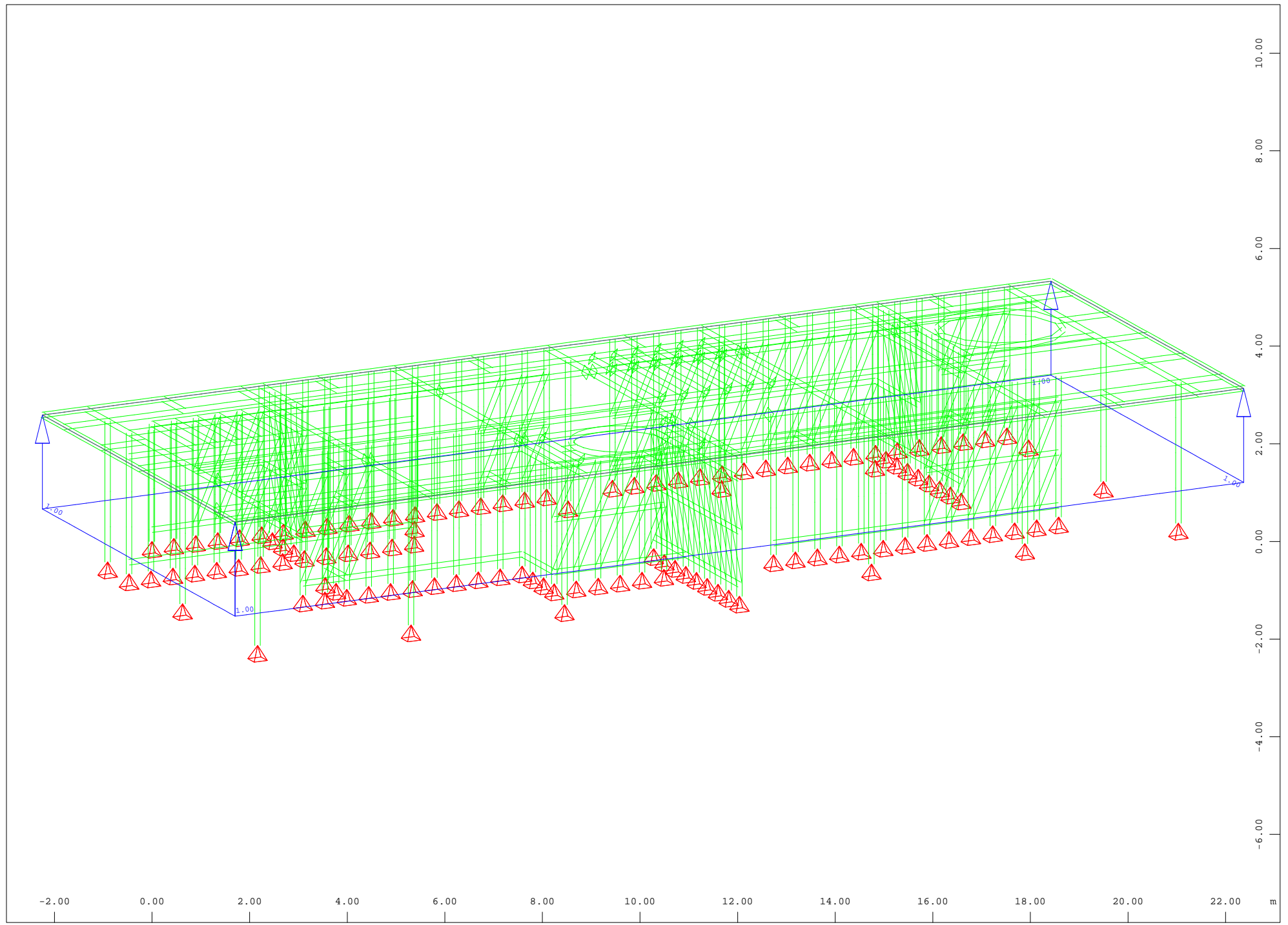
Z
Y
X

All loads, Loadcase 3 SNOW , (1 cm 3D = unit) Area element load (force) vector (Unit=0.500 kN/m2

(Max=0.650)

M 1 : 100

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



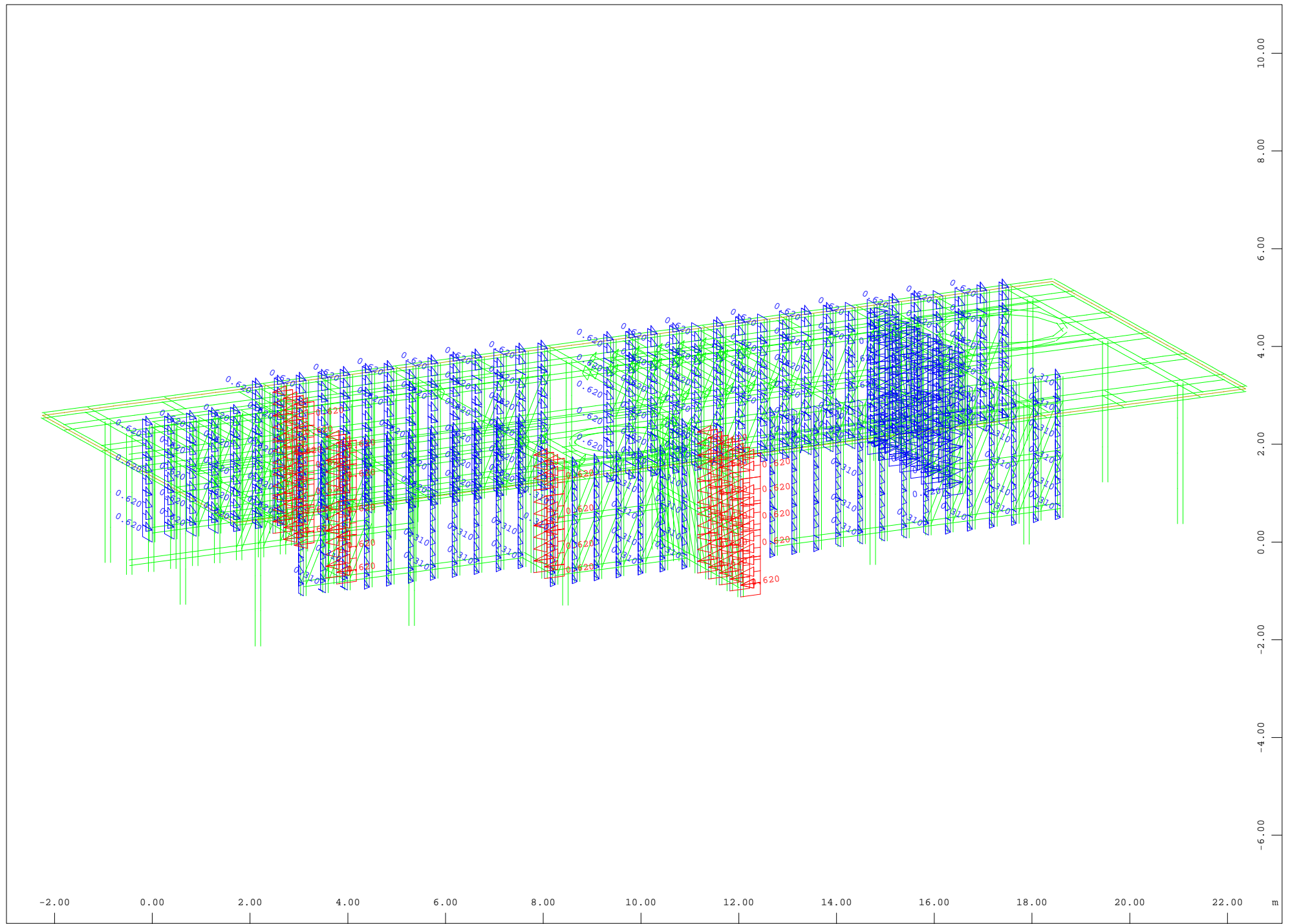
Z
Y
X

All loads, Loadcase 4 WIND on ROOF , (1 cm 3D = unit) Area element load (force) vector (Unit=0.500 kN/m2

▴ (Max=1.00)

M 1 : 100

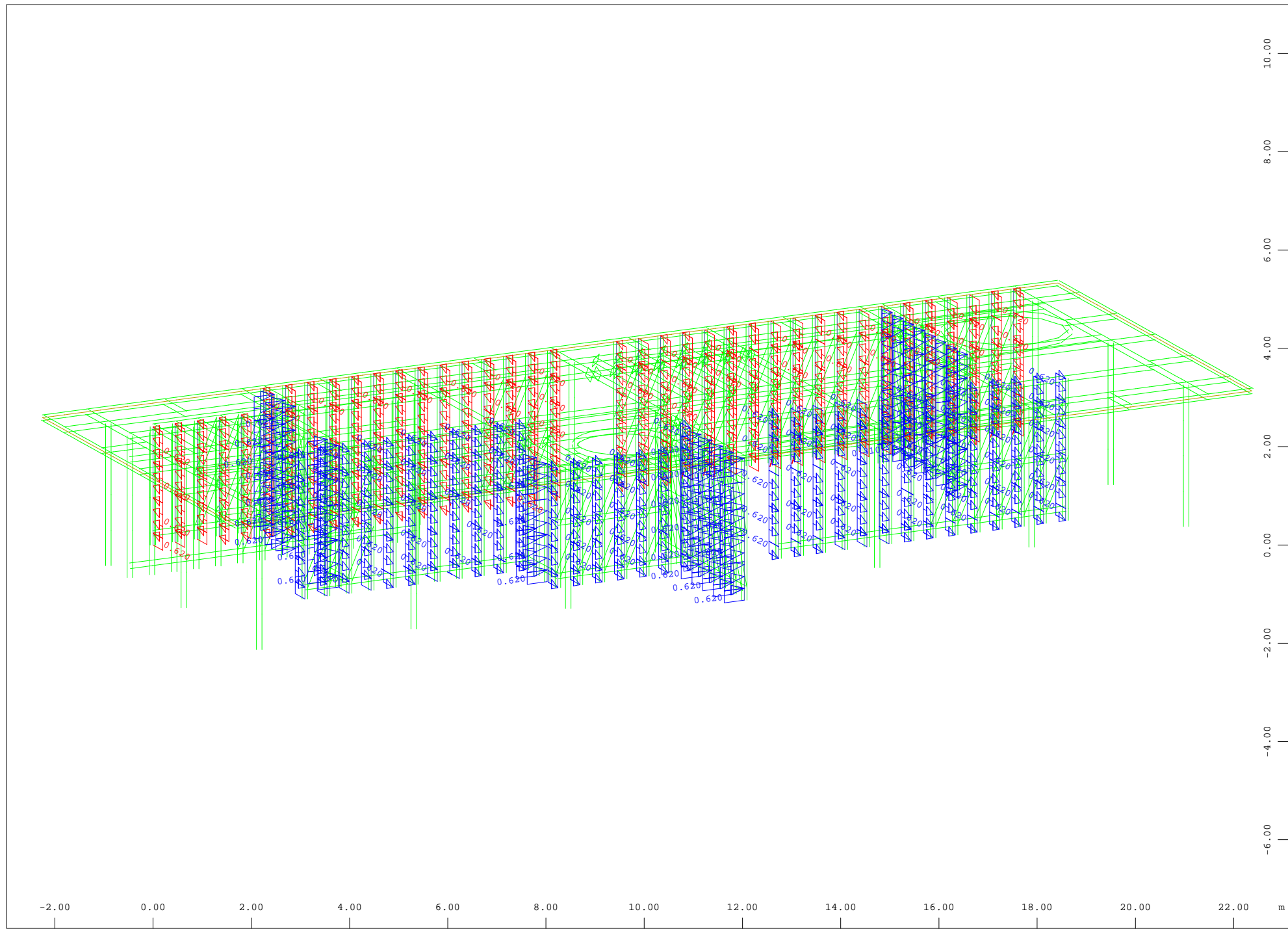
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



Z All loads, Loadcase 41 Wx , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global X (Unit=1.38 kN/m,Max=0.620
 Y global Y (Unit=1.38 kN/m,Min=-0.620 Max=0.620

Beam line load (force) in

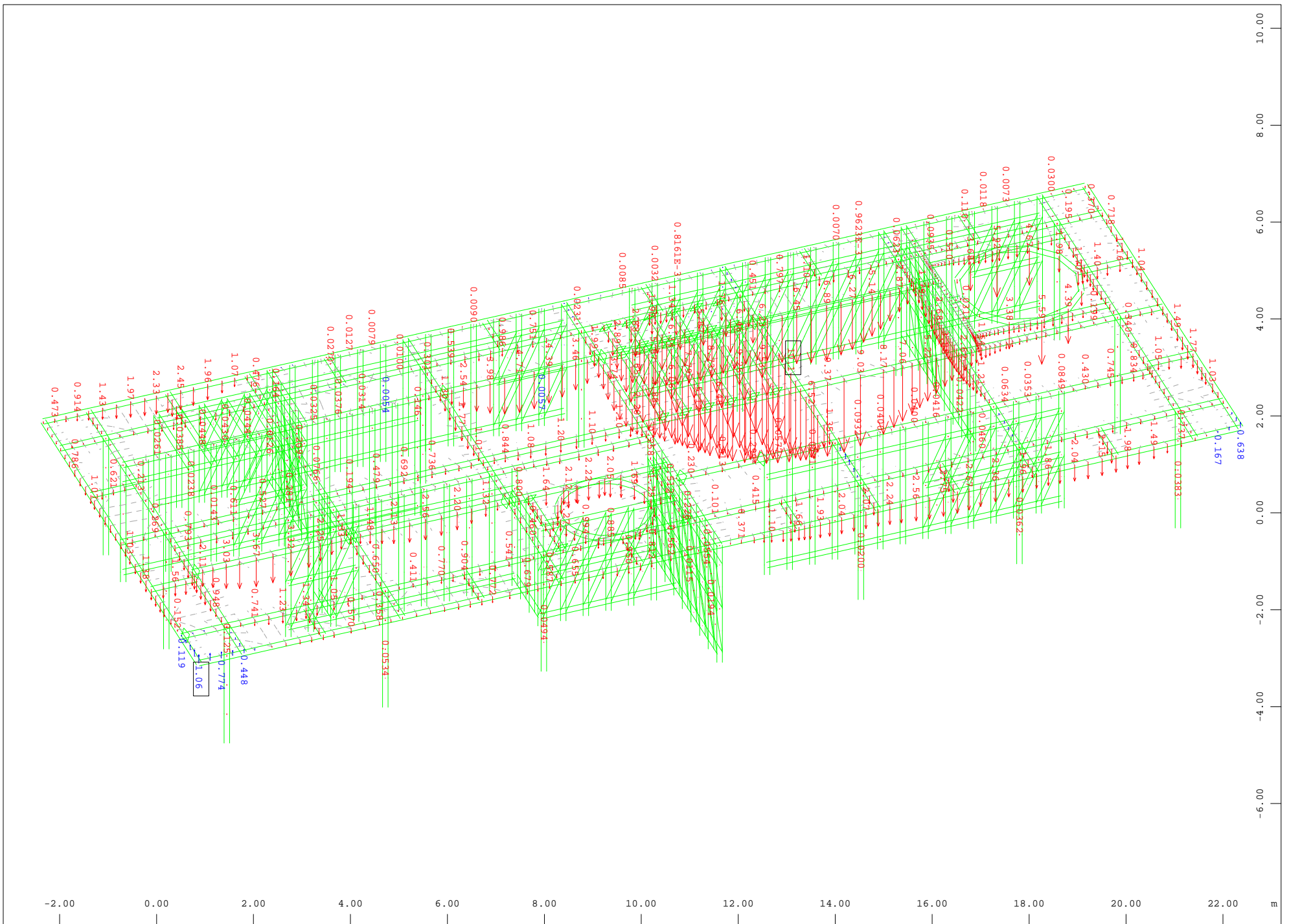
M 1 : 100
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



Z All loads, Loadcase 42 Wy , (1 cm 3D = unit) Beam line load (force) in global X (Unit=1.38 kN/m,Min=-0.620 Max=0.620
 Y (force) in global Y (Unit=1.38 kN/m,Max=0.620

Beam line load

M 1 : 100
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



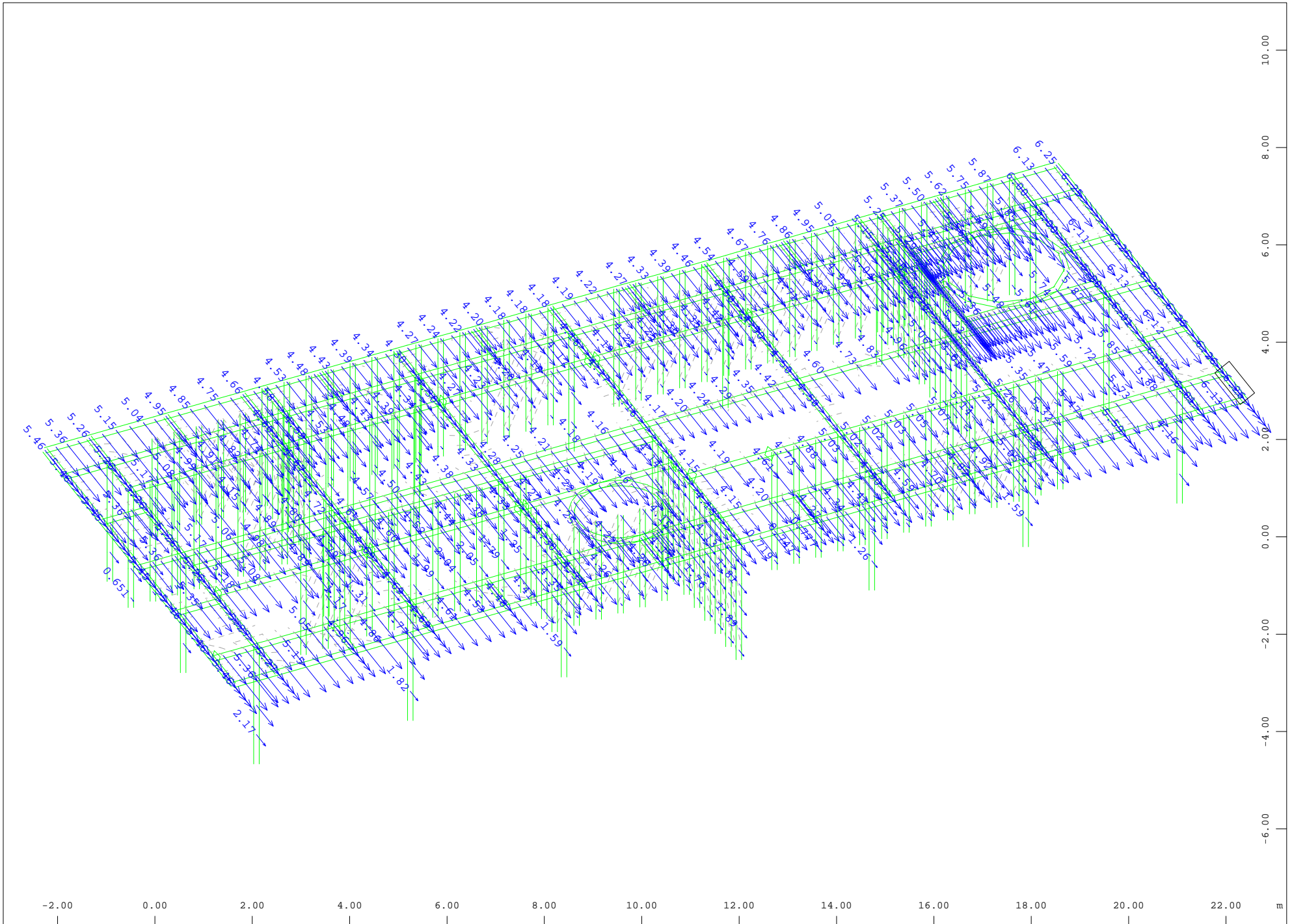
Sector of system Beam Elements

Nodal displacement in global Z, Loadcase 1201 1*Gki+1*Qk1 , 1 cm 3D = 5.00 mm

➤ (Min=-10.1) (Max=1.06)

M 1 : 101

X * 0.659
Y * 0.958
Z * 0.805

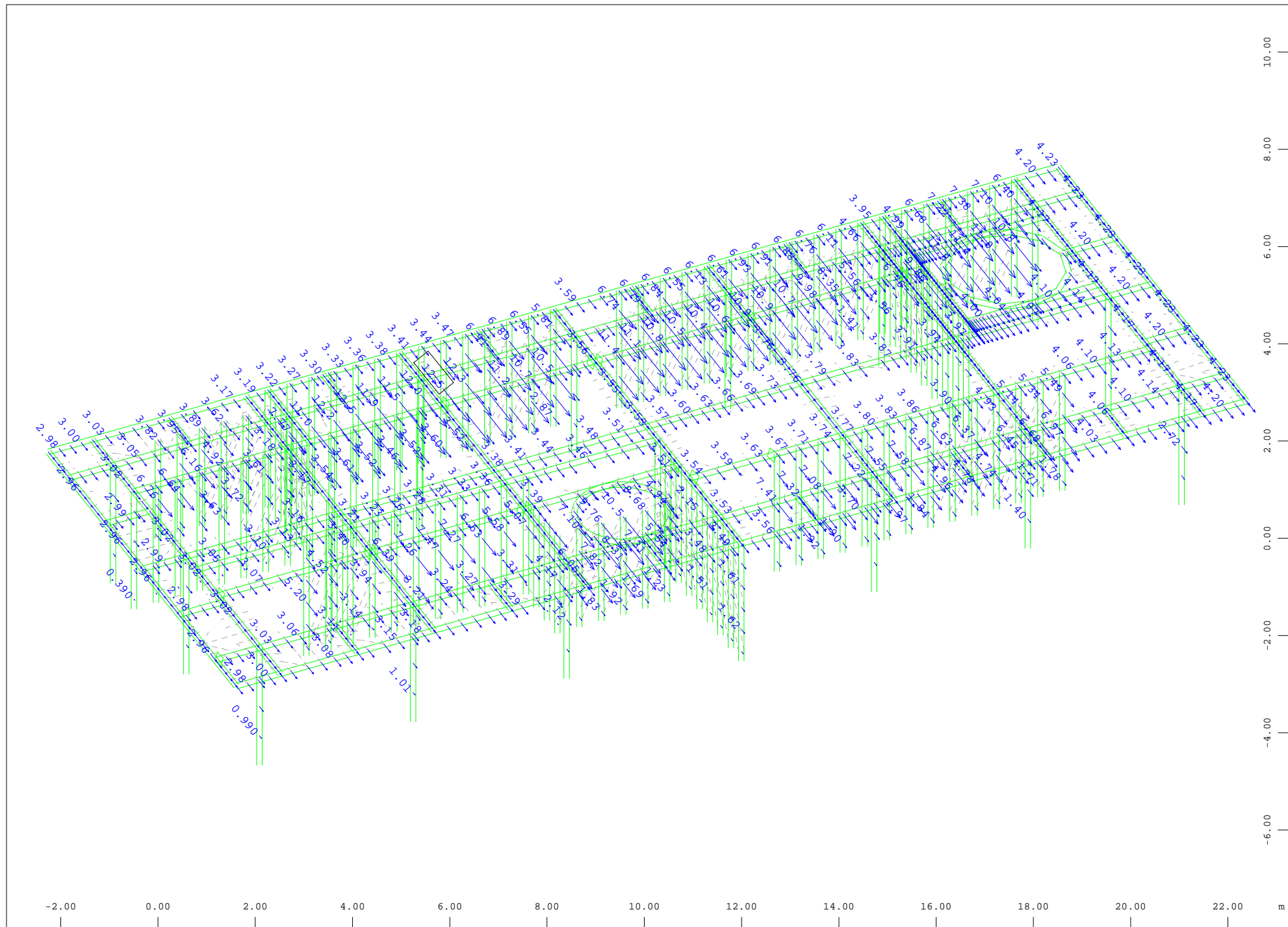


Z
Y
X

Sector of system Beam Elements Group 1 2 21 22 31 40...43
Nodal displacement in global X, Loadcase 3001 MAX-N BEAM , 1 cm 3D = 5.00 mm

➤ (Max=6.26)

M 1 : 101
X * 0.687
Y * 0.938
Z * 0.805



Z
Y
X

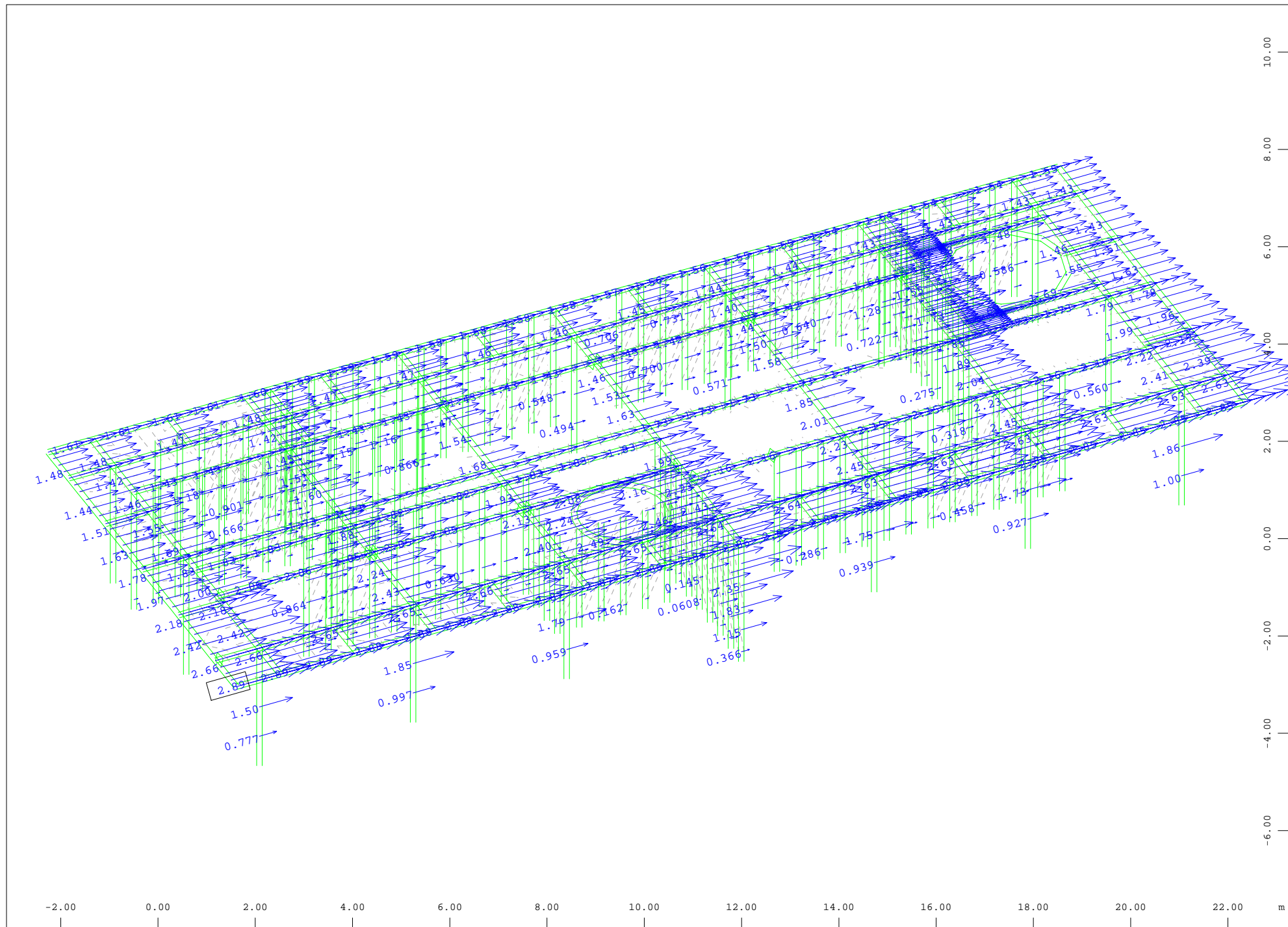
Sector of system Beam Elements Group 1 2 21 22 31 40...43

Nodal displacement in global X, Loadcase 1002 1*Gki+1.50*Wx , 1 cm 3D = 10.0 mm

➤ (Max=12.5)

M 1 : 101

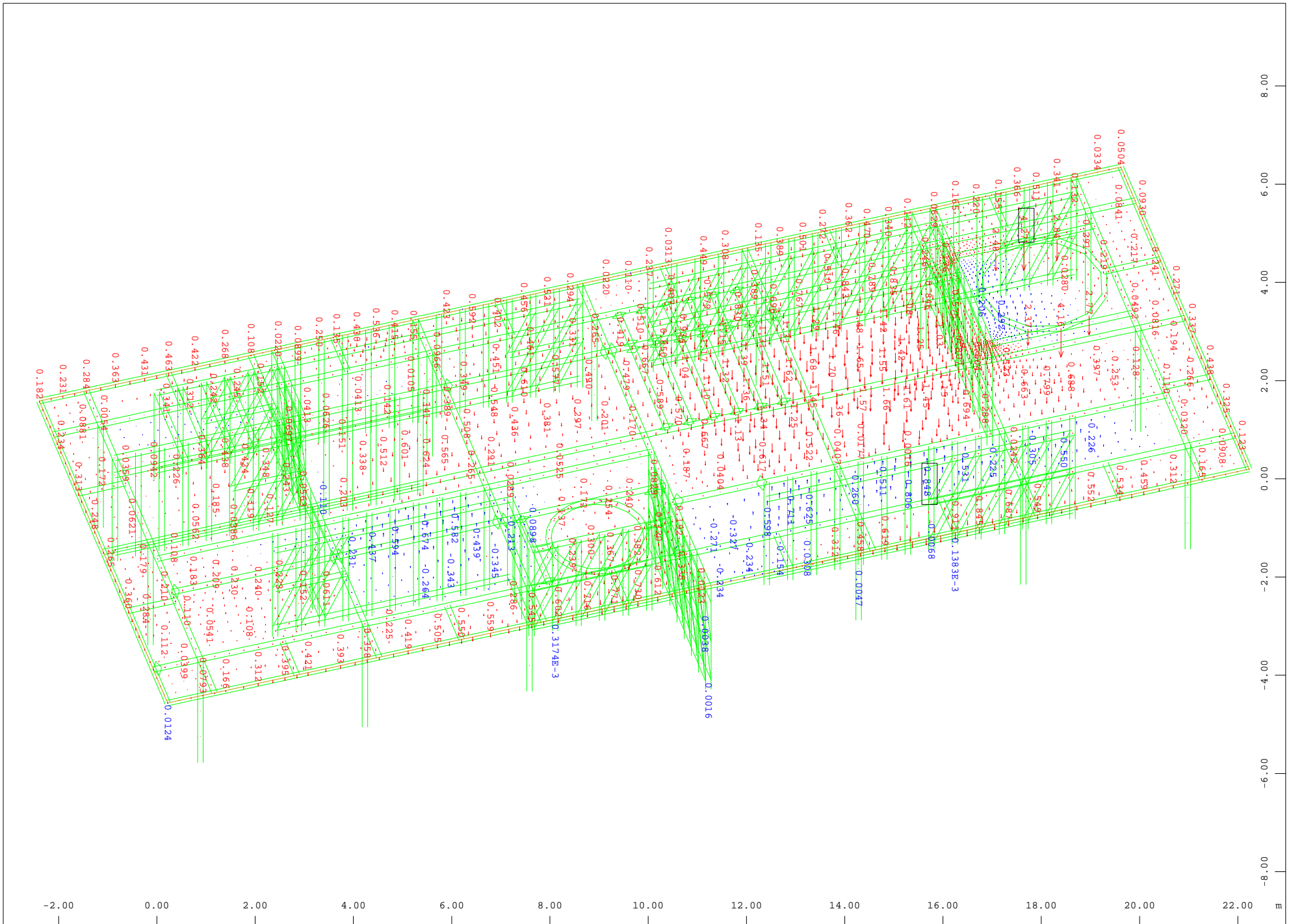
X * 0.687
Y * 0.938
Z * 0.805



Sector of system Beam Elements Group 1 2 21 22 31 40...43
 Nodal displacement in global Y, Loadcase 3005 MAX-N BEAM , 1 cm 3D = 2.00 mm

➤ (Max=2.89)

M 1 : 101
 X * 0.687
 Y * 0.938
 Z * 0.805

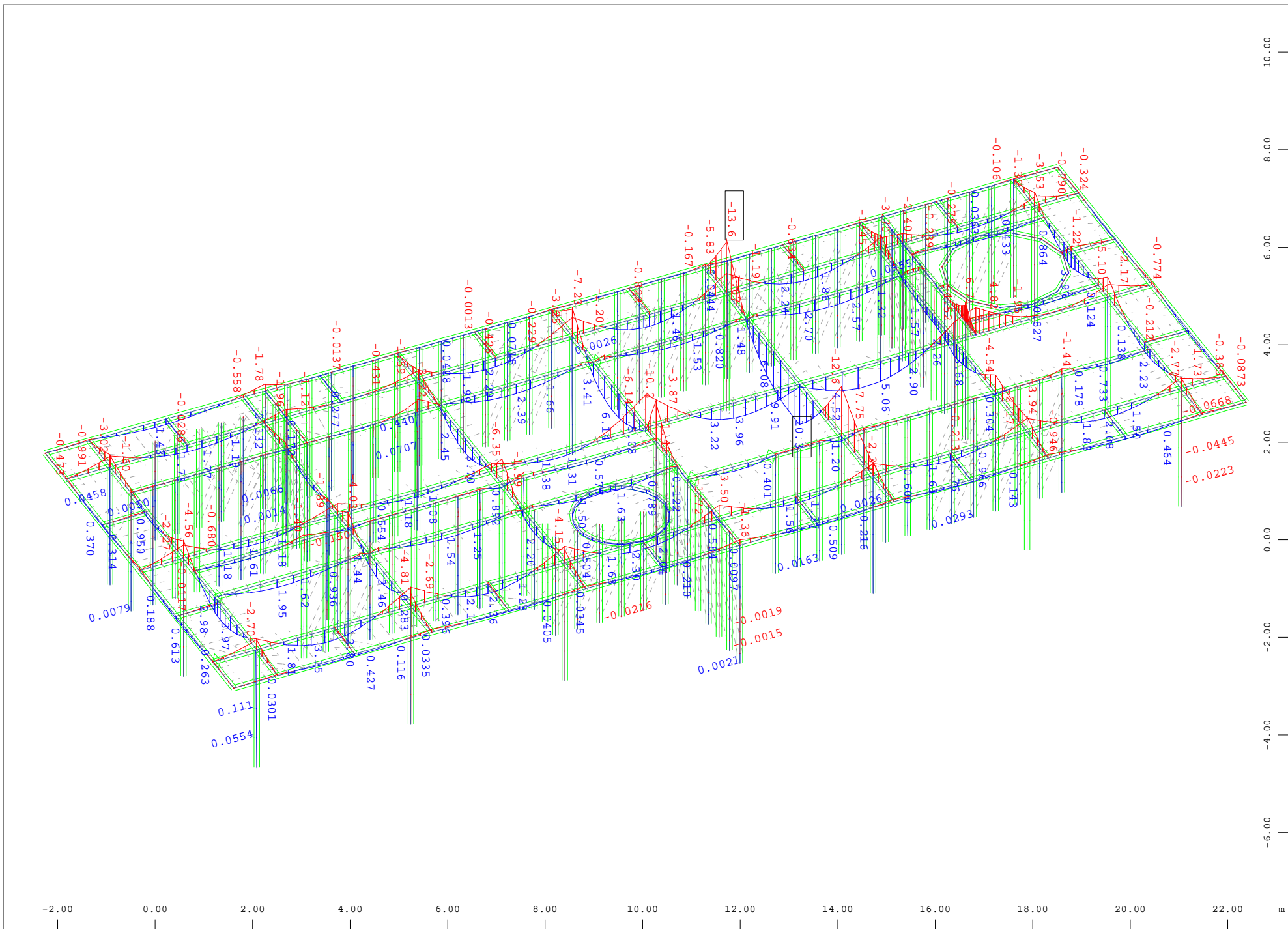


Nodal displacement in global Z, Loadcase 1203 1*Gki+1.0*Wy, 1 cm 3D = 5.00 mm

(Min=-4.27) (Max=0.848)

M 1 : 100

X * 0.742
Y * 0.979
Z * 0.700



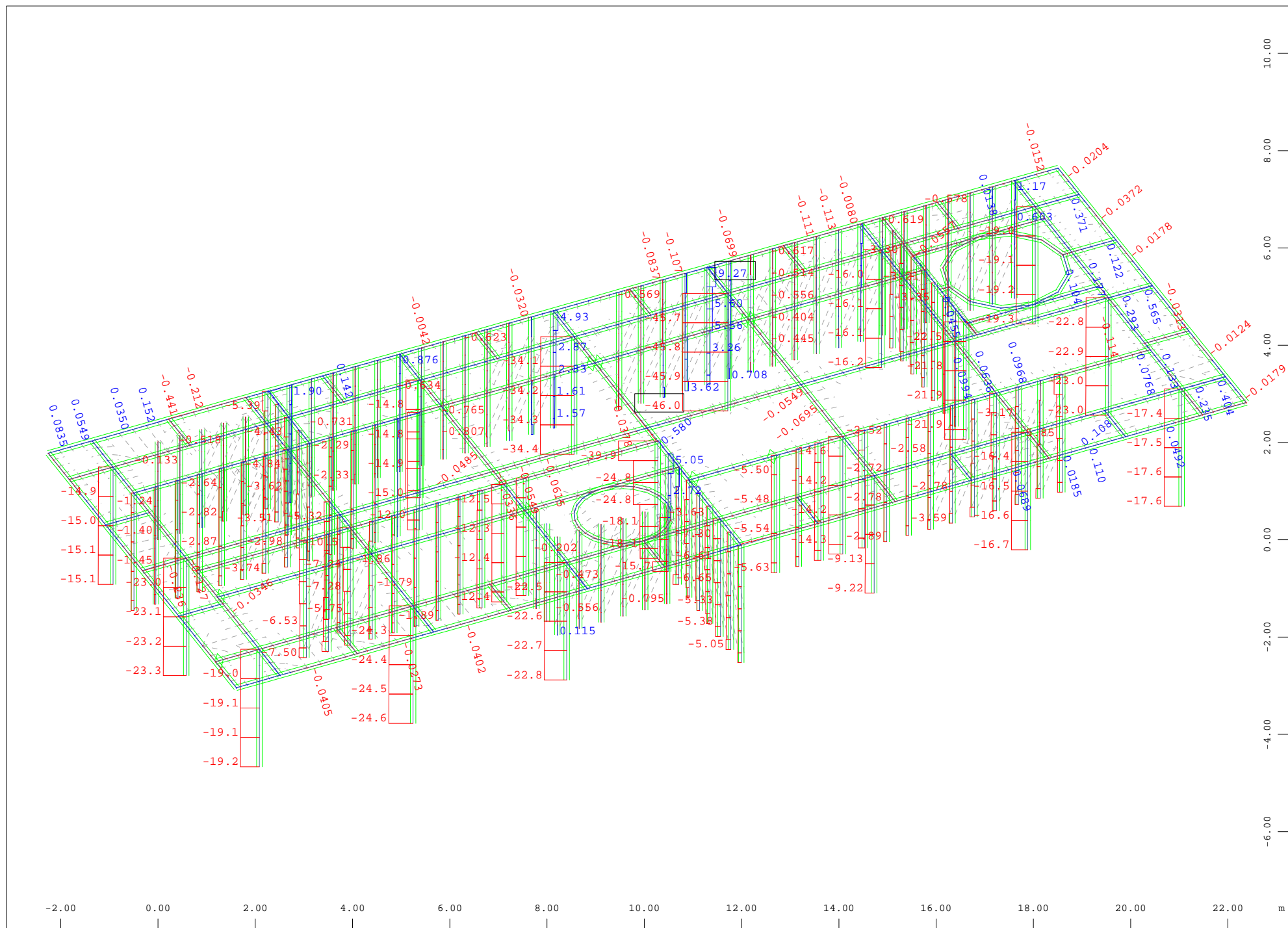
Z
Y
X

M 1 : 101

X * 0.687

Y * 0.938

Z * 0.805



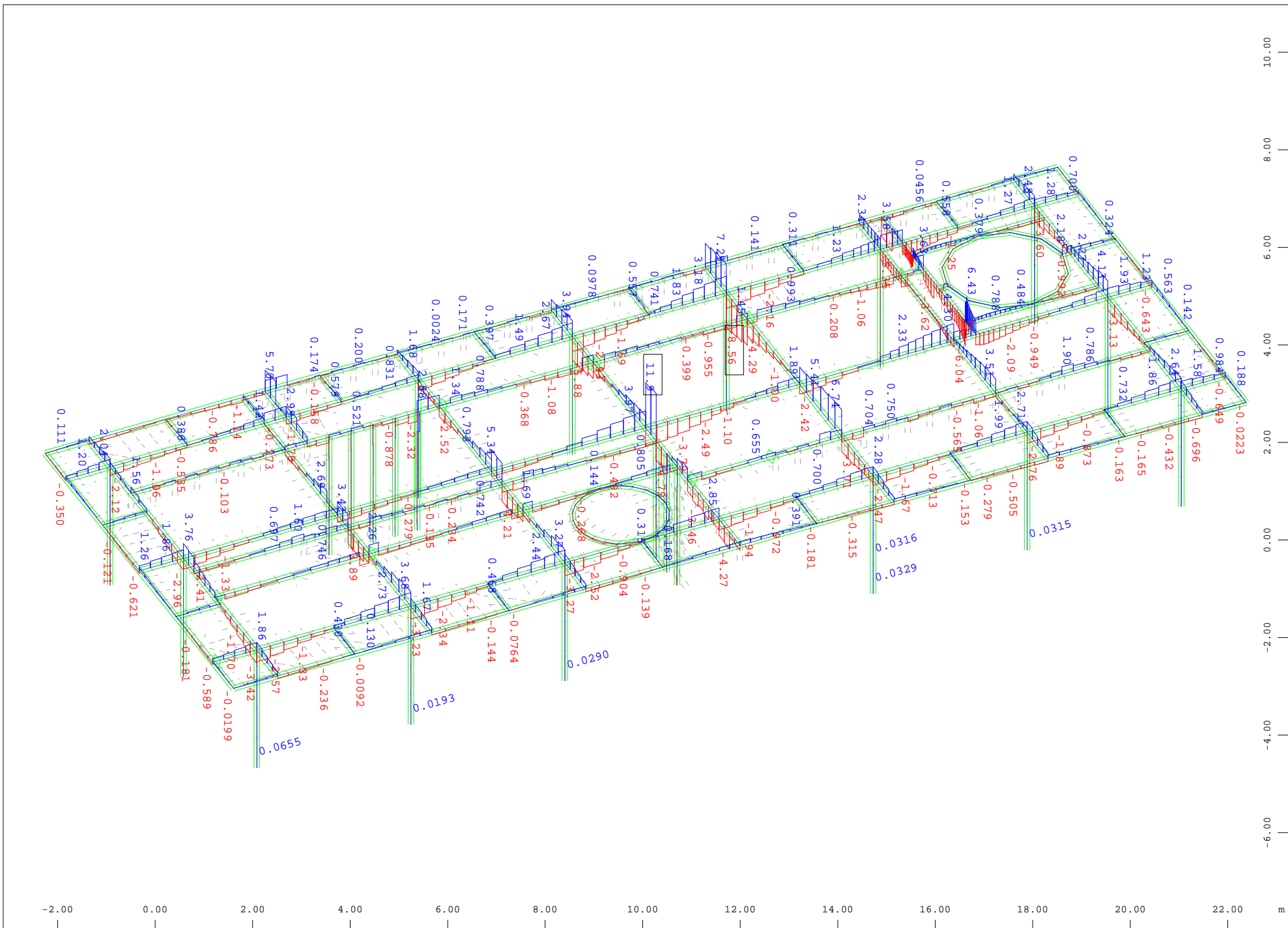
Z
Y
X

Sector of system Beam Elements Group 1 2 21 22 31 40...43

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 1001 1.35*Gki+1.50*Qk1 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-46.0) (Max=9.27)

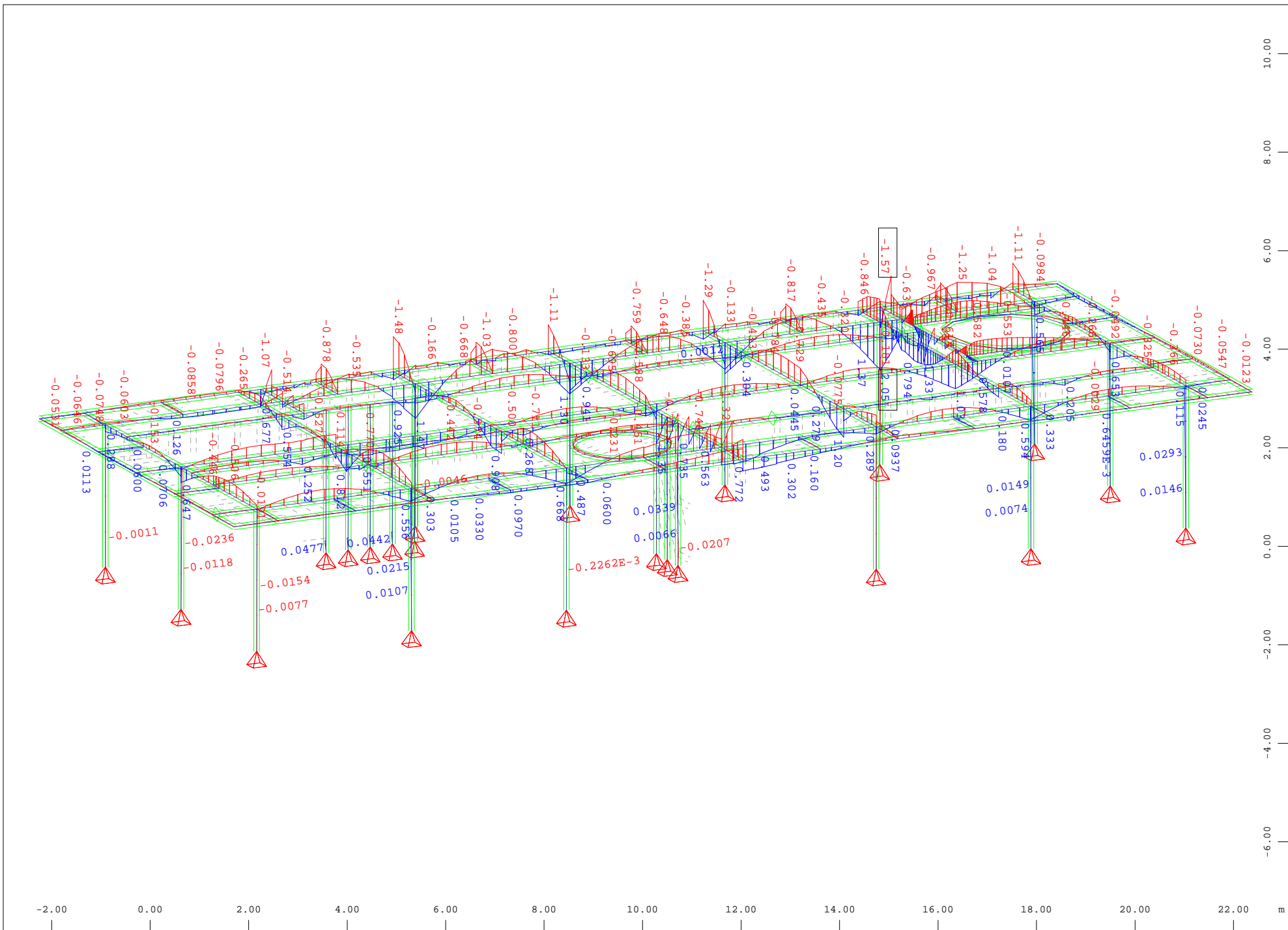
M 1 : 101

X * 0.687
Y * 0.938
Z * 0.805



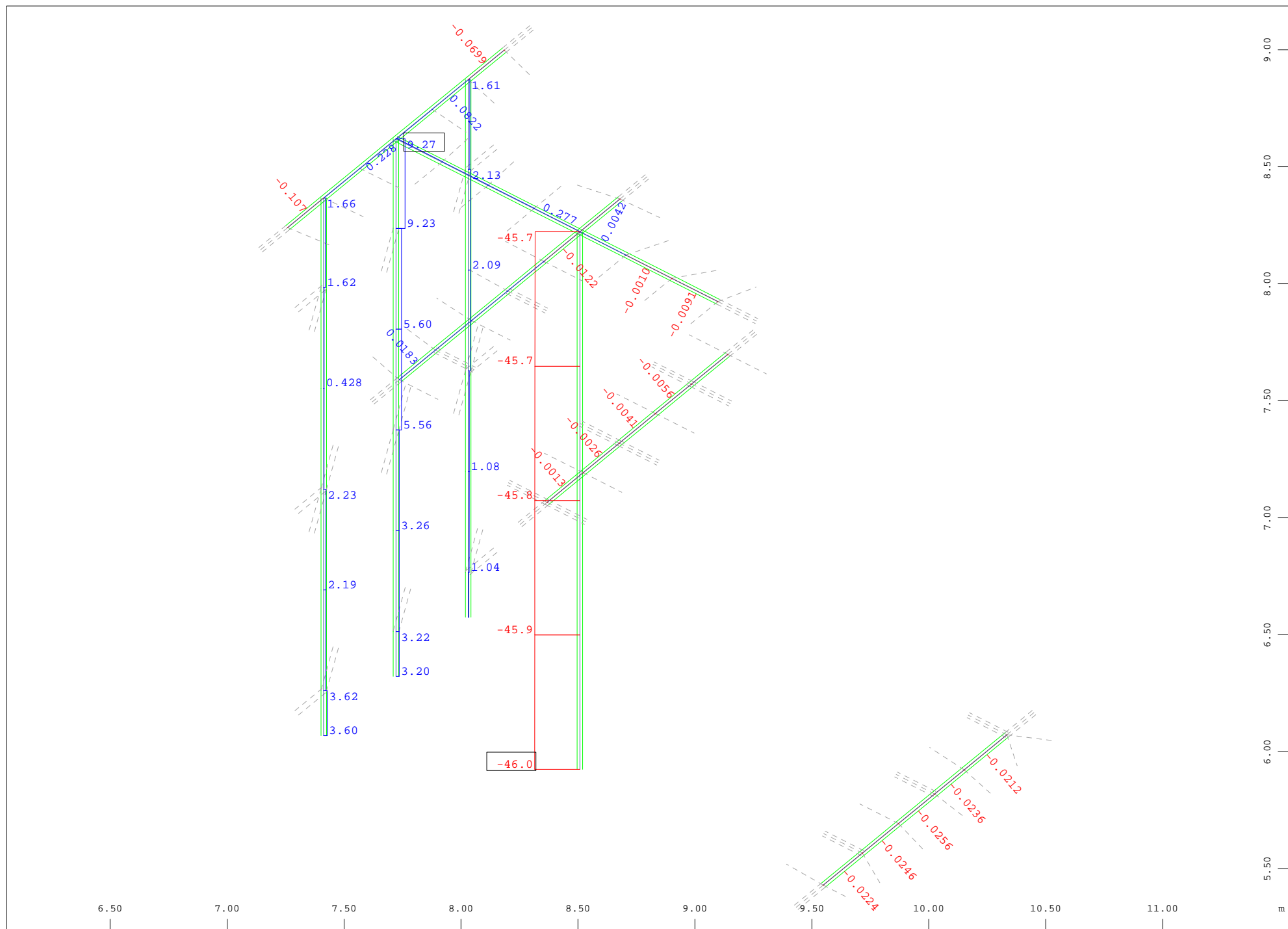
Sector of system Beam Elements Group 40...43
 Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 3001 MAX-N BEAM , 1 cm 3D = 10.0 kN (Min=-8.56) (Max=11.9)

M 1 : 101
 X * 0.687
 Y * 0.938
 Z * 0.805



Sector of system Beam Elements Group 40...43
 Beam Elements , Bending moment M_y , Loadcase 1002 1*Gki+1.50*Wx , 1 cm 3D = 2.00 kNm (Min=-1.57) (Max=2.05)

M 1 : 100
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



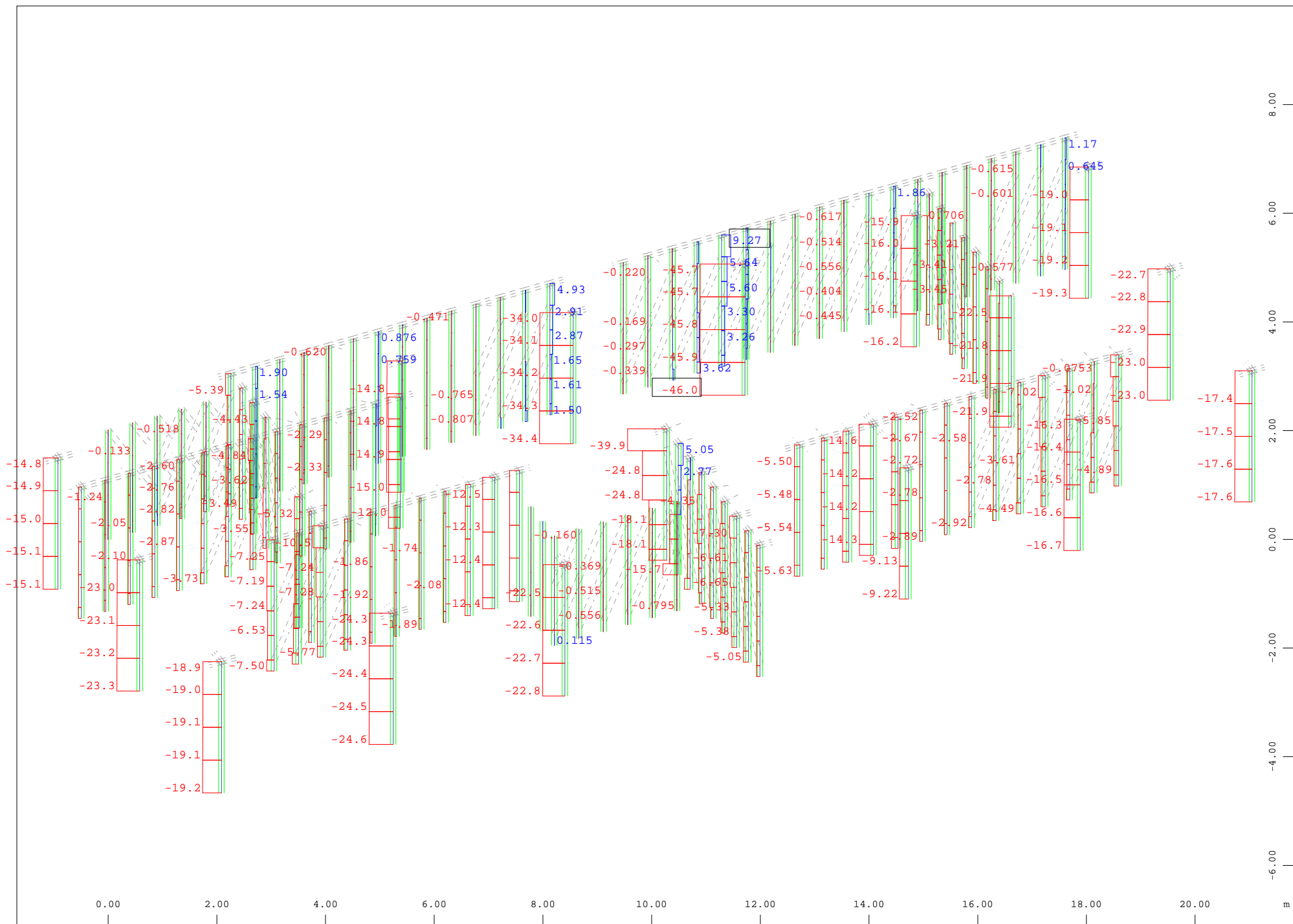
Z
Y
X

Sector of system Beam Elements Group 1 2 21 22 31 40...43

Beam Elements , Normal force N_x , Loadcase 1001 $1.35 \cdot G_{ki} + 1.50 \cdot Q_{k1}$, 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-46.0) (Max=9.27)

M 1 : 21

X * 0.881
Y * 0.798
Z * 0.766



Sector of system Beam Elements Group 1 2 21 22 31 40

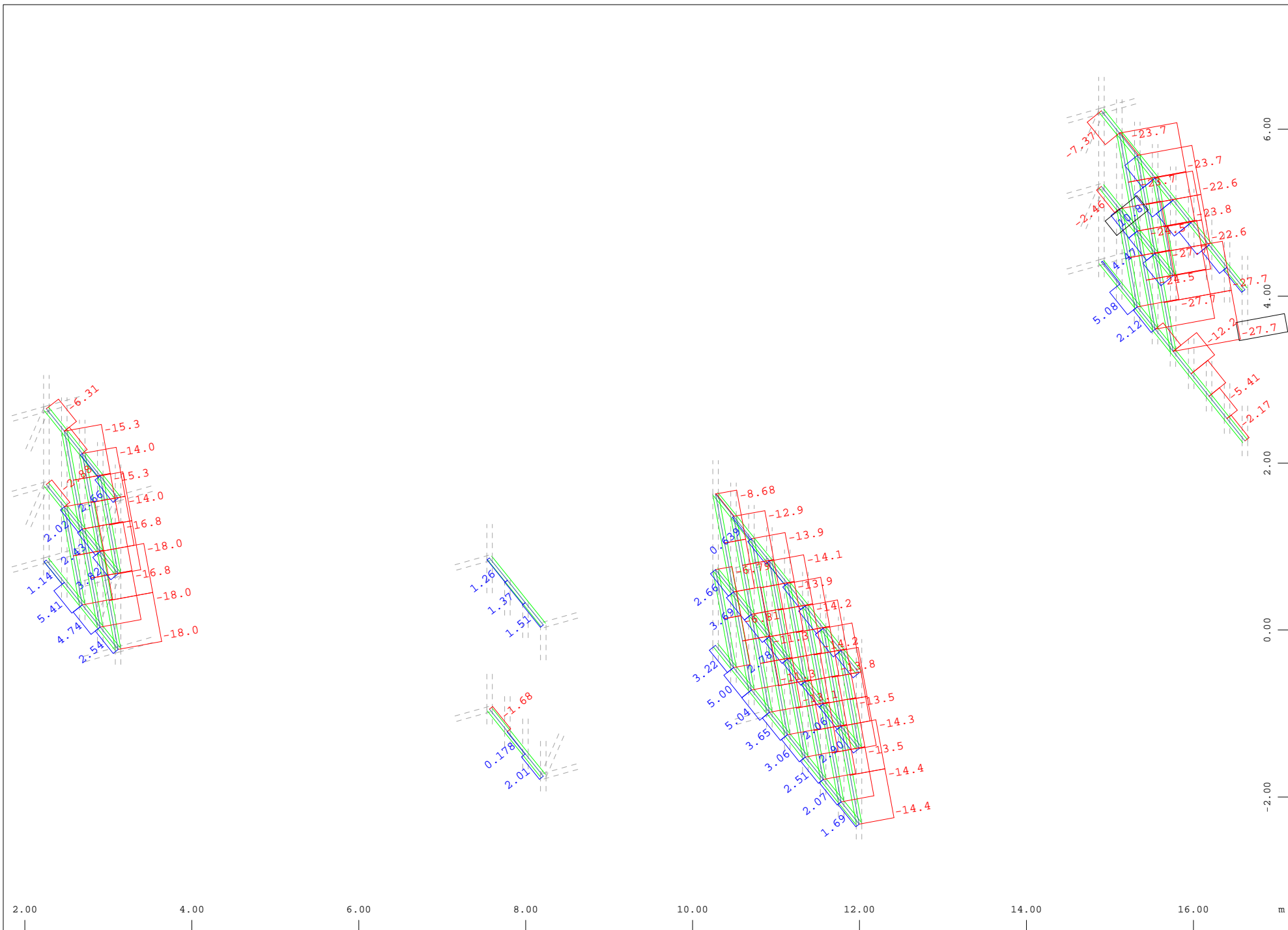
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 1001 1.35*Gki+1.50*Qk1 , 1 cm 3D = 50.0 kN (Min=-46.0) (Max=9.27)

M 1 : 90

X * 0.687

Y * 0.938

Z * 0.805



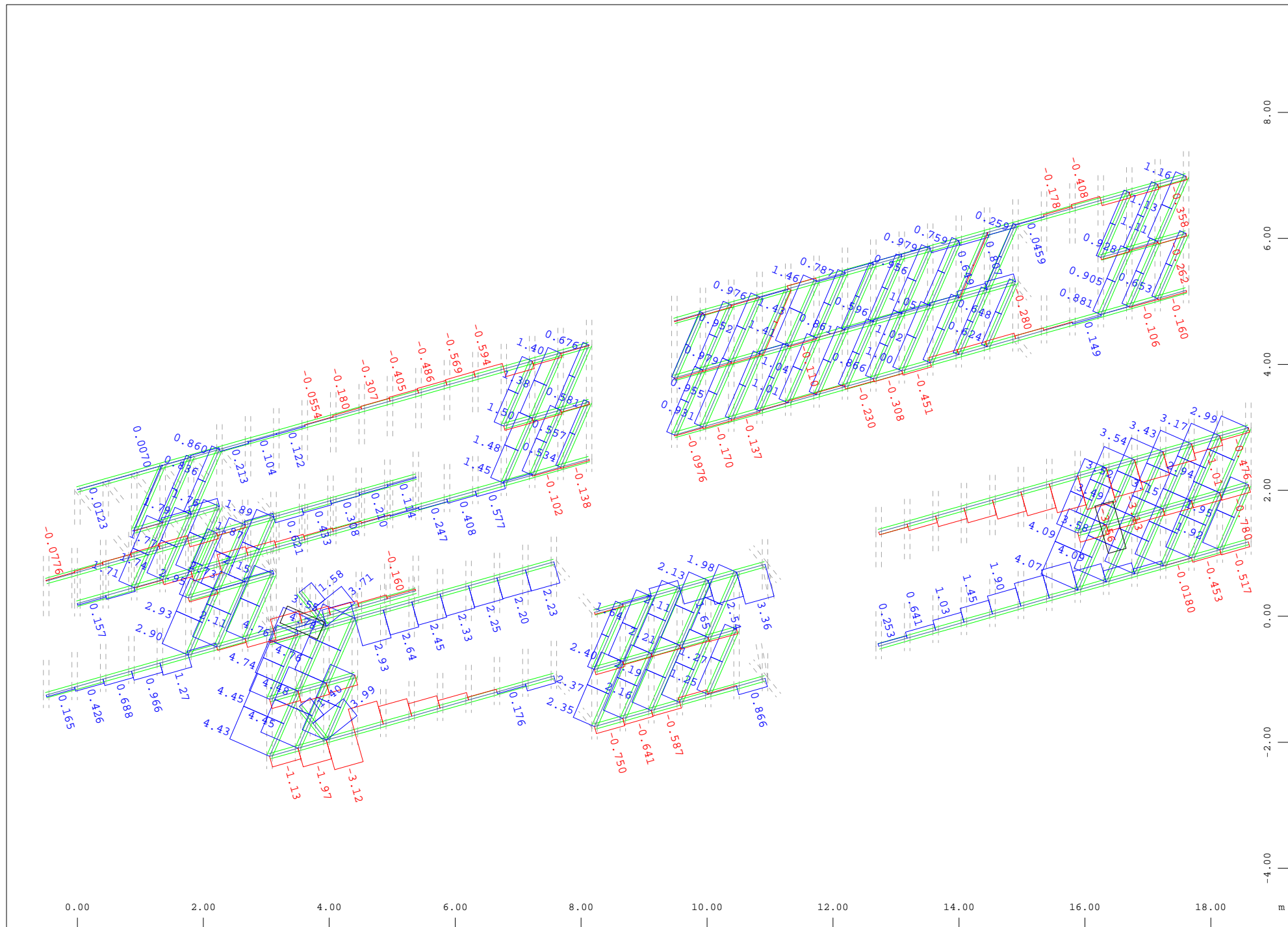
Z
Y
X

Sector of system Group 12

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 1002 1*Gki+1.50*Wx , 1 cm 3D = 20.0 kN (Min=-27.7) (Max=10.8)

M 1 : 59

X * 0.687
Y * 0.938
Z * 0.805



Sector of system Group 11

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 1003 1*Gki+1.50*Wy , 1 cm 3D = 5.00 kN (Min=-3.56) (Max=4.78)

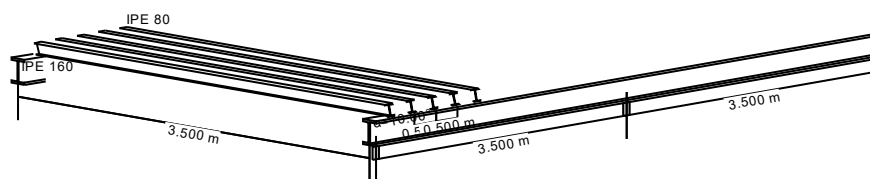
M 1 : 78

X * 0.687
Y * 0.938
Z * 0.805

6.2 ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΛΩΝ

Acropolis shop 25/09/2021**1. ΔΟΚΟΣ-ΙΡΕ 80****Δοκοί στέγης, Στέγη δύο ανοιγμάτων**

(EC3 EN1993-1-1:2005, +NA-ΕΛΟΤ:2010)

Ανοίγματα δοκού L1=3.500m, L2=3.500m**1.1. Κανονισμοί**

EN1990:2002, Ευρωκώδικας 0 Βάσεις σχεδιασμού

EN1991-1-1:2002, Ευρωκώδικας 1-1 Δράσεις

EN1991-1-3:2003, Ευρωκώδικας 1-3 Φορτία Χιονιού

EN1991-1-4:2005, Ευρωκώδικας 1-4 Φορτία Ανέμου

EN1993-1-1:2005, Ευρωκώδικας 3 1-1 Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα

EN1993-1-3:2005, Ευρωκώδικας 3 1-3 Μέλη και φύλλα ψυχρής έλασης

EN1993-1-5:2006, Ευρωκώδικας 3 1-5 Δομικά στοιχεία από επίπεδα ελάσματα

1.2. Υλικά**Χάλυβας: S 235**

(EN1993-1-1, §3.2)

 $t \leq 40 \text{ mm}$, Αντοχή διαρροής $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$, Αντοχή αστοχίας $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$ $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$, Αντοχή διαρροής $f_y = 215 \text{ N/mm}^2$, Αντοχή αστοχίας $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$ Μέτρο ελαστικότητας $E = 210000 \text{ N/mm}^2$, Λόγος Poisson $\nu = 0.30$, Πυκνότητα $\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$ **Συντ. μόνιμης και μεταβλητής δράσης**

(EN1990, Παράρτημα A1)

 $\gamma_{G, \text{sup}} = 1.35$, $\gamma_Q = 1.50$, $\gamma_{G, \text{inf}} = 1.00$, $\psi_0 = 0.70$ **Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_m**

(EN1993-1-1, §6.1)

 $\gamma_{M0} = 1.00$, $\gamma_{M1} = 1.00$, $\gamma_{M2} = 1.25$ **1.3. Βασικά στοιχεία**Ανοίγμα δοκού $L1 = 3.500 \text{ m}$, $L2 = 3.500 \text{ m}$ Απόσταση μεταξύ δοκών $s = 3.500 \text{ m}$ Γωνία στέγης $\alpha = 10.00^\circ$

Διατομή δοκού IPE 160 - S 235

Επικάλυψη Πάχος χαλυβδόφυλλου $t_w = 0.750 \text{ mm}$, Ύψος προφίλ $h_w = 40.0 \text{ mm}$ Απόσταση τεγίδων $= 0.500 \text{ m}$

Τεγίδα μη συγκρατούμενη πλευρικά, Αμφιέρεστη τεγίδα

Διατομή τεγίδων IPE 80 - S 235

1.4. Φορτίο

(EN1991-1-1)

Φορτία στέγης

Γωνία στέγης	$\alpha = 10.00^\circ$	
Φορτίο επικάλυψης	$g_{k1} = 0.950 \text{ kN/m}^2$	(EN1991-1-1 §5)
Επιβεβλημένο φορτίο (κατηγορία H)	$q_{k1} = 0.500 \text{ kN/m}^2$	(EN1991-1-1 §6.3.4.2)
Φορτίο χιονιού	$q_{sk} = 0.648 \text{ kN/m}^2$	(EN1991-1-3 §5.3)
Πίεση ανέμου	$w_k = 0.000 \text{ kN/m}^2$	(EN1991-1-4 §7.2)
Αναρόφηση ανέμου	$w_k = -0.900 \text{ kN/m}^2$	

1.5. Μελέτη τεγίδων**Τεγίδα μη συγκρατούμενη πλευρικά, IPE 80 S 235****Αμφιέρεστη τεγίδα, L= 3.500 m, s= 0.500 m****Υλικά, Τεγίδες****Χάλυβας: S 235**

(EN1993-1-1, §3.2)

$t \leq 40 \text{ mm}$, Αντοχή διαρροής $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$, Αντοχή αστοχίας $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$
 $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$, Αντοχή διαρροής $f_y = 215 \text{ N/mm}^2$, Αντοχή αστοχίας $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$
 Μέτρο ελαστικότητας $E = 210000 \text{ N/mm}^2$, Λόγος Poisson $\nu = 0.30$, Πυκνότητα $\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$

Συντ. μόνιμης και μεταβλητής δράσης

(EN1990, Παράρτημα A1)

 $\gamma_{G, \text{sup}} = 1.35$, $\gamma_Q = 1.50$, $\gamma_{G, \text{inf}} = 1.00$, $\psi_0 = 0.70$ **Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_m**

(EN1993-1-1, §6.1)

 $\gamma_{M0} = 1.00$, $\gamma_{M1} = 1.00$, $\gamma_{M2} = 1.25$ **Φορτίο, Τεγίδες**

(EN1991-1-1)

Φορτία σε τεγίδα

Απόσταση τεγίδων	$s = 0.500 \text{ m}$
Φορτίο επικάλυψης	$G_{k1} = 0.500 \times 0.950 = 0.47 \text{ kN/m}$
Βάρος τεγίδας	$G_{k2} = 0.06 \text{ kN/m}$
Μόνιμο φορτίο	$G_k = G_{k1} + G_{k2} = 0.47 + 0.06 = 0.53 \text{ kN/m}$
Επιβεβλημένο φορτίο (κατηγορία H)	$Q_{k1} = 0.500 \times 0.500 = 0.25 \text{ kN/m}$
Φορτίο χιονιού	$Q_{sk} = 0.500 \times 0.648 = 0.32 \text{ kN/m}$
Αναρόφηση ανέμου	$Q_{wk} = -0.500 \times 0.900 = -0.45 \text{ kN/m}$

Φορτίο επί τεγίδας σε κύριο άξονα(z) τεγίδας και εγκάρσια κατεύθυνση(y)

Μόνιμο φορτίο	$G_{k,z} = 0.53 \times \cos(10.00) = 0.52 \text{ kN/m}$	$G_{k,y} = 0.53 \times \sin(10.00) = 0.09 \text{ kN/m}$
Επιβεβλημένο φορτίο (κατηγορία H)	$Q_{k1,z} = 0.25 \times \cos(10.00) = 0.25 \text{ kN/m}$	$Q_{k1,y} = 0.25 \times \sin(10.00) = 0.04 \text{ kN/m}$
Φορτίο χιονιού	$Q_{sk,z} = 0.32 \times \cos(10.00) = 0.32 \text{ kN/m}$	$Q_{sk,y} = 0.32 \times \sin(10.00) = 0.06 \text{ kN/m}$
Πίεση ανέμου	$Q_{wk,z} = 0.00 \text{ kN/m}$	$Q_{wk,y} = 0.00 \text{ kN/m}$
Αναρόφηση ανέμου	$Q_{wk,z} = -0.45 \text{ kN/m}$	$Q_{wk,y} = 0.00 \text{ kN/m}$

Τιμές σχεδιασμού δράσεων, Συνδιασμοί φορτίων, Τεγίδες**Οριακή κατάσταση αστοχίας, Συνδιασμοί φορτίων** (EN1990 §6.4.3.2, Π.Α1.2Α, Π.Α1.2Β)

Πίεση	$\gamma_{G, \text{sup}} \cdot G_{k,z} + \gamma_Q \cdot Q_{k,z} + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_{wk,z} = 1.35 \times 0.52 + 1.50 \times 0.32 + 1.50 \times 0.70 \times 0.00 = 1.18 \text{ kN/m}$
Αναρόφηση	$\gamma_{G, \text{inf}} \cdot G_{k,z} - \gamma_Q \cdot Q_{wk,z} = 1.00 \times 0.52 - 1.50 \times 0.45 = -0.15 \text{ kN/m}$
Εγκάρσια	$\gamma_{G, \text{sup}} \cdot G_{k,y} + \gamma_Q \cdot Q_{k,y} = 1.35 \times 0.09 + 1.50 \times 0.06 = 0.21 \text{ kN/m}$

Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS), Συνδιασμοί φορτίων (EN1990 §6.5.3, Π.Α1.4)

Πίεση	$G_{k,z} + Q_{k,z} + \psi_0 \cdot Q_{wk,z} = 0.52 + 0.32 + 0.70 \times 0.00 = 0.84 \text{ kN/m}$
Αναρόφηση	$G_{k,z} + Q_{wk,z} = 0.52 - 0.45 = 0.07 \text{ kN/m}$

Φορτία σχεδιασμού, Τεγίδες

Φορτία σχεδιασμού, Οριακή κατάσταση αστοχίας

Πίεση	$M_{yed} = 1.18 \times 3.500^2 / 8 = 1.80 \text{ kNm}$	$V_{zed} = 1.18 \times 3.500 / 2 = 2.06 \text{ kN}$
Αναρόφηση	$M_{yed} = -0.15 \times 3.500^2 / 8 = -0.23 \text{ kNm}$	$V_{zed} = 0.15 \times 3.500 / 2 = 0.27 \text{ kN}$
Εγκάρσια	$M_{zed} = 0.21 \times 3.500^2 / 8 = 0.32 \text{ kNm}$	$V_{yed} = 0.21 \times 3.500 / 2 = 0.36 \text{ kN}$

Φορτία σχεδιασμού, Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)

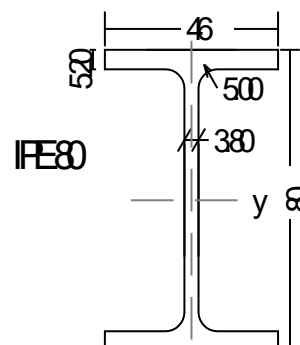
Πίεση	$M_{yed} = 0.84 \times 3.500^2 / 8 = 1.28 \text{ kNm}$	$V_{zed} = 0.84 \times 3.500 / 2 = 1.46 \text{ kN}$
-------	--	---

Χαρακτηριστικά χαλύβδινης διατομής, Τεγίδες

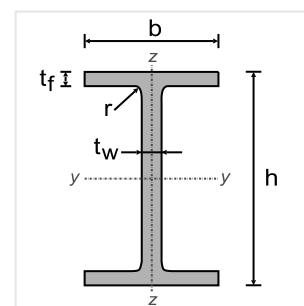
Διατομή IPE 80-S 235

Διαστάσεις διατομής

Υψος διατομής	$h = 80.00 \text{ mm}$
Πλάτος διατομής	$b = 46.00 \text{ mm}$
Υψος κορμού	$h_w = 69.60 \text{ mm}$
Υψος ευθύγραμμου τμήματος κορμού	$d_w = 59.60 \text{ mm}$
Πάχος κορμού	$t_w = 3.80 \text{ mm}$
Πάχος πέλματος	$t_f = 5.20 \text{ mm}$
Ακτίνα συναρμογής	$r = 5.00 \text{ mm}$
Μάζα	$= 6.00 \text{ Kg/m}$

**Χαρακτηριστικά διατομών**

Εμβαδόν	$A = 764 \text{ mm}^2$	
Ροπή αδρανείας	$I_y = 0.801 \times 10^6 \text{ mm}^4$	$I_z = 0.085 \times 10^6 \text{ mm}^4$
Ελαστική ροπή αντίστασης	$W_y = 20.030 \times 10^3 \text{ mm}^3$	$W_z = 3.690 \times 10^3 \text{ mm}^3$
Πλαστική ροπή αντίστασης	$W_{py} = 23.220 \times 10^3 \text{ mm}^3$	$W_{pz} = 5.820 \times 10^3 \text{ mm}^3$
Ακτίνα αδρανείας	$i_y = 32.4 \text{ mm}$	$i_z = 10.5 \text{ mm}$
Επιφάνεια διάτμησης	$A_{vz} = 357 \text{ mm}^2$	$A_{vy} = 478 \text{ mm}^2$
Σταθερά στρέψης	$I_t = 0.007 \times 10^6 \text{ mm}^4$	$i_p = 34 \text{ mm}$
Ροπή αντίστασης σε στρέψη	$W_t = 1.342 \times 10^3 \text{ mm}^3$	
Σταθερά στρέβλωσης	$I_w = 0.118 \times 10^9 \text{ mm}^6$	

**Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS), Τεγίδες**

(EN1993-1-1, §7)

Βέλος κάμψης τεγίδας, Πίεση

$$\text{Φορτίο } G+Q: w = 5 \times 0.84 \times 3500^4 / (384 \times 2.1 \times 10^5 \times 0.801 \times 10^6) = 9.72 \text{ mm} = L/361 < L/200$$

$$\text{Φορτίο } Q: w = 5 \times 0.32 \times 3500^4 / (384 \times 2.1 \times 10^5 \times 0.801 \times 10^6) = 3.66 \text{ mm} = L/957 < L/250$$

Βέλος κάμψης τεγίδας, Αναρόφηση

$$\text{Φορτίο } Q: w = 5 \times -0.45 \times 3500^4 / (384 \times 2.1 \times 10^5 \times 0.801 \times 10^6) = -5.22 \text{ mm} = L/668 < L/250$$

Βέλος κάμψης τεγίδας, Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS), Έλεγχος ικανοποιείται

Κατάταξη χαλύβδινης διατομής, Κάμψη M_y (Διατομή τεγίδων)

(EN1993-1-1, §5.5)

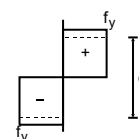
Κορμός

$$c = 80.0 - 2 \times 5.2 - 2 \times 5.0 = 59.6 \text{ mm}, t = 3.8 \text{ mm}, c/t = 59.6/3.8 = 15.68$$

$$S 235, t = 3.8 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 235 \text{ N/mm}^2, \epsilon = (235/235)^{0.5} = 1.00$$

$$c/t = 15.68 \leq 72 \epsilon = 72 \times 1.00 = 72.00$$

Ο κορμός είναι κατηγορία 1 (EN1993-1-1, Πιν.5.2)



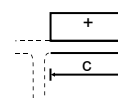
Πέλμα

$$c = 46.0/2 - 3.8/2 - 5.0 = 16.1 \text{ mm}, t = 5.2 \text{ mm}, c/t = 16.1/5.2 = 3.10$$

$$S 235, t = 5.2 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 235 \text{ N/mm}^2, \epsilon = (235/235)^{0.5} = 1.00$$

$$c/t = 3.10 \leq 9 \epsilon = 9 \times 1.00 = 9.00$$

Το πέλμα είναι κατηγορία 1 (EN1993-1-1, Πιν.5.2)

Κατάταξη ολικής διατομής είναι κατηγορία 1, Κάμψη $M_{y,ed}$

Αντοχή διατομής, Διατομή τεγίδων

(EN1993-1-1, §6.2)

Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε κάμψη y-y

(EN1993-1-1, §6.2.5)

$$M_{y,ed} = 1.80 \text{ kNm}$$

Καμπτική αντοχή $M_{ply,rd} = W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-6}] \times 23.220 \times 10^3 \times 235 / 1.00 = 5.46 \text{ kNm}$
 $M_{y,ed} = 1.80 \text{ kNm} < 5.46 \text{ kNm} = M_{y,rd} = M_{ply,rd}$, Έλεγχος ικανοποιείται
 $M_{y,ed} / M_{y,rd} = 1.80 / 5.46 = 0.330 < 1$

Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε κάμψη z-z

(EN1993-1-1, §6.2.5)

$$M_{z,ed} = 0.32 \text{ kNm}$$

Καμπτική αντοχή $M_{plz,rd} = W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-6}] \times 5.820 \times 10^3 \times 235 / 1.00 = 1.37 \text{ kNm}$
 $M_{z,ed} = 0.32 \text{ kNm} < 1.37 \text{ kNm} = M_{z,rd} = M_{plz,rd}$, Έλεγχος ικανοποιείται
 $M_{z,ed} / M_{z,rd} = 0.32 / 1.37 = 0.234 < 1$

Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε διάτμηση z

(EN1993-1-1, §6.2.6)

$$V_{z,ed} = 2.06 \text{ kN}$$

$A_v = A - 2b \cdot t_f + (t_w + 2r) t_f = 764 - 2 \times 46.0 \times 5.2 + (3.8 + 2 \times 5.0) \times 5.2 = 357 \text{ mm}^2$ (EC3 §6.2.6.3)
 $A_v = 357 \text{ mm}^2 > \eta \cdot h_w \cdot t_w = 1.00 \times (80.0 - 2 \times 5.2) \times 3.8 = 1.00 \times 69.6 \times 3.8 = 264 \text{ mm}^2$
Πλαστική διατμητική αντοχή $V_{pl,z,rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 357 \times (235 / 1.73) / 1.00 = 48.49 \text{ kN}$
 $V_{z,ed} = 2.06 \text{ kN} < 48.49 \text{ kN} = V_{z,rd} = V_{pl,z,rd}$, Έλεγχος ικανοποιείται
 $V_{z,ed} / V_{z,rd} = 2.06 / 48.49 = 0.042 < 1$

$$h_w / t_w = (80.0 - 2 \times 5.2) / 3.8 = 69.6 / 3.8 = 18.32 \leq 72 \times 1.00 / 1.00 = 72 \varepsilon / \eta = 72.00 \quad (\eta = 1.00)$$

$$S_{235}, t = 3.8 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 235 \text{ N/mm}^2, \varepsilon = (235 / 235)^{0.5} = 1.00$$

Δεν απαιτείται έλεγχος της αντίστασης λυγισμού σε τέμνουσα (EC3 §6.2.6.6)

Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε διάτμηση y

(EN1993-1-1, §6.2.6)

$$V_{y,ed} = 0.36 \text{ kN}$$

$A_v = 2b \cdot t_f = 2 \times 46.0 \times 5.2 = 478 \text{ mm}^2$, $A_v = 478 \text{ mm}^2$
Πλαστική διατμητική αντοχή $V_{pl,y,rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 478 \times (235 / 1.73) / 1.00 = 64.91 \text{ kN}$
 $V_{y,ed} = 0.36 \text{ kN} < 64.91 \text{ kN} = V_{y,rd} = V_{pl,y,rd}$, Έλεγχος ικανοποιείται
 $V_{y,ed} / V_{y,rd} = 0.36 / 64.91 = 0.006 < 1$

$$h_w / t_w = 46.0 / 5.2 = 8.85 \leq 72 \times 1.00 / 1.00 = 72 \varepsilon / \eta = 72.00 \quad (\eta = 1.00)$$

$$S_{235}, t = 5.2 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 235 \text{ N/mm}^2, \varepsilon = (235 / 235)^{0.5} = 1.00$$

Δεν απαιτείται έλεγχος της αντίστασης λυγισμού σε τέμνουσα (EC3 §6.2.6.6)

Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε αξονική δύναμη, διάτμηση και κάμψη

(EN1993-1-1, §6.2.9)

$$N_{ed} = 0.00 \text{ kN}, V_{z,ed} = 2.06 \text{ kN}, V_{y,ed} = 0.36 \text{ kN}, M_{y,ed} = 0.45 \text{ kNm}, M_{z,ed} = 0.08 \text{ kNm}$$

$$N_{ed} = 0.00 \text{ kN}, V_{z,ed} = 0.00 \text{ kN}, M_{y,ed} = 1.80 \text{ kNm}, M_{z,ed} = 0.32 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,y,rd} = 5.46 \text{ kNm}, M_{pl,z,rd} = 1.37 \text{ kNm}, V_{pl,z,rd} = 48.49 \text{ kN}, V_{pl,y,rd} = 64.91 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 0 \text{ kN}, \text{ Η επίδραση αξονικής δύναμης παραλείπεται } (EC3 §6.2.9.1 \text{ Εξ.6.33, Εξ.6.34, Εξ.6.35})$$

$$V_{ed} = 2.06 \text{ kN} \leq 0.50 \times 48.49 = 0.50 \times V_{pl,z,rd} = 24.25 \text{ kN}$$

$$\text{Η επίδραση διατμητικής δύναμης παραλείπεται } (EC3 §6.2.8.2)$$

$$(M_{y,ed} / M_{pl,y,rd})^\alpha + (M_{z,ed} / M_{pl,z,rd})^\beta \leq 1, \alpha = 2.00, \beta = 5n (>= 1) = 1.00$$

(EC3 Εξ.6.41)

$$(1.80 / 5.46)^{2.00} + (0.32 / 1.37)^{1.00} = 0.11 + 0.23 = 0.34 < 1, \text{ Έλεγχος ικανοποιείται}$$

Πλευρική δέσμευση χαλυβδόφυλλου, Τεγίδες

(EC3 EN1993-1-3:2005, §10.1)

$$\text{Πάχος χαλυβδόφυλλου } t_w = 0.750 \text{ mm}, \text{ Ύψος προφίλ } h_w = 40.0 \text{ mm}$$

$$\text{Στροφική δέσμευση από το χαλυβδόφυλλο } C_d = 1 / (1 / C_{d,a} + 1 / C_{d,c}) \quad (EN1993-1-3, §10.1.5.2)$$

$$C_{d,c} = k \cdot E \cdot I_{eff} / s, k = 2, I_{eff} = 0.3 \times 0.75 \times 39.25^2 = 347 \text{ mm}^4 / \text{m}, s = 500 \text{ mm} \quad (Εξ.10.16)$$

$$C_{d,c} = [10^{-3}] 2 \times 2.1 \times 10^5 \times 346.6 / 500 = 291.2 \text{ kNm/m}$$

$$C_{d,a} = C_{100} \cdot k_{ba} \cdot k_t \cdot k_{br} \cdot k_a \cdot k_{bt} \quad (EN1993-1-3, Εξ.10.17)$$

$$C_{100} = 2.0, k_{ba} = (80 / 100)^2 = 0.64, k_t = (0.75 / 0.75)^{1.5} = 1.00, k_{br} = 1.0, k_a = 1.0, k_{bt} = 1.0$$

$$C_{d,a} = 2.0 \times 0.64 \times 1.00 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 = 1.3 \text{ kNm/m}$$

$$C_d = 1 / (1 / 291.2 + 1 / 1.3) = 1.3 \text{ kNm/m}$$

Πλευρικός λυγισμός (Τεγίδα συγκρατούμενη πλευρικά)

(EN1993-1-1, §6.3.2)

Ελαστική κρίσιμη ροπή πλευρικού λυγισμού (EC3 §6.3.2.2.2, EN1993:2002 Παράρτημα C)
Timoshenko, S.P., Gere, J.M., Theory of elastic stability, McGraw-Hill, 1961

$$M_{cr} = C_1 \cdot [\pi^2 EI_z / (kL)^2] \cdot \{ \sqrt{[(kz/kw)^2 (I_w/I_z) + (kL)^2 G I_t / (\pi^2 EI_z) + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2]} - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j) \}$$
Μέθοδος υπολογισμού C_1, C_2, C_3 : ECCS 119/Galea SN030a-EN-EU Access Steel 2006
 $G = E / (2(1+\nu)) = 210000 / (2(1+0.30)) = 80769 = 8.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$, $I_t, eq = I_t + C_d \cdot (kL)^2 / (\pi^2 G)$

Πίεση
 $k \cdot L = 3500 \text{ mm}$, $z_g = h/2 = 80/2 = 40 \text{ mm}$, $z_j = 0 \text{ mm}$ (EN1993:2002 Εξ. C.11)

 $k_y = 1.0$, $k_z = 1.0$, $k_w = 1.0$, $C_1 = 1.127$, $C_2 = 0.454$, $C_3 = 0.000$
 $M_{cr} = [10^{-6}] 1.127 \times [\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 0.085 \times 10^6 / 3500^2]$
 $\times \{ [(1.0/1.0)^2 \times (0.118 \times 10^9 / 0.085 \times 10^6) + 3500^2 \times 8.1 \times 10^4 \times 0.027 \times 10^6 / (\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 0.085 \times 10^6) + (0.454 \times 40)^2]^{0.5} - (0.454 \times 40) \} = 6.0 \text{ kNm}$
 $I_t, eq = (0.007 \times 10^6 + 10^3 \times 1.3 \times 3500^2 / (\pi^2 \times 8.1 \times 10^4)) = 0.027 \times 10^6 \text{ mm}^4$
 $\bar{\lambda}, lt = \sqrt{(W_{pl,y} \cdot f_y / M_{cr})} = \sqrt{([10^{-6}] \times 23.220 \times 10^3 \times 235 / 6.0)} = 0.954$ (EC3 Εξ. 6.56)

 $h/b = 80/46 = 1.74 \leq 2.00$ καμπύλη λυγισμού: b

 συντελεστής ατελειών: $\alpha, lt = 0.34$, $\beta = 0.75$, $\chi, lt = 0.728$ (Π.6.3, Π.6.5, Σχ.6.4)

 $\Phi, lt = 0.5 [1 + \alpha, lt (\bar{\lambda}, lt - \bar{\lambda}, lt_0) + \beta \bar{\lambda}, lt^2] = 0.5 \times [1 + 0.34 \times (0.954 - 0.40) + 0.75 \times 0.954^2] = 0.935$
 $\chi, lt = 1 / [\Phi, lt + \sqrt{(\Phi, lt^2 - \beta \bar{\lambda}, lt^2)}] = 1 / [0.935 + \sqrt{(0.935^2 - 0.75 \times 0.935^2)}] = 0.728$

 Μειωτικός συντελεστής $\chi, lt = 1 / [\Phi, lt + \sqrt{(\Phi, lt^2 - \beta \bar{\lambda}, lt^2)}]$, $\chi, lt \leq 1.0$, $1 / \bar{\lambda}, lt^2$, $\chi, lt = 0.728$ (Εξ. 6.57)

 $M_{y, rd} = \chi, lt \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0.728 \times [10^{-6}] \times 23.220 \times 10^3 \times 235 / 1.00 = 3.97 \text{ kNm}$ (EC3 Εξ. 6.61)

 $M_{z, rd} = W_{pl,z} \cdot f_y / \gamma_{M1} = [10^{-6}] \times 5.820 \times 10^3 \times 235 / 1.00 = 1.37 \text{ kNm}$
 $M_{y, ed} / M_{y, rd} + M_{z, ed} / M_{z, rd} = 1.80 / 3.97 + 0.32 / 1.37 = 0.453 + 0.234 = 0.687$
 $0.687 < 1.000$, Ελεγχος ικανοποιείται

Ελαστική κρίσιμη ροπή πλευρικού λυγισμού (EC3 §6.3.2.2.2, EN1993:2002 Παράρτημα C)

Timoshenko, S.P., Gere, J.M., Theory of elastic stability, McGraw-Hill, 1961

$$M_{cr} = C_1 \cdot [\pi^2 EI_z / (kL)^2] \cdot \{ \sqrt{[(kz/kw)^2 (I_w/I_z) + (kL)^2 G I_t / (\pi^2 EI_z) + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2]} - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j) \}$$

 Μέθοδος υπολογισμού C_1, C_2, C_3 : ECCS 119/Galea SN030a-EN-EU Access Steel 2006

 $G = E / (2(1+\nu)) = 210000 / (2(1+0.30)) = 80769 = 8.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$
 $k \cdot L = 3500 \text{ mm}$, $z_g = -h/2 = -80/2 = -40 \text{ mm}$, $z_j = 0 \text{ mm}$ (Aianuococ) (EN1993:2002 Εξ. C.11)

 $k_y = 1.0$, $k_z = 1.0$, $k_w = 1.0$, $C_1 = 1.127$, $C_2 = 0.454$, $C_3 = 0.000$
 $M_{cr} = [10^{-6}] 1.127 \times [\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 0.085 \times 10^6 / 3500^2]$
 $\times \{ [(1.0/1.0)^2 \times (0.118 \times 10^9 / 0.085 \times 10^6) + 3500^2 \times 8.1 \times 10^4 \times 0.027 \times 10^6 / (\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 0.085 \times 10^6) + (-0.454 \times 40)^2]^{0.5} - (-0.454 \times 40) \} = 6.6 \text{ kNm}$
 $I_t, eq = (0.007 \times 10^6 + 10^3 \times 1.3 \times 3500^2 / (\pi^2 \times 8.1 \times 10^4)) = 0.027 \times 10^6 \text{ mm}^4$
 $\bar{\lambda}, lt = \sqrt{(W_{pl,y} \cdot f_y / M_{cr})} = \sqrt{([10^{-6}] \times 23.220 \times 10^3 \times 235 / 6.6)} = 0.909$ (EC3 Εξ. 6.56)

 $h/b = 80/46 = 1.74 \leq 2.00$ καμπύλη λυγισμού: b

 συντελεστής ατελειών: $\alpha, lt = 0.34$, $\beta = 0.75$, $\chi, lt = 0.754$ (Π.6.3, Π.6.5, Σχ.6.4)

 $\Phi, lt = 0.5 [1 + \alpha, lt (\bar{\lambda}, lt - \bar{\lambda}, lt_0) + \beta \bar{\lambda}, lt^2] = 0.5 \times [1 + 0.34 \times (0.909 - 0.40) + 0.75 \times 0.909^2] = 0.897$
 $\chi, lt = 1 / [\Phi, lt + \sqrt{(\Phi, lt^2 - \beta \bar{\lambda}, lt^2)}] = 1 / [0.897 + \sqrt{(0.897^2 - 0.75 \times 0.897^2)}] = 0.754$

 Μειωτικός συντελεστής $\chi, lt = 1 / [\Phi, lt + \sqrt{(\Phi, lt^2 - \beta \bar{\lambda}, lt^2)}]$, $\chi, lt \leq 1.0$, $1 / \bar{\lambda}, lt^2$, $\chi, lt = 0.754$ (Εξ. 6.57)

 $M_{b, rd} = \chi, lt \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0.754 \times [10^{-6}] \times 23.220 \times 10^3 \times 235 / 1.00 = 4.11 \text{ kNm}$ (EC3 Εξ. 6.55)

 $M_{y, ed} = 0.23 \text{ kNm} < 4.11 \text{ kNm} = M_{b, rd}$, Ελεγχος ικανοποιείται

 $M_{y, ed} / M_{b, rd} = 0.23 / 4.11 = 0.056 < 1$
1.6. Διαστασιολόγηση δοκών**Βασικά στοιχεία**
 Άνοιγμα δοκού $L_1 = 3.500 \text{ m}$, $L_2 = 3.500 \text{ m}$

 Απόσταση μεταξύ δοκών $s = 3.500 \text{ m}$

 Γωνία στέγης $\alpha = 10.00^\circ$

Διατομή δοκού IPE 160 - S 235

1.7. Φορτίο

(EN1991-1-1)

Φορτία δοκού

Απόσταση μεταξύ δοκών	$s = 3.500 \text{ m}$
Φορτίο επικάλυψης	$G_{k1} = 3.500 \times 0.950 = 3.32 \text{ kN/m}$
Βάρος τεγίδας	$G_{k2} = 0.06 \times 3.500 / 0.500 = 0.41 \text{ kN/m}$
Ιδιο βάρος δοκού	$G_{k3} = 0.15 \text{ kN/m}$
Μόνιμο φορτίο	$G_k = G_{k1} + G_{k2} + G_{k3} = 3.32 + 0.41 + 0.15 = 3.88 \text{ kN/m}$
Επιβεβλημένο φορτίο (κατηγορία H)	$Q_{kk} = 3.500 \times 0.500 = 1.75 \text{ kN/m}$
Φορτίο χιονιού	$Q_{sk} = 3.500 \times 0.648 = 2.27 \text{ kN/m}$
Αναρόφηση ανέμου	$Q_{wk} = -3.500 \times 0.900 = -3.15 \text{ kN/m}$

Φορτίο επί δοκού

Μόνιμο φορτίο	$G_{k,z} = 3.88 \times \cos(10.00) = 3.82 \text{ kN/m}$, $G_{k,y} = 3.88 \times \sin(10.00) = 0.67 \text{ kN/m}$
Επιβεβλημένο φορτίο (κατηγορία H)	$Q_{kk,z} = 1.75 \times \cos(10.00) = 1.72 \text{ kN/m}$, $Q_{kk,y} = 1.75 \times \sin(10.00) = 0.30 \text{ kN/m}$
Φορτίο χιονιού	$Q_{sk,z} = 2.27 \times \cos(10.00) = 2.24 \text{ kN/m}$, $Q_{sk,y} = 2.27 \times \sin(10.00) = 0.39 \text{ kN/m}$
Πίεση ανέμου	$Q_{wk,z} = 0.00 \text{ kN/m}$, $Q_{wk,y} = 0.00 \text{ kN/m}$
Αναρόφηση ανέμου	$Q_{wk,z} = -3.15 \text{ kN/m}$, $Q_{wk,y} = 0.00 \text{ kN/m}$

1.8. Τιμές σχεδιασμού δράσεων, Συνδιασμοί φορτίων

Οριακή κατάσταση αστοχίας, Συνδιασμοί φορτίων (EN1990 §6.4.3.2, Π.Α1.2Α, Π.Α1.2Β)

Πίεση	$\gamma_G \cdot \sup \cdot G_{k,z} + \gamma_Q \cdot Q_{k,z} + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_{wk,z} = 1.35 \times 3.82 + 1.50 \times 2.24 + 1.50 \times 0.70 \times 0.00 = 8.51 \text{ kN/m}$
Αναρόφηση	$\gamma_G \cdot \inf \cdot G_{k,z} - \gamma_Q \cdot Q_{wk,z} = 1.00 \times 3.82 - 1.50 \times 3.15 = -0.90 \text{ kN/m}$
Στον άξονα	$\gamma_G \cdot \sup \cdot G_{k,x} + \gamma_Q \cdot Q_{k,x} = 1.35 \times 0.67 + 1.50 \times 0.39 = 1.50 \text{ kN/m}$

Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS), Συνδιασμοί φορτίων (EN1990 §6.5.3, Π.Α1.4)

Πίεση	$G_{k,z} + Q_{k,z} + \psi_0 \cdot Q_{wk,z} = 3.82 + 2.24 + 0.70 \times 0.00 = 6.06 \text{ kN/m}$
Αναρόφηση	$G_{k,z} + Q_{wk,z} = 3.82 - 3.15 = 0.67 \text{ kN/m}$

1.9. Φορτία σχεδιασμούΦορτία σχεδιασμού, Οριακή κατάσταση αστοχίας

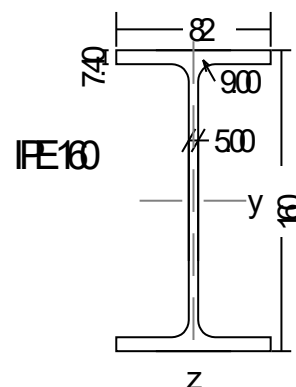
Πίεση	$M_{yed,1} = 8.74 \text{ kNm}$, $M_{yed,s} = -13.03 \text{ kNm}$, $M_{yed,2} = 8.74 \text{ kNm}$, $N_{ed} = -2.63 \text{ kN}$ $V_{zed,1A} = 12.20 \text{ kN}$, $V_{zed,1B} = -18.62 \text{ kN}$, $V_{zed,2A} = 18.62 \text{ kN}$, $V_{zed,2B} = -12.20 \text{ kN}$
Αναρόφηση	$M_{yed,1} = -2.73 \text{ kNm}$, $M_{yed,s} = 1.38 \text{ kNm}$, $M_{yed,2} = -2.73 \text{ kNm}$, $V_{zed,1A} = -2.22 \text{ kN}$, $V_{zed,1B} = 1.98 \text{ kN}$, $V_{zed,2A} = -1.98 \text{ kN}$, $V_{zed,2B} = 2.22 \text{ kN}$

Φορτία σχεδιασμού, Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)

Πίεση	$M_{yed,1} = 5.88 \text{ kNm}$, $M_{yed,s} = -9.27 \text{ kNm}$, $M_{yed,2} = 5.88 \text{ kNm}$, $V_{zed,1A} = 8.44 \text{ kN}$, $V_{zed,1B} = -13.25 \text{ kN}$, $V_{zed,2A} = 13.25 \text{ kN}$, $V_{zed,2B} = -8.44 \text{ kN}$
-------	--

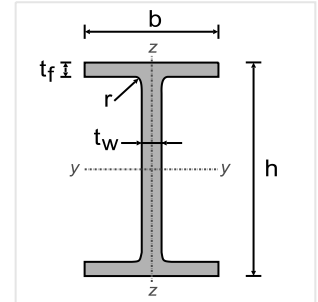
1.10. Χαρακτηριστικά χαλύβδινης διατομής**Διατομή IPE 160-S 235****Διαστάσεις διατομής**

Υψος διατομής	$h = 160.00 \text{ mm}$
Πλάτος διατομής	$b = 82.00 \text{ mm}$
Υψος κορμού	$h_w = 145.20 \text{ mm}$
Υψος ευθύγραμμου τμήματος κορμού	$d_w = 127.20 \text{ mm}$
Πάχος κορμού	$t_w = 5.00 \text{ mm}$
Πάχος πέλματος	$t_f = 7.40 \text{ mm}$
Ακτίνα συναρμογής	$r = 9.00 \text{ mm}$
Μάζα	$= 15.80 \text{ Kg/m}$



Χαρακτηριστικά διατομών

Εμβαδόν	A=	2009	mm ²		
Ροπή αδρανείας	I _y =	8.693x10 ⁶	mm ⁴	I _z =	0.683x10 ⁶ mm ⁴
Ελαστική ροπή αντίστασης	W _y =	108.70x10 ³	mm ³	W _z =	16.660x10 ³ mm ³
Πλαστική ροπή αντίστασης	W _{py} =	123.90x10 ³	mm ³	W _{pz} =	26.100x10 ³ mm ³
Ακτίνα αδρανείας	i _y =	65.8	mm	i _z =	18.4 mm
Επιφάνεια διάτμησης	A _{vz} =	966	mm ²	A _{vy} =	1214 mm ²
Σταθερά στρέψης	I _t =	0.036x10 ⁶	mm ⁴	i _p =	68 mm
Ροπή αντίστασης σε στρέψη	W _t =	4.871x10 ³	mm ³		
Σταθερά στρέβλωσης	I _w =	3.959x10 ⁹	mm ⁶		

**1.11. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)**

(EN1993-1-1, §7)

Βέλος κάμψης δοκού

Φορτίο G+Qs: w₁= 3.4mm=L/1030 (3500/ 3.4=1030), w₂= 3.4mm=L/1030 (3500/ 3.4=1030), L/1030<L/200
 Φορτίο G+Qw: w₁= 1.7mm=L/2059 (3500/ 1.7=2059), w₂= 1.7mm=L/2059 (3500/ 1.7=2059), L/2059<L/360
 Φορτίο Qs: w₁= 0.7mm=L/5001 (3500/ 0.7=5001), w₂= 0.7mm=L/5001 (3500/ 0.7=5001), L/5001<L/200
 Φορτίο Qw: w₁= 2.4mm=L/1459 (3500/ 2.4=1459), w₂= 2.4mm=L/1459 (3500/ 2.4=1459), L/1459<L/360

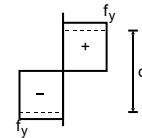
Βέλος κάμψης δοκού, Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS), Έλεγχος ικανοποιείται

1.12. Κατάταξη χαλύβδινης διατομής, Κάμψη M_y

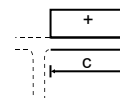
(EN1993-1-1, §5.5)

Κορμός

c=160.0-2x7.4-2x9.0=127.2 mm, t=5.0 mm, c/t=127.2/5.0=25.44
 S 235, t= 5.0 ≤ 40 mm, f_y=235 N/mm², ε=(235/235)^{0.5}=1.00
 c/t=25.44 ≤ 72ε=72x1.00=72.00
 Ο κορμός είναι κατηγορία 1 (EN1993-1-1, Πιν.5.2)

**Πέλμα**

c=82.0/2-5.0/2-9.0=29.5 mm, t=7.4 mm, c/t=29.5/7.4=3.99
 S 235, t= 7.4 ≤ 40 mm, f_y=235 N/mm², ε=(235/235)^{0.5}=1.00
 c/t=3.99 ≤ 9ε=9x1.00=9.00
 Το πέλμα είναι κατηγορία 1 (EN1993-1-1, Πιν.5.2)



Κατάταξη ολικής διατομής είναι κατηγορία 1, Κάμψη M_y, ed

1.13. Αντοχή διατομής, (Οριακή κατάσταση αστοχίας)

(EN1993-1-1, §6.2)

Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε θλίψη

(EN1993-1-1, §6.2.4)

N_{c,ed}= 2.63 kN

Θλιπτική αντοχή N_{pl,rd}= A·f_y/γ_{M0}=[10⁻³]x2009x235/1.00=472.11kN
 N_{ed}= 2.63 kN < 472.11 kN =N_{c,rd}=N_{pl,rd}, Έλεγχος ικανοποιείται
 N_{ed}/N_{c,rd}= 2.63/472.11= 0.006<1

Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε κάμψη y-y

(EN1993-1-1, §6.2.5)

M_{y,ed}= 13.03 kNm

Καμπτική αντοχή M_{pl,y,rd}=W_{pl,y}·f_y/γ_{M0}=[10⁻⁶]x123.90x10³x235/1.00= 29.12kNm
 M_{y,ed}= 13.03 kNm < 29.12 kNm =M_{y,rd}=M_{pl,y,rd}, Έλεγχος ικανοποιείται
 M_{y,ed}/M_{y,rd}= 13.03/29.12= 0.447<1

Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε διάτμηση z

(EN1993-1-1, §6.2.6)

V_{z,ed}= 18.62 kN

A_v=A-2b·t_f+(t_w+2r)t_f=2009-2x82.0x7.4+(5.0+2x9.0)x7.4=966mm² (EC3 §6.2.6.3)
 A_v= 966mm² > η·h_w·t_w= 1.00x(160.0-2x7.4)x5.0=1.00x145.2x5.0= 726mm²
 Πλαστική διατμητική αντοχή V_{pl,z,rd}=A_v(f_y/√3)/γ_{M0}= [10⁻³]x966x(235/1.73)/1.00= 131.01kN
 V_{z,ed}= 18.62 kN < 131.01 kN =V_{z,rd}=V_{pl,z,rd}, Έλεγχος ικανοποιείται
 V_{z,ed}/V_{z,rd}= 18.62/131.01= 0.142<1

h_w/t_w=(160.0-2x7.4)/5.0=145.2/5.0=29.04 ≤ 72ε/1.00=72ε/η=72.00 (η=1.00)

S 235, t= 5.0 ≤ 40 mm, f_y=235 N/mm², ε=(235/235)^{0.5}=1.00

Δεν απαιτείται έλεγχος της αντίστασης λυγισμού σε τέμνουσα

(EC3 §6.2.6.6)

Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε αξονική δύναμη, διάτμηση και κάμψη (EN1993-1-1, §6.2.9)

N.ed= 2.63kN (Θλίψη), Vz.ed= 18.62kN, My.ed= 13.03kNm

Nplrd=472.11kN, Mpl,y,rd=29.12kNm, Vpl,z,rd=131.01kN

Ned=2.63kN <= 0.25x472.11=0.25xNplrd=118.03kN

Ned=2.63kN <= [10⁻³]x0.5x145.2x5.0x235/1.00=0.5hw·tw·fy/γM0=85.30 kN

H επίδραση αξονικής δύναμης παραλείπεται (EC3 §6.2.9.1 Εξ.6.33, Εξ.6.34, Εξ.6.35)

Ved=18.62kN <= 0.50x131.01=0.50xVpl,rd=65.50kN

H επίδραση διατμητικής δύναμης παραλείπεται (EC3 §6.2.8.2)

My,ed= 13.03 kNm < 29.12 kNm =Mply,rd, Έλεγχος ικανοποιείται

My,ed/Mply,rd= 13.03/29.12= 0.447<1

1.14. Πλευρικός λυγισμός, (ULS) (Ανοιγμα δοκού)

(EN1993-1-1, §6.3.2)

My,ed=8.74 kN, L=3.500m, Lcr,y=2.450m, Lcr,z=3.500m, Lcr,lt=0.500m

Πλευρικές στηρίξεις στα σημεία στήριξης τεγίδων, Lc= 0.500m

Ελαστική κρίσιμη ροπή πλευρικού λυγισμού (EC3 §6.3.2.2.2, EN1993:2002 Παράρτημα C)

Timoshenko, S.P, Gere, J.M, Theory of elastic stability, McGraw-Hill, 1961

$M_{cr} = C_1 \cdot [\pi^2 EI_z / (kL)^2] \{ \sqrt{[(kz/kw)^2 (I_w/I_z) + (kL)^2 GIt / (\pi^2 EI_z) + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2]} - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j) \}$

Μέθοδος υπολογισμού C1, C2, C3 : ECCS 119/Galea SN030a-EN-EU Access Steel 2006

$G = E / (2(1+\nu)) = 210000 / (2(1+0.30)) = 80769 = 8.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

k·L=500mm, z_g=h/2=160/2=80mm, z_j=0mm

(EN1993:2002 Εξ. C.11)

k_y=0.7, k_z=1.0, k_w=1.0, C₁=1.000, C₂=0.459, C₃=1.000

$M_{cr} = [10^{-6}] 1.000 \times [\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 0.683 \times 10^6 / 500^2]$

$\times \{ [(1.0/1.0)^2 \times (3.959 \times 10^9 / 0.683 \times 10^6)$

$+ 500^2 \times 8.1 \times 10^4 \times 0.036 \times 10^6 / (\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 0.683 \times 10^6)$

$+ (0.459 \times 80)^2]^{0.5} - (0.459 \times 80) \} = 287.6 \text{ kNm}$

$\bar{\lambda}_{lt} = \sqrt{(W_{pl,y} \cdot f_y / M_{cr})} = \sqrt{[10^{-6}] \times 123.90 \times 10^3 \times 235 / 287.6} = 0.318$

(EC3 Εξ.6.56)

$\bar{\lambda}_{lt} \leq 0.40$, $\chi_{lt} = 1.00$

(EC3 §6.3.2.2.4)

$\chi_{lt,mod} = \chi_{lt} / f$, $\chi_{lt,mod} \leq 1$, $\chi_{lt,mod} \leq 1 / \bar{\lambda}_{lt}^2 = 1 / 0.318^2 = 9.88$

(EC3 §6.3.2.3(2), Εξ.6.58)

$K_c = 1 / (1.33 - 0.33\psi) = 0.752$, $\psi = 0.00$

(EC3 Πιν.6.6)

$f = 1 - 0.5(1 - K_c)[1 - 2.0(\bar{\lambda}_{lt} - 0.8)^2] = 1 - 0.5 \times (1 - 0.752)[1 - 2.0 \times (0.318 - 0.8)^2] = 0.934$, $f \leq 1.0$

$\chi_{lt,mod} = \chi_{lt} / f = 1.000 / 0.934 = 1.071$, $\chi_{lt,mod} \leq 1.0$, $\chi_{lt,mod} \leq 9.88$, $\chi_{lt,mod} = 1.000$

$M_{b,rd} = \chi_{lt} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1} = 1.000 \times [10^{-6}] \times 123.90 \times 10^3 \times 235 / 1.00 = 29.12 \text{ kNm}$

(EC3 Εξ.6.55)

My,ed= 8.74 kNm < 29.12 kNm =Mb,rd, Έλεγχος ικανοποιείται

My,ed/Mb,rd= 8.74/29.12= 0.300<1

1.15. Πλευρικός λυγισμός, (ULS) (Αναρόφηση)

(EN1993-1-1, §6.3.2)

My,ed=2.73 kN, L=3.500m, Lcr,y=2.450m, Lcr,z=3.500m, Lcr,lt=2.625m

Κάτω πέλμα σε θλίψη, μήκος καμπτικού και πλευρικού λυγισμού, Lc= 2.625m

Ελαστική κρίσιμη ροπή πλευρικού λυγισμού (EC3 §6.3.2.2.2, EN1993:2002 Παράρτημα C)

Timoshenko, S.P, Gere, J.M, Theory of elastic stability, McGraw-Hill, 1961

$M_{cr} = C_1 \cdot [\pi^2 EI_z / (kL)^2] \{ \sqrt{[(kz/kw)^2 (I_w/I_z) + (kL)^2 GIt / (\pi^2 EI_z) + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2]} - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j) \}$

Μέθοδος υπολογισμού C1, C2, C3 : ECCS 119/Galea SN030a-EN-EU Access Steel 2006

$G = E / (2(1+\nu)) = 210000 / (2(1+0.30)) = 80769 = 8.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

k·L=2625mm, z_g=h/2=160/2=80mm, z_j=0mm

(EN1993:2002 Εξ. C.11)

k_y=1.0, k_z=1.0, k_w=1.0, C₁=1.127, C₂=0.454, C₃=0.000

$M_{cr} = [10^{-6}] 1.127 \times [\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 0.683 \times 10^6 / 2625^2]$

$\times \{ [(1.0/1.0)^2 \times (3.959 \times 10^9 / 0.683 \times 10^6)$

$+ 2625^2 \times 8.1 \times 10^4 \times 0.036 \times 10^6 / (\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 0.683 \times 10^6)$

$+ (0.454 \times 80)^2]^{0.5} - (0.454 \times 80) \} = 25.4 \text{ kNm}$

$$\bar{\lambda}_{lt} = \sqrt{(W_{pl,y} \cdot f_y / M_{cr})} = \sqrt{([10^{-6}] \times 123.90 \times 10^3 \times 235 / 25.4)} = 1.071 \quad (\text{EC3 Εξ.6.56})$$

$$h/b = 160/82 = 1.95 \leq 2.00 \text{ καμπύλη λυγισμού: } b$$

$$\text{συντελεστής ατελειών: } \alpha_{lt} = 0.34, \beta = 0.75, \chi_{lt} = 0.656 \quad (\text{Π.6.3, Π.6.5, Σχ.6.4})$$

$$\Phi_{lt} = 0.5[1 + \alpha_{lt}(\bar{\lambda}_{lt} - \bar{\lambda}_{lto}) + \beta \bar{\lambda}_{lt}^2] = 0.5[1 + 0.34 \times (1.071 - 0.40) + 0.75 \times 1.071^2] = 1.044$$

$$\chi_{lt} = 1 / [\Phi_{lt} + \sqrt{(\Phi_{lt}^2 - \beta \bar{\lambda}_{lt}^2)}] = 1 / [1.044 + \sqrt{(1.044^2 - 0.75 \times 1.044^2)}] = 0.656$$

$$\text{Μειωτικός συντελεστής } \chi_{lt} = 1 / [\Phi_{lt} + \sqrt{(\Phi_{lt}^2 - \beta \bar{\lambda}_{lt}^2)}], \chi_{lt} \leq 1.0, 1 / \bar{\lambda}_{lt}^2, \chi_{lt} = 0.656 \quad (\text{Εξ.6.57})$$

$$\chi_{lt,mod} = \chi_{lt} / f, \chi_{lt,mod} \leq 1, \chi_{lt,mod} \leq 1 / \bar{\lambda}_{lt}^2 = 1 / 1.071^2 = 0.87 \quad (\text{EC3 §6.3.2.3(2), Εξ.6.58})$$

$$k_c = 0.94 \quad (\text{EC3 Πιν.6.6})$$

$$f = 1 - 0.5(1 - k_c)[1 - 2.0(\bar{\lambda}_{lt} - 0.8)^2] = 1 - 0.5 \times (1 - 0.940)[1 - 2.0 \times (1.071 - 0.8)^2] = 0.974, f \leq 1.0$$

$$\chi_{lt,mod} = \chi_{lt} / f = 0.656 / 0.974 = 0.673, \chi_{lt,mod} \leq 1.0, \chi_{lt,mod} \leq 0.87, \chi_{lt,mod} = 0.673$$

$$M_{b,rd} = \chi_{lt} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0.673 \times [10^{-6}] \times 123.90 \times 10^3 \times 235 / 1.00 = 19.60 \text{ kNm} \quad (\text{EC3 Εξ.6.55})$$

$$M_{y,ed} = 2.73 \text{ kNm} < 19.60 \text{ kNm} = M_{b,rd}, \text{ Ελεγχος ικανοποιείται}$$

$$M_{y,ed} / M_{b,rd} = 2.73 / 19.60 = 0.139 < 1$$

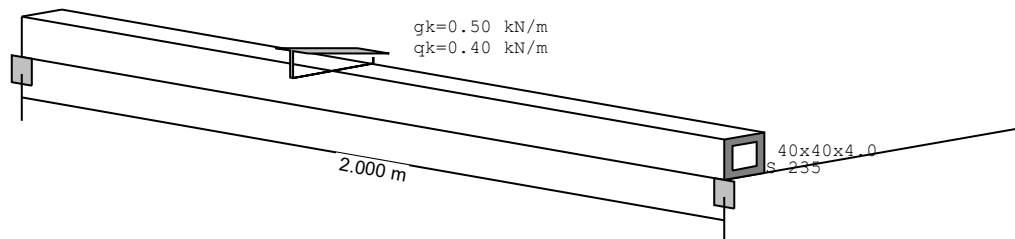
2. ΔΟΚΟΣ-SHS 40.4

Δοκοί γενικά, Δοκός ενός ανοίγματος

(EC3 EN1993-1-1:2005, +NA-EL0T:2010)

Ελεύθερο άνοιγμα δοκών πατώματος L=2.000 m, Αμφιέρειστη δοκός

Συνθήκες πλευρικών συγκρατήσεων: Πλ. συγκρ. σε L/2



2.1. Κανονισμοί

EN1990:2002, Ευρωκώδικας 0 Βάσεις σχεδιασμού

EN1991-1-1:2002, Ευρωκώδικας 1-1 Δράσεις

EN1993-1-1:2005, Ευρωκώδικας 3 1-1 Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα

EN1993-1-3:2005, Ευρωκώδικας 3 1-3 Μέλη και φύλλα ψυχρής έλασης

EN1993-1-5:2006, Ευρωκώδικας 3 1-5 Δομικά στοιχεία από επίπεδα ελάσματα

2.2. Υλικά**Χάλυβας: S 235**

(EN1993-1-1, §3.2)

$t \leq 40 \text{ mm}$, Αντοχή διαρροής $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$, Αντοχή αστοχίας $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$
 $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$, Αντοχή διαρροής $f_y = 215 \text{ N/mm}^2$, Αντοχή αστοχίας $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$
 Μέτρο ελαστικότητας $E = 210000 \text{ N/mm}^2$, Λόγος Poisson $\nu = 0.30$, Πυκνότητα $\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$

Συντ. μόνιμης και μεταβλητής δράσης

(EN1990, Παράρτημα A1)

 $\gamma_G = 1.35$, $\gamma_Q = 1.50$ **Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_m**

(EN1993-1-1, §6.1)

 $\gamma_{M0} = 1.00$, $\gamma_{M1} = 1.00$, $\gamma_{M2} = 1.25$ **2.3. Φορτίο**

(EN1991-1-1)

Φορτίο επί δοκούΜόνιμο φορτίο $G_{k1} = 0.50 \text{ kN/m}$ Ιδιο βάρος δοκού $G_{k2} = 0.04 \text{ kN/m}$ Μόνιμο φορτίο $G_k = G_{k1} + G_{k2} = 0.54 \text{ kN/m}$ Μεταβλητό φορτίο $Q_k = 0.40 \text{ kN/m}$ **2.4. Τιμές σχεδιασμού δράσεων, Συνδιασμοί φορτίων**Οριακή κατάσταση αστοχίας, Συνδιασμοί φορτίων

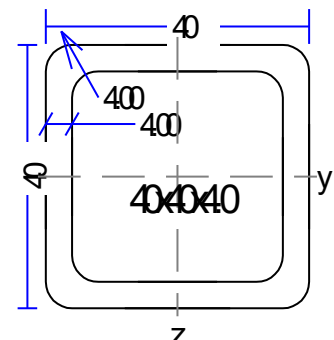
(EN1990 §6.4.3.2, Π.Α1.2Α, Π.Α1.2Β)

 $\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k = 1.35 \times 0.54 + 1.50 \times 0.40 = 1.33 \text{ kN/m}$, $q_{l^2}/8 = 0.66 \text{ kNm}$ Φορτία σχεδιασμού, Οριακή κατάσταση αστοχίας $M_{yed} = \frac{1.33 \times 2.000^2}{8} = 0.66 \text{ kNm}$, $V_{zed} = \frac{1.33 \times 2.000}{2} = 1.33 \text{ kN}$ Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS), Συνδιασμοί φορτίων

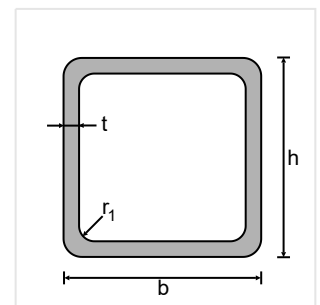
(EN1990 §6.5.3, Π.Α1.4)

 $G_k + Q_k = 0.54 + 0.40 = 0.94 \text{ kN/m}$ Φορτία σχεδιασμού, Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS) $M_{yed} = \frac{0.94 \times 2.000^2}{8} = 0.47 \text{ kNm}$, $V_{zed} = \frac{0.94 \times 2.000}{2} = 0.94 \text{ kN}$ **2.5. Χαρακτηριστικά χαλύβδινης διατομής****Διατομή 40x40x4.0-S 235****Διαστάσεις διατομής**

Υψος διατομής	$h =$	40.00 mm
Πλάτος διατομής	$b =$	40.00 mm
Υψος κορμού	$h_w =$	32.00 mm
Υψος ευθύγραμμου τμήματος κορμού	$d_w =$	28.00 mm
Πάχος κορμού	$t_w =$	4.00 mm
Πάχος πέλματος	$t_f =$	4.00 mm
Ακτίνα συναρμογής	$r =$	4.00 mm
Μάζα	$=$	4.20 Kg/m

**Χαρακτηριστικά διατομών**

Εμβαδόν	$A =$	535	mm^2
Ροπή αδρανείας	$I_y =$	0.111×10^6	mm^4
Ελαστική ροπή αντίστασης	$W_y =$	5.540×10^3	mm^3
Πλαστική ροπή αντίστασης	$W_{py} =$	6.990×10^3	mm^3
Ακτίνα αδρανείας	$i_y =$	14.4	mm
Επιφάνεια διάντλησης	$A_{vz} =$	268	mm^2
Σταθερά στρέψης	$I_t =$	0.194×10^6	mm^4
Ροπή αντίστασης σε στρέψη	$W_t =$	10.400×10^3	mm^3
	$I_z =$	0.111×10^6	mm^4
	$W_z =$	5.540×10^3	mm^3
	$W_{pz} =$	6.990×10^3	mm^3
	$i_z =$	14.4	mm
	$A_{vy} =$	268	mm^2
	$i_p =$	20	mm



2.6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)

(EN1993-1-1, §7)

Βέλος κάμψης δοκού

$$\text{Φορτίο } G+Q: w=5 \times 0.94 \times 2000^4 / (384 \times 2.1 \times 10^5 \times 0.111 \times 10^6) = 8.40 \text{ mm} = L/239 < L/200$$

$$\text{Φορτίο } Q: w=5 \times 0.40 \times 2000^4 / (384 \times 2.1 \times 10^5 \times 0.111 \times 10^6) = 3.58 \text{ mm} = L/560 < L/360$$

Βέλος κάμψης δοκού, Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS), Έλεγχος ικανοποιείται

2.7. Κατάταξη χαλύβδινης διατομής, Κάμψη M_y

(EN1993-1-1, §5.5)

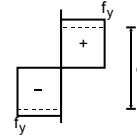
Κορμός

$$c=40.0-3 \times 4.0=28.0 \text{ mm}, t=4.0 \text{ mm}, c/t=28.0/4.0=7.00$$

$$S 235, t=4.0 \leq 40 \text{ mm}, f_y=235 \text{ N/mm}^2, \epsilon=(235/235)^{0.5}=1.00$$

$$c/t=7.00 \leq 72 \epsilon=72 \times 1.00=72.00$$

Ο κορμός είναι κατηγορία 1 (EN1993-1-1, Πιν.5.2)



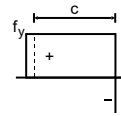
Πέλυμα

$$c=40.0-3 \times 4.0=28.0 \text{ mm}, t=4.0 \text{ mm}, c/t=28.0/4.0=7.00$$

$$S 235, t=4.0 \leq 40 \text{ mm}, f_y=235 \text{ N/mm}^2, \epsilon=(235/235)^{0.5}=1.00$$

$$c/t=7.00 \leq 33 \epsilon=33 \times 1.00=33.00$$

Το πέλυμα είναι κατηγορία 1 (EN1993-1-1, Πιν.5.2)

Κατάταξη ολικής διατομής είναι κατηγορία 1, Κάμψη M_y , ed**2.8. Αντοχή διατομής, Διατομή δοκού**

(EN1993-1-1, §6.2)

Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε κάμψη $y-y$

(EN1993-1-1, §6.2.5)

$$M_{y,ed} = 0.66 \text{ kNm}$$

$$\text{Καμπτική αντοχή } M_{ply,rd} = W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-6}] \times 6.990 \times 10^3 \times 235 / 1.00 = 1.64 \text{ kNm}$$

$$M_{y,ed} = 0.66 \text{ kNm} < 1.64 \text{ kNm} = M_{y,rd} = M_{ply,rd}, \text{ Έλεγχος ικανοποιείται}$$

$$M_{y,ed} / M_{y,rd} = 0.66 / 1.64 = 0.402 < 1$$

Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε διάτμηση z

(EN1993-1-1, §6.2.6)

$$V_{z,ed} = 1.33 \text{ kN}$$

$$A_v = A \cdot h / (b+h) = 535 \times 40.0 / (40.0+40.0) = 268 \text{ mm}^2, A_v = 268 \text{ mm}^2$$

$$\text{Πλαστική διατμητική αντοχή } V_{pl,z,rd} = A_v (f_y / \sqrt{3}) / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 268 \times (235 / 1.73) / 1.00 = 36.29 \text{ kN}$$

$$V_{z,ed} = 1.33 \text{ kN} < 36.29 \text{ kN} = V_{z,rd} = V_{pl,z,rd}, \text{ Έλεγχος ικανοποιείται}$$

$$V_{z,ed} / V_{z,rd} = 1.33 / 36.29 = 0.037 < 1$$

$$h_w / t_w = (40.0 - 2 \times 4.0) / 4.0 = 32.0 / 4.0 = 8.00 \leq 72 \epsilon / \eta = 72.00 \quad (\eta=1.00)$$

$$S 235, t=4.0 \leq 40 \text{ mm}, f_y=235 \text{ N/mm}^2, \epsilon=(235/235)^{0.5}=1.00$$

Δεν απαιτείται έλεγχος της αντίστασης λυγισμού σε τέμνουσα

(EC3 §6.2.6.6)

Οριακή κατάσταση αστοχίας, Κάμψη και διάτμηση

(EN1993-1-1, §6.2.8)

$$V_{z,ed} = 0.67 \text{ kN}, M_{y,ed} = 0.50 \text{ kNm}, \text{ Στη θέση } x=0.500 \text{ m}$$

$$V_{z,ed} = 0.67 \text{ kN} \leq V_{pl,z,rd} / 2 = 36.29 / 2 = 18.15 \text{ kN}$$

(EC3 §6.2.8(2))

Επίδραση διάτμησης σε αντοχή κάμψης παραβλέπεται

2.9. Πλευρικός λυγισμός, (ULS) (Ανοιγμα δοκού)

(EN1993-1-1, §6.3.2)

$$M_{y,ed} = 0.66 \text{ kN}, L = 2.000 \text{ m}, L_{cr,y} = 2.000 \text{ m}, L_{cr,z} = 2.000 \text{ m}, L_{cr,lt} = 1.000 \text{ m}$$

Ελαστική κρίσιμη ροπή πλευρικού λυγισμού

(EC3 §6.3.2.2.2, EN1993:2002 Παράρτημα C)

Timoshenko, S.P., Gere, J.M., Theory of elastic stability, McGraw-Hill, 1961

$$M_{cr} = C_1 \cdot [\pi^2 E I_z / (k L)^2] \{ \sqrt{[(k z / k_w)^2 (I_w / I_z) + (k L)^2 G I_t / (\pi^2 E I_z) + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2]} - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j) \}$$

Μέθοδος υπολογισμού C_1, C_2, C_3 : ECCS 119/Galea SN030a-EN-EU Access Steel 2006

$$\mu = M_o / M = q L^2 / 8 M = 0.25, \psi = M_b / M_a = 0.00, C_1 = 1.325, C_2 = 0.122$$

$$G = E / (2(1+\nu)) = 210000 / (2(1+0.30)) = 80769 = 8.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$$

$$k \cdot L = 1000 \text{ mm}, z_g = h/2 = 40/2 = 20 \text{ mm}, z_j = 0 \text{ mm}$$

(EN1993:2002 Εξ. C.11)

$$k_y = 1.0, k_z = 1.0, k_w = 1.0, C_1 = 1.325, C_2 = 0.122, C_3 = 0.000$$

$$M_{cr} = [10^{-6}] 1.325 \times [\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 0.111 \times 10^6 / 1000^2]$$

$$\times \{ [(1.0/1.0)^2 \times (0.000 \times 10^9 / 0.111 \times 10^6) +$$

$$+ 1000^2 \times 8.1 \times 10^4 \times 0.194 \times 10^6 / (\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 0.111 \times 10^6) +$$

$$+ (0.122 \times 20)^2 \}^{0.5} - (0.122 \times 20) \} = 78.8 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{lt} = \sqrt{(W_{pl,y} \cdot f_y / M_{cr})} = \sqrt{([10^{-6}] \times 6.990 \times 10^3 \times 235 / 78.8)} = 0.144 \quad (\text{EC3 Εξ.6.56})$$

$$\bar{\lambda}_{lt} \leq 0.40, \chi_{lt} = 1.00 \quad (\text{EC3 §6.3.2.2.4})$$

$$\chi_{lt,mod} = \chi_{lt} / f, \chi_{lt,mod} \leq 1, \chi_{lt,mod} \leq 1 / \bar{\lambda}_{lt}^2 = 1 / 0.144^2 = 47.97 \quad (\text{EC3 §6.3.2.3(2), Εξ.6.58})$$

$$K_c = 1 / (1.33 - 0.33\psi) = 0.752, \psi = 0.00 \quad (\text{EC3 Πιν.6.6})$$

$$f = 1 - 0.5(1 - K_c) [1 - 2.0(\bar{\lambda}_{lt} - 0.8)^2] = 1 - 0.5 \times (1 - 0.752) [1 - 2.0 \times (0.144 - 0.8)^2] = 0.983, f \leq 1.0$$

$$\chi_{lt,mod} = \chi_{lt} / f = 1.000 / 0.983 = 1.018, \chi_{lt,mod} \leq 1.0, \chi_{lt,mod} \leq 47.97, \chi_{lt,mod} = 1.000$$

$$M_{b,rd} = \chi_{lt} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1} = 1.000 \times [10^{-6}] \times 6.990 \times 10^3 \times 235 / 1.00 = 1.64 \text{ kNm} \quad (\text{EC3 Εξ.6.55})$$

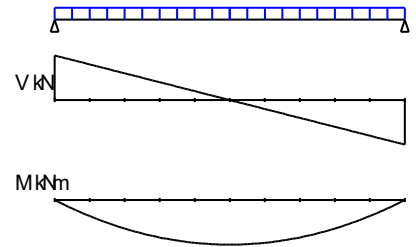
$$M_{y,ed} = 0.66 \text{ kNm} < 1.64 \text{ kNm} = M_{b,rd}, \text{ Ελεγχος ικανοποιείται}$$

$$M_{y,ed} / M_{b,rd} = 0.66 / 1.64 = 0.402 < 1$$

3. ΔΟΚΟΣ-L120x80x8

Μέλη σε κάμψη, $M_{y,k}$
(EC3 EN1993-1-1:2005, §6.3.2)

Διατομή : L120x80x8
Δράσεις : Διαστασιολόγηση δοκών, Κάμψη
Χάλυβας : S 235



3.1. Κανονισμοί

EN1990:2002, Ευρωκώδικας 0 Βάσεις σχεδιασμού
EN1993-1-1:2005, Ευρωκώδικας 3 1-1 Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα
EN1993-1-3:2005, Ευρωκώδικας 3 1-3 Μέλη και φύλλα ψυχρής έλασης
EN1993-1-5:2006, Ευρωκώδικας 3 1-5 Δομικά στοιχεία από επίπεδα ελάσματα

3.2. Υλικά

Χάλυβας: S 235 (EN1993-1-1, §3.2)

$t \leq 40 \text{ mm}$, Αντοχή διαρροής $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$, Αντοχή αστοχίας $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$
 $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$, Αντοχή διαρροής $f_y = 215 \text{ N/mm}^2$, Αντοχή αστοχίας $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$
Μέτρο ελαστικότητας $E = 210000 \text{ N/mm}^2$, Λόγος Poisson $\nu = 0.30$, Πυκνότητα $\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$

Συντ. μόνιμης και μεταβλητής δράσης (EN1990, Παράρτημα A1)
 $\gamma_G = 1.35, \gamma_Q = 1.50, \psi_0 = 0.70$

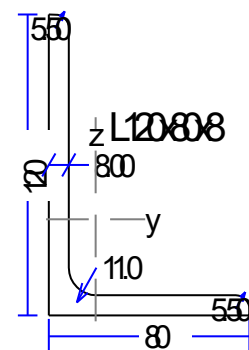
Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_m (EN1993-1-1, §6.1)
 $\gamma_{M0} = 1.00, \gamma_{M1} = 1.00, \gamma_{M2} = 1.25$

Χαρακτηριστικά χαλύβδινης διατομής

Διατομή L120x80x8 -S 235

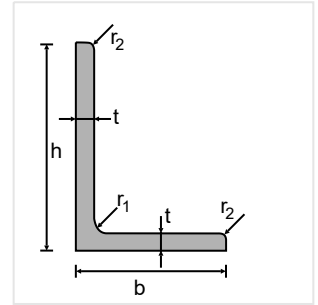
Διαστάσεις διατομής

Υψος διατομής	$h = 120.00 \text{ mm}$
Πλάτος διατομής	$b = 80.00 \text{ mm}$
Υψος κορμού	$h_w = 120.00 \text{ mm}$
Υψος ευθύγραμμου τμήματος κορμού	$d_w = 120.00 \text{ mm}$
Πάχος κορμού	$t_w = 8.00 \text{ mm}$
Πάχος πέλματος	$t_f = 8.00 \text{ mm}$
Ακτίνα συναρμογής	$r = 11.00 \text{ mm}$
Μάζα	$= 12.20 \text{ Kg/m}$



Χαρακτηριστικά διατομών

Εμβαδόν	A=	1549	mm ²		
Ροπή αδρανείας	I _y =	2.257x10 ⁶	mm ⁴	I _z =	0.808x10 ⁶ mm ⁴
Ροπή αδρανείας	I _u =	2.601x10 ⁶	mm ⁴	I _v =	0.463x10 ⁶ mm ⁴
Ελαστική ροπή αντίστασης	W _y =	27.630x10 ³	mm ³	W _z =	13.170x10 ³ mm ³
Πλαστική ροπή αντίστασης	W _{py} =	93.312x10 ³	mm ³	W _{pz} =	27.264x10 ³ mm ³
Ακτίνα αδρανείας	i _y =	38.2	mm	i _z =	22.8 mm
Ακτίνα αδρανείας	i _u =	41.0	mm	i _v =	17.3 mm
Επιφάνεια διάτμησης	A _{vz} =	985	mm ²	A _{vy} =	640 mm ²
Σταθερά στρέψης	I _t =	0.047x10 ⁶	mm ⁴	i _p =	44 mm
Ροπή αντίστασης σε στρέψη	W _t =	5.856x10 ³	mm ³		
Σταθερά στρέβλωσης	I _w =	1.070x10 ⁹	mm ⁶		

**3.3. Διαστάσεις και φορτία**

Ανοιγμα δοκού L=3.50 m

Μήκος λυγισμού y-y: L_{cr,y}=1.000x3.500=3.500m

Μήκος λυγισμού z-z: L_{cr,z}=1.000x3.500=3.500m

Φορτία δοκού

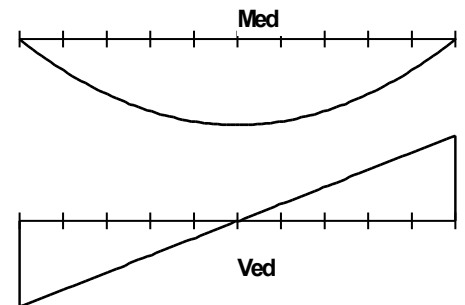
ίδιο βάρος δοκού	g ₀ =	0.12kN/m	(1.35x	0.12+1.50x	0.00=	0.16kN/m)		
ομοιόμορφο φορτίο	g ₁ =	2.00kN/m	q ₁ =	0.00kN/m	(1.35x	2.00+1.50x	0.00=	2.70kN/m)

3.4. Δυνάμεις σχεδιασμού, διατμητικές δυνάμεις και καμπτικές ροπές

Τέμνουσες και καμπτικές ροπές για συνδυασμό φορτίσεων 1.35i

x/L=0.00, x=	0.00m, Med=	0.00 kNm, Ved=	5.01 kN
x/L=0.10, x=	0.35m, Med=	1.58 kNm, Ved=	4.01 kN
x/L=0.20, x=	0.70m, Med=	2.81 kNm, Ved=	3.01 kN
x/L=0.30, x=	1.05m, Med=	3.68 kNm, Ved=	2.01 kN
x/L=0.40, x=	1.40m, Med=	4.21 kNm, Ved=	1.00 kN
x/L=0.50, x=	1.75m, Med=	4.39 kNm, Ved=	0.00 kN
x/L=0.60, x=	2.10m, Med=	4.21 kNm, Ved=	-1.00 kN
x/L=0.70, x=	2.45m, Med=	3.68 kNm, Ved=	-2.01 kN
x/L=0.80, x=	2.80m, Med=	2.81 kNm, Ved=	-3.01 kN
x/L=0.90, x=	3.15m, Med=	1.58 kNm, Ved=	-4.01 kN
x/L=1.00, x=	3.50m, Med=	0.00 kNm, Ved=	-5.01 kN

Μέγιστη Med= 4.39 kNm, Μέγιστη Ved= 5.01 kN

**3.5. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)**

(EN1993-1-1, §7)

Μέγιστη κατακόρυφη μετατόπιση

Φορτίο G : w_g = 8.83 mm = L/396 < L/200

Φορτίο G+Q : w = 8.83 mm = L/396 < L/200

Βέλος κάμψης δοκού, Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS), Έλεγχος ικανοποιείται

3.6. Κατάταξη χαλύβδινης διατομής, Κάμψη M_y

(EN1993-1-1, §5.5)

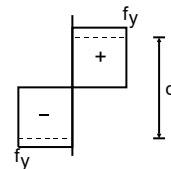
Κορμός

c=120.0=120.0 mm, t=8.0 mm, c/t=120.0/8.0=15.00

S 235, t= 8.0 ≤ 40 mm, f_y=235 N/mm², ε=(235/235)^{0.5}=1.00

c/t=15.00 ≤ 72ε=72x1.00=72.00

Ο κορμός είναι κατηγορία 1 (EN1993-1-1, Πιν.5.2)



Κατάταξη ολικής διατομής είναι κατηγορία 1, Κάμψη M_{y,ed}

3.7. Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε κάμψη y-y

(EN1993-1-1, §6.2.5)

M_{y,ed}= 4.39 kNm

Καμπτική αντοχή M_{ply,rd}=W_{ply}·f_y/γ_{M0}=[10⁻⁶]x93.312x10³x235/1.00= 21.93kNm

M_{y,ed}= 4.39 kNm < 21.93 kNm =M_{y,rd}=M_{ply,rd}, Έλεγχος ικανοποιείται

M_{y,ed}/M_{y,rd}= 4.39/21.93= 0.200 < 1

3.8. Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε διάτμηση z

(EN1993-1-1, §6.2.6)

$$V_{z,ed} = 5.01 \text{ kN}$$

$$A_v = A - b \cdot t_f + 0.5(t_w + r)t_f = 1549 - 80.0 \times 8.0 + 0.50 \times (8.0 + 11.0) \times 8.0 = 985 \text{ mm}^2, A_v = 985 \text{ mm}^2$$

$$\text{Πλαστική διατμητική αντοχή } V_{pl,z,rd} = A_v(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 985 \times (235/1.73)/1.00 = 133.64 \text{ kN}$$

$$V_{z,ed} = 5.01 \text{ kN} < 133.64 \text{ kN} = V_{z,rd} = V_{pl,z,rd}, \text{ Έλεγχος ικανοποιείται}$$

$$V_{z,ed}/V_{z,rd} = 5.01/133.64 = 0.038 < 1$$

$$h_w/t_w = (120.0 - 2 \times 8.0)/8.0 = 120.0/8.0 = 15.00 \leq 72 \times 1.00/1.00 = 72 \varepsilon/\eta = 72.00 \quad (\eta = 1.00)$$

$$S_{235}, t = 8.0 \leq 40 \text{ mm}, f_y = 235 \text{ N/mm}^2, \varepsilon = (235/235)^{0.5} = 1.00$$

Δεν απαιτείται έλεγχος της αντίστασης λυγισμού σε τέμνουσα

(EC3 §6.2.6.6)

3.9. Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε αξονική δύναμη, διάτμηση και κάμψη

(EN1993-1-1, §6.2.9)

$$N_{ed} = 0.00 \text{ kN}, V_{z,ed} = 2.48 \text{ kN}, M_{y,ed} = 3.31 \text{ kNm}$$

$$\text{Στη θέση } x = 0.88 \text{ m}$$

$$M_{pl,y,rd} = 21.93 \text{ kNm}, V_{pl,z,rd} = 133.64 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = 0 \text{ kN}, \text{ Η επίδραση αξονικής δύναμης παραλείπεται}$$

(EC3 §6.2.9.1 Εξ.6.33, Εξ.6.34, Εξ.6.35)

$$V_{ed} = 2.48 \text{ kN} \leq 0.50 \times 133.64 = 0.50 \times V_{pl,z,rd} = 66.82 \text{ kN}$$

$$\text{Η επίδραση διατμητικής δύναμης παραλείπεται}$$

(EC3 §6.2.8.2)

3.10. Πλευρικός λυγισμός, (ULS)

(EN1993-1-1, §6.3.2)

$$M_{y,ed} = 4.39 \text{ kNm}, L = 3.500 \text{ m}, L_{cr,y} = 3.500 \text{ m}, L_{cr,z} = 3.500 \text{ m}, L_{cr,lt} = 3.500 \text{ m}$$

Ελαστική κρίσιμη ροπή πλευρικού λυγισμού

(EC3 §6.3.2.2.2, EN1993:2002 Παράρτημα C)

Timoshenko, S.P., Gere, J.M., Theory of elastic stability, McGraw-Hill, 1961

$$M_{cr} = C_1 \cdot [\pi^2 EI_z / (kL)^2] \{ \sqrt{[(kz/kw)^2 (I_w/I_z) + (kL)^2 GI_t / (\pi^2 EI_z) + (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j)^2]} - (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z_j) \}$$

Μέθοδος υπολογισμού C_1, C_2, C_3 : ECCS 119/Galea SN030a-EN-EU Access Steel 2006

$$G = E / (2(1+\nu)) = 210000 / (2(1+0.30)) = 80769 = 8.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$$

$$k \cdot L = 3500 \text{ mm}, z_g = h/2 = 120/2 = 60 \text{ mm}, z_j = 0 \text{ mm}$$

(EN1993:2002 Εξ. C.11)

$$k_y = 1.0, k_z = 1.0, k_w = 1.0, C_1 = 1.127, C_2 = 0.454, C_3 = 0.000$$

$$M_{cr} = [10^{-6}] 1.127 \times [\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 0.808 \times 10^6 / 3500^2]$$

$$\times \{ [(1.0/1.0)^2 \times (1.070 \times 10^9 / 0.808 \times 10^6)$$

$$+ 3500^2 \times 8.1 \times 10^4 \times 0.047 \times 10^6 / (\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 0.808 \times 10^6)$$

$$+ (0.454 \times 60)^2 \}^{0.5} - (0.454 \times 60) \} = 22.4 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{lt} = \sqrt{(W_{pl,y} \cdot f_y / M_{cr})} = \sqrt{[10^{-6}] \times 93.312 \times 10^3 \times 235 / 22.4} = 0.989$$

(EC3 Εξ.6.56)

$$h/b = 120/80 = 1.50 \leq 2.00 \text{ καμπύλη λυγισμού: } b$$

$$\text{συντελεστής ατελειών: } \alpha_{lt} = 0.34, \beta = 0.75, \chi_{lt} = 0.706$$

(Π.6.3, Π.6.5, Σχ.6.4)

$$\Phi_{lt} = 0.5[1 + \alpha_{lt}(\bar{\lambda}_{lt} - \bar{\lambda}_{lt0}) + \beta \bar{\lambda}_{lt}^2] = 0.5 \times [1 + 0.34 \times (0.989 - 0.40) + 0.75 \times 0.989^2] = 0.967$$

$$\chi_{lt} = 1/[\Phi_{lt} + \sqrt{(\Phi_{lt}^2 - \beta \bar{\lambda}_{lt}^2)}] = 1/[0.967 + \sqrt{(0.967^2 - 0.75 \times 0.967^2)}] = 0.706$$

$$\text{Μειωτικός συντελεστής } \chi_{lt} = 1/[\Phi_{lt} + \sqrt{(\Phi_{lt}^2 - \beta \bar{\lambda}_{lt}^2)}], \chi_{lt} \leq 1.0, 1/\bar{\lambda}_{lt}^2, \chi_{lt} = 0.706$$

(Εξ.6.57)

$$\chi_{lt,mod} = \chi_{lt}/f, \chi_{lt,mod} \leq 1, \chi_{lt,mod} \leq 1/\bar{\lambda}_{lt}^2 = 1/0.989^2 = 1.02$$

(EC3 §6.3.2.3(2), Εξ.6.58)

$$k_c = 0.94$$

(EC3 Πιν.6.6)

$$f = 1 - 0.5(1 - k_c)[1 - 2.0(\bar{\lambda}_{lt} - 0.8)^2] = 1 - 0.5 \times (1 - 0.940)[1 - 2.0 \times (0.989 - 0.8)^2] = 0.972, f \leq 1.0$$

$$\chi_{lt,mod} = \chi_{lt}/f = 0.706/0.972 = 0.726, \chi_{lt,mod} \leq 1.0, \chi_{lt,mod} \leq 1.02, \chi_{lt,mod} = 0.726$$

$$M_{b,rd} = \chi_{lt} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0.726 \times [10^{-6}] \times 93.312 \times 10^3 \times 235 / 1.00 = 15.92 \text{ kNm}$$

(EC3 Εξ.6.55)

$$M_{y,ed} = 4.39 \text{ kNm} < 15.92 \text{ kNm} = M_{b,rd}, \text{ Έλεγχος ικανοποιείται}$$

$$M_{y,ed}/M_{b,rd} = 4.39/15.92 = 0.276 < 1$$

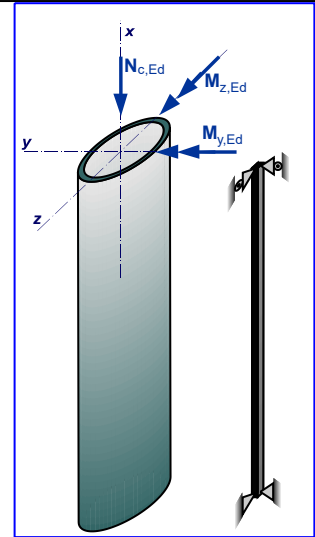
4. ΥΠΟΣΤΥΛ-001

Αντοχή σε λυγισμό, Μέλη σε θλίψη $N_{c,ed}$ - $M_{y,ed}$ - $M_{z,ed}$
(EC3 EN1993-1-1:2005, §6.3.1)

Διατομή : O101.6x8.0

Δράσεις : Κάμψη και θλίψη $N_{c,ed}$ - $M_{y,ed}$ - $M_{z,ed}$
 $N_{c,ed} = 46.00 \text{ kN}$

Χάλυβας : S 275

**4.1. Κανονισμοί**

EN1990:2002, Ευρωκώδικας 0 Βάσεις σχεδιασμού

EN1993-1-1:2005, Ευρωκώδικας 3 1-1 Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα

EN1993-1-3:2005, Ευρωκώδικας 3 1-3 Μέλη και φύλλα ψυχρής έλασης

EN1993-1-5:2006, Ευρωκώδικας 3 1-5 Δομικά στοιχεία από επίπεδα ελάσματα

4.2. Υλικά

Χάλυβας: S 275

(EN1993-1-1, §3.2)

$t \leq 40 \text{ mm}$, Αντοχή διαρροής $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$, Αντοχή αστοχίας $f_u = 430 \text{ N/mm}^2$

$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$, Αντοχή διαρροής $f_y = 255 \text{ N/mm}^2$, Αντοχή αστοχίας $f_u = 410 \text{ N/mm}^2$

Μέτρο ελαστικότητας $E = 210000 \text{ N/mm}^2$, Λόγος Poisson $\nu = 0.30$, Πυκνότητα $\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$

Συντ. μόνιμης και μεταβλητής δράσης

(EN1990, Παράρτημα A1)

$\gamma_G = 1.35$, $\gamma_Q = 1.50$, $\psi_0 = 0.70$

Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_m

(EN1993-1-1, §6.1)

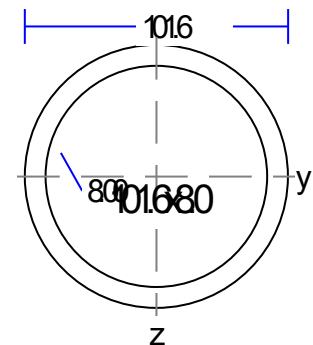
$\gamma_{M0} = 1.00$, $\gamma_{M1} = 1.00$, $\gamma_{M2} = 1.25$

Χαρακτηριστικά χαλύβδινης διατομής

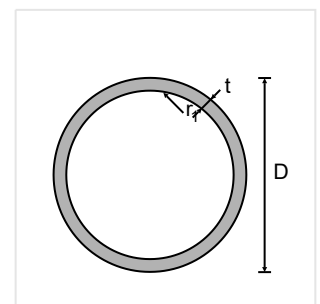
Διατομή O101.6x8.0-S 275

Διαστάσεις διατομής

Υψος διατομής	$h = 101.60 \text{ mm}$
Πλάτος διατομής	$b = 101.60 \text{ mm}$
Υψος κορμού	$h_w = 101.60 \text{ mm}$
Υψος ευθύγραμμου τμήματος κορμού	$d_w = 101.60 \text{ mm}$
Πάχος κορμού	$t_w = 8.00 \text{ mm}$
Πάχος πέλματος	$t_f = 8.00 \text{ mm}$
Μάζα	$= 18.48 \text{ Kg/m}$

**Χαρακτηριστικά διατομών**

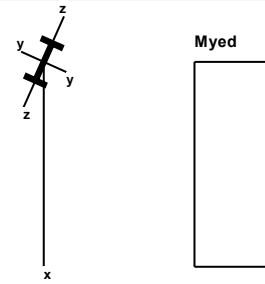
Εμβαδόν	$A = 2352 \text{ mm}^2$	
Ροπή αδρανείας	$I_y = 2.595 \times 10^6 \text{ mm}^4$	$I_z = 2.595 \times 10^6 \text{ mm}^4$
Ελαστική ροπή αντίστασης	$W_y = 51.083 \times 10^3 \text{ mm}^3$	$W_z = 51.083 \times 10^3 \text{ mm}^3$
Πλαστική ροπή αντίστασης	$W_{py} = 70.258 \times 10^3 \text{ mm}^3$	$W_{pz} = 70.258 \times 10^3 \text{ mm}^3$
Ακτίνα αδρανείας	$i_y = 33.2 \text{ mm}$	$i_z = 33.2 \text{ mm}$
Επιφάνεια διάτμησης	$A_{vz} = 1498 \text{ mm}^2$	$A_{vy} = 1498 \text{ mm}^2$
Σταθερά στρέψης	$I_t = 5.190 \times 10^6 \text{ mm}^4$	$i_p = 47 \text{ mm}$
Ροπή αντίστασης σε στρέψη	$W_t = 102.17 \times 10^3 \text{ mm}^3$	



4.3. Διαστάσεις και φορτία

Μήκος υποστυλώματος $L=3.400$ m
 Μήκος λυγισμού $y-y$: $L_{cr,y}=1.000 \times 3.400=3.400$ m
 Μήκος λυγισμού $z-z$: $L_{cr,z}=1.000 \times 3.400=3.400$ m
 Φορτία υποστυλώματος

Θλίψη $N_{c,ed}=46.00$ kN
 καμπτική ροπή στην κορυφή $M_{yy,A,ed}=13.00$ kNm
 καμπτική ροπή στη βάση $M_{yy,B,ed}=13.00$ kNm
 καμπτική ροπή στην κορυφή $M_{zz,A,ed}=0.00$ kNm
 καμπτική ροπή στη βάση $M_{zz,B,ed}=0.00$ kNm

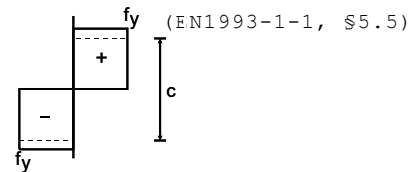
**4.4. Φορτία σχεδιασμού**

Καμπτικές ροπές, διατμητικές δυνάμεις, αξονικές δυνάμεις, συνδυασμός φορτίσεων $1.35g+1.50q$

$x=0.00$ m, $N_{ed}=46.00$ kN, $M_{y,ed}=13.00$ kNm, $M_{z,ed}=0.00$ kNm, $V_{z,ed}=0.00$ kN, $V_{y,ed}=0.00$ kN

4.5. Κατάταξη χαλύβδινης διατομής, Κάμψη και Θλίψη

$d=101.6$ mm, $t=8.0$ mm, $d/t=101.6/8.0=12.70$
 S_{275} , $t=8.0 \leq 40$ mm, $f_y=275$ N/mm², $\epsilon=(235/275)^{0.5}=0.92$
 $d/t=12.70 < 50\epsilon^2=50 \times 0.92=42.32$



Κατάταξη ολικής διατομής είναι κατηγορία 1, Κάμψη και Θλίψη

4.6. Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε θλίψη

(EN1993-1-1, §6.2.4)

$N_{c,ed}=46.00$ kN

Θλιπτική αντοχή $N_{pl,rd}=A \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 2352 \times 275 / 1.00 = 646.92$ kN

$N_{ed}=46.00$ kN < 646.92 kN $=N_{c,rd}=N_{pl,rd}$, Έλεγχος ικανοποιείται

$N_{ed}/N_{c,rd}=46.00/646.92=0.071 < 1$

4.7. Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε κάμψη $y-y$

(EN1993-1-1, §6.2.5)

$M_{y,ed}=13.00$ kNm

Καμπτική αντοχή $M_{pl,y,rd}=W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-6}] \times 70.258 \times 10^3 \times 275 / 1.00 = 19.32$ kNm

$M_{y,ed}=13.00$ kNm < 19.32 kNm $=M_{y,rd}=M_{pl,y,rd}$, Έλεγχος ικανοποιείται

$M_{y,ed}/M_{y,rd}=13.00/19.32=0.673 < 1$

4.8. Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε κάμψη και αξονική δύναμη

(EN1993-1-1, §6.2.9)

$N_{ed}=46.00$ kN (Θλίψη), $M_{y,ed}=13.00$ kNm

$N_{pl,rd}=646.92$ kN, $M_{pl,y,rd}=19.32$ kNm

$N_{ed}=46.00$ kN $\leq 0.25 \times 646.92 = 0.25 \times N_{pl,rd} = 161.73$ kN

$N_{ed}=46.00$ kN $\leq [10^{-3}] \times 0.5 \times 101.6 \times 8.0 \times 275 / 1.00 = 0.5 h w \cdot t w \cdot f_y / \gamma_{M0} = 111.76$ kN

$n=N_{ed}/N_{pl,rd}=46/647=0.071$

Η επίδραση αξονικής δύναμης παραλείπεται

(EC3 §6.2.9.1 Εξ.6.33, Εξ.6.34, Εξ.6.35)

$V_{ed}=0$ kN, Η επίδραση διατμητικής δύναμης παραλείπεται

(EC3 §6.2.8.2)

$M_{y,ed}=13.00$ kNm < 19.32 kNm $=M_{pl,y,rd}$, Έλεγχος ικανοποιείται

$M_{y,ed}/M_{pl,y,rd}=13.00/19.32=0.673 < 1$

4.9. Καμπτικός λυγισμός, (Οριακή κατάσταση αστοχίας)

(EN1993-1-1, §6.3.1)

$N_{c,ed}=46.00$ kN, $L_{cr,y}=3.400$ m, $L_{cr,z}=3.400$ m

Μήκη λυγισμού: $L_{cr,y}=1.000 \times 3400=3400$ mm, $L_{cr,z}=1.000 \times 3400=3400$ mm

Αδιάστατη λυγηρότητα (Κατηγορία διατομής: 1)

(EC3 §6.3.1.3)

$\bar{\lambda}_y = \sqrt{(A \cdot f_y / N_{cr,y})} = (L_{cr,y} / i_y) \cdot (1 / \lambda_1) = (3400 / 33.2) \times (1 / 86.39) = 1.185$

$\bar{\lambda}_z = \sqrt{(A \cdot f_y / N_{cr,z})} = (L_{cr,z} / i_z) \cdot (1 / \lambda_1) = (3400 / 33.2) \times (1 / 86.39) = 1.185$

$\lambda_1 = \pi \sqrt{(E / f_y)} = 93.9 \epsilon = 86.39$, $\epsilon = \sqrt{(235 / f_y)} = 0.92$

$y-y$ καμπύλη λυγισμού: a , συντελεστής ατελειών: $\alpha_y=0.21$, $\chi_y=0.540$ (Π.6.2, Π.6.1, Σχ.6.4)
 $\Phi_y=0.5[1+\alpha_y(\bar{\lambda}_y-0.2)+\bar{\lambda}_y^2]=0.5x[1+0.21x(1.185-0.2)+1.185^2]=1.306$
 $\chi_y=1/[\Phi_y+\sqrt{(\Phi_y^2-\bar{\lambda}_y^2)}]=1/[1.306+\sqrt{(1.306^2-1.185^2)}]=0.540 \leq 1$ $\chi_y=0.540$
 $z-z$ καμπύλη λυγισμού: a , συντελεστής ατελειών: $\alpha_z=0.21$, $\chi_z=0.540$
 $\Phi_z=0.5[1+\alpha_z(\bar{\lambda}_z-0.2)+\bar{\lambda}_z^2]=0.5x[1+0.21x(1.185-0.2)+1.185^2]=1.306$
 $\chi_z=1/[\Phi_z+\sqrt{(\Phi_z^2-\bar{\lambda}_z^2)}]=1/[1.306+\sqrt{(1.306^2-1.185^2)}]=0.540 \leq 1$ $\chi_z=0.540$

Μειωτικός συντελεστής $\chi=1/[\Phi+\sqrt{(\Phi^2-\bar{\lambda}^2)}]$, $\chi \leq 1.0$, $\Phi=0.5[1+\alpha(\bar{\lambda}-0.2)+\bar{\lambda}^2]$, $\chi=0.540$ (EC3 Εξ.6.49)

$N_{b,rd}=\chi \cdot A \cdot f_y/\gamma_{M1}=0.540x[10^{-3}]x2352x275/1.00=349.34 \text{ kN}$ (EC3 Εξ.6.47)

$N_{c,ed}=46.00 \text{ kN} < 349.34 \text{ kN} = N_{b,rd}$, Ελεγχος ικανοποιείται

$N_{c,ed}/N_{b,rd}=46.00/349.34=0.132 < 1$

4.10. Πλευρικός λυγισμός, (ULS)

(EN1993-1-1, §6.3.2)

$M_{y,ed}=13.00 \text{ kN}$, $L=3.400 \text{ m}$, $L_{cr,y}=3.400 \text{ m}$, $L_{cr,z}=3.400 \text{ m}$, $L_{cr,lt}=3.400 \text{ m}$

Ελαστική κρίσιμη ροπή πλευρικού λυγισμού (EC3 §6.3.2.2.2, EN1993:2002 Παράρτημα C)

Timoshenko, S.P., Gere, J.M., Theory of elastic stability, McGraw-Hill, 1961

$M_{cr}=C1 \cdot [\pi^2 EI_z / (kL)^2] \{ \sqrt{[(kz/kw)^2 (I_w/I_z) + (kL)^2 GI_t / (\pi^2 EI_z) + (C2 \cdot z_g - C3 \cdot z_j)^2]} - (C2 \cdot z_g - C3 \cdot z_j) \}$

Μέθοδος υπολογισμού $C1, C2, C3$: EC3 119/Galea SN030a-EN-EU Access Steel 2006

$G=E/(2(1+\nu))=210000/(2(1+0.30))=80769=8.1x10^4 \text{ N/mm}^2$

$k \cdot L=3400 \text{ mm}$, $z_g=h/2=102/2=51 \text{ mm}$, $z_j=0 \text{ mm}$

(EN1993:2002 Εξ.6.11)

$k_y=1.0$, $k_z=1.0$, $k_w=1.0$, $\psi=1.000$, $C1=1.000$, $C2=0.000$, $C3=0.000$

$M_{cr}=[10^{-6}]1.000x[\pi^2x2.1x10^5x2.595x10^6/3400^2]$

$x\{[(1.0/1.0)^2x(0.000x10^9/2.595x10^6)$

$+3400^2x8.1x10^4x5.190x10^6/(\pi^2x2.1x10^5x2.595x10^6)]^{0.5}\}=441.6 \text{ kNm}$

$\bar{\lambda}_{lt}=\sqrt{(W_{pl,y} \cdot f_y/M_{cr})}=\sqrt{[10^{-6}]x70.258x10^3x275/441.6}=0.209$

(EC3 Εξ.6.56)

$\bar{\lambda}_{lt} \leq 0.40$, $\chi_{lt}=1.00$

(EC3 §6.3.2.2.4)

$\chi_{lt,mod}=\chi_{lt}/f$, $\chi_{lt,mod} \leq 1$, $\chi_{lt,mod} \leq 1/\bar{\lambda}_{lt}^2=1/0.209^2=22.86$

(EC3 §6.3.2.3(2), Εξ.6.58)

$K_c=1/(1.33-0.33\psi)=1.000$, $\psi=1.00$

(EC3 Πιν.6.6)

$f=1-0.5(1-K_c)[1-2.0(\bar{\lambda}_{lt}-0.8)^2]=1-0.5x(1-1.000)[1-2.0x(0.209-0.8)^2]=1.000$, $f \leq 1.0$

$\chi_{lt,mod}=\chi_{lt}/f=1.000/1.000=1.000$, $\chi_{lt,mod} \leq 1.0$, $\chi_{lt,mod} \leq 22.86$, $\chi_{lt,mod}=1.000$

$M_{b,rd}=\chi_{lt} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y/\gamma_{M1}=1.000x[10^{-6}]x70.258x10^3x275/1.00=19.32 \text{ kNm}$

(EC3 Εξ.6.55)

$M_{y,ed}=13.00 \text{ kNm} < 19.32 \text{ kNm} = M_{b,rd}$, Ελεγχος ικανοποιείται

$M_{y,ed}/M_{b,rd}=13.00/19.32=0.673 < 1$

4.11. Αξονική δύναμη και καμπτική ροπή, (ULS)

(EN1993-1-1, §6.3.3)

$N_{ed}=46.00 \text{ kN}$, $M_{y,ed}=13.00 \text{ kNm}$

$N_{ed}/(\chi_y \cdot N_{rk}/\gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,ed}/(\chi_{LT} \cdot M_{y,rk}/\gamma_{M1}) \leq 1$

(EC3 Εξ.6.61)

$N_{ed}/(\chi_z \cdot N_{rk}/\gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,ed}/(\chi_{LT} \cdot M_{y,rk}/\gamma_{M1}) \leq 1$

(EC3 Εξ.6.62)

$N_{rk}=A \cdot f_y=[10^{-3}]x2352x275=646.9 \text{ kN}$

(Πιν.6.7)

$M_{y,rk}=W_{pl,y} \cdot f_y=[10^{-6}]x70.258x10^3x275=19.3 \text{ kNm}$

$\chi_y \cdot N_{rk}/\gamma_{M1}=\chi_y \cdot A \cdot f_y/\gamma_{M1}=0.540x[10^{-3}]x2352x275/1.00=349.3 \text{ kN}$

$\chi_z \cdot N_{rk}/\gamma_{M1}=\chi_z \cdot A \cdot f_y/\gamma_{M1}=0.540x[10^{-3}]x2352x275/1.00=349.3 \text{ kN}$

$\chi_{LT} \cdot M_{y,rk}/\gamma_{M1}=\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y/\gamma_{M1}=1.000x[10^{-6}]x70.258x10^3x275/1.00=19.3 \text{ kNm}$

Συντελεστές κύρτωσης, Μέθοδος υπολογισμού: Μέθοδος 1 Παράρτημα A

(EC3 Παράρτημα A)

$k_{yy}=C_{my} \cdot C_{mLT}(\mu_y/(1-N_{ed}/N_{cr,y}))(1/C_{yy})$, $\mu_y=(1-N_{ed}/N_{cr,y})/(1-\chi_y \cdot N_{ed}/N_{cr,y})$

(EC3 Πιν.Α.1)

$k_{zy}=C_{my} \cdot C_{mLT}(\mu_z/(1-N_{ed}/N_{cr,y}))(1/C_{zy})0.60\sqrt{(w_y/w_z)}$, $\mu_z=(1-N_{ed}/N_{cr,z})/(1-\chi_z \cdot N_{ed}/N_{cr,z})$

$N_{cr,y}=\pi^2 EI_y/l_{cr,y}^2=3.14^2x[10^{-3}]x210000x2.595x10^6/3400^2=465 \text{ kN}$

$N_{cr,z}=\pi^2 EI_z/l_{cr,z}^2=3.14^2x[10^{-3}]x210000x2.595x10^6/3400^2=465 \text{ kN}$

$N_{cr,t}=(1/i_p^2)x(G \cdot I_t + \pi^2 EI_w/L_{cr,t}^2)$

(EC3 NCCI SN003b-EN-EU)

$N_{cr,t}=[10^{-3}]x(1/47^2)[80769x5.190x10^6+\pi^2x210000x0.000x10^9/3400^2]=190004 \text{ kN}$

$\mu_y=(1-N_{ed}/N_{cr,y})/(1-\chi_y \cdot N_{ed}/N_{cr,y})=(1-46.0/465)/(1-0.540x46.0/465)=0.952$

$\mu_z=(1-N_{ed}/N_{cr,z})/(1-\chi_z \cdot N_{ed}/N_{cr,z})=(1-46.0/465)/(1-0.540x46.0/465)=0.952$

$alt=1-I_t/I_y=0=1-5.190x10^6/2.595x10^6=0.000$

(EC3 Παράρτημα A.1)

$wy=Wpl,y/Wel,y \leq 1.50, wy=0.070 \times 10^6 / 0.051 \times 10^6 = 1.375 \leq 1.50$ (EC3 Παράρτημα A.1)
 $wz=Wpl,z/Wel,z \leq 1.50, wz=0.070 \times 10^6 / 0.051 \times 10^6 = 1.375 \leq 1.50$
 $npl=Ned/(Nr_k/\gamma_{M1})=46.00/(646.90/1.00)=0.071$

$\bar{\lambda}_{max}=\max(1.185, 1.185)=1.180$ (EC3 Παράρτημα A.1)
 $M_{cro}=C1 \cdot [\pi^2 EI_z / (kL)^2] \{ \sqrt{[(kz/kw)^2 (I_w/I_z) + (kL)^2 GIt / (\pi^2 EI_z)]} \}, C1=1.00$
 $M_{cro}=[10^{-6}] 1.0 \times [\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 2.595 \times 10^6 / 3400^2]$
 $\times \{ [(1.0/1.0)^2 \times (0.000 \times 10^9 / 2.595 \times 10^6) + 3400^2 \times 8.1 \times 10^4 \times 5.190 \times 10^6 / (\pi^2 \times 2.1 \times 10^5 \times 2.595 \times 10^6)]^{0.5} \} = 441.6 \text{ kNm}$
 $\bar{\lambda}_o = \sqrt{([10^{-6}] \times 70.258 \times 10^3 \times 275 / 441.6)} = 0.210$
 $\bar{\lambda}_o, \lim = 0.2 \sqrt{C1 [(1-Ned/Ncr,z)(1-Ned/Ncr,t)]^{0.25}}$ (EC3 Παράρτημα A.1)
 $\bar{\lambda}_o, \lim = 0.2 \sqrt{1.000 [(1-46.0/465)(1-46.0/190004)]^{0.25}} = 0.195$
 $\varepsilon_y = (My, ed/Ned) (A/Wel,y) = ([10^3] \times 13.00 / 46.00) \times (2352.4 / 51.083 \times 10^3) = 13.01$

$C_{my,o} = 0.79 + 0.21\psi + 0.36(\psi - 0.33) \times (46.00 / 465.0) = 1.024, (\psi = 1.00)$ (EC3 Παράρτημα A, Π.Α.1)
 $\bar{\lambda}_o = 0.210 > \bar{\lambda}_o, \lim = 0.195$
 $C_{my} = C_{my,o} + (1 - C_{my,o}) (\sqrt{\varepsilon_y \cdot alt}) / (1 + \sqrt{\varepsilon_y \cdot alt}) =$
 $= 1.024 + (1 - 1.024) \times (\sqrt{13.014 \times 0.000}) / (1 + \sqrt{13.014 \times 0.000}) = 1.024$
 $C_{m1t} = C_{my}^2 \cdot alt / \sqrt{[(1-Ned/Ncr,z)(1-Ned/Ncr,t)]} \geq 1$
 $C_{m1t} = 1.024^2 \times 0.000 / \sqrt{[(1-46.0/465.0)(1-46.0/190004.0)]} = 0.000, C_{m1t} = 1.000$

$C_{yy} = 1 + (wy - 1) [(2 - 1.6C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max} / wy - 1.6C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2 / wy) npl - blt] \geq Wel,y / Wpl,y$ (Παράρτημα A, Π.Α.1)
 $blt = 0.5 alt \cdot \bar{\lambda}_o^2 [My, ed / (\chi_{lt} \cdot Mpl,y, rd)] (Mz, ed / Mpl,z, rd) =$
 $= 0.5 \times 0.000 \times 0.210^2 [13.0 / (1.000 \times 14.0)] (0.0 / 14.0) = 0.000$
 $C_{yy} = 1 + (1.375 - 1) [(2 - 1.6 \times 1.024^2 \times 1.180 / 1.375 - 1.6 \times 1.024^2 \times 1.180^2 / 1.375) \times 0.071 - 0.000] = 0.970$
 $C_{yy} \geq 51.083 \times 10^3 / 70.258 \times 10^3 = 0.727, C_{yy} = 0.970$

$C_{zy} = 1 + (wy - 1) [(2 - 14.0C_{my}^2 \cdot \bar{\lambda}_{max}^2 / wy^5) npl - dlt] \geq 0.6 \sqrt{(wy/wz)} (Wel,y / Wpl,y)$ (Παράρτημα A, Π.Α.1)
 $dlt = 2 alt \cdot [\bar{\lambda}_o / (0.1 + \bar{\lambda}_z^4)] [My, ed / (C_{my} \cdot \chi_{lt} \cdot Mpl,y, rd)] [Mz, ed / (C_{mz} \cdot Mpl,z, rd)] =$
 $= 20.000 \times [0.210 / (0.1 + 1.185^4)] [13.0 / (1.024 \times 1.000 \times 14.0)] [0.0 / (0.000 \times 14.0)] = 0.000$
 $C_{zy} = 1 + (1.375 - 1) [(2 - 14.0 \times 1.024^2 \times 1.180^2 / 1.375^5) 0.071 - 0.000] = 0.943$
 $C_{zy} \geq 0.6 \sqrt{(1.375 / 1.375)} (51.083 \times 10^3 / 70.258 \times 10^3) = 0.436, C_{zy} = 0.943$

$C_{yy} = 0.970, C_{zy} = 0.943$ (Παράρτημα A, Π.Α.1)
 $k_{yy} = 1.024 \times 1.000 \times 0.952 / (1 - 46.00 / 465.0) \times (1 / 0.970) = 1.115$
 $k_{zy} = 1.024 \times 1.000 \times 0.952 / (1 - 46.00 / 465.0) \times (1 / 0.943) \times 0.6 \sqrt{(1.375 / 1.375)} = 0.688$

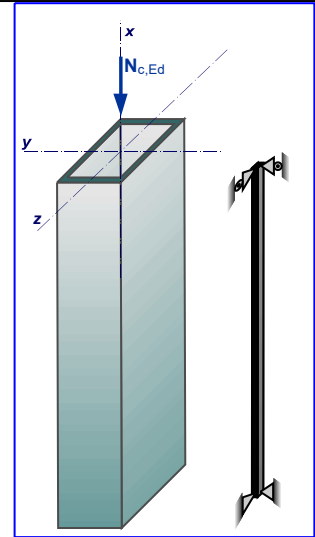
Στη θέση $x = 0.00 \text{ m}$
 $Ned / (\chi_y \cdot Nr_k / \gamma_{M1}) + k_{yy} \cdot My, ed / (\chi_{LT} \cdot My, rk / \gamma_{M1}) =$ (EC3 Εξ.6.61)
 $46.0 / (0.540 \times 646.9 / 1.00) + 1.115 \times 13.0 / (1.000 \times 19.3 / 1.00) = 0.132 + 0.751 = 0.883$
 $0.883 < 1.000, \text{ Ελεγχος ικανοποιείται}$

$Ned / (\chi_z \cdot Nr_k / \gamma_{M1}) + k_{zy} \cdot My, ed / (\chi_{LT} \cdot My, rk / \gamma_{M1}) =$ (EC3 Εξ.6.62)
 $46.0 / (0.540 \times 646.9 / 1.00) + 0.688 \times 13.0 / (1.000 \times 19.3 / 1.00) = 0.132 + 0.463 = 0.595$
 $0.595 < 1.000, \text{ Ελεγχος ικανοποιείται}$

5. RHS 50x30x4

Αντοχή σε λυγισμό, Μέλη σε θλίψη $N_{c,ed}$
(EC3 EN1993-1-1:2005, §6.3.1)

Διατομή : 50x30x4.0
Δράσεις : Θλίψη $N_{c,ed}$
 $N_{c,ed} = 12.00 \text{ kN}$
Χάλυβας : S 235



5.1. Κανονισμοί

EN1990:2002, Ευρωκώδικας 0 Βάσεις σχεδιασμού
EN1993-1-1:2005, Ευρωκώδικας 3 1-1 Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα
EN1993-1-3:2005, Ευρωκώδικας 3 1-3 Μέλη και φύλλα ψυχρής έλασης
EN1993-1-5:2006, Ευρωκώδικας 3 1-5 Δομικά στοιχεία από επίπεδα ελάσματα

5.2. Υλικά

Χάλυβας: S 235 (EN1993-1-1, §3.2)

$t \leq 40 \text{ mm}$, Αντοχή διαρροής $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$, Αντοχή αστοχίας $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$
 $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$, Αντοχή διαρροής $f_y = 215 \text{ N/mm}^2$, Αντοχή αστοχίας $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$
Μέτρο ελαστικότητας $E = 210000 \text{ N/mm}^2$, Λόγος Poisson $\nu = 0.30$, Πυκνότητα $\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$

Συντ. μόνιμης και μεταβλητής δράσης (EN1990, Παράρτημα A1)
 $\gamma_G = 1.35$, $\gamma_Q = 1.50$, $\psi_0 = 0.70$

Επιμέρους συντελεστές ασφαλείας γ_M (EN1993-1-1, §6.1)
 $\gamma_{M0} = 1.00$, $\gamma_{M1} = 1.00$, $\gamma_{M2} = 1.25$

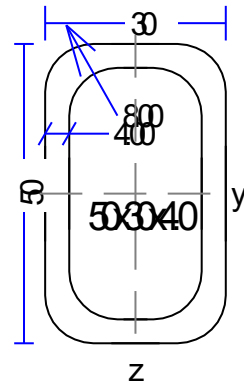
Δυνάμεις διατομής
Θλίψη $N_{c,ed}$
 $N_{c,ed} = 12.00 \text{ kN}$ (Θλίψη)

Χαρακτηριστικά χαλύβδινης διατομής

Διατομή 50x30x4.0-S 235

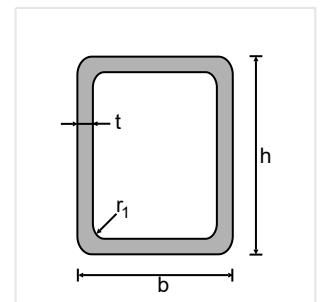
Διαστάσεις διατομής

Υψος διατομής	$h =$	50.00 mm
Πλάτος διατομής	$b =$	30.00 mm
Υψος κορμού	$h_w =$	42.00 mm
Υψος ευθύγραμμου τμήματος κορμού	$d_w =$	38.00 mm
Πάχος κορμού	$t_w =$	4.00 mm
Πάχος πέλματος	$t_f =$	4.00 mm
Ακτίνα συναρμογής	$r =$	8.00 mm
Μάζα	$=$	4.20 Kg/m



Χαρακτηριστικά διατομών

Εμβαδόν	$A =$	535 mm ²	
Ροπή αδρανείας	$I_y =$	$0.153 \times 10^6 \text{ mm}^4$	$I_z = 0.067 \times 10^6 \text{ mm}^4$
Ελαστική ροπή αντίστασης	$W_y =$	$6.100 \times 10^3 \text{ mm}^3$	$W_z = 4.460 \times 10^3 \text{ mm}^3$
Πλαστική ροπή αντίστασης	$W_{py} =$	$8.030 \times 10^3 \text{ mm}^3$	$W_{pz} = 5.560 \times 10^3 \text{ mm}^3$
Ακτίνα αδρανείας	$i_y =$	16.9 mm	$i_z = 11.2 \text{ mm}$
Επιφάνεια διάτμησης	$A_{vz} =$	334 mm ²	$A_{vy} = 201 \text{ mm}^2$
Σταθερά στρέψης	$I_t =$	$0.165 \times 10^6 \text{ mm}^4$	$i_p = 20 \text{ mm}$
Ροπή αντίστασης σε στρέψη	$W_t =$	$9.570 \times 10^3 \text{ mm}^3$	



5.3. Διαστάσεις και φορτία

Μήκος υποστυλώματος $L=0.800$ m

Μήκος λυγισμού $y-y$: $L_{cr,y}=1.000 \times 0.800=0.800$ m

Μήκος λυγισμού $z-z$: $L_{cr,z}=1.000 \times 0.800=0.800$ m

Φορτία δοκού

αξονικό φορτίο θλίψη $N_{c,ed}=12.00$ kN

5.4. Κατάταξη χαλύβδινης διατομής, Θλίψη N_c

(EN1993-1-1, §5.5)

Κορμός

$c=50.0-3 \times 4.0=38.0$ mm, $t=4.0$ mm, $c/t=38.0/4.0=9.50$

S 235, $t=4.0 \leq 40$ mm, $f_y=235$ N/mm², $\epsilon=(235/235)^{0.5}=1.00$

$c/t=9.50 \leq 33\epsilon=33 \times 1.00=33.00$

Ο κορμός είναι κατηγορία 1 (EN1993-1-1, Πιν.5.2)

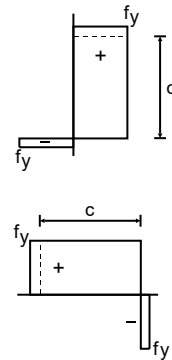
Πέλμα

$c=30.0-3 \times 4.0=18.0$ mm, $t=4.0$ mm, $c/t=18.0/4.0=4.50$

S 235, $t=4.0 \leq 40$ mm, $f_y=235$ N/mm², $\epsilon=(235/235)^{0.5}=1.00$

$c/t=4.50 \leq 33\epsilon=33 \times 1.00=33.00$

Το πέλμα είναι κατηγορία 1 (EN1993-1-1, Πιν.5.2)



Κατάταξη ολικής διατομής είναι κατηγορία 1, Θλίψη $N_{c,ed}$

5.5. Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε θλίψη

(EN1993-1-1, §6.2.4)

$N_{c,ed}=12.00$ kN

Θλιπτική αντοχή $N_{plrd}=A \cdot f_y / \gamma_{M0} = [10^{-3}] \times 535 \times 235 / 1.00 = 125.72$ kN

$N_{ed}=12.00$ kN < 125.72 kN = $N_{c,rd}=N_{plrd}$, Έλεγχος ικανοποιείται

$N_{ed}/N_{c,rd}=12.00/125.72=0.095 < 1$

5.6. Καμπτικός λυγισμός, (Οριακή κατάσταση αστοχίας)

(EN1993-1-1, §6.3.1)

$N_{c,ed}=12.00$ kN, $L_{cr,y}=0.800$ m, $L_{cr,z}=0.800$ m

Μήκη λυγισμού: $L_{cr,y}=1.000 \times 800=800$ mm, $L_{cr,z}=1.000 \times 800=800$ mm

Αδιάστατη λυγηρότητα (Κατηγορία διατομής: 1)

(EC3 §6.3.1.3)

$\bar{\lambda}_y = \sqrt{(A \cdot f_y / N_{cr,y})} = (L_{cr,y} / i_y) \cdot (1 / \lambda_1) = (800 / 16.9) \times (1 / 93.90) = 0.504$

$\bar{\lambda}_z = \sqrt{(A \cdot f_y / N_{cr,z})} = (L_{cr,z} / i_z) \cdot (1 / \lambda_1) = (800 / 11.2) \times (1 / 93.90) = 0.762$

$\lambda_1 = \pi \sqrt{(E / f_y)} = 93.9 \epsilon = 93.90$, $\epsilon = \sqrt{(235 / f_y)} = 1.00$

$y-y$ καμπύλη λυγισμού: c , συντελεστής ατελειών: $\alpha_y=0.49$, $\chi_y=0.841$

(Π.6.2, Π.6.1, Σχ.6.4)

$\Phi_y = 0.5 [1 + \alpha_y (\bar{\lambda}_y - 0.2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0.5 [1 + 0.49 \times (0.504 - 0.2) + 0.504^2] = 0.701$

$\chi_y = 1 / [\Phi_y + \sqrt{(\Phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2)}] = 1 / [0.701 + \sqrt{(0.701^2 - 0.504^2)}] = 0.841 \leq 1$ $\chi_y=0.841$

$z-z$ καμπύλη λυγισμού: c , συντελεστής ατελειών: $\alpha_z=0.49$, $\chi_z=0.686$

$\Phi_z = 0.5 [1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0.2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0.5 [1 + 0.49 \times (0.762 - 0.2) + 0.762^2] = 0.928$

$\chi_z = 1 / [\Phi_z + \sqrt{(\Phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2)}] = 1 / [0.928 + \sqrt{(0.928^2 - 0.762^2)}] = 0.686 \leq 1$ $\chi_z=0.686$

Μειωτικός συντελεστής $\chi = 1 / [\Phi + \sqrt{(\Phi^2 - \bar{\lambda}^2)}]$, $\chi \leq 1.0$, $\Phi = 0.5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$, $\chi=0.686$

(EC3 Εξ.6.49)

$N_{b,rd} = \chi \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1} = 0.686 \times [10^{-3}] \times 535 \times 235 / 1.00 = 86.25$ kN

(EC3 Εξ.6.47)

$N_{c,ed}=12.00$ kN < 86.25 kN = $N_{b,rd}$, Έλεγχος ικανοποιείται

$N_{c,ed}/N_{b,rd}=12.00/86.25=0.139 < 1$

Περιεχόμενα

1. ΔΟΚΟΣ-IPE 80, Δοκοί στέγης, Στέγη δύο ανοιγμάτων
 - 1.1. Κανονισμοί
 - 1.2. Υλικά
 - 1.3. Βασικά στοιχεία
 - 1.4. Φορτίο
 - 1.5. Μελέτη τεγίδων
 - 1.6. Διαστασιολόγηση δοκών
 - 1.7. Φορτίο
 - 1.8. Τιμές σχεδιασμού δράσεων, Συνδιασμοί φορτίων
 - 1.9. Φορτία σχεδιασμού
 - 1.10. Χαρακτηριστικά χαλύβδινης διατομής
 - 1.11. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)
 - 1.12. Κατάταξη χαλύβδινης διατομής, Κάμψη My
 - 1.13. Αντοχή διατομής, (Οριακή κατάσταση αστοχίας)
 - 1.14. Πλευρικός λυγισμός, (ULS) (Ανοιγμα δοκού)
 - 1.15. Πλευρικός λυγισμός, (ULS) (Αναρόφηση)
2. ΔΟΚΟΣ-SHS 40.4, Δοκοί γενικά, Δοκός ενός ανοίγματος
 - 2.1. Κανονισμοί
 - 2.2. Υλικά
 - 2.3. Φορτίο
 - 2.4. Τιμές σχεδιασμού δράσεων, Συνδιασμοί φορτίων
 - 2.5. Χαρακτηριστικά χαλύβδινης διατομής
 - 2.6. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)
 - 2.7. Κατάταξη χαλύβδινης διατομής, Κάμψη My
 - 2.8. Αντοχή διατομής, Διατομή δοκού
 - 2.9. Πλευρικός λυγισμός, (ULS) (Ανοιγμα δοκού)
3. ΔΟΚΟΣ-L120x80x8, Μέλη σε κάμψη, My,k
 - 3.1. Κανονισμοί
 - 3.2. Υλικά
 - 3.3. Διαστάσεις και φορτία
 - 3.4. Δυνάμεις σχεδιασμού, διατμητικές δυνάμεις και καμπτικές ροπές
 - 3.5. Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας (SLS)
 - 3.6. Κατάταξη χαλύβδινης διατομής, Κάμψη My
 - 3.7. Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε κάμψη y-y
 - 3.8. Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε διάτμηση z
 - 3.9. Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε αξονική δύναμη, διάτμηση και κάμψη
 - 3.10. Πλευρικός λυγισμός, (ULS)
4. ΥΠΟΣΤΥΛ-001, Αντοχή σε λυγισμό, Μέλη σε θλίψη Nc,ed - My,ed - Mz,ed
 - 4.1. Κανονισμοί
 - 4.2. Υλικά
 - 4.3. Διαστάσεις και φορτία
 - 4.4. Φορτία σχεδιασμού
 - 4.5. Κατάταξη χαλύβδινης διατομής, Κάμψη και θλίψη
 - 4.6. Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε θλίψη
 - 4.7. Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε κάμψη y-y
 - 4.8. Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε κάμψη και αξονική δύναμη
 - 4.9. Καμπτικός λυγισμός, (Οριακή κατάσταση αστοχίας)
 - 4.10. Πλευρικός λυγισμός, (ULS)
 - 4.11. Αξονική δύναμη και καμπτική ροπή, (ULS)
5. RHS 50x30x4, Αντοχή σε λυγισμό, Μέλη σε θλίψη Nc,ed

Περιεχόμενα

- 5.1. Κανονισμοί
- 5.2. Υλικά
- 5.3. Διαστάσεις και φορτία
- 5.4. Κατάταξη χαλύβδινης διατομής, Θλίψη N_c
- 5.5. Οριακή κατάσταση αστοχίας, Έλεγχος σε θλίψη
- 5.6. Καμπτικός λυγισμός, (Οριακή κατάσταση αστοχίας)

6.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ

Project:
Project no:
Author:

Project data

Project name
Project number
Author
Description
Date 26/05/2022
Design code EN

Material

Steel S 355, S 235
Concrete C25/30

Project:
Project no:
Author:

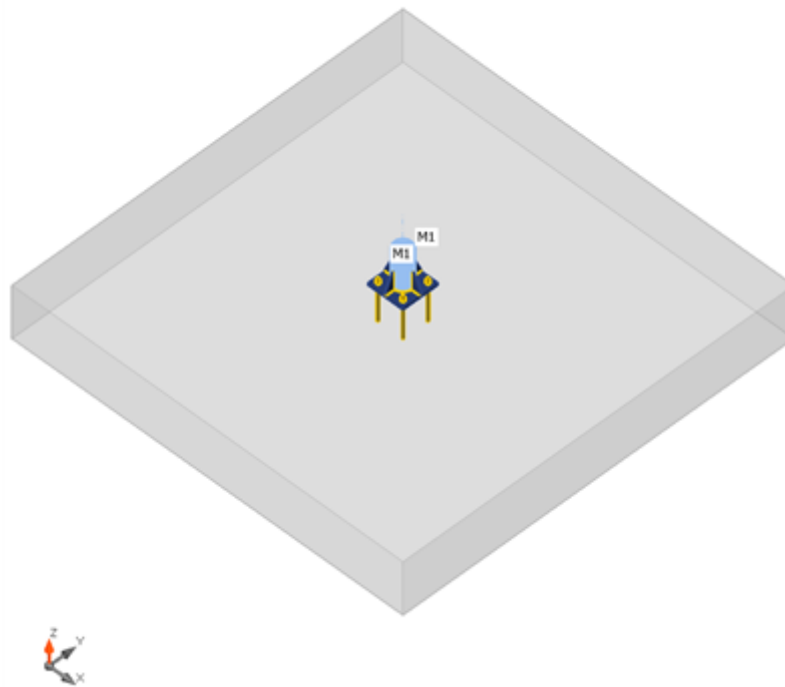
Project item CON1

Design

Name CON1
Description
Analysis Stress, strain/ simplified loading

Beams and columns

Name	Cross-section	β - Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in
M1	1 - CHS100,8	0,0	-90,0	0,0	0	0	0	Node



Cross-sections

Name	Material
1 - CHS100,8	S 235

Anchors

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	f_u [MPa]	Gross area [mm ²]
M16 8.8	M16 8.8	16	800,0	201

Project:
Project no:
Author:

Load effects (equilibrium not required)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	M1	-50,0	0,0	-15,0	0,0	10,0	0,0
LE2	M1	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Foundation block

Item	Value	Unit
CB 1		
Dimensions	2200 x 2200	mm
Depth	300	mm
Anchor	M16 8.8	
Anchoring length	200	mm
Shear force transfer	Anchors	

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100,0%	OK
Plates	$0,2 < 5,0\%$	OK
Loc. deformation	$0,1 < 3\%$	OK
Anchors	$42,7 < 100\%$	OK
Welds	$98,1 < 100\%$	OK
Concrete block	$47,0 < 100\%$	OK
Buckling	Not calculated	

Plates

Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	$\sigma_{C_{Ed}}$ [MPa]	Status
M1	8,0	LE1	235,4	0,2	0,0	OK
BP1	15,0	LE1	235,1	0,0	0,0	OK
RIB1	8,0	LE1	129,0	0,0	0,0	OK
RIB2	8,0	LE1	120,9	0,0	0,0	OK
RIB3	8,0	LE1	128,9	0,0	0,0	OK
RIB4	8,0	LE1	181,8	0,0	0,0	OK

Design data

Material	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 235	235,0	5,0

Project:
 Project no:
 Author:

Symbol explanation

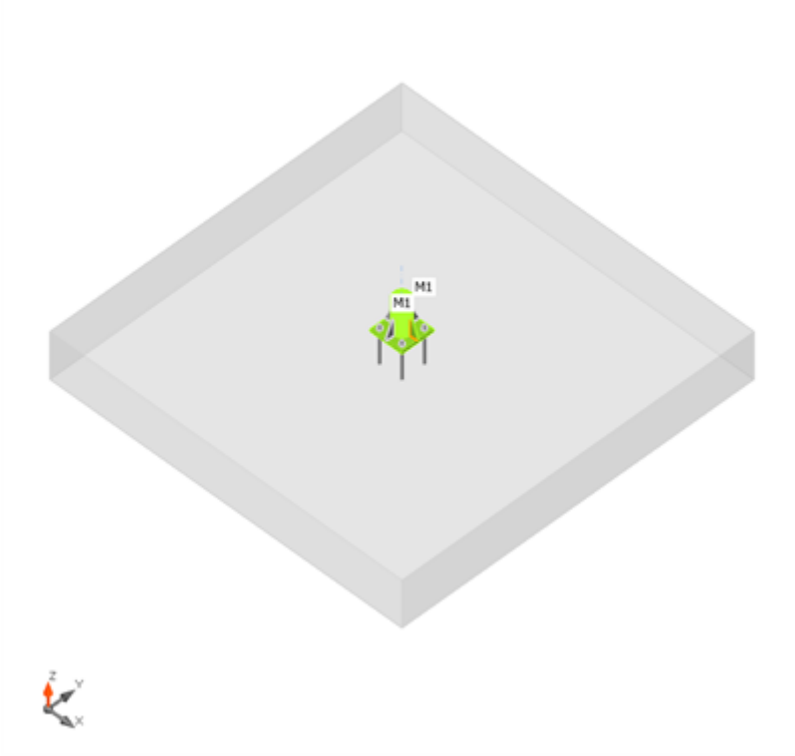
ϵ_{pl}	Strain
σ_{Ed}	Eq. stress
σ_{cEd}	Contact stress
f_y	Yield strength
ϵ_{lim}	Limit of plastic strain

Loc. deformation

Name	d0 [mm]	Loads	δ [mm]	δ_{lim} [mm]	$\delta/d0$ [%]	Check status
M1	100	LE1	0	3	0,1	OK

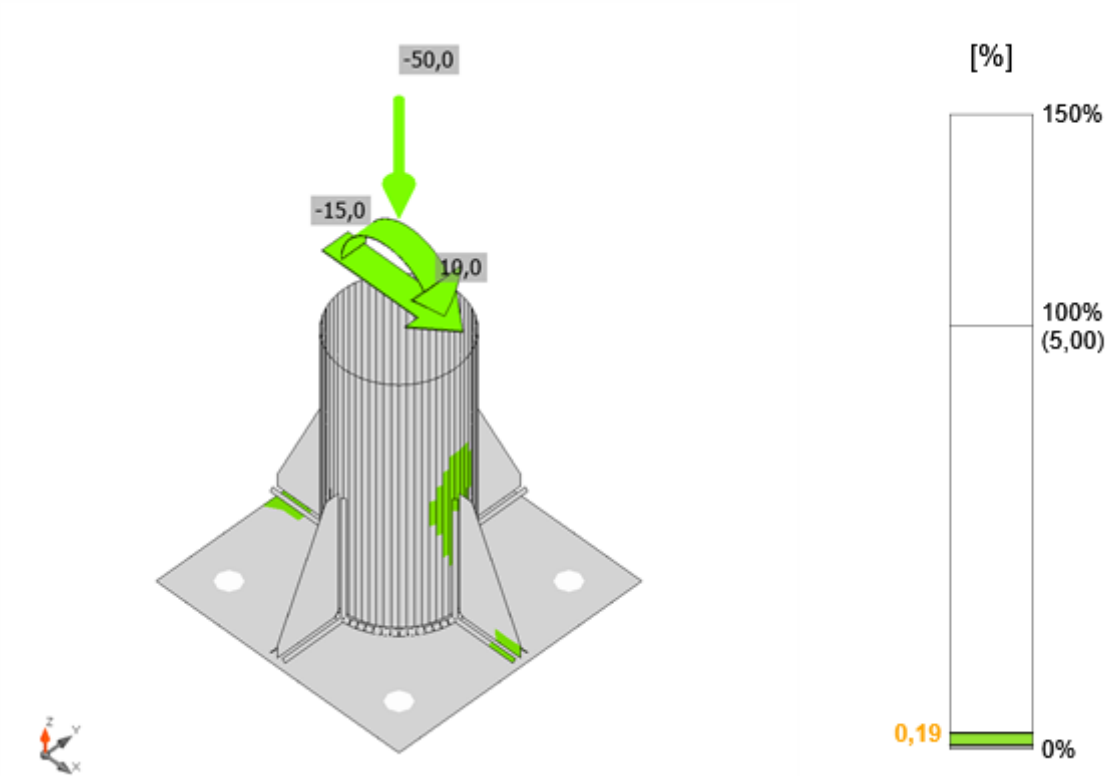
Symbol explanation

d_0	Cross-section size
δ	Local cross-section deformation
δ_{lim}	Allowed deformation

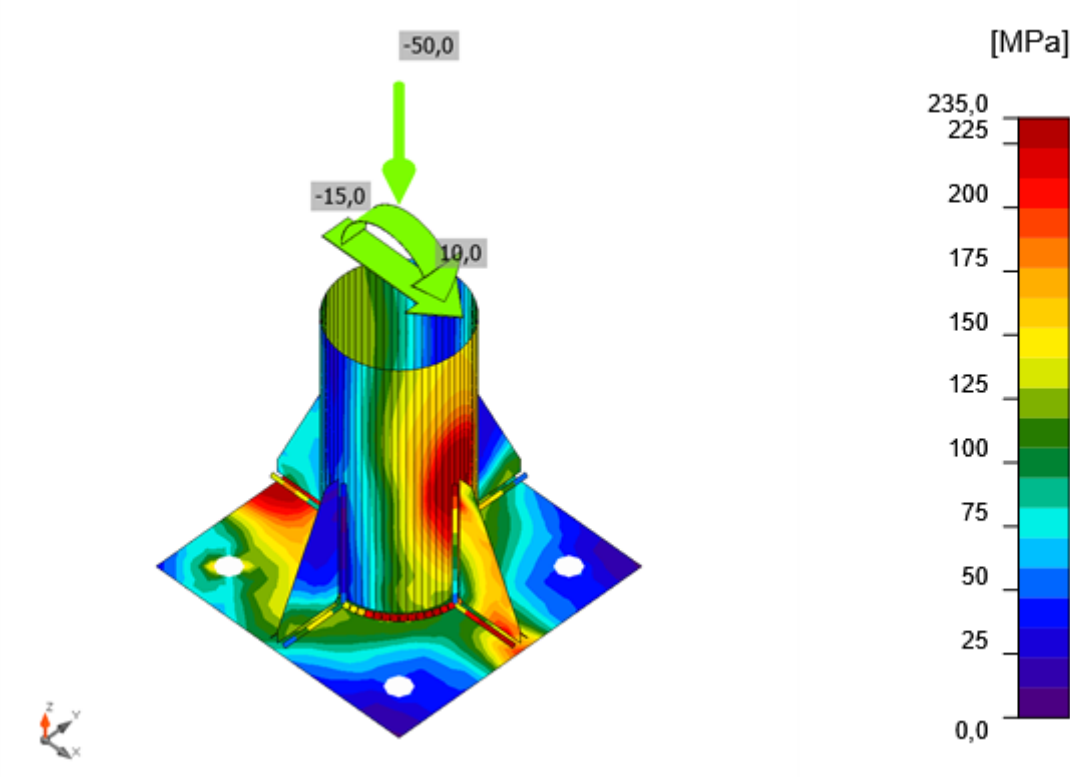


Overall check, LE1

Project:
Project no:
Author:



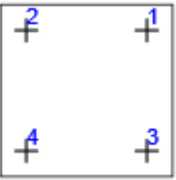
Strain check, LE1



Equivalent stress, LE1

Project:
Project no:
Author:

Anchors

Shape	Item	Loads	N_{Ed} [kN]	V_{Ed} [kN]	$N_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,cp}$ [kN]	U_t [%]	U_s [%]	U_{ts} [%]	Detailing	Status
	A1	LE1	24,8	3,7	116,0	87,2	220,9	42,7	17,2	35,1	OK	OK
	A2	LE1	24,8	3,7	116,0	87,2	220,9	42,7	17,2	35,1	OK	OK
	A3	LE1	0,0	3,8	-	87,2	220,9	0,0	17,2	7,1	OK	OK
	A4	LE1	0,0	3,8	-	87,2	220,9	0,0	17,2	7,1	OK	OK

Design data

Grade	$N_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]
M16 8.8 - 1	71,2	50,2

Symbol explanation

N_{Ed}	Tension force
V_{Ed}	Resultant of shear forces V_y , V_z in bolt
$N_{Rd,c}$	Design resistance in case of concrete cone failure under tension load - EN1992-4 - Cl. 7.2.1.4
$V_{Rd,c}$	Design resistance in case of concrete cone failure under shear load - EN1992-4 - Cl. 7.2.2.5
$V_{Rd,cp}$	Design resistance in case of concrete pryout failure - EN1992-4 - Cl. 7.2.2.4
U_t	Utilization in tension
U_s	Utilization in shear
U_{ts}	Utilization in tension and shear
$N_{Rd,s}$	Design tensile resistance of a fastener in case of steel failure - EN1992-4 - Cl. 7.2.1.3
$V_{Rd,s}$	Design shear resistance in case of steel failure - EN1992-4 - Cl. 7.2.2.3.1

Project:
Project no:
Author:

Welds (Plastic redistribution)

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{Pl} [%]	σ_{\perp} [MPa]	$\tau_{ }$ [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	Ut [%]	U _{tC} [%]	Status
BP1	M1	▲4,0	289	LE1	298,8	0,0	-161,7	37,7	140,1	83,0	55,9	OK
BP1	RIB1	▲3,0▲	50	LE1	156,7	0,0	-38,8	84,1	-24,7	43,5	33,8	OK
		▲3,0▲	50	LE1	173,7	0,0	49,3	92,7	-25,6	48,3	38,7	OK
M1-arc 1	RIB1	▲3,0▲	100	LE1	67,4	0,0	31,1	-16,8	-30,2	18,7	7,5	OK
		▲3,0▲	100	LE1	57,2	0,0	15,8	-29,5	-11,6	15,9	9,1	OK
BP1	RIB2	▲3,0▲	50	LE1	180,4	0,0	82,5	-44,1	81,4	50,1	35,5	OK
		▲3,0▲	50	LE1	182,0	0,0	81,4	45,0	-82,5	50,6	34,0	OK
M1-arc 17	RIB2	▲3,0▲	100	LE1	216,4	0,0	38,1	112,3	50,2	60,1	17,8	OK
		▲3,0▲	100	LE1	224,1	0,0	53,8	-117,9	-43,2	62,2	19,3	OK
BP1	RIB3	▲3,0▲	50	LE1	175,2	0,0	50,7	-93,1	26,7	48,7	41,1	OK
		▲3,0▲	50	LE1	146,8	0,0	-36,3	-79,1	22,1	40,8	30,9	OK
M1-arc 33	RIB3	▲3,0▲	100	LE1	67,0	0,0	-26,7	8,9	34,4	18,6	9,0	OK
		▲3,0▲	100	LE1	49,1	0,0	41,1	-6,9	13,9	15,9	6,7	OK
BP1	RIB4	▲3,0▲	50	LE1	353,0	0,1	-165,7	72,0	-164,9	98,0	76,4	OK
		▲3,0▲	50	LE1	352,9	0,1	-164,2	-72,8	165,0	98,0	73,6	OK
M1-arc 49	RIB4	▲3,0▲	100	LE1	353,3	0,3	-62,0	-185,5	-76,9	98,1	38,3	OK
		▲3,0▲	100	LE1	353,3	0,3	-85,4	183,9	73,0	98,1	42,5	OK

Design data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 235	0,80	360,0	259,2

Symbol explanation

ϵ_{Pl}	Strain
$\sigma_{w,Ed}$	Equivalent stress
$\sigma_{w,Rd}$	Equivalent stress resistance
σ_{\perp}	Perpendicular stress
$\tau_{ }$	Shear stress parallel to weld axis
τ_{\perp}	Shear stress perpendicular to weld axis
0.9 σ	Perpendicular stress resistance - 0.9*fu/γM2
β_w	Corelation factor EN 1993-1-8 tab. 4.1
Ut	Utilization
U _{tC}	Weld capacity utilization

Concrete block

Item	Loads	c [mm]	A _{eff} [mm ²]	σ [MPa]	k _j [-]	F _{jd} [MPa]	Ut [%]	Status
CB 1	LE1	23	6466	15,7	3,00	33,5	47,0	OK

Project:
Project no:
Author:

Symbol explanation

c	Bearing width
A_{eff}	Effective area
σ	Average stress in concrete
k_j	Concentration factor
F_{jd}	The ultimate bearing strength of the concrete block
U_t	Utilization

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

Code settings

Item	Value	Unit	Reference
Y_{M0}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Y_{M1}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Y_{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
Y_{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
Y_C	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
Y_{Inst}	1,20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Joint coefficient β_j	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Effective area - influence of mesh size	0,10	-	
Friction coefficient - concrete	0,25	-	EN 1993-1-8
Friction coefficient in slip-resistance	0,30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Limit plastic strain	0,05	-	EN 1993-1-5
Weld stress evaluation	Plastic redistribution		
Detailing	Yes		
Distance between bolts [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Distance between bolts and edge [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Concrete breakout resistance check	Both		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Use calculated α_b in bearing check.	Yes		EN 1993-1-8: tab 3.4
Cracked concrete	Yes		EN 1992-4
Local deformation check	Yes		CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Local deformation limit	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Geometrical nonlinearity (GMNA)	Yes		Analysis with large deformations for hollow section joints
Braced system	No		EN 1993-1-8: 5.2.2.5

Project:

Project no:

Author:

Project data

Project name

Project number

Author

Description

Date 26/05/2022

Design code EN

Material

Steel S 355, S 235

Concrete C25/30

Project:
Project no:
Author:

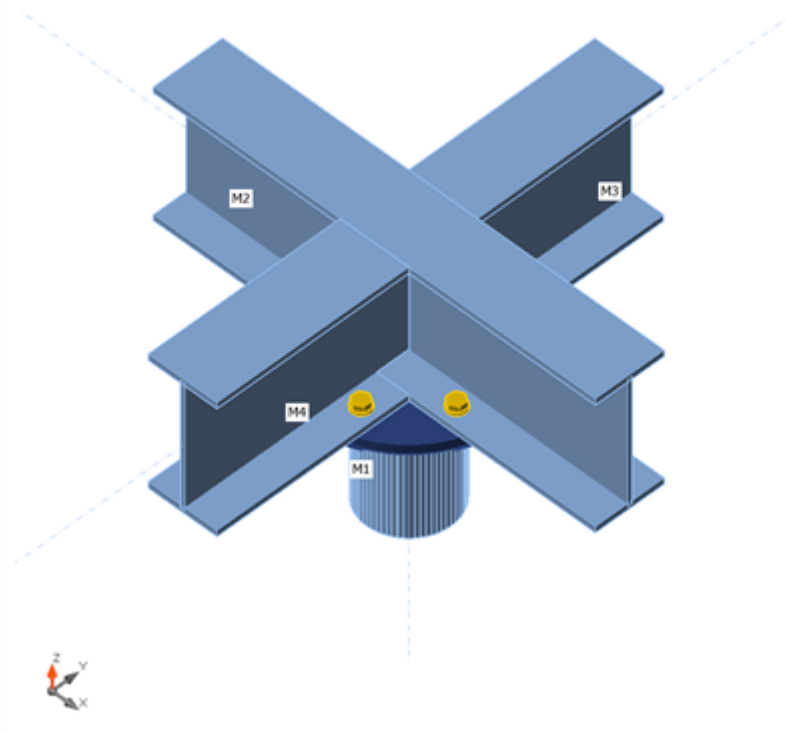
Project item CON2

Design

Name CON2
Description
Analysis Stress, strain/ loads in equilibrium

Beams and columns

Name	Cross-section	β - Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in
M1	1 - CHS100,8	0,0	90,0	0,0	0	0	0	Node
M2	2 - IPE160	0,0	0,0	0,0	0	0	0	Node
M3	2 - IPE160	90,0	0,0	0,0	0	0	0	Node
M4	2 - IPE160	-90,0	0,0	0,0	0	0	0	Node



Cross-sections

Name	Material
1 - CHS100,8	S 235
2 - IPE160	S 235

Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	f_u [MPa]	Gross area [mm ²]
M12 8.8	M12 8.8	12	800,0	113

Project:
Project no:
Author:

Load effects (forces in equilibrium)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	M1	-52,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	M2	0,0	0,0	-13,2	0,0	-14,0	0,0
	M2	0,0	0,0	-13,2	0,0	14,0	0,0
	M3	0,0	0,0	-13,2	0,0	14,0	0,0
	M4	0,0	0,0	-13,2	0,0	14,0	0,0

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100,0%	OK
Plates	0,0 < 5,0%	OK
Loc. deformation	0,0 < 3%	OK
Bolts	3,4 < 100%	OK
Welds	26,6 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	
GMNA	Calculated	

Plates

Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{CEd} [MPa]	Status
M1	8,0	LE1	69,0	0,0	0,0	OK
M2-bfl 1	7,4	LE1	145,0	0,0	8,5	OK
M2-tfl 1	7,4	LE1	142,2	0,0	0,0	OK
M2-w 1	5,0	LE1	101,7	0,0	0,0	OK
M3-bfl 1	7,4	LE1	154,8	0,0	8,6	OK
M3-tfl 1	7,4	LE1	144,3	0,0	0,0	OK
M3-w 1	5,0	LE1	101,9	0,0	0,0	OK
M4-bfl 1	7,4	LE1	154,0	0,0	8,7	OK
M4-tfl 1	7,4	LE1	143,7	0,0	0,0	OK
M4-w 1	5,0	LE1	102,0	0,0	0,0	OK
SP1	12,0	LE1	21,3	0,0	22,5	OK
RIB1	8,0	LE1	41,7	0,0	0,0	OK
RIB2	8,0	LE1	42,0	0,0	0,0	OK
RIB3	8,0	LE1	41,8	0,0	0,0	OK
RIB4	8,0	LE1	41,9	0,0	0,0	OK

Design data

Material	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 235	235,0	5,0

Project:
Project no:
Author:

Symbol explanation

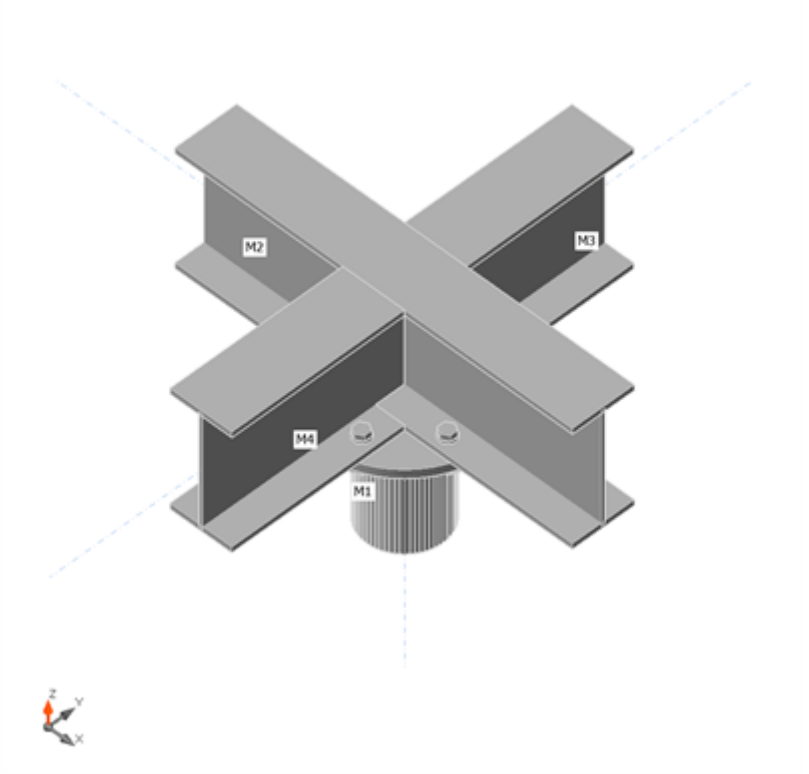
ϵ_{pl}	Strain
σ_{Ed}	Eq. stress
σ_{cEd}	Contact stress
f_y	Yield strength
ϵ_{lim}	Limit of plastic strain

Loc. deformation

Name	d0 [mm]	Loads	δ [mm]	δ_{lim} [mm]	$\delta/d0$ [%]	Check status
M1	100	LE1	0	3	0,0	OK

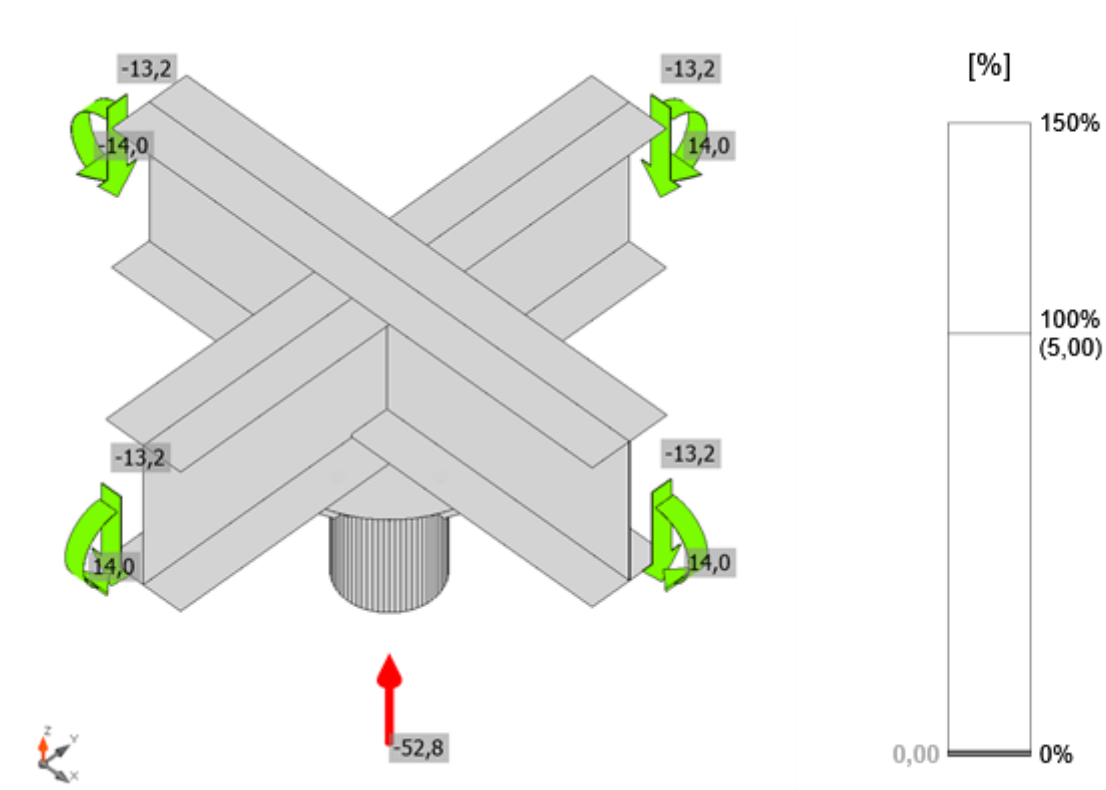
Symbol explanation

d_0	Cross-section size
δ	Local cross-section deformation
δ_{lim}	Allowed deformation

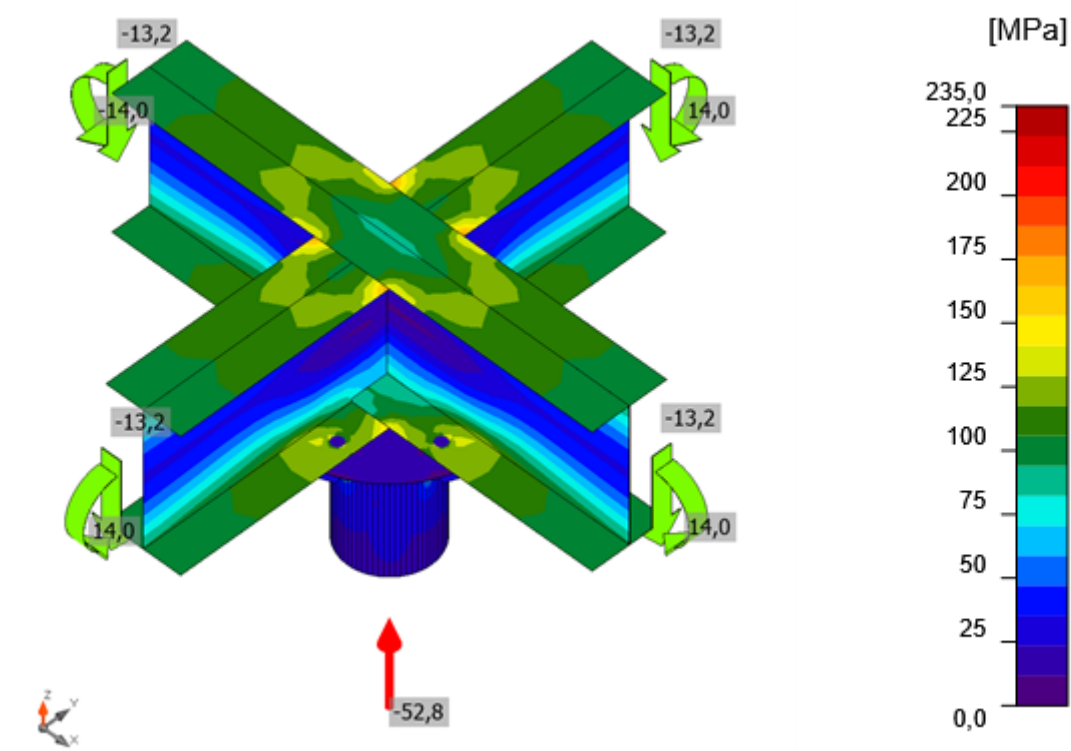


Overall check, LE1

Project:
Project no:
Author:






Strain check, LE1



Equivalent stress, LE1

Project:
Project no:
Author:

Bolts

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	$U_{t,t}$ [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	$U_{t,s}$ [%]	$U_{t,s}$ [%]	Detailing	Status
	B1	LE1	0,3	0,9	0,6	55,8	2,8	3,3	OK	OK
	B2	LE1	0,3	0,9	0,6	55,8	2,8	3,3	OK	OK
	B3	LE1	0,3	0,9	0,6	55,8	2,8	3,3	OK	OK
	B4	LE1	0,3	0,9	0,6	55,8	2,8	3,3	OK	OK
	B5	LE1	0,3	0,9	0,7	55,7	2,8	3,3	OK	OK
	B6	LE1	0,3	0,9	0,7	55,7	2,8	3,3	OK	OK
	B7	LE1	0,4	0,9	0,7	55,7	2,8	3,4	OK	OK
	B8	LE1	0,4	0,9	0,7	55,7	2,8	3,3	OK	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M12 8.8 - 1	48,6	76,4	32,4

Symbol explanation

$F_{t,Rd}$	Bolt tension resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$F_{t,Ed}$	Tension force
$B_{p,Rd}$	Punching shear resistance
V	Resultant of shear forces V_y , V_z in bolt
$F_{v,Rd}$	Bolt shear resistance EN_1993-1-8 table 3.4
$F_{b,Rd}$	Plate bearing resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$U_{t,t}$	Utilization in tension
$U_{t,s}$	Utilization in shear

Project:
Project no:
Author:

Welds (Plastic redistribution)

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Status
SP1	M1	▲3,0▲	289	LE1	44,6	0,0	-18,5	-11,0	-20,7	12,4	6,1	OK
		▲3,0▲	289	LE1	53,4	0,0	-24,1	16,6	21,9	14,8	9,7	OK
M2-bfl 1	M3-bfl 1	7,4	82	LE1								OK
M2-tfl 1	M3-tfl 1	7,4	82	LE1								OK
M2-bfl 1	M3-w 1	5,0	39	LE1								OK
M2-w 1	M3-w 1	5,0	145	LE1								OK
M2-tfl 1	M3-w 1	5,0	39	LE1								OK
M2-bfl 1	M4-bfl 1	7,4	82	LE1								OK
M2-tfl 1	M4-tfl 1	7,4	82	LE1								OK
M2-bfl 1	M4-w 1	5,0	39	LE1								OK
M2-w 1	M4-w 1	5,0	145	LE1								OK
M2-tfl 1	M4-w 1	5,0	39	LE1								OK
SP1	RIB1	▲3,0▲	60	LE1	76,1	0,0	-29,8	27,8	-29,3	21,1	11,3	OK
		▲3,0▲	60	LE1	74,3	0,0	-28,4	-27,0	28,9	20,6	10,9	OK
M1-arc 1	RIB1	▲3,0▲	60	LE1	92,2	0,0	-25,4	-41,4	-30,0	25,6	9,6	OK
		▲3,0▲	60	LE1	95,3	0,0	-32,0	43,6	28,0	26,5	10,6	OK
SP1	RIB2	▲3,0▲	60	LE1	76,9	0,0	-29,4	28,6	-29,4	21,4	11,2	OK
		▲3,0▲	60	LE1	75,7	0,0	-28,8	-28,3	28,8	21,0	10,9	OK
M1-arc 17	RIB2	▲3,0▲	60	LE1	92,3	0,0	-25,5	-41,4	-30,2	25,6	9,6	OK
		▲3,0▲	60	LE1	95,4	0,0	-32,1	43,7	28,1	26,5	10,5	OK
SP1	RIB3	▲3,0▲	60	LE1	78,5	0,0	-30,6	28,9	-30,1	21,8	11,4	OK
		▲3,0▲	60	LE1	76,6	0,0	-29,2	-28,1	29,7	21,3	10,9	OK
M1-arc 33	RIB3	▲3,0▲	60	LE1	92,6	0,0	-25,5	-41,6	-30,2	25,7	9,7	OK
		▲3,0▲	60	LE1	95,7	0,0	-32,1	43,8	28,1	26,6	10,6	OK
SP1	RIB4	▲3,0▲	60	LE1	76,8	0,0	-29,4	28,5	-29,4	21,3	11,2	OK
		▲3,0▲	60	LE1	75,6	0,0	-28,8	-28,3	28,8	21,0	10,9	OK
M1-arc 49	RIB4	▲3,0▲	60	LE1	92,3	0,0	-25,5	-41,4	-30,1	25,6	9,6	OK
		▲3,0▲	60	LE1	95,4	0,0	-32,1	43,7	28,0	26,5	10,5	OK

Design data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9σ [MPa]
S 235	0,80	360,0	259,2

Project:
Project no:
Author:

Symbol explanation

ε_{pl}	Strain
$\sigma_{w,Ed}$	Equivalent stress
$\sigma_{w,Rd}$	Equivalent stress resistance
σ_{\perp}	Perpendicular stress
$\tau_{ }$	Shear stress parallel to weld axis
τ_{\perp}	Shear stress perpendicular to weld axis
0.9σ	Perpendicular stress resistance - $0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
β_w	Corelation factor EN 1993-1-8 tab. 4.1
U_t	Utilization
U_{tc}	Weld capacity utilization

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

Code settings

Item	Value	Unit	Reference
Y _{M0}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Y _{M1}	1,00	-	EN 1993-1-1: 6.1
Y _{M2}	1,25	-	EN 1993-1-1: 6.1
Y _{M3}	1,25	-	EN 1993-1-8: 2.2
Y _C	1,50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
Y _{Inst}	1,20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Joint coefficient β_j	0,67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Effective area - influence of mesh size	0,10	-	
Friction coefficient - concrete	0,25	-	EN 1993-1-8
Friction coefficient in slip-resistance	0,30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Limit plastic strain	0,05	-	EN 1993-1-5
Weld stress evaluation	Plastic redistribution		
Detailing	Yes		
Distance between bolts [d]	2,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Distance between bolts and edge [d]	1,20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Concrete breakout resistance check	Both		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Use calculated a_b in bearing check.	Yes		EN 1993-1-8: tab 3.4
Cracked concrete	Yes		EN 1992-4
Local deformation check	Yes		CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Local deformation limit	0,03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Geometrical nonlinearity (GMNA)	Yes		Analysis with large deformations for hollow section joints
Braced system	No		EN 1993-1-8: 5.2.2.5

7 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΕΓΕΡΣΗΣ

Η προτεινόμενη μέθοδος ανέγερσης είναι η εξής:

1. Χωματουργικές εργασίες
2. Τοπογραφική οργάνωση του πεδίου και χάραξη των πλακών επί εδάφους
3. Προετοιμασία της υπόβασης των παλκών / επιχώσεις / στρώσεις γεφυφάσματος
4. Κατασκευή ξυλοτύπων / τοποθέτηση οπλισμών
5. Χάραξη των στύλων και τοποθέτηση πρόπλακας και αγκυρίων πριν τη σκυροδέτηση
6. Σκυροδέτηση πλακών επί εδάφους
7. Τοποθέτηση των κατακόρυφων στοιχείων της κατασκευής
8. Τοποθέτηση των κύριων δοκών, κεφαλοδοκών και τεγίδων
9. Τοποθέτηση των δαπέδων χρήσης
10. Τελική σύσφιξη των κοχλίων και έλεγχος της συναρμογής των ελασμάτων
11. Έλεγχος των βαφών και διωρθωτικές βαφές των επιφανειών επί τόπου
12. Έλεγχος των κατασκευών για τυχόν κατασκευαστικές ατέλειες ή παραμορφώσεις
13. Τοποθέτηση των υπολοίπων επικαλύψεων της κατασκευής, βάσει αρχιτεκτονικής μελέτης

8 ΕΠΙΛΟΓΟΣ

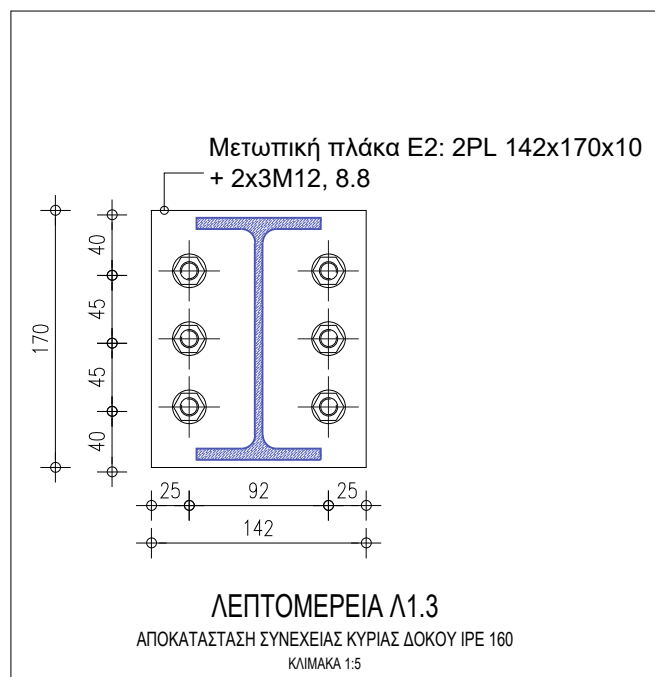
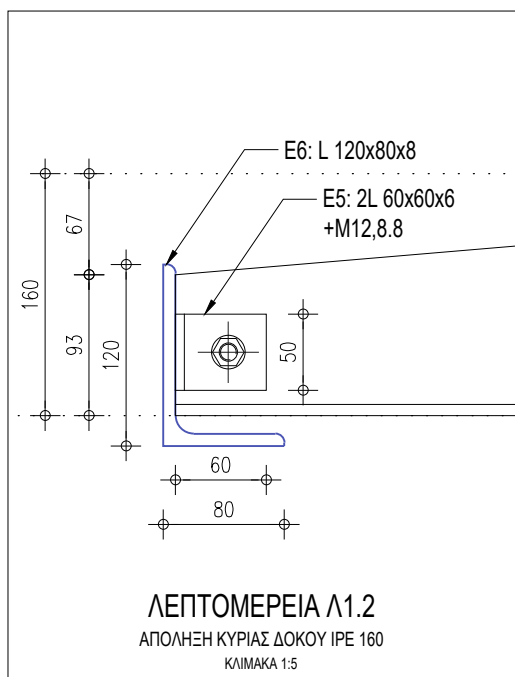
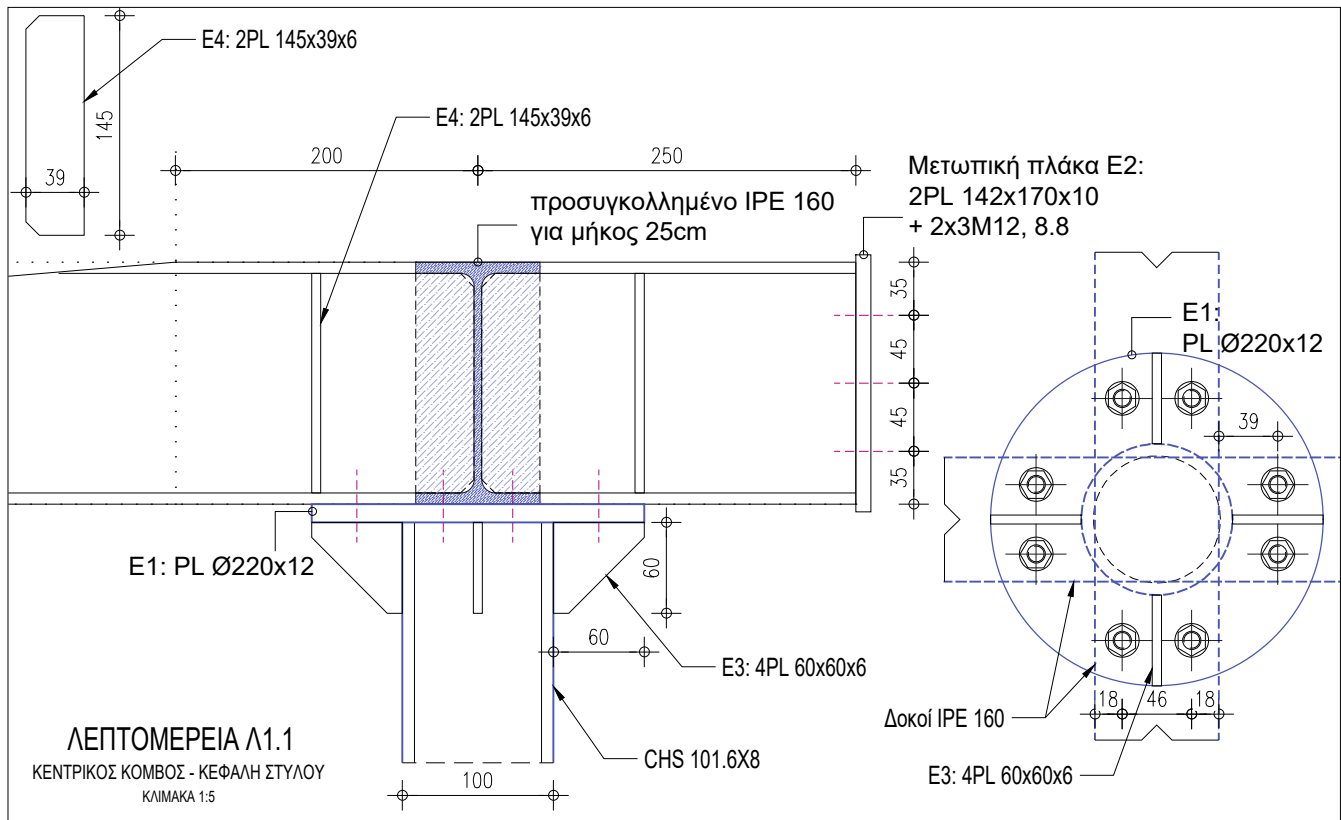
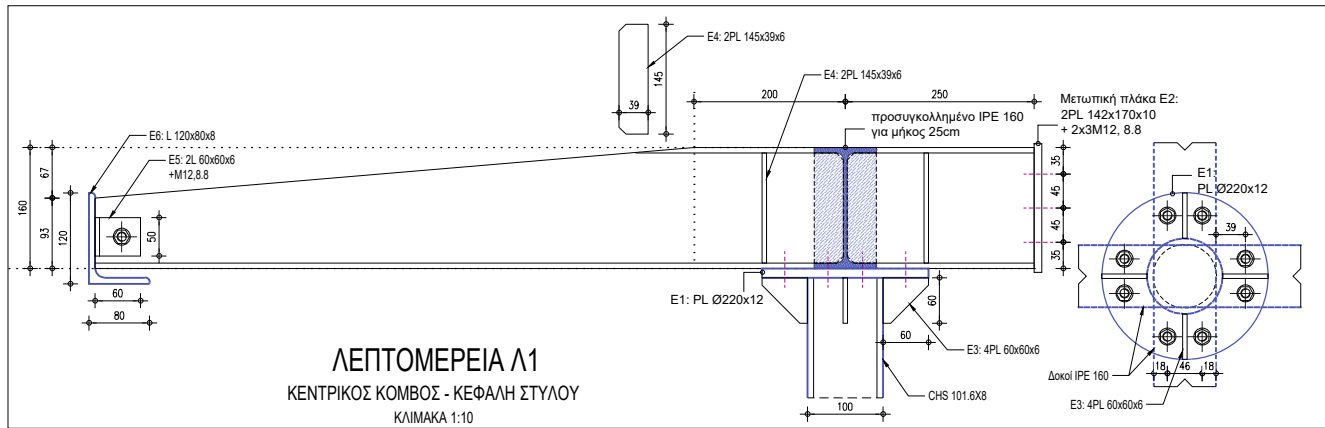
Η τεχνική αυτή έκθεση παρουσιάζει τις βασικές παραμέτρους σχεδιασμού, τις παραδοχές των φορτίων, την διαστασιολόγηση των μελών και των συνδέσεων, καθώς και τυπικές κατασκευαστικές λεπτομέρειες. Οι προμετρήσεις των υλικών παρουσιάζονται σε ξεχωριστό τεύχος, που συνοδεύει την αρχιτεκτονική μελέτη.

Ο συντάξας,
Βασίλης Κασίμης πολιτικός μηχανικός

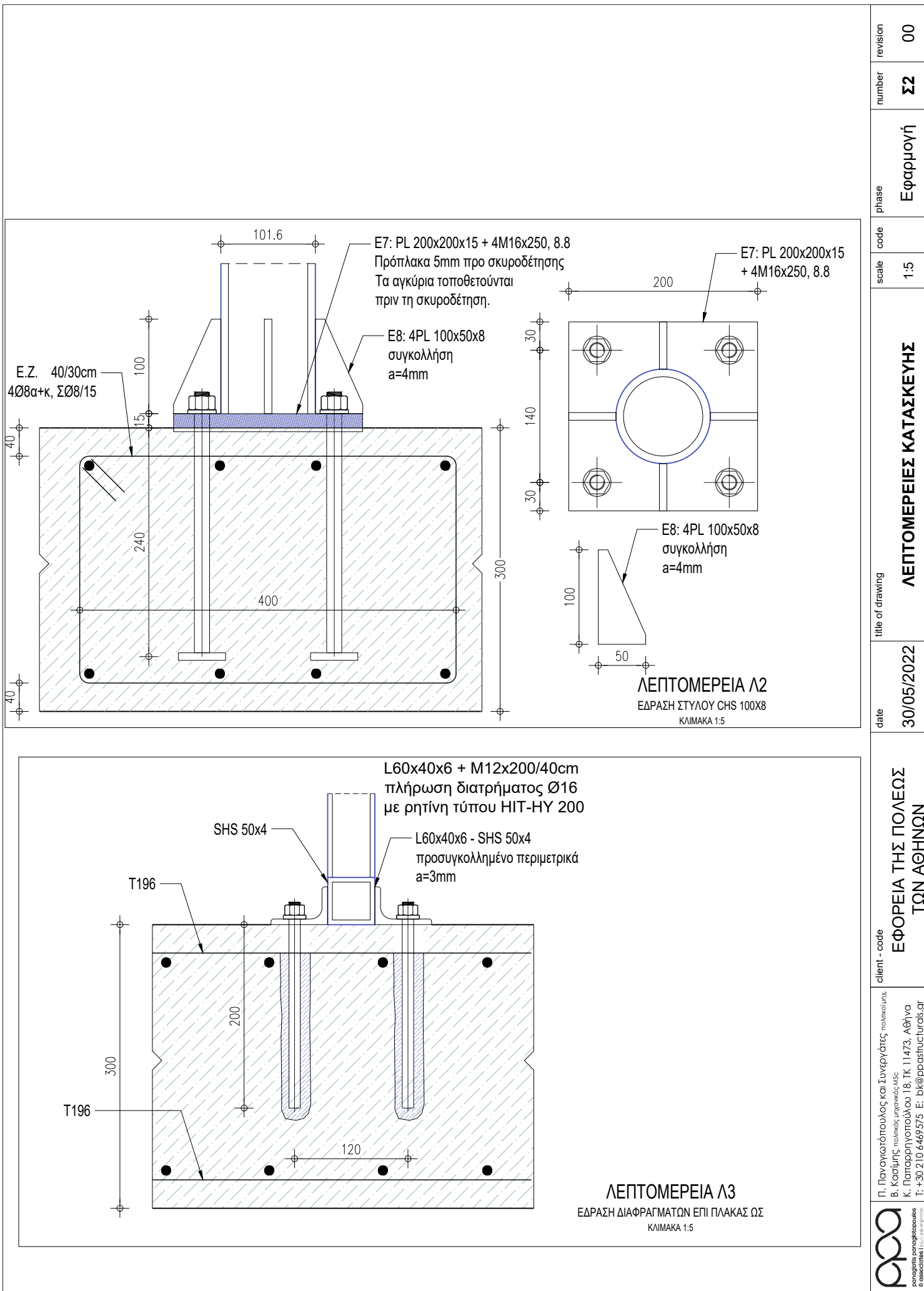
ΒΑΣΙΛΗΣ ΚΑΣΙΜΗΣ
ΔΙΠΛ. ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π.
ΜΕΛΟΣ Τ.Ε.Ε. ΑΡ. ΜΗΤΡΩΟΥ 101956
ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΕΟΥΣ 66 - 15451 Ν. ΨΥΧΙΚΟ
ΑΦΜ : 104350203 - ΔΟΥ : ΨΥΧΙΚΟΥ
ΤΗΛ. 6909736710

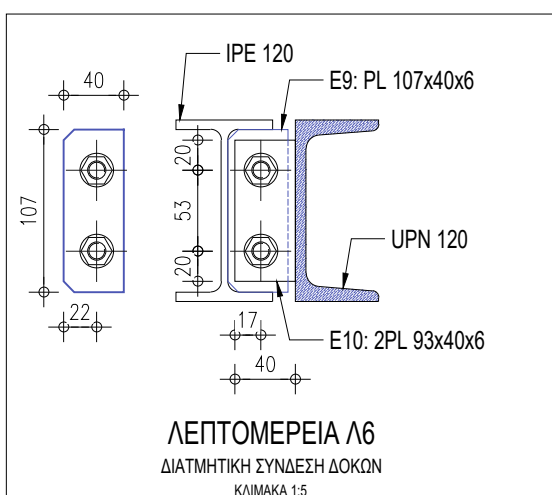
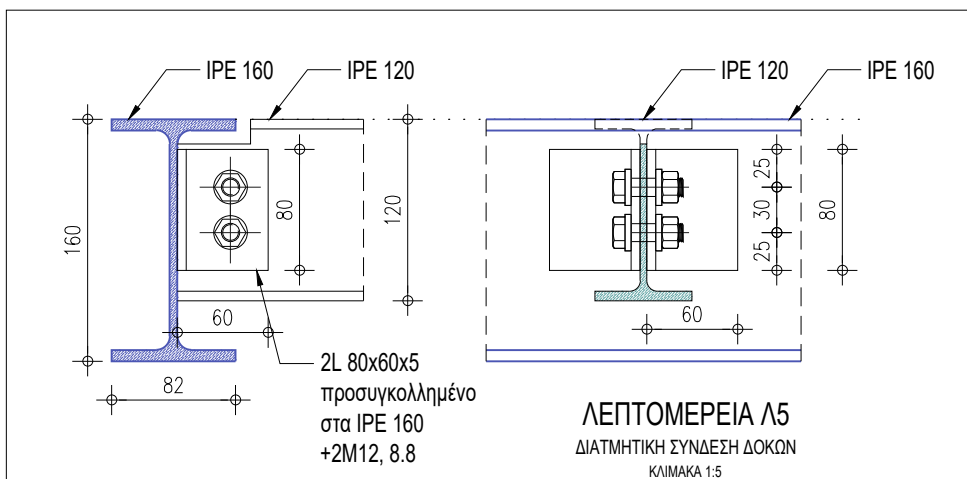
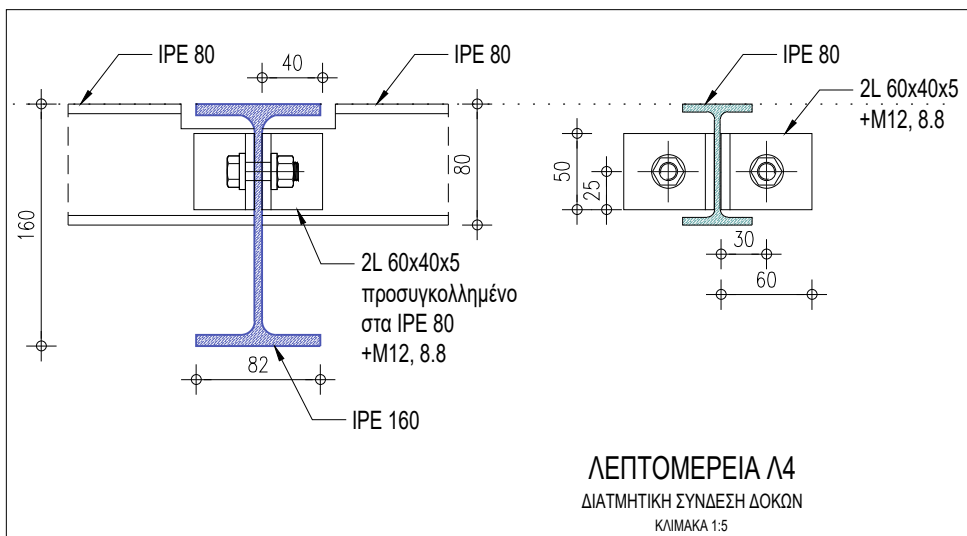


9 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α' – ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ

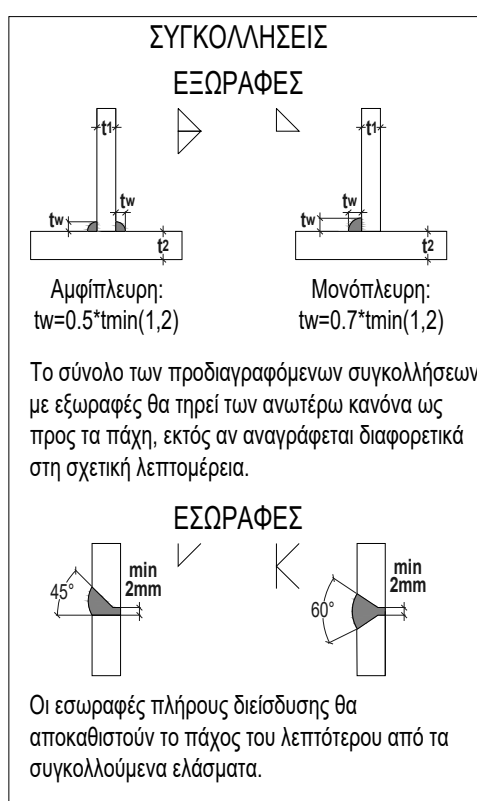


revision	00
number	Σ1
phase	Εφαρμογή
code	
scale	1:5
title of drawing	ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
date	30/05/2022
client - code	ΕΦΟΡΕΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΕΩΣ ΤΩΝ ΑΘΗΝΩΝ
client - name	Π. Παναγιωτόπουλος και Συνεργάτες Πολιτικό Μηχ. Β. Κασιμάτης Πολιτικός Μηχανικός ΜΣΕ Κ. Παπαργηγόπουλου 18, ΤΚ 11473, Αθήνα Τ: +30 210 6469575 Ε: bk@ppastructuralis.gr

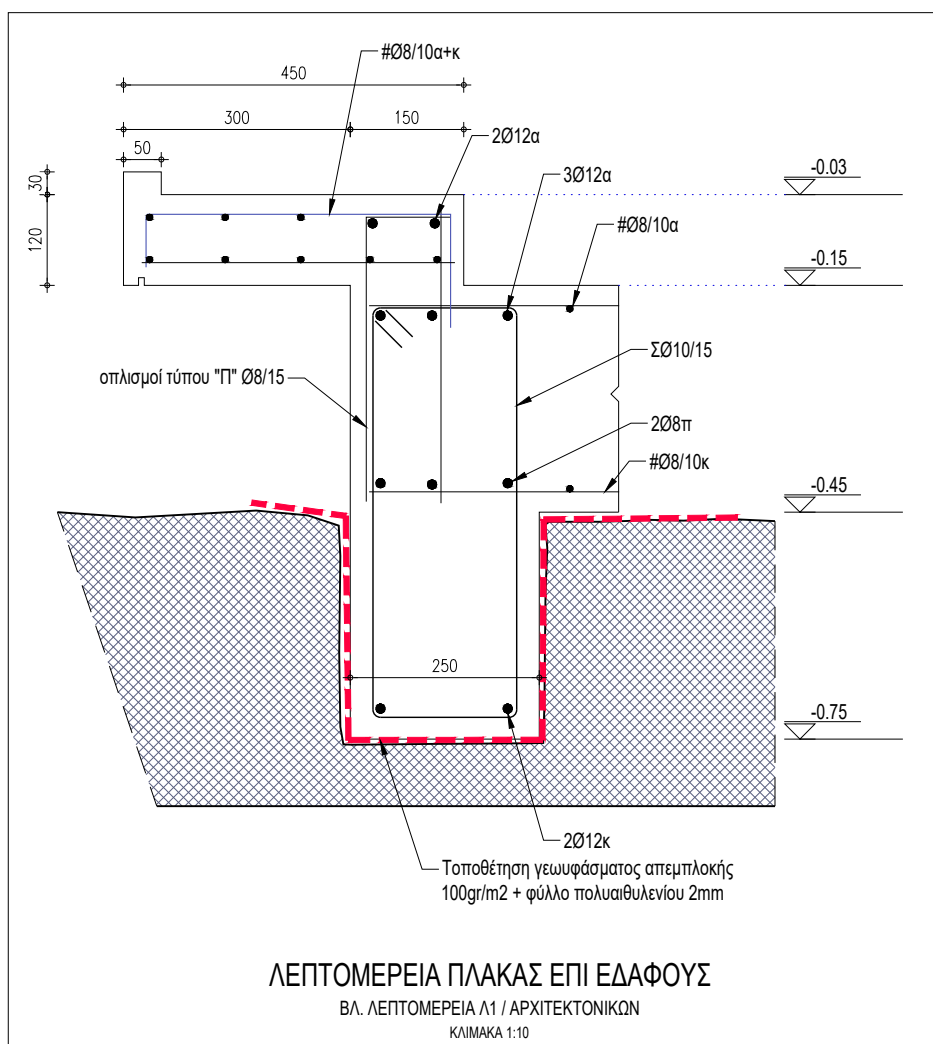
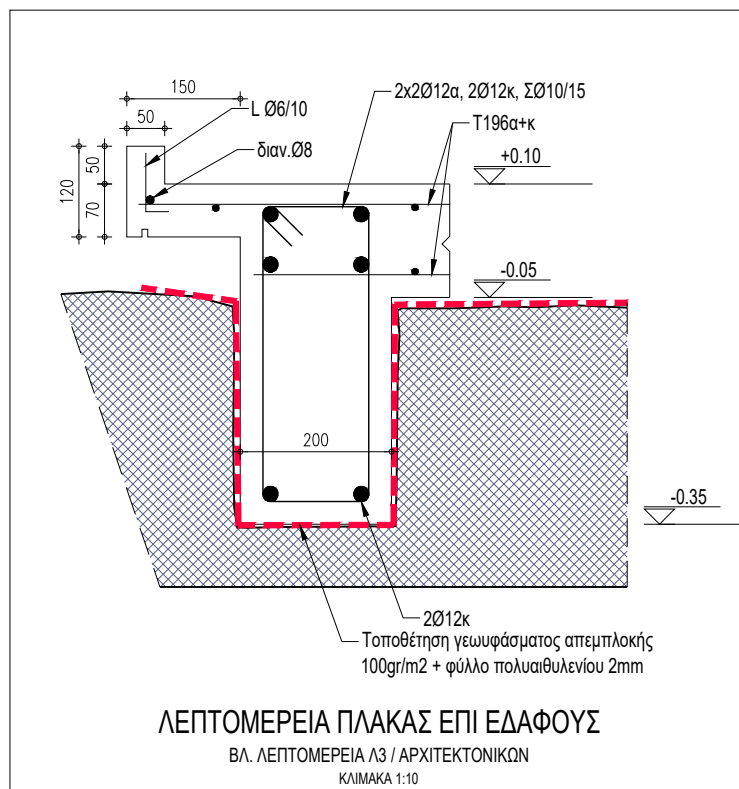




- ΓΕΝΙΚΑ**
- Σε κοχλιωτές συνδέσεις, το επίπεδο διάτμησης θα τέμνει τον κορμό των κοχλιών - όχι το σπείρωμα.
 - Οι οπές των κοχλιών θα είναι κανονικές, με διαστάσεις σύμφωνα με το EN 1993 μέρος 1-8, εκτός αν αναγράφεται διαφορετικά.
 - Σε περίπτωση που κατά την εφαρμογή προκύπτει ανάγκη υπερμεγέθων ή επιμήκων οπών, θα ενημερώνεται ο μελετητής για περαιτέρω διευκρινήσεις.



revision	00
number	Σ3
phase	Εφαρμογή
code	
scale	1:5
title of drawing	ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ
date	30/05/2022
client - code	ΕΦΟΡΕΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΕΩΣ ΤΩΝ ΑΘΗΝΩΝ
client - name	Π. Παναγιωτόπουλος και Συνεργάτες Πολιτικό Μηχ. Β. Κασίλης Πολιτικός Μηχανικός ΜSc Κ. Παπαργυροπούλου 18, ΤΚ 11473, Αθήνα Τ: +30 210 6469575 Ε: bk@ppastucturals.gr
client - logo	



 <p>Π. Παναγιωτόπουλος και Συνεργάτες Πολιτικοί Μηχ. Β. Κασίλης Πολιτικός Μηχανικός MSc Κ. Παπαργηγίου 18, ΤΚ 11473, Αθήνα Τ: +30 210 6469575 Ε: bk@ppastructuralis.gr</p>	ΕΦΟΡΕΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΕΩΣ ΤΩΝ ΑΘΗΝΩΝ	client - code	date 30/05/2022	title of drawing ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	scale	1:10	code	phase	number	revision
								Εφαρμογή	Σ4	00