



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟΥ
ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΥΠΟΣΤΕΓΟΥ ΚΑΛΥΨΗΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ ΣΕ
ΣΤΑΘΕΡΟ**

υπό

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΝΤΑΦΛΟΥΚΑ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Πολιτικού Μηχανικού

2016

© 2016 Κωνσταντίνος Νταφλούκας

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων) Δρ. Σοφιανόπουλος Δημήτριος
Αναπλ. Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Καρακασίδης Θεόδωρος
Αναπλ. Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Περδικάρης Φίλιππος
Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, κ. Σοφιανόπουλο Δημήτριο, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας μου και τη δυνατότητα που μου έδωσε να διευρύνω τις γνώσεις μου στο τομέα των μεταλλικών κατασκευών. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, κ. Καρακασίδη Θεόδωρο και κ. Περδικάρη Φίλιππο, για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας και τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Πάνω απ' όλα, ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια αλλά και στα υπόλοιπα αγαπημένα μου πρόσωπα που ήταν δίπλα μου κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Νταφλούκας Κωνσταντίνος

ΠΡΟΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΥΠΟΣΤΕΓΟΥ ΚΑΛΥΨΗΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ ΣΕ ΣΤΑΘΕΡΟ

Νταφλούκας Κωνσταντίνος

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, 2016

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Σοφιανόπουλος Δημήτριος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Είναι πραγματικότητα ότι οι μεταλλικές κατασκευές αποτελούν ένα σημαντικό και πολυσύνθετο κλάδο στο επάγγελμα του Πολιτικού Μηχανικού. Το μειωμένο κόστος κατασκευής αλλά και η ταχύτητα ανέγερσης μεγάλων σε κλίμακα έργων έχουν φέρει τις μεταλλικές κατασκευές σε πρώτη γραμμή. Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία μελετάται σε βαθμό προμελέτης η μετατροπή ενός μεταφερόμενου μεταλλικού υποστέγου σε σταθερό σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3 για φορτίσεις ανέμου και χιονιού κατά τον Ευρωκώδικα 1.

ABSTRACT

It is a fact that steel structures are an important and complex sector in the profession of a civil engineer. The reduced cost and the fast way of construction for high level scale buildings have set steel constructions in a leading position. In this dissertation, an early stage study is performed, regarding the design of a formerly deployable steel aircraft hangar, in order to transform it into a stand-alone construction. The whole analysis was based on Eurocodes 1 and 3.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	7
Κεφάλαιο 2 Σκοπός και αντικείμενο.....	8
2.1 Ιστορικά στοιχεία	8
2.2 Περιγραφή της υπό προσαρμογής μεταλλικής κατασκευής.....	9-13
Κεφάλαιο 3 Φορτία κατασκευής.....	14
3.1 Γενικά.....	14
3.2 Είδη δράσεων.....	15
3.3 Φορτίο χιονιού.....	15
3.3.1 Υπολογισμός φορτίου χιονιού σε στέγες.....	16-20
3.4 Φορτίο ανέμου.....	20-22
3.4.1 Πιέσεις στις εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες του έργου.....	22-35
3.4.2 Υπολογισμός των τελικών πιέσεων.....	35-52
Κεφάλαιο 4 Ανάλυση-Διαστασιολόγηση-Έλεγχοι.....	53
4.1 Γενικά.....	53-65
Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα – Προτάσεις.....	66
5.1 Γενικά συμπεράσματα.....	66
5.2 Προτάσεις.....	66
Βιβλιογραφία.....	67

Κεφάλαιο 1ο : Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι πληροφορίες εισαγωγικού χαρακτήρα που δίνουν το κίνητρο και το υπόβαθρο της διπλωματικής εργασίας, παρατίθεται μια ανασκόπηση της σχετικής με την εργασία βιβλιογραφίας και περιγράφονται συνοπτικά οι βασικές ενότητες της παρούσας εργασίας.

1.1 Κίνητρο και Υπόβαθρο

Οι μεταλλικές κατασκευές λαμβάνουν με τα χρόνια κυρίαρχο ρόλο στο επάγγελμα του Πολιτικού Μηχανικού. Στη παρούσα διπλωματική εργασία μελετάμε σε πρώιμο στάδιο (προμελέτης) τη μετατροπή ενός μεταφερόμενου υποστέγου σε σταθερό. Ο φορέας φορτίζεται με συνδυασμούς δράσεων λόγω ανέμου και χιονιού σύμφωνα με τις διατάξεις του Ευρωκώδικα.

1.2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η παρούσα διπλωματική εργασία στηρίχτηκε στη μελέτη αρκετών παραδειγμάτων άλλων υποστέγων ως προς τη συμπεριφορά τους σε διάφορες φορτίσεις κυρίως μέσω επιστημονικών συγγραμμάτων που ειδικεύονται στις μεταλλικές κατασκευές.

1.3 Οργάνωση Διπλωματικής Εργασίας

Το υπόλοιπο αυτής της διπλωματικής εργασίας χωρίζεται στις παρακάτω ενότητες:

Στο Κεφάλαιο 2 αναλύεται ο σκοπός και το αντικείμενο της εργασίας.

Στο Κεφάλαιο 3 αναλύονται τα φορτία της κατασκευής.

Στο Κεφάλαιο 4 γίνεται παρουσίαση της ανάλυσης – διαστασιολόγησης – ελέγχου.

Ακολουθεί το Κεφάλαιο 5 όπου καταγράφουμε τα συμπεράσματα – προτάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο : ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

2.1 Ιστορικά Στοιχεία

Περί τα τέλη της δεκαετίας του '90, αρχές της χιλιετηρίδας, η Πολεμική Αεροπορία προκήρυξε διαγωνισμό με τη διαδικασία Μελέτης – Κατασκευής (όπως ίσχυε την εποχή εκείνη), για την προμήθεια και εγκατάσταση των παρακάτω χαλύβδινων υποστέγων:

- (α) Ενός υποστέγου κάλυψης αεροσκάφους (Α/Φ) CL-415
- (β) Δύο υποστέγων μαχητικών – εκπαιδευτικών Α/Φ
- (γ) Ενός υποστέγου συντήρησης – κάλυψης Α/Φ γενικής χρήσης, και
- (δ) Ενός υποστέγου γενικής αποθηκευτικής – εφοδιαστικής χρήσης.

Ο Επιβλέπων της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, ο οποίος την εποχή εκείνη ήταν υπάλληλος Πολιτικός Μηχανικός, άρτι Διδάκτωρ, ανέλαβε υπηρεσιακά τον έλεγχο της αρτιότητας (από πλευράς Εθνικών και Διεθνών Κανονισμών της εποχής) των μελετών που υποβλήθηκαν, με αποτέλεσμα να διαθέτει μέχρι και τώρα τα σχετικά στοιχεία – στο βαθμό πρόσβασης του – των ως άνω μελετών.

Αναλυτικότερα, αναφορικά με το υπόστεγο κάλυψης του Α/Φ CL-415 (αναβαθμισμένη κατασκευή του κλασσικού αεροσκάφους C-130), μεταξύ των προσφορών, κατατέθηκε εκ μέρους της εταιρείας Space Consultants

<http://www.spaceconsulting.gr/pages.php?langID=2&pageID=3>

η οποία εξειδικεύεται εκτός άλλων σε μελέτες κατασκευών της Ελληνικής Εθνικής Άμυνας.

Η εν λόγω εταιρία αντιπροσώπευσε την Βρετανική εταιρεία RUBB

<http://www.rubbuk.com/>

η προσφορά της οποίας ήταν στα Αγγλικά.

Μετά από διαδικασίες, οι οποίες δεν αφορούν το αντικείμενο της Εργασίας, ο διαγωνισμός προέβη άγονος, για λόγους δεοντολογίας της Υπηρεσίας.

Το αντικείμενο της τρέχουσας Εργασίας αποτελεί την – σε βαθμό προμελέτης – μετατροπή / προσαρμογή της μελέτης των CL-415 σε σταθερή μεταλλική κατασκευή με βάση τις κείμενες διατάξεις φορτίσεων και ελέγχων.

Στο σημείο αυτό, ο Επιβλέπων και γω θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον αγαπητό φίλο και τέως συνάδελφο της ΠΑ Γιώργο Οικονόμου, για την υποστήριξη του.

2.2 Περιγραφή της υπό προσαρμογής μεταλλικής κατασκευής

Σε ό,τι ακολουθεί, περιγράφεται αναλυτικά το υπόστεγο που πρόκειται να προσαρμοστεί στα πλαίσια της παρούσας.

Το εν λόγω υπόστεγο έχει διαστάσεις κάτοψης 50m (άνοιγμα) και 20m (βάθος) καθώς αποτελείται από τέσσερις (4) ισαπέχοντες κύριους φορείς, οι οποίοι είναι δικτυωτά πλαίσια από γαλβανισμένο χάλυβα. Το εξετάζων υπόστεγο υπέστη τροποποιήσεις ώστε να ανταποκριθεί στη καινούρια λειτουργία του. Αρχικά αποτελούνταν από ορθογωνικές και κυκλικές διατομές (RHS και CHS) ενώ η εμπρόσθια μετώπη φέρει και οριζόντια δικτυωτή δοκό από γαλβανισμένο χάλυβα, η οποία αναρτάται κατάλληλα από τον 1ο δικτυωτό κύριο φορέα και επίσης στηρίζεται σε δικτυωτούς στύλους παρόμοιας μορφής, λεπτομέρειες μόνωσης, συνδεσμολογίας και διατομές μελών των οποίων παρατίθενται στα αντίστοιχα σχέδια και σκαριφήματα. Κύριο χαρακτηριστικό είναι η προεντεταμένη μεμβράνη επικάλυψης η οποία τανύζεται και αγκυρώνεται κατάλληλα στη θεμελίωση, οπότε λειτουργεί συνολικά τόσο σαν αντανέμια προστασία όσο και σαν σύνδεσμος ακαμψίας. Από πλευράς μέσων σύνδεσης, κάθε κύριος φορέας αποτελείται έξι (6) [ανά δύο ίδια] δικτυωτά μέρη, τα οποία έρχονται πλήρως κατασκευασμένα με όλα τα ειδικά τεμάχια τους (λεπίδες, μετωπικές πλάκες, οπές κοχλιών, ενισχύσεις, στηρίξεις). Οι κόμβοι των κοίλων διατομών των μερών μορφώνονται με συγκολλήσεις, τα δε μέρη συναρμολογούνται – συνδέονται επί τόπου μέσω μετωπικών πλακών με κοχλιώσεις. Έτοιμα επίσης με όλα τα απαραίτητα στοιχεία ενίσχυσης και σύνδεσης έρχονται και οι τεγίδες, οι πλάκες αγκύρωσης, τα καλώδια και τα αξονικά πλαίσια, που συνδέονται κοχλιωτά επί τόπου με τους κύριους φορείς στις προβλεπόμενες θέσεις. Σχετικοί πίνακες και επί μέρους διαστάσεις διατομών και μελών φαίνονται στα αντίστοιχα σχέδια, όπως αυτά αναγράφονται παρακάτω:

<i>Σ1</i>	:	<i>Κάτοψη και Όψεις Υποστέγου</i>
<i>Σ2</i>	:	<i>Κάτοψη Θεμελίωσης και λεπτομέρειες</i>
<i>Σ3</i>	:	<i>Όψη κύριου φορέα (ζευκτού) και διατομές μελών (ράβδων)</i>
<i>Σ4</i>	:	<i>Αξονικοί σύνδεσμοι ακαμψίας</i>
<i>Σ5</i>	:	<i>Αξονομετρική διάταξη και συνδεσμολογία αξονικών στοιχείων</i>
<i>Σ6α</i>	:	<i>λεπτομέρειες οριζόντιας δικτυωτής δοκού θύρας υποστέγου (φ. 1)</i>
<i>Σ6β</i>	:	<i>λεπτομέρειες οριζόντιας δικτυωτής δοκού θύρας υποστέγου (φ. 2)</i>
<i>ΣΚ</i>	:	<i>Σκαριφήματα λεπτομερειών</i>

Η μελέτη του εν λόγω υποστέγου έγινε με τη χρήση διαφορετικών διατομών στα μέλη του φορέα (διπλά ισοσκελή γωνιακά και άλλες πρότυπες διατομές θερμής έλασης),

έγινε χρήση του λογισμικού SAP2000V14 και των εκεί ενσωματωμένων ελέγχων με βάση τον Ευρωκώδικα 3. Τα φορτία επί της κατασκευής (που σε βαθμό προμελέτης ήταν του χιονιού και του ανέμου) υπολογίστηκαν με βάση τον Ευρωκώδικα 1.

Λόγω της ιδιάζουσας μορφολογίας του υποστέγου (ανοιχτό στις μεγάλες πλευρές), με αποτέλεσμα την μη συνήθη κατανομή φορτίων ανέμου, η μόρφωση των συνδέσμων δυσκαμψίας αποφασίστηκε να πραγματοποιηθεί μέσω εγκάρσιων δικτυωμάτων χωρίς την παρουσία Χ συνδέσμων οροφής. Επιπρόσθετα δε οι σύνδεσμοι δυσκαμψίας των πλαϊνών του φορέα ήταν μορφής Λ σε δύο επάλληλα επίπεδα.

Μετά από κοπιώδεις επαναληπτικές προσπάθειες, η τελική μορφή του φορέα προέκυψε όπως παρακάτω περιγράφεται.

Η τελική απεικόνιση του φορέα και οι πίνακες με τα στοιχεία των διατομών όπου χρησιμοποιήθηκε ο δομικός χάλυβας ποιότητας S275 και τα μέλη του συνδέθηκαν κοχλιωτά ακολουθούν.

- Δικτυωτά μέλη : 2L150x12/10
- Τεγίδες : 2UPN140/10
- Μηκίδες : 2UPN140/10
- Σύνδεσμοι δυσκαμψίας τύπου Λ : 2UPN140/10
- Εγκάρσια χιαστί : 2L120x10/10

Από τον ως άνω τελικό σχεδιασμό είναι προφανής η προσπάθεια ομοιόμορφης χρήσης διατομών με γνώμονα την εύκολη και οικονομική ανέγερση του υποστέγου.

Σύνολο μεταλλικών μελών : 881

Αδρανηακά στοιχεία διατομών:

Property Data

Section Name: 2L150x12/10/

Properties

Cross-section (axial) area	6,967E-03	Section modulus about 3 axis	1,355E-04
Torsional constant	3,318E-07	Section modulus about 2 axis	1,912E-04
Moment of Inertia about 3 axis	1,474E-05	Plastic modulus about 3 axis	2,501E-04
Moment of Inertia about 2 axis	2,963E-05	Plastic modulus about 2 axis	3,221E-04
Shear area in 2 direction	3,600E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0,046
Shear area in 3 direction	2,988E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0,0652

OK

Εικόνα 2.1: Στοιχεία διατομής 2L150x12/10

Property Data

Section Name: 2UPN140/10/

Properties

Cross-section (axial) area	4,072E-03	Section modulus about 3 axis	1,727E-04
Torsional constant	1,074E-07	Section modulus about 2 axis	5,089E-05
Moment of Inertia about 3 axis	1,209E-05	Plastic modulus about 3 axis	2,064E-04
Moment of Inertia about 2 axis	3,308E-06	Plastic modulus about 2 axis	9,149E-05
Shear area in 2 direction	1,960E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0,0545
Shear area in 3 direction	2,000E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0,0285

OK

Εικόνα 2.2 : Στοιχεία διατομής 2UPN140/10

Property Data

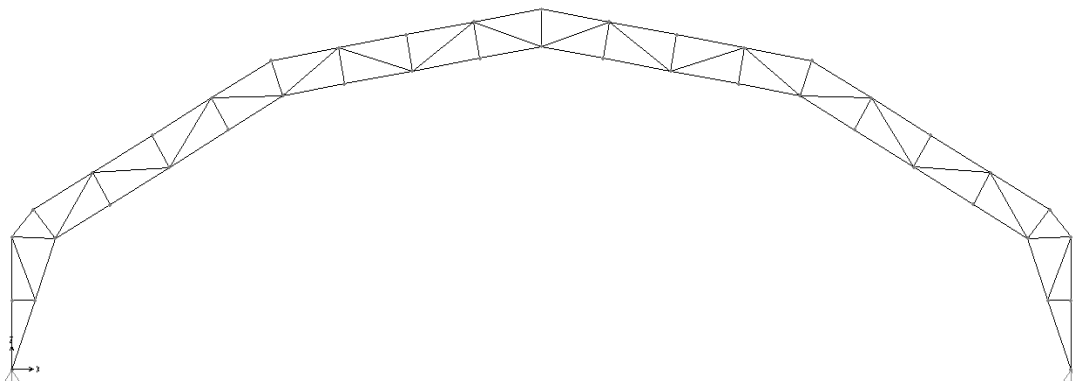
Section Name: 2L120x10/10/

Properties

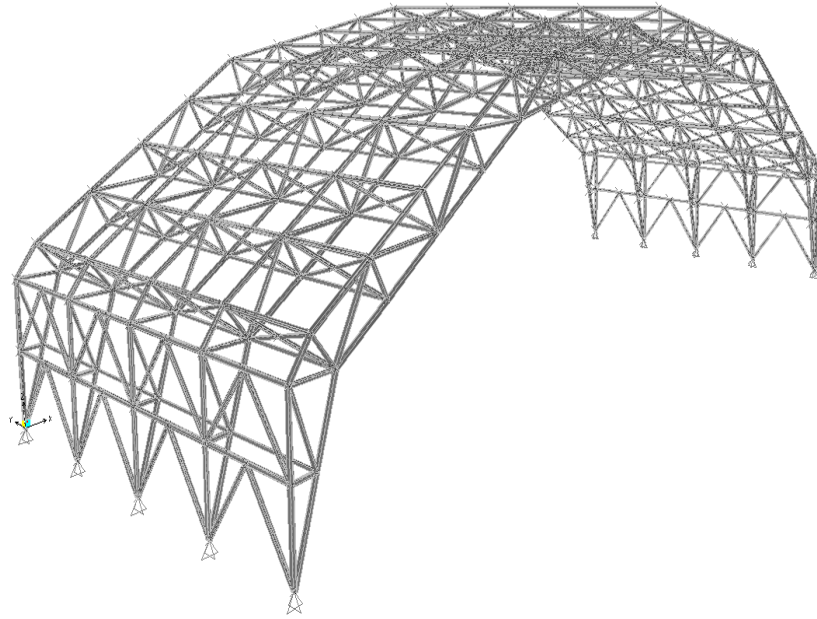
Cross-section (axial) area	4,636E-03	Section modulus about 3 axis	7,205E-05
Torsional constant	1,533E-07	Section modulus about 2 axis	1,040E-04
Moment of Inertia about 3 axis	6,258E-06	Plastic modulus about 3 axis	1,330E-04
Moment of Inertia about 2 axis	1,300E-05	Plastic modulus about 2 axis	1,768E-04
Shear area in 2 direction	2,400E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0,0367
Shear area in 3 direction	1,992E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0,053

OK

Εικόνα 2.3: Στοιχεία διατομής 2L120x10/10



Εικόνα 2.4: Όψη μεταλλικού υποστέγου



Εικόνα 2.5: Απεικόνιση μεταλλικού υποστέγου στο χώρο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο : ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

3.1 Γενικά

Στόχος του μελετητή στη διάρκεια του σχεδιασμού είναι η ασφάλεια, η οικονομία, η λειτουργικότητα, η ανθεκτικότητα και η αισθητική του έργου. Η διαδικασία εκτέλεσης του έργου χωρίζεται σε επιμέρους φάσεις στις οποίες ο μελετητής θα πρέπει να εξασφαλίζει την ασφάλεια του φορέα. Επιπλέον σημαντικό στάδιο παρακολούθησης είναι η διαδικασία ανέγερσης του έργου. Αυτοί οι περιορισμοί επιτυγχάνονται μέσω ανάλυσης του φορέα υπό δυσμενές συνθήκες φόρτισης όπου θα εξασφαλίζεται η στατική και δυναμική αρτιότητα του έργου. Το εργαλείο του μελετητή στη τήρηση όλων αυτών των απαιτήσεων είναι αυτό του Ευρωκώδικα. Στον Ελλαδικό χώρο, ως προς τις δράσεις επί των κατασκευών, εφαρμόζεται ευρέως ο Ευρωκώδικας 1 (EN 1991), ο οποίος παρέχει για κάθε χώρα, μέσω Παραρτημάτων ή μέσω των Εθνικών Προσαρτημάτων, πληροφορίες ως προς τις αναπτυσσόμενες δράσεις (π.χ. χιόνι, άνεμος, κλπ). Ανάλογα με το είδος, τη μορφή και τη θέση της κατασκευής, προσδιορίζονται οι διάφορες χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων οι οποίες επενεργούν σε αυτήν. Ωστόσο για τη χρήση των εν λόγω κανονισμών θα πρέπει να τηρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

- Ο σχεδιασμός και η εκτέλεση του έργου γίνεται από προσωπικό κατάλληλα καταρτισμένο.
- Πραγματοποιείται συνεχής επίβλεψη του έργου σε όλες τις φάσεις σχεδιασμού του.
- Τα κατασκευαστικά υλικά επιλέγονται και χρησιμοποιούνται όπως ορίζεται στους εφαρμοζόμενους κανονισμούς.
- Ο φορέας θα χρησιμοποιηθεί σύμφωνα με τις παραδοχές σχεδιασμού του.
- Μετά την ανέγερση του έργου θα γίνεται επαρκής συντήρηση στα προβλεπόμενα χρονικά διαστήματα.

Σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει το σχεδιασμό είναι το κόστος κατασκευής του. Ο φορέας πρέπει να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι σε θέση να αντιμετωπίσει όλους τους πιθανούς συνδυασμούς δράσεων στα όρια των οικονομικών ορίων που έχουν τεθεί. Επομένως πρέπει να σχεδιάζεται κατά τρόπο οικονομικό ώστε να είναι επαρκής ως προς την:

- Αντοχή
- Λειτουργικότητα
- Ανθεκτικότητα

3.2 Είδη δράσεων

Οι δράσεις από τις οποίες καταπονείται η εν λόγω κατασκευή κατηγοριοποιούνται με τον εξής τρόπο:

- **Μόνιμες δράσεις (G)** : Ο όρος αυτός αναφέρεται στις δράσεις εκείνες που θα επενεργήσουν κατά τη διάρκεια μιας δεδομένης περιόδου αναφοράς και η μεταβολή τους μέσα στο χρόνο είναι αμελητέα. Συχνά αναφερόμαστε σε αυτές και ως “dead loads”, καθώς περιλαμβάνονται στη κατηγορία αυτή όλα τα κατακόρυφα φορτία που δρουν κατά τη διάρκεια ζωής της κατασκευής όπως: ίδια βάρη, τοίχοι πληρώσεως, ψευδοροφές, ηλεκτρικά και υδραυλικά δίκτυα κτλ.
- **Μεταβλητές δράσεις (Q)** : Ο όρος αυτός αναφέρεται στις δράσεις εκείνες που δρουν κατακόρυφα και προκύπτουν από τη παρουσία ανθρώπων, κινητού εξοπλισμού, οχημάτων κτλ. Λόγω της δυσμενής επιρροής των μεταβλητών δράσεων τοποθετούνται στη κατασκευή με τον πλέον δυσμενή τρόπο. Οι μεταβλητές δράσεις ενεργούν ως οιονεί στατικές δράσεις όταν αναμένονται επιδράσεις συντονισμού (πχ. Συγχρονισμένη κίνηση ανθρώπων). Σε καταστάσεις σχεδιασμού, όπου τα επιβαλλόμενα φορτία δρουν ταυτόχρονα με άλλες μεταβλητές δράσεις όπως είναι ο άνεμος ή το χιόνι, το σύνολο των επιβαλλόμενων φορτίων που λαμβάνονται υπόψη στη συγκεκριμένη περίπτωση φόρτισης, θα θεωρείται ως μια ενιαία δράση.

3.3 Φορτίο χιονιού

Το φορτίο χιονιού εντάσσεται στις μεταβλητές δράσεις. Αιτία είναι η εναπόθεση του χιονιού σε οριζόντιες ή κεκλιμένες στέγες και είναι ιδιαίτερα δυσμενή περίπτωση φόρτισης ειδικά σε περιοχές που επικρατεί κρύος καιρός και παρατηρείται συχνή χιονόπτωση. Το φορτίο λόγω χιονιού προσδιορίζεται μέσω της πυκνότητας του χιονιού και της ποσότητας του που μεταβάλλεται ανάλογα με τη κλίση της στέγης. Τα φορτία χιονιού υπολογίζονται σύμφωνα με το Μέρος 1.3 του Ευρωκώδικα 1. Τα φορτία αυτά αναφέρονται για έργα πολιτικού μηχανικού γενικά, για υψόμετρο μικρότερο των 1500 m. Παράλληλα με τη χιονόπτωση έχουν ληφθεί υπόψη και οι επιρροές στην ανακατανομή του χιονιού λόγω ανέμου.

3.3.1 Υπολογισμός φορτίου χιονιού σε στέγες

Για τον υπολογισμό του φορτίου χιονιού σε στέγες χρησιμοποιείται η ακόλουθη σχέση με το εν λόγω φορτίο να μοιράζεται στις τεγίδες του μεταλλικού υποστέγου ανάλογα με το πλάτος επιρροής τους.

$$S = \mu_i C_e C_t S_k \quad \text{με:}$$

S = φορτίο χιονιού στη στέγη

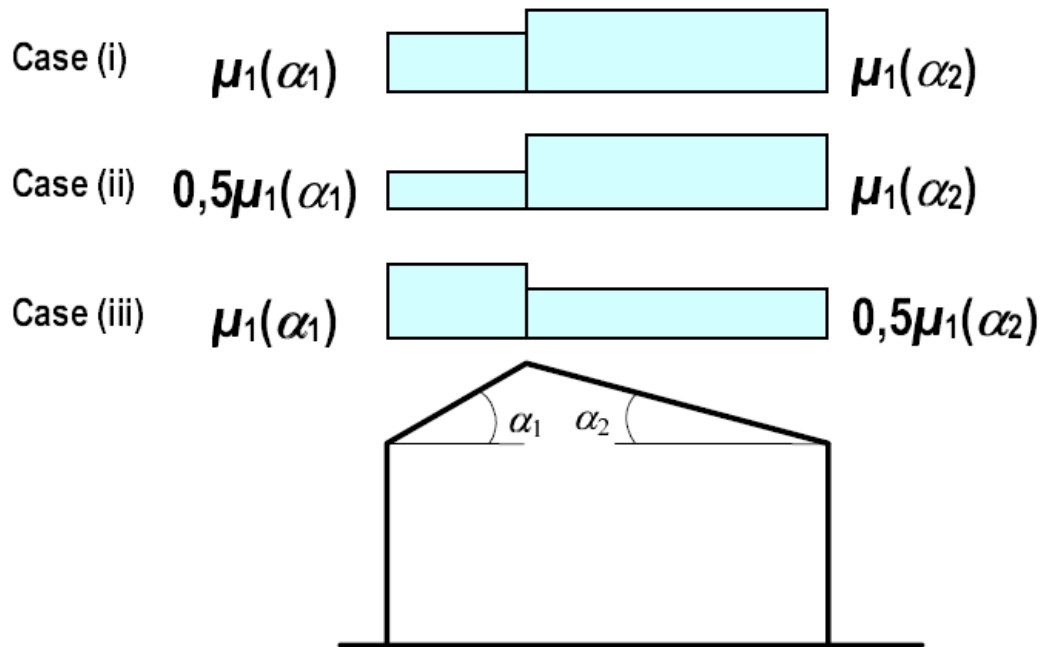
μ_i : ο συντελεστής μορφής του φορτίου, ο οποίος για τις μεταβολές της γωνίας α ισούται με 0,8.

C_e : ο συντελεστής έκθεσης, ο οποίος για προστατευόμενο κτίριο λαμβάνεται ίσος με 1 για κανονικά τοπογραφικά χαρακτηριστικά.

C_t : ο θερμικός συντελεστής, ο οποίος είναι συνήθως ίσος με 1 για κανονικές συνθήκες θερμικής μόνωσης της στέγης.

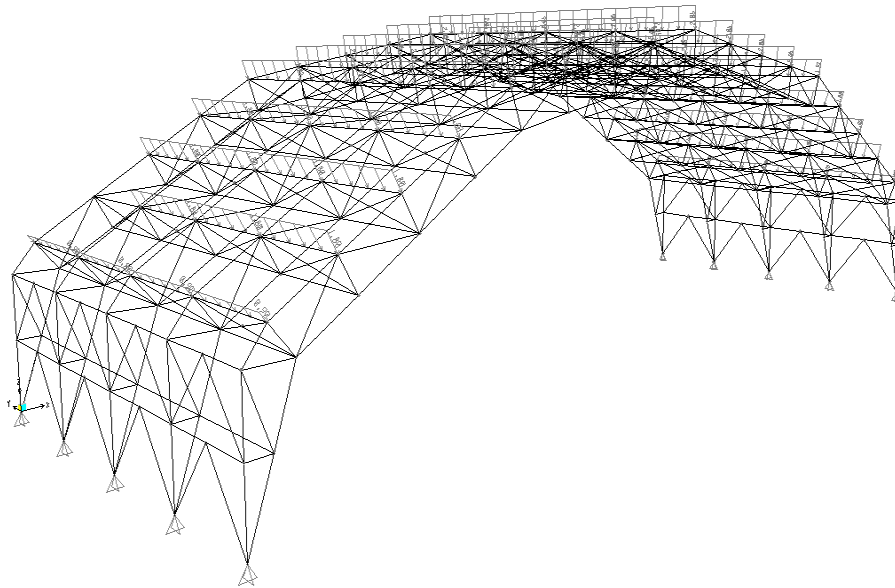
S_k : η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού επί του εδάφους σε kN/m^2 συναρτήσει της ζώνης και του αντίστοιχου υψομέτρου που ελήφθη ίση με 0.8.

Στη συγκεκριμένο έργο όπου έχουμε κεκλιμένη στέγη οι περιπτώσεις φόρτισης λόγω χιονιού (snow cases) είναι οι εξής :



Εικόνα 3.1: Περιπτώσεις χιονιού

Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας με τα φορτία που κατανεμήθηκαν στις τεγίδες του έργου και για τις 3 περιπτώσεις φόρτισης. Ο κατά μήκος τρόπος φόρτισης των τεγίδων λόγω του φορτίου χιονιού φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 3.2: Απεικόνιση των κατανεμημένων φορτίων στις τεγίδες

Περίπτωση i) :

ΤΕΓΙΔΑ	ΟΡΙΖ.ΑΠΟΣΤΑΣΗ (m)	ΑΡΙΣΤΕΡΑ (KN)	ΔΕΞΙΑ (KN)
(1-2)	2.80	0,896	0,896
(2-3)	2.80	1,792	1,792
(3-4)	2.80	1,792	1,792
(4-5)	2.80	1,792	1,792
(5-6)	3.20	1,92	1,92
(6-7)	3.20	2,048	2,048
(7-8)	3.20	2,048	2,048
(8-9)	3.20	2,048	2,048

Πίνακας 3.1: Φορτία στη περίπτωση i)

Περίπτωση ii) :

ΤΕΓΙΔΑ	ΟΡΙΖ.ΑΠΟΣΤΑΣΗ (m)	ΑΡΙΣΤΕΡΑ (KN)	ΔΕΞΙΑ (KN)
(1-2)	2.80	0,448	0,896
(2-3)	2.80	0,896	1,792
(3-4)	2.80	0,896	1,792
(4-5)	2.80	0,896	1,792
(5-6)	3.20	0,96	1,92
(6-7)	3.20	1,024	2,048
(7-8)	3.20	1,024	2,048
(8-9)	3.20	1,024	2,048

Πίνακας 3.2: Φορτία στη περίπτωση ii)

Περίπτωση iii) :

ΤΕΓΓΙΑΔΑ	ΟΡΙΖ.ΑΠΟΣΤΑΣΗ (m)	ΑΡΙΣΤΕΡΑ (KN)	ΔΕΞΙΑ (KN)
(1-2)	2.80	0,896	0,448
(2-3)	2.80	1,792	0,896
(3-4)	2.80	1,792	0,896
(4-5)	2.80	1,792	0,896
(5-6)	3.20	1,92	0,96
(6-7)	3.20	2,048	1,024
(7-8)	3.20	2,048	1,024
(8-9)	3.20	2,048	1,024

Πίνακας 3.3: Φορτία στη περίπτωση iii)

3.4 Φορτίο ανέμου

Οι δυνάμεις λόγω ανέμου είναι χρονικά μεταβαλλόμενες και μπορεί να προκαλέσουν ταλαντώσεις. Ιδιαίτερα στις κατασκευές από χάλυβα παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο και σε αρκετές περιπτώσεις αποτελούν τη βασική φόρτιση ανεξάρτητα από το τύπο (μονώροφα, πολυώροφα κτλ.). Από τις πιο σημαντικές παραμέτρους για το προσδιορισμό των δράσεων του ανέμου είναι η ταχύτητα του. Ο υπολογισμός των δράσεων ανέμου γίνεται με βάση το Μέρος 1.4 του Ευρωκώδικα 1, το οποίο παρέχει κανόνες και μεθόδους υπολογισμού των φορτίων ανέμου επί των κτιριακών κατασκευών και των επιμέρους στοιχείων και προσαρτημάτων τους. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος της ταχύτητας και της ασκούμενης πίεσης είναι οι εξής:

- **Γεωγραφική θέση:** Οι ταχύτητες ανέμου είναι στατιστικώς μεγαλύτερες σε ορισμένες περιοχές από κάποιες άλλες. Για πολλές περιοχές υπάρχουν διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία και οι βασικές ταχύτητες ανέμου V_b αναπαριστώνται με τη μορφή ισούψων καμπύλων πάνω σε χάρτες. Η βασική ταχύτητα του ανέμου V_b αντιστοιχεί στη μέση ταχύτητα ανέμου στα 10 m πάνω από το επίπεδο γυμνού εδάφους, λαμβάνοντας το μέσο όρο για μία περίοδο 10 λεπτών και με περίοδο επαναφοράς 50 ετών.
- **Φυσική θέση:** Οι ριπές ανέμου με υψηλές τιμές απαντώνται σε εκτιθέμενες περιοχές όπως είναι οι ακτές, παρά σε πιο προστατευμένες όπως είναι τα κέντρα των πόλεων. Αυτό αποδίδεται στη τραχύτητα των επιφανειών, που συνεπάγεται μείωση της ταχύτητας του ανέμου στο επίπεδο του εδάφους. Αυτή η μείωση λαμβάνεται υπόψη μέσω του συντελεστή τραχύτητας c_f , ο αναφέρεται στη μεταβλητότητα της μέσης ταχύτητας ανέμου στη θέση της κατασκευής λόγω του ύψους πάνω από το έδαφος και λόγω της τραχύτητας του εδάφους της προσήνεμης περιοχής στη θεωρούμενη διεύθυνση του ανέμου.
- **Τοπογραφία:** Τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής λαμβάνονται υπόψη μέσω ενός συντελεστή τοπογραφικής διαμόρφωσης (ή αναγλύφου) που εκτιμά την αύξηση της μέσης ταχύτητας ανέμου πάνω από μεμονωμένους λόφους και εξάρσεις ή γκρεμούς ανάλογα με την προσήνεμη κλίση $\Phi=H/L_u$ κατά τη διεύθυνση του ανέμου.
- **Διαστάσεις κτιρίου:** Το ύψος του μελετώμενου κτιρίου επηρεάζει σημαντικά την ταχύτητα του ανέμου, επειδή οι ταχύτητες του ανέμου αυξάνουν με το ύψος πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.
- **Μέση ταχύτητα ανέμου:** Προσδιορίζεται από τη βασική του ταχύτητα προσαυξημένη ώστε να λάβει υπόψη το ύψος του μελετώμενου κτιρίου, τη τραχύτητα του εδάφους και τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά.
- **Σχήμα κατασκευής:** Τα φορτία είναι αποτέλεσμα μιας σύνθετης κατανομής πιέσεων σε όλες τις όψεις της κατασκευής, λόγω της κίνησης του ανέμου γύρω από αυτή. Γενικά αναπτύσσονται θετικές και αρνητικές πιέσεις στις διάφορες όψεις της κατασκευής. Ωστόσο η κατανομή είναι περίπλοκη εξαιτίας της ύπαρξης γειτονικών κατασκευών ή και φυσικών εμποδίων. Γενικά θεωρούμε πως πιέσεις αναπτύσσονται στις προσήνεμες όψεις και υποπιέσεις στις υπήνεμες.

- **Κλίση στέγης:** Παράμετρος η οποία επηρεάζει το είδος των πιέσεων που αναπτύσσονται επί της κατασκευής. Αξιοσημείωτο είναι ότι στέγες με μικρές κλίσεις μπορεί να υπόκεινται σε υφαρπαγή ή αναρρόφηση, ενώ στέγες με μεγαλύτερες κλίσεις μάλλον υπόκεινται σε πίεση προς τα κάτω.

- **Διεύθυνση ανέμου:** Η διεύθυνση του ανέμου επηρεάζει την κατανομή των πιέσεων.

3.4.1 Πιέσεις στις εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες του έργου

Οι πιέσεις του ανέμου που δρουν κάθετα στις εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες της κατασκευής δίνονται από τους τύπους :

$$W_e = q_p(z_e) * c_{pe}$$

$$W_i = q_p(z_i) * c_{pi}$$

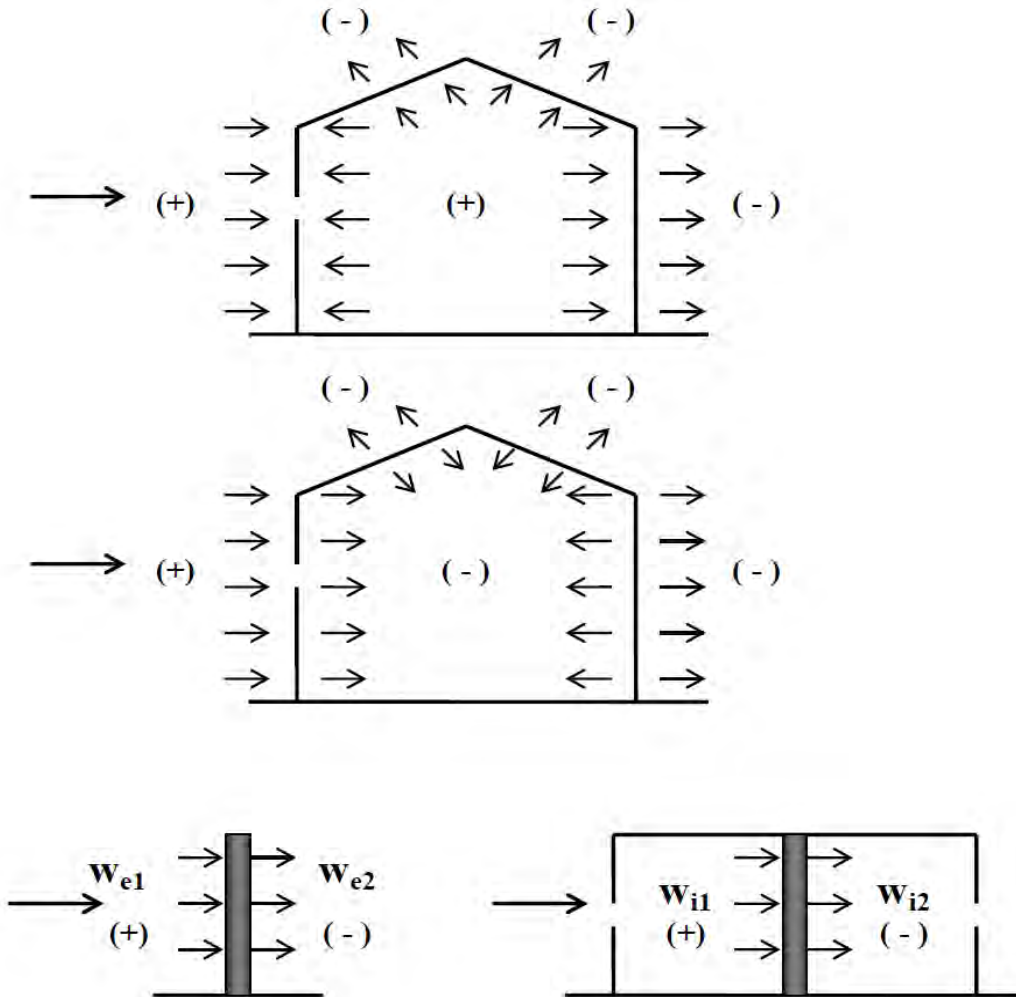
όπου :

$q_p(z_e)$, $q_p(z_i)$ είναι η πίεση ταχύτητας αιχμής.

z_e , z_i είναι το ύψος αναφοράς για τη εξωτερική πίεση.

c_{pe} , c_{pi} είναι ο συντελεστής εξωτερικής και εσωτερικής πίεσης.

Η τελική πίεση προκύπτει από τη διαφορά της εξωτερικής και της εσωτερικής πίεσης που ασκούνται στις επιφάνειες των κατασκευών. Έτσι, η πίεση που έχει φορά προς την επιφάνεια χαρακτηρίζεται ως θετική ενώ, η πίεση που απομακρύνεται από την επιφάνεια χαρακτηρίζεται ως αρνητική.



Εικόνα 3.3: Πίεση του ανέμου επί των επιφανειών

Παρακάτω παρουσιάζονται οι σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών για τον υπολογισμό των τελικών πιέσεων

A) Πίεση ταχύτητας αιχμής

Η πίεση ταχύτητας αιχμής σε ύψος z , η οποία περιλαμβάνει μέσες και μικρής διάρκειας διακυμάνσεις ταχύτητας, προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

όπου ρ είναι η πυκνότητα του αέρα, που εξαρτάται από το υψόμετρο, τη θερμοκρασία και τη βαρομετρική πίεση που αναμένονται σε μια περιοχή κατά τη διάρκεια ανεμοθυελλών και $c_e(z)$ είναι ο συντελεστής έκθεσης που δίνεται από τη σχέση:

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b}$$

q_b είναι η βασική πίεση που δίνεται από τη σχέση:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_b^2$$

όπου V_b η βασική ταχύτητα ανέμου, που ορίζεται ως συνάρτηση της διεύθυνσης του ανέμου και της εποχής του έτους.

$$V_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot V_{b,0}$$

όπου

$V_{b,0}$: η θεμελιώδης τιμή της βασικής ταχύτητας ανέμου

c_{dir} : ο συντελεστής διεύθυνσης που ισούται με 1

c_{season} : ο εποχικός συντελεστής που ισούται με 1

Η θεμελιώδης τιμή της βασικής ταχύτητας του ανέμου, $v_{b,0}$, είναι η χαρακτηριστική 10 λεπτών μέση ταχύτητα του ανέμου, ανεξάρτητα από τη διεύθυνση του ανέμου και από την εποχή του έτους, στα 10m πάνω από το έδαφος, σε ανοικτή περιοχή με χαμηλή βλάστηση όπως γρασίδι και με μεμονωμένα εμπόδια σε απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων (έδαφος κατηγορίας II). Η θεμελιώδης τιμή της βασικής ταχύτητας του ανέμου $V_{b,0}$ ορίζεται σε 27m/s για τα νησιά και παράλια μέχρι 10 km από την ακτή και σε 33m/s για την υπόλοιπη χώρα. Η μέση ταχύτητα του ανέμου $V_m(z)$, σε ύψος z πάνω από το έδαφος, εξαρτάται από την τραχύτητα του εδάφους και την τοπογραφία και από τη βασική ταχύτητα του ανέμου, V_b , και θα προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$V_m(z) = c_r(z) \cdot c_z(z) \cdot V_b$$

όπου:

$C_r(z)$ είναι ο συντελεστής τραχύτητας

$C_o(z)$ είναι ο συντελεστής ανάγλυφου του εδάφους (προτεινόμενη τιμή 1,00).

Η ένταση του στροβιλισμού $I_v(z)$ σε ύψος z ορίζεται από τη σχέσεις:

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{V_m(z)} = \frac{k_I}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} \text{ για } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \text{ για } z < z_{\min}$$

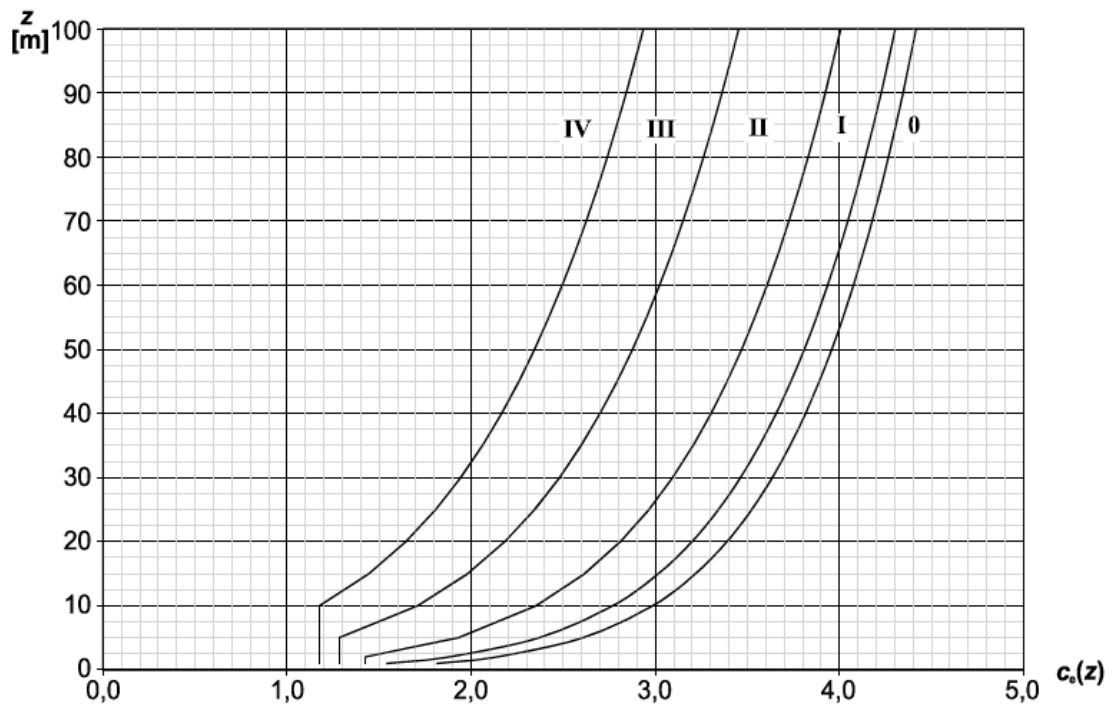
όπου:

k_I είναι ο συντελεστής στροβιλισμού. Η τιμή του συντελεστή στροβιλισμού όπως καθορίζεται από το Εθνικό Προσάρτημα ισούται με 1,00

C_o είναι ο συντελεστής ανάγλυφου του εδάφους

Z_o είναι το μήκος τραχύτητας

Για επίπεδο έδαφος όπου $C_o(z)=1$, ο συντελεστής έκθεσης $c_o(z)$ δίνεται σε διάγραμμα στο ακόλουθο σχήμα ως συνάρτηση του ύψους z πάνω από το έδαφος και της κατηγορίας εδάφους.



Εικόνα 3.4: Διάγραμμα συντελεστή έκθεσης $C_e(z)$ για $C_o=1,0$, $KI=1,0$

B) Συντελεστής τραχύτητας εδάφους

Ο συντελεστής τραχύτητας, $C_t(z)$, λαμβάνει υπόψη τη μεταβλητότητα της μέσης ταχύτητας ανέμου στη θέση της κατασκευής λόγω:

α) του ύψους πάνω από το έδαφος

β) της τραχύτητας του εδάφους της προσήνεμης περιοχής στη θεωρούμενη διεύθυνση του ανέμου

και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{for} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$
$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) \quad \text{for} \quad z \leq z_{\min}$$

όπου:

z_0 είναι το μήκος τραχύτητας

k_r συντελεστής εδάφους εξαρτώμενος από το μήκος τραχύτητας z_0 και υπολογίζεται με βάση τη σχέση:

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,\Pi}}\right)^{0,07}$$

όπου:

$z_0 = 0,003$ m (κατηγορία εδάφους 0, Πίνακας 3.4.1)

z_{\min} είναι το ελάχιστο ύψος που ορίζεται στον Πίνακα 3.4.1

z_{\max} λαμβάνεται ίσο με 200 m

z_0 , z_{\min} εξαρτώνται από την κατηγορία εδάφους.

Η κατηγορία εδάφους και οι παράμετροι Z_0 και Z_{min} δίνονται από τον παρακάτω πίνακα:

Κατηγορία εδάφους	Z_0 m	Z_{min} m
0 Θάλασσα ή παράκτια περιοχή εκτεθειμένη σε ανοικτή θάλασσα	0,003	1
I Λίμνες ή επίπεδες και οριζόντιες περιοχές με αμελητέα βλάστηση και χωρίς εμπόδια	0,01	1
II Περιοχή με χαμηλή βλάστηση όπως γρασίδι και μεμονωμένα εμπόδια (δέντρα, κτίρια) με απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων	0,05	2
III Περιοχή με κανονική κάλυψη βλάστησης ή με κτίρια ή με μεμονωμένα εμπόδια με μέγιστη απόσταση το πολύ 20 φορές το ύψος των εμποδίων (όπως χωριά, προάστια, μόνιμα δάση)	0,3	5
IV Περιοχή όπου τουλάχιστον το 15% της επιφάνειας καλύπτεται με κτίρια των οποίων το μέσο ύψος ξεπερνά τα 15m.	1,0	10

Εικόνα 3.5 : Κατηγορίες εδάφους και παράμετροι εδάφους

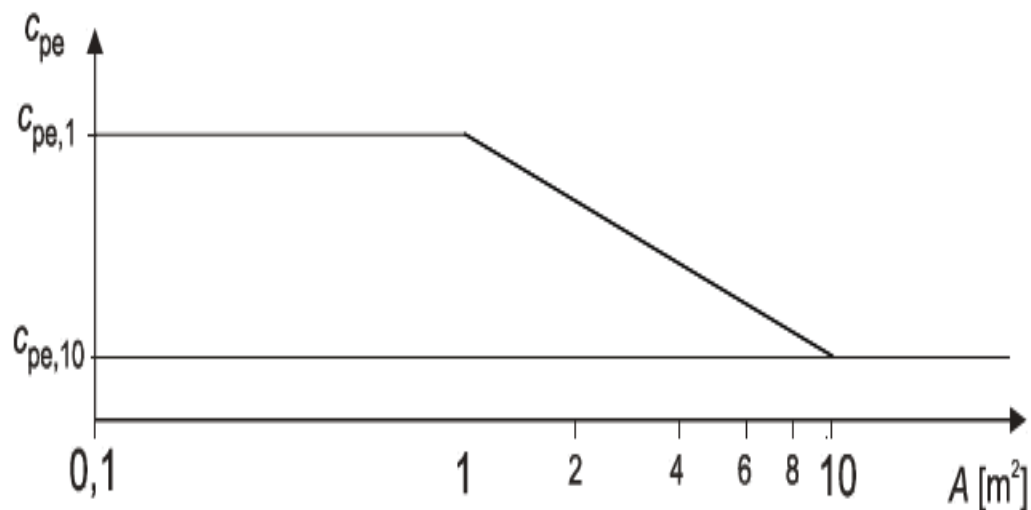
Γ) Συντελεστής τοπογραφικής διαμόρφωσης $C_0(z)$

Στην συγκεκριμένη μελέτη θεωρούμε ότι έχουμε επίπεδο έδαφος και σε αυτήν την περίπτωση η προτεινόμενη τιμή από τον Ευρωκώδικα είναι $C_0(z)=1,00$.

Δ) Αεροδυναμικός συντελεστής εξωτερικής πίεσης c_{pe}

Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} για κτίρια και τμήματα κτιρίων εξαρτώνται από το μέγεθος της φορτιζόμενης επιφάνειας A , η οποία είναι η επιφάνεια της κατασκευής που δημιουργεί τη δράση του ανέμου στο υπολογιζόμενο τμήμα. Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης δίνονται για φορτιζόμενες επιφάνειες A του $1m^2$ και $10m^2$ στους πίνακες, ανάλογα με τη διαμόρφωση του κτιρίου, ως $c_{pe,1}$ για τους τοπικούς συντελεστές και $C_{pe,10}$ για τους καθολικούς συντελεστές αντίστοιχα. Τιμές για το $c_{pe,1}$ προορίζονται για το

σχεδιασμό μικρών στοιχείων και στερεώσεων με επιφάνεια του στοιχείου 1m² ή μικρότερη, όπως στοιχεία επικάλυψης και στέγασης. Τιμές για το $c_{pe,10}$ μπορούν να χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό του συνολικού φέροντα οργανισμού των κτιρίων. Στο σχήμα φαίνεται η γραφική απεικόνιση της μεταβολής της πίεσης συναρτήσει της φορτιζόμενης επιφάνειας.



Εικόνα 3.6: Μεταβολή της πίεσης συναρτήσει της φορτιζόμενης επιφάνειας

Το σχήμα βασίζεται στα ακόλουθα:

για $1 \text{ m}^2 < A < 10 \text{ m}^2$

$$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log_{10} A$$

Ως φορτιζόμενη θεωρείται η επιφάνεια, η οποία μεταφέρει στο εξεταζόμενο στοιχείο της κατασκευής τη δράση της ανεμοπίεσης και προκαλεί την αντίστοιχη καταπόνησή του. Οι τιμές των συντελεστών $c_{pe,1}$ και $c_{pe,10}$ δίνονται από σχετικούς πίνακες για διάφορες κατευθύνσεις του ανέμου.

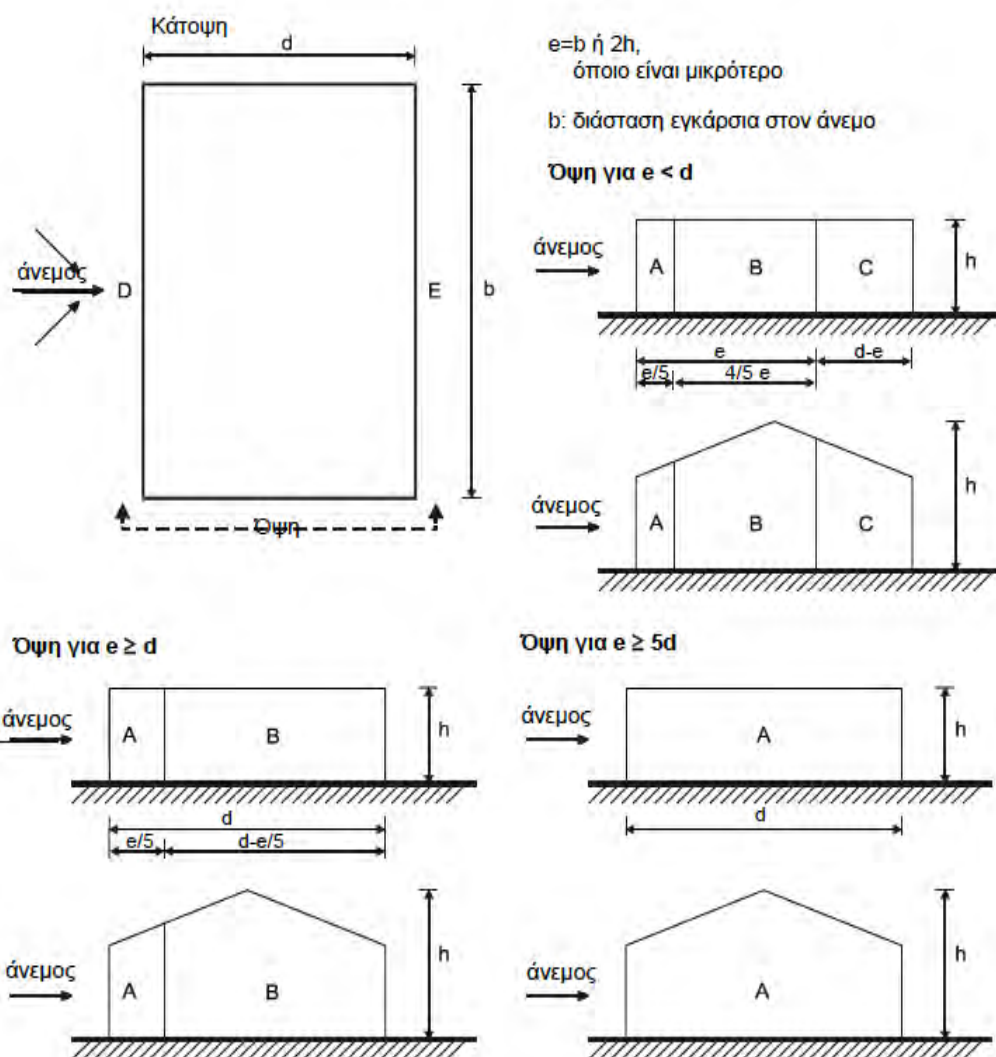
E) Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για κατακόρυφους τοίχους κτιρίων με ορθογωνική κάτοψη.

Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης $C_{pe,1}$ και $C_{pe,10}$ για ζώνες A, B, C, D και E ορίζονται στο σχήμα και δίνονται επίσης στον παρακάτω πίνακα ως συνάρτηση του λόγου h/d , όπου:

-h είναι το ύψος του κτιρίου

-d είναι το μήκος της πλευράς του κτιρίου, η διεύθυνση της οποίας είναι παράλληλη με τη διεύθυνση πνοής του ανέμου.

Ενδιάμεσες τιμές μπορούν να προκύψουν με γραμμική παρεμβολή.

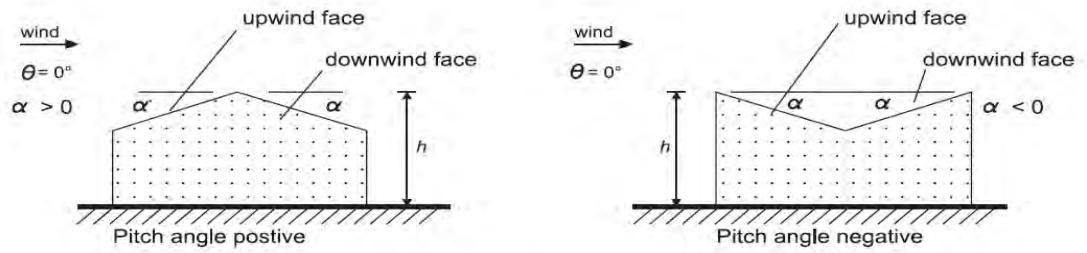


Σχήμα 2.3 Συμβολισμοί για κατακόρυφους τοίχους

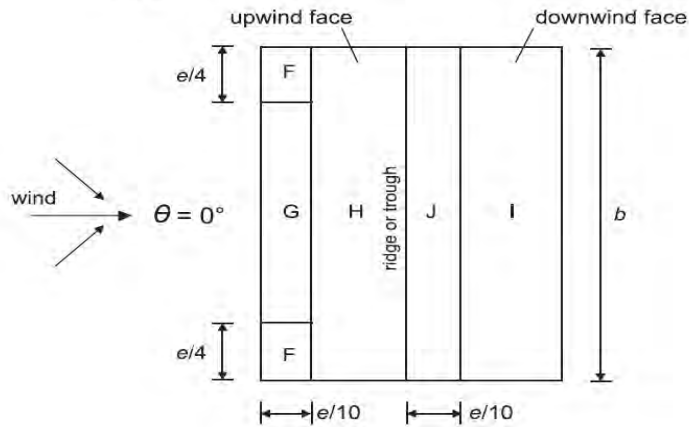
Ζώνη	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Εικόνα 3.7 : Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για κατακόρυφους τοίχους

Z) Συντελεστές εξωτερικής πίεσης για κεκλιμένες στέγες.



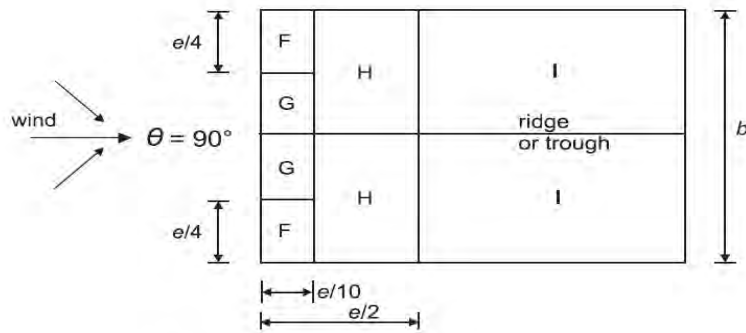
(a) general



(b) wind direction $\theta = 0^\circ$

$e = b$ or $2h$
whichever is smaller

b : crosswind dimension



(c) wind direction $\theta = 90^\circ$

Figure 7.8 — Key for duopitch roofs

Εικόνα 3.8 : Ζώνες επιρροής

Table 7.4a — External pressure coefficients for duopitch roofs

Pitch Angle α	Zone for wind direction $\theta = 0^\circ$									
	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	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

NOTE 1 At $\theta = 0^\circ$ the pressure changes rapidly between positive and negative values on the windward face around a pitch angle of $\alpha = -5^\circ$ to $+45^\circ$, so both positive and negative values are given. For those roofs, four cases should be considered where the largest or smallest values of all areas F, G and H are combined with the largest or smallest values in areas I and J. No mixing of positive and negative values is allowed on the same face.

NOTE 2 Linear interpolation for intermediate pitch angles of the same sign may be used between values of the same sign. (Do not interpolate between $\alpha = +5^\circ$ and $\alpha = -5^\circ$, but use the data for flat roofs in 7.2.3). The values equal to 0,0 are given for interpolation purposes

Εικόνα 3.9: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης

Table 7.4b — External pressure coefficients for duopitch roofs

Pitch angle α	Zone for wind direction $\theta = 90^\circ$							
	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	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

Εικόνα 3.10 : Συντελεστές εσωτερικής πίεσης

H) Συνδυασμένος συντελεστής c_{scd}

Ο συνδυασμένος δυναμικός συντελεστής c_{scd} πρέπει να λαμβάνει υπόψη την επίδραση στη δράση του ανέμου της μη ταυτόχρονης ύπαρξης αιχμών πίεσης στην επιφάνεια μαζί με την επίδραση των ταλαντώσεων της κατασκευής εξαιτίας του στροβιλισμού. Επιπλέον,

το c_{scd} για κτίρια με ύψος μικρότερο από 15 m μπορεί να λαμβάνεται ίσος με 1,00. Για τις ανάγκες του συγκεκριμένου έργου θα χρησιμοποιήσουμε το παρακάτω σχήμα από το παράρτημα D του Ευρωκώδικα για πολώροφα κτίρια από χάλυβα.

3.4.2 Υπολογισμός των τελικών πιέσεων

Για τη παρούσα εργασία έχουμε : $q_p(z) = C_e(z) \cdot q_b$

-Βασική ταχύτητα του ανέμου V_b

Θεμελιώδης τιμή της βασικής ταχύτητας του ανέμου $V_{b,0}$: $V_{b,0} = 33 \text{ m/s}$

Συντελεστής διεύθυνσης C_{dir} : $C_{dir} = 1$

Συντελεστής εποχής C_{season} : $C_{season} = 1$

Άρα $V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot V_{b,0}$

$$V_b = 33 \text{ m/s}$$

-Πίεση ταχύτητας αιχμής $q_p(z)$

Πυκνότητα αέρα: $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

Βασική ταχύτητα του ανέμου : $V_b = 33 \text{ m/s}$

Βασική πίεση q_b : $q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2$

$$q_b = 0,69 \text{ KN/m}^2$$

Συντελεστής έκθεσης $c_e(z)$

Για $z = 15,707$ και κατηγορία εδάφους 0 : $z_0 = 0,003$ και $z_{min} = 1$

Από διάγραμμα βρίσκουμε ότι $c_e(z) = 3,3$

Άρα $q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b$

$$q_p(z) = 2,28 \text{ KN/m}^2$$

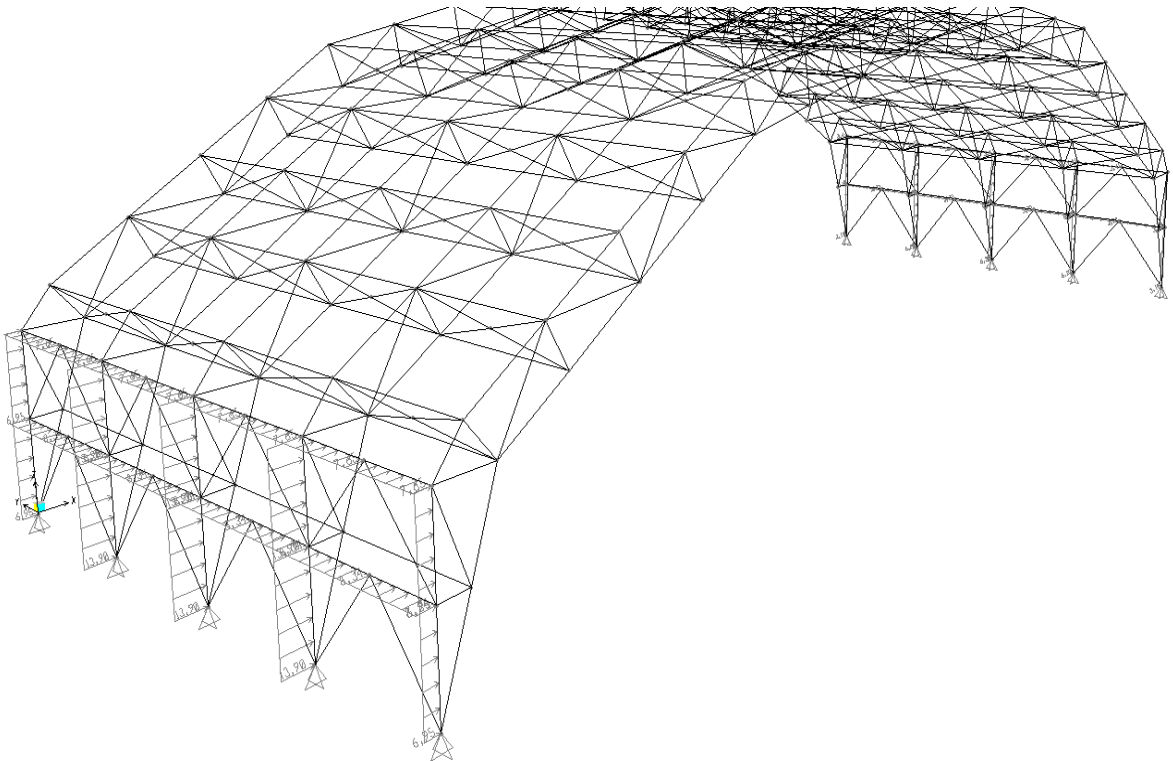
-Τελικές πιέσεις $w_{i,e}$

$$W_{i,e} = q_p(z) \cdot c_{pi,e} \text{ για } \theta=0 \text{ και } \theta=90$$

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα επειδή η δεσπόζουσα πλευρά είναι τουλάχιστον 2 φορές μεγαλύτερη ($50 > 2 \cdot 20$) για τις τιμές του συντελεστή εσωτερικής πίεσης ισχύει ότι :
 $C_{pi} = 0.75 \cdot C_{pe}$

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις πιέσεις ανέμου στις επιφάνειες του έργου σύμφωνα με τις ζώνες όπου ανήκουν

-Για τα πλευρικά : Τα φόρτια κατανομονται στα κατακόρυφα στοιχεία και στις μηκίδες όπως φαίνεται και στη παρακάτω απεικόνιση του φορέα κατά τη φάση της ανάλυσης.



Εικόνα 3.11 : Απεικόνιση φόρτισης στα πλευρικά στοιχεία του φορέα

Άνεμος κατά γχ:

$b= 20m$ και $d=50m$

$-e=\min (b,2h)=\min(20 , 31.41)$

$e=20m$

$-h/d= 0,31$

$-e < d$ άρα έχω ζώνες A,B,C,D,E (D,E στα πλευρικά)

zone	A	B	C	D	E
h/d	cpe10	cpe10	cpe10	cpe10	cpe10
0,31	-1,2	-0,8	-0,5	0,708	-0,316

Πίνακας 3.4: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης

zone	D	E
<i>h/d</i>	<i>cpe10</i>	<i>cpe10</i>
<i>0,31</i>	<i>0,708</i>	<i>-0,316</i>
We(KN/m²)	<i>1,588752</i>	<i>-0,7091</i>
Wi(KN/m²)=0,75We	<i>1,191564</i>	<i>-0,53183</i>
Wtel=We+Wi	<i>2,780316</i>	<i>-1,24093</i>

Πίνακας 3.5: Τελικές πιέσεις

-Για τη πλευρά στη ζώνη επιρροής D

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ			
ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΖΩΝΗ	ΕΠΙΡΡΟΗ	ΦΟΡΤΙΟ(KN)
1	D	2,5D	6,95079
2	D	2,5D+2,5D	13,90158
3	D	2,5D+2,5D	13,90158
4	D	2,5D+2,5D	13,90158
5	D	2,5D	6,95079

Πίνακας 3.6: Φορτίο στα κατακόρυφα στοιχεία

<u>ΜΗΚΙΔΕΣ</u>			
ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΖΩΝΗ	ΕΠΙΡΡΟΗ	ΦΟΡΤΙΟ(ΚΝ)
1,2,3,4	D	3D	8,340948
1,2,3,4	D	2,75D	7,645869

Πίνακας 3.7 : Φορτίο στις μηκίδες

-Για τη πλευρά στη ζώνη επιρροής E

<u>ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</u>			
ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΖΩΝΗ	ΕΠΙΡΡΟΗ	ΦΟΡΤΙΟ(ΚΝ)
1	E	2,5E	-3,10233
2	E	2.5E+2,5E	-6,20466
3	E	2,5E+2,5E	-6,20466
4	E	2,5E+2,5E	-6,20466
5	E	2,5E	-3,10233

Πίνακας 3.8 : Φορτίο στα κατακόρυφα στοιχεία

<u>ΜΗΚΙΔΕΣ</u>			
ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΖΩΝΗ	ΕΠΙΡΡΟΗ	ΦΟΡΤΙΟ(KN)
1,2,3,4	E	3E	-3,7228
1,2,3,4	E	2,75E	-3,41256

Πίνακας 3.9: Φορτίο στις μηκίδες

Άνεμος κατά yy:

$b = 50m$ και $d = 20m$

$-e = \min(b, 2h) = \min(50, 31.41)$

$e = 31.41m$

$-h/d = 0.785$

$-e > d$ άρα έχω ζώνες A,B,,D,E (A,B στα πλευρικά)

zone	A	B	D	E
h/d	cpe10	cpe10	cpe10	cpe10
0.785	-1,2	-0,8	0,771	-0,443

Πίνακας 3.10: Συντελεστές εξωτερικής πίεση

zone	A	B
h/d	cpe10	cpe10
0.785	-1,2	-0,8
We(KN/m²)	-2,693	-1,795
Wi(KN/m²)=0,75We	-2,01975	-1,34625
Wtel=We+Wi	-4,71275	-3,14125

Πίνακας 3.11 : Τελικές πιέσεις

-Για τις 2 πλευρές του έργου

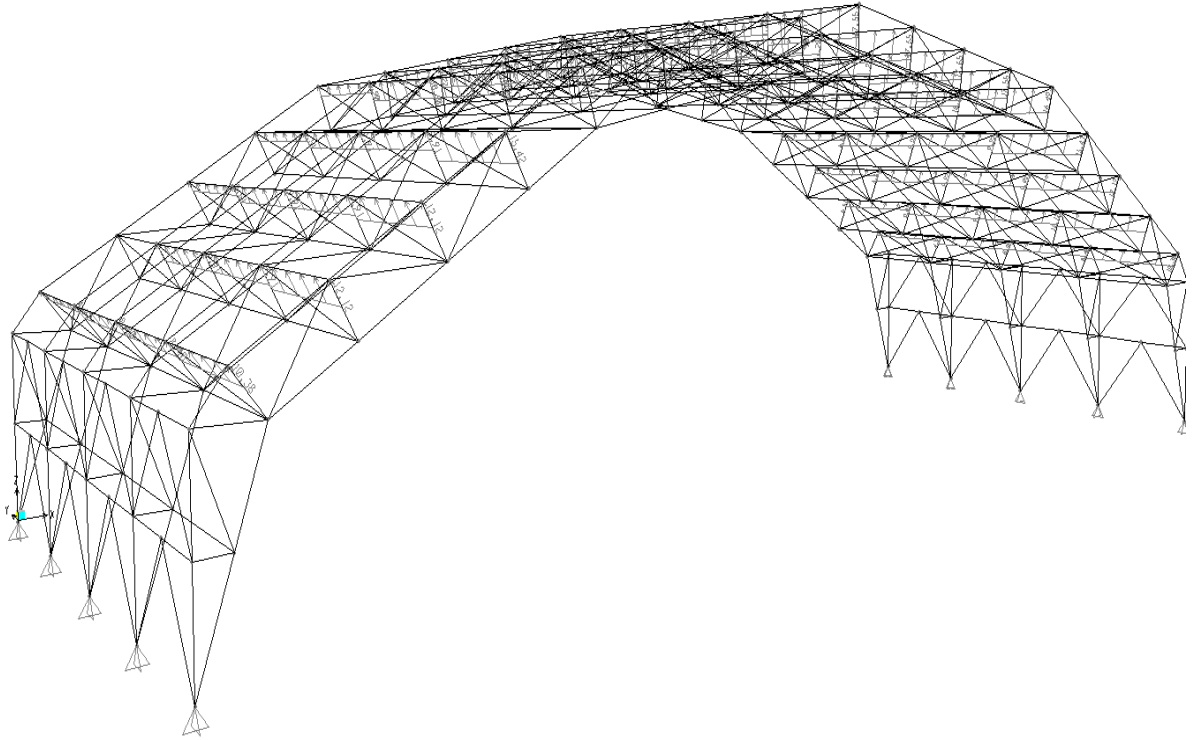
ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ			
ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΖΩΝΗ	ΕΠΙΡΡΟΗ	ΦΟΡΤΙΟ(KN/m)
1	A	2,5A	-11,7819
2	A	2,5A+1,28A+1.22B	-21,6465
3	B	1.28B+2.5B	-11,8739
4	B	2.5B+2.5B	-15,7063
5	B	2.5B	-7,85313

Πίνακας 3.12 : Φορτίο στα κατακόρυφα στοιχεία

<u>ΜΗΚΙΔΕΣ</u>			
ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΖΩΝΗ	ΕΠΙΡΡΟΗ	ΦΟΡΤΙΟ(KN/m)
1	A	3A	-14,1383
2	A,B	3A(1.28m)+3B(3.72m)	-14,1383
3	B	3B	-9,42375
4	B	3B	-9,42375
5	A	2.75A	-12,9601
6	A,B	2.75A(1.28m)+ 2.75A (3.72m)	-12,9601
7	B	2.75B	-8,63844
8	B	2.75B	-8,63844

Πίνακας 3.13: Φορτίο στις μηκίδες

--Για τις τεγίδες : Τα φόρτια κατανέμονται στις τεγίδες όπως φαίνεται και στη παρακάτω απεικόνιση του φορέα κατά τη φάση της ανάλυσης. Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας με τα τελικά φορτία στις τεγίδες. Τα φορτία κατανέμονται κατά μήκος της κάθε μία τεγίδας αναλόγως σε ποια ζώνη ανήκουν. Είναι πολλαπλασιασμένα με το πλάτος επιρροής όπως φαίνεται αναλυτικά στο πίνακα στη κατηγορία zone. Στις περιπτώσεις που μία τεγίδα ανήκει σε περισσότερες από μία ζώνη τότε σε παρένθεση φαίνεται το μήκος το οποίο ανήκει σε κάθε ζώνη.



Εικόνα 3.12: Απεικόνιση φόρτισης στις τεγίδες

-Άνεμος χχ :

ZONE	F	G	H	I	J
case	cpe10	cpe10	cpe10	cpe10	cpe10
1	0	0	0	-0,2	-0,3
2	0,7	0,7	0,6	0	0

Πίνακας 3.14: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης

Για τη περίπτωση 1 :

ΤΕΓΙΔΑ	ZONE	ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ (ΚΝ)	ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ (ΚΝ)	ΤΕΛΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ (ΚΝ)
1	2F+0.40H (2X5m) , 2G+0.40H (15m)	0	0	0
2	1.4H+1.4H (20m)	0	0	0
3	1.4H+1.4H	0	0	0
4	1.4H+1.4H	0	0	0
5	1.40H+1.596H	0	0	0
6	1.596H+1.596H	0	0	0
7	1.596H+1.596H	0	0	0
8	1.596H+1.596H	0	0	0
9	1.596H+1.596J	-1,07443	-0,80582	-1,89
10	0.404J+1.188I+1.596I	-1,52143	-1,14107	-2,66
11	1.596I + 1.596I	-1,43257	-1,07443	-2,51
12	1.596I + 1.596I	-1,43257	-1,07443	-2,51
13	1.596I+1.403I	-1,34595	-1,00946	-2,36
14	1.403I+1.403I	-1,25933	-0,9445	-2,20
15	1.403I+1.403I	-1,25933	-0,9445	-2,20
16	1.403I+1.403I	-1,25933	-0,9445	-2,20
17	1.401I+1I	-1,07757	-0,80818	-1,89

Πίνακας 3.15: Τελικά φορτία στις τεγίδες για τη περίπτωση 1

Για τη περίπτωση 2 :

ΤΕΓΙΑΔΑ	ZONE	ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ (KN)	ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ (KN)	ΤΕΛΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ (KN)
1	2F+0.40H (2X5m) , 2G+0.40H (15m)	3,68016	2,76012	6,44028
2	1.4H+1.4H (20m)	3,76992	2,82744	6,59736
3	1.4H+1.4H	3,76992	2,82744	6,59736
4	1.4H+1.4H	3,76992	2,82744	6,59736
5	1.40H+1.596H	4,033814	3,025361	7,059175
6	1.596H+1.596H	4,297709	3,223282	7,52099
7	1.596H+1.596H	4,297709	3,223282	7,52099
8	1.596H+1.596H	4,297709	3,223282	7,52099
9	1.596H+1.596J	2,148854	1,611641	3,760495
10	0.404J+1.188I+1.596I	0	0	0
11	1.596I + 1.596I	0	0	0
12	1.596I + 1.596I	0	0	0
13	1.596I+1.403I	0	0	0
14	1.403I+1.403I	0	0	0
15	1.403I+1.403I	0	0	0
16	1.403I+1.403I	0	0	0
17	1.401I+1I	0	0	0

Πίνακας 3.16: Τελικά φορτία στις τεγίδες για τη περίπτωση 2

-Άνεμος γγ :

zone	F	G	H	I
	<i>cpe10</i>	<i>cpe10</i>	<i>cpe10</i>	<i>cpe10</i>
<i>1</i>	<i>-1,1</i>	<i>-1,4</i>	<i>-0,9</i>	<i>-0,5</i>

Πίνακας 3.17: Συντελεστές εξωτερικής πίεσης

ΤΕΓΙΔΑ	ZONE		
1	1F+1.403F (3.141m)	1H+1.403H (12,564m)	1I+1.403I (4.3m)
2	1.403F+1.403F	1.403H+1.403H (12.564m)	1.403I+1.403I (4.3m)
3	1.403F+1.228F+0.172G (3.14m)	1.403H+1.403H (12.564m)	1.403I+1.403I (4.3mm)
4	1.403G+1.403G (3.14m)	1.403H+1.403H (12.564m)	1.403I+1.403I (4.3m)
5	1.403G+1.596G(3.14m)	1.403H+1.596H (12.564m)	1.403I+1.596I (4.3m)
6	1.596G+1.596G (3.14m)	1.596H+1.596H (12.564m)	1.596I+1.596I (4.3m)
7	1.596G+1.596G (3.14m)	1.596H+1.596H (12.564m)	1.596I+1.596I (4.3m)
8	1.596G+1.596G (3.14m)	1.596H+1.596H (12.564m)	1.596I+1.596I (4.3m)
9	1.596G+1.596G (3.14m)	1.596H+1.596H (12.564m)	1.596I+1.596I (4.3m)
10	1.596G+1.596G (3.14m)	1.596H+1.596H (12.564m)	1.596I+1.596I (4.3m)
11	1.596G+1.596G (3.14m)	1.596H+1.596H (12.564m)	1.596I+1.596I (4.3m)
12	1.596G+1.596G (3.14m)	1.596H+1.596H (12.564m)	1.596I+1.596I (4.3m)
13	1.596G+1.403G (3.14m)	1.596H+1.403H (12.564m)	1.596I+1.403I (4.3m)

14	1.403G+1.403G (3.14m)	1.403H+1.403H (12.564m)	1.403I+1.403I (4.3m)
15	1.403F+1.403F (3.14m)	1.403H+1.403H (12.564m)	1.403I+1.403I (4.3m)
16	1.403F+1,403F (3.14m)	1.403H+1.403H (12.564m)	1.403I+1.403I (4.3m)
17	1.403F+1F (3.14m)	1H+1.403H (12.564m)	1I+1.403I (4.3m)

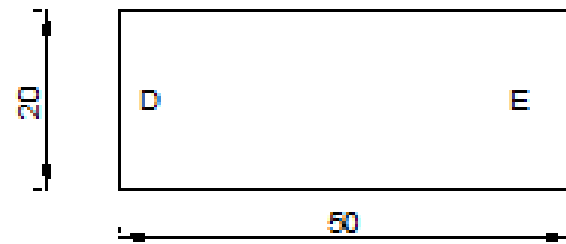
Πίνακας 3.18: Ζώνες και μήκος-πλάτος επιρροής των τεγίδων

ΤΕΓΙΑΔΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ (ΚΝ)			ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ (ΚΝ)		
1	-5,93157	-4,8531	-2,69617	-4,44867	-3,63982	-2,02212
2	-6,92633	-5,667	-3,14833	-5,19475	-4,25025	-2,36125
3	-7,03472	-5,667	-3,14833	-5,27604	-4,25025	-2,36125
4	-8,81533	-5,667	-3,14833	-6,6115	-4,25025	-2,36125
5	-9,42166	-6,05678	-3,36488	-7,06624	-4,54259	-2,52366
6	-10,028	-6,44656	-3,58142	-7,52099	-4,83492	-2,68607
7	-10,028	-6,44656	-3,58142	-7,52099	-4,83492	-2,68607
8	-10,028	-6,44656	-3,58142	-7,52099	-4,83492	-2,68607
9	-10,028	-6,44656	-3,58142	-7,52099	-4,83492	-2,68607
10	-10,028	-6,44656	-3,58142	-7,52099	-4,83492	-2,68607
11	-10,028	-6,44656	-3,58142	-7,52099	-4,83492	-2,68607
12	-10,028	-6,44656	-3,58142	-7,52099	-4,83492	-2,68607
13	-9,42166	-6,05678	-3,36488	-7,06624	-4,54259	-2,52366
14	-8,81533	-5,667	-3,14833	-6,6115	-4,25025	-2,36125
15	-6,92633	-5,667	-3,14833	-5,19475	-4,25025	-2,36125
16	-6,92633	-5,667	-3,14833	-5,19475	-4,25025	-2,36125
17	-5,93157	-4,8531	-2,69617	-4,44867	-3,63982	-2,02212

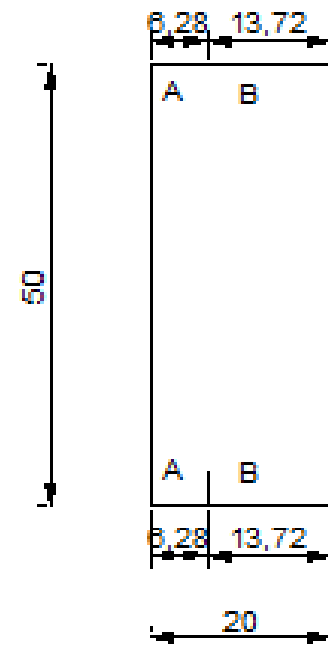
Πίνακας 3.19 : Εξωτερικά και εσωτερικά φορτία τεγίδων

ΤΕΓΙΔΑ	ΤΕΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ(ΚΝ)		
1	-10,3802	-8,49292	-4,71829
2	-12,1211	-9,91725	-5,50958
3	-12,3108	-9,91725	-5,50958
4	-15,4268	-9,91725	-5,50958
5	-16,4879	-10,5994	-5,88854
6	-17,549	-11,2815	-6,26749
7	-17,549	-11,2815	-6,26749
8	-17,549	-11,2815	-6,26749
9	-17,549	-11,2815	-6,26749
10	-17,549	-11,2815	-6,26749
11	-17,549	-11,2815	-6,26749
12	-17,549	-11,2815	-6,26749
13	-16,4879	-10,5994	-5,88854
14	-15,4268	-9,91725	-5,50958
15	-12,1211	-9,91725	-5,50958
16	-12,1211	-9,91725	-5,50958
17	-10,3802	-8,49292	-4,71829

Πίνακας 3.20: Τελικά φορτία τειγίδων

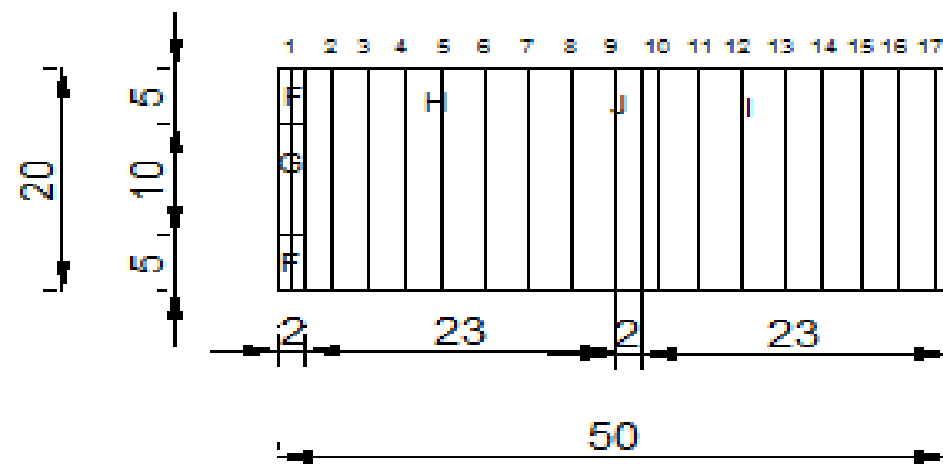


ΚΑΤΟΨΗ
 $\theta=0$, $e=20\text{m}$

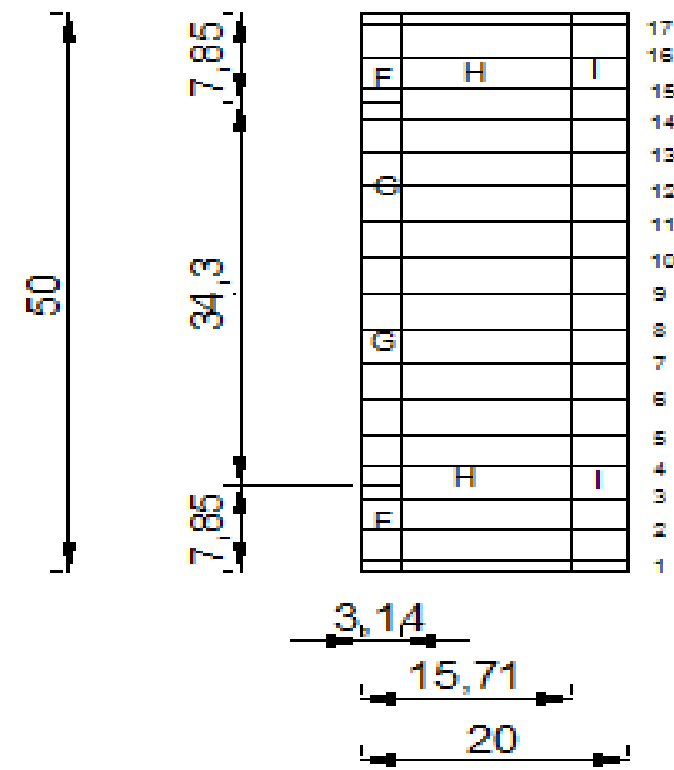


ΚΑΤΟΨΗ
 $\theta=90$, $e=31.41\text{m}$

Εικόνα 3.13 : Κατόψεις ζωνών επιρροής για τα πλευρικά



κατοψη στεγης
 $\theta=0$, $e=20\text{m}$



κατοψη στεγης
 $\theta=90$, $e=31.41\text{m}$

Εικόνα 3.14 : Κατόψεις ζωνών επιρροής για τη στέγη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο : ΑΝΑΛΥΣΗ – ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ - ΕΛΕΓΧΟΙ

4.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα διαγράμματα των εντατικών μεγεθών ενδεικτικών συνδυασμών δράσεων. Η στατική ανάλυση του φορέα έγινε στο πρόγραμμα SAP2000. Ανάλογα με το είδος, τη μορφή και τη θέση της κατασκευής, προσδιορίζονται οι διάφορες χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων, οι οποίες επενεργούν σε αυτή. Οι δράσεις που υπεισέρχονται στους συνδυασμούς, επενεργούν και εκδηλώνονται ταυτόχρονα. Στόχος ήταν η αρχική εξακρίβωση της ορθότητας των υπολογισμών και η εξασφάλιση της στατικής ισορροπίας του φορέα με έλεγχο διαστασιολόγησης όλων των διατομών. Για το λόγο αυτό εισάγαμε τα φορτία με τον τρόπο που υπολογίστηκαν παραπάνω και με τους κατάλληλους συνδυασμούς δράσεων φορτίσαμε το φορέα ώστε να ελέγξουμε τη συμπεριφορά του υπό τους δυσμενείς συνδυασμούς.

Οι δράσεις που καταπονούν την προς μελέτη κατασκευή με τη μορφή συνδυασμών και για τις παραπάνω καταστάσεις σχεδιασμού είναι οι εξής:

• Μόνιμα φορτία:

α) ίδιο βάρος κατασκευής G

β) βάρος επικαλύψεων

γ) φορτία

• Κινητά φορτία:

α) φορτίο χιονιού

β) φορτία ανέμου W

Οι 2 καταστάσεις φόρτισης που χρησιμοποιήσαμε είναι οι εξής :

$$1^{\eta}) 1.35 * g + 1.5 * q$$

$$2^{\eta}) 1.35 * g + 1.35 * q$$

Επομένως για τις περιπτώσεις φόρτισης που αναλύθηκαν παραπάνω καταλήξαμε στους εξής συνδυασμούς :

$$1-1) 1.35 * g + 1.5 * (\text{snowcase1} + \text{windx1})$$

$$1-2) 1.35 * g + 1.5 * (\text{snowcase1} + \text{windx2})$$

$$1-3) 1.35 * g + 1.5 * (\text{snowcase1} + \text{windy})$$

$$1-4) 1.35 * g + 1.5 * (\text{snowcase2} + \text{windx1})$$

$$1-5) 1.35 * g + 1.5 * (\text{snowcase2} + \text{windx2})$$

$$1-6) \quad 1.35 * g + 1.5 * (\text{snowcase2} + \text{windy})$$

$$1-7) \quad 1.35 * g + 1.5 * (\text{snowcase3} + \text{windx1})$$

$$1-8) \quad 1.35 * g + 1.5 * (\text{snowcase3} + \text{windx2})$$

$$1-9) \quad 1.35 * g + 1.5 * (\text{snowcase3} + \text{windy})$$

Επιπλέον :

$$2-1) \quad 1.35 * g + 1.35 * (\text{snowcase1} + \text{windx1})$$

$$2-2) \quad 1.35 * g + 1.35 * (\text{snowcase1} + \text{windx2})$$

$$2-3) \quad 1.35 * g + 1.35 * (\text{snowcase1} + \text{windy})$$

$$2-4) \quad 1.35 * g + 1.35 * (\text{snowcase2} + \text{windx1})$$

$$2-5) \quad 1.35 * g + 1.35 * (\text{snowcase2} + \text{windx2})$$

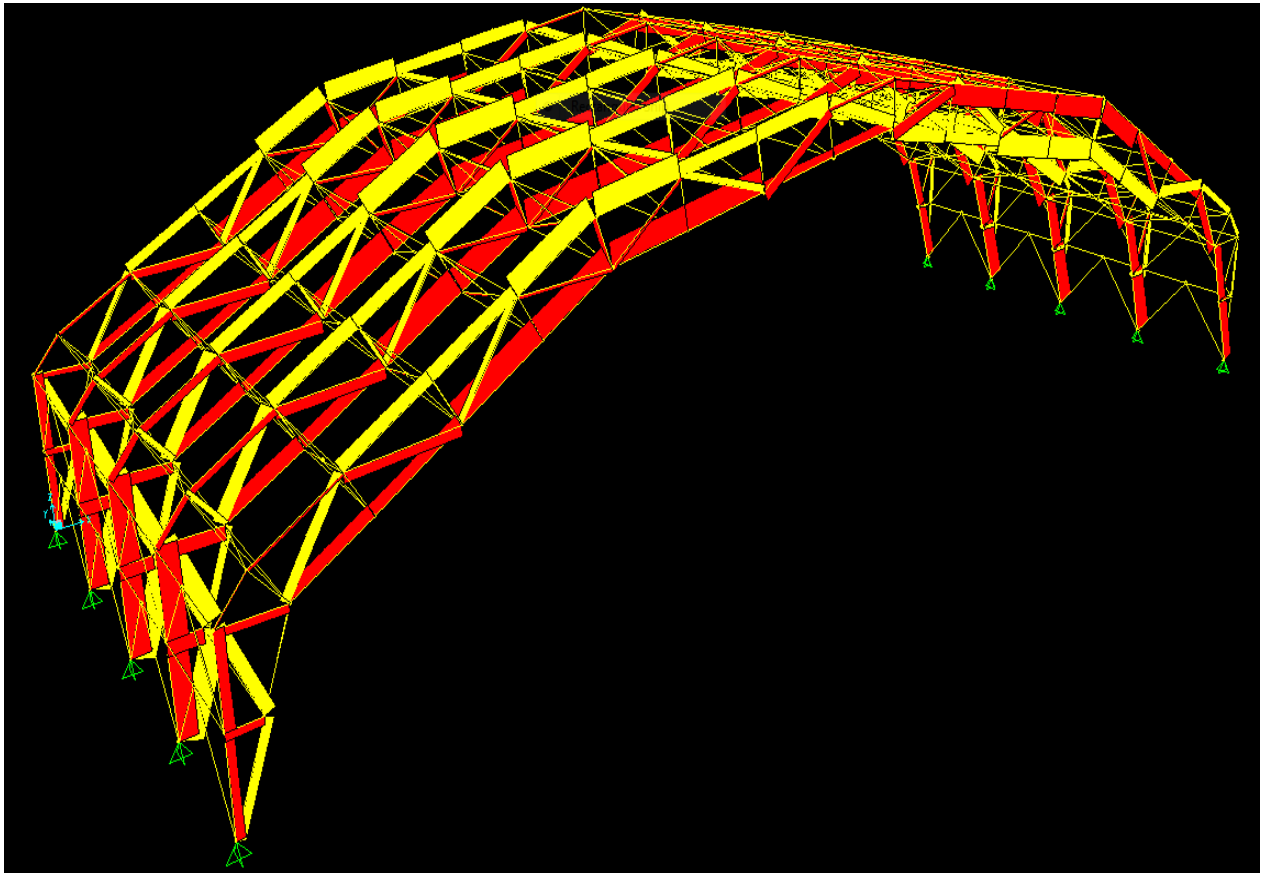
$$2-6) \quad 1.35 * g + 1.35 * (\text{snowcase2} + \text{windy})$$

$$2-7) \quad 1.35 * g + 1.35 * (\text{snowcase3} + \text{windx1})$$

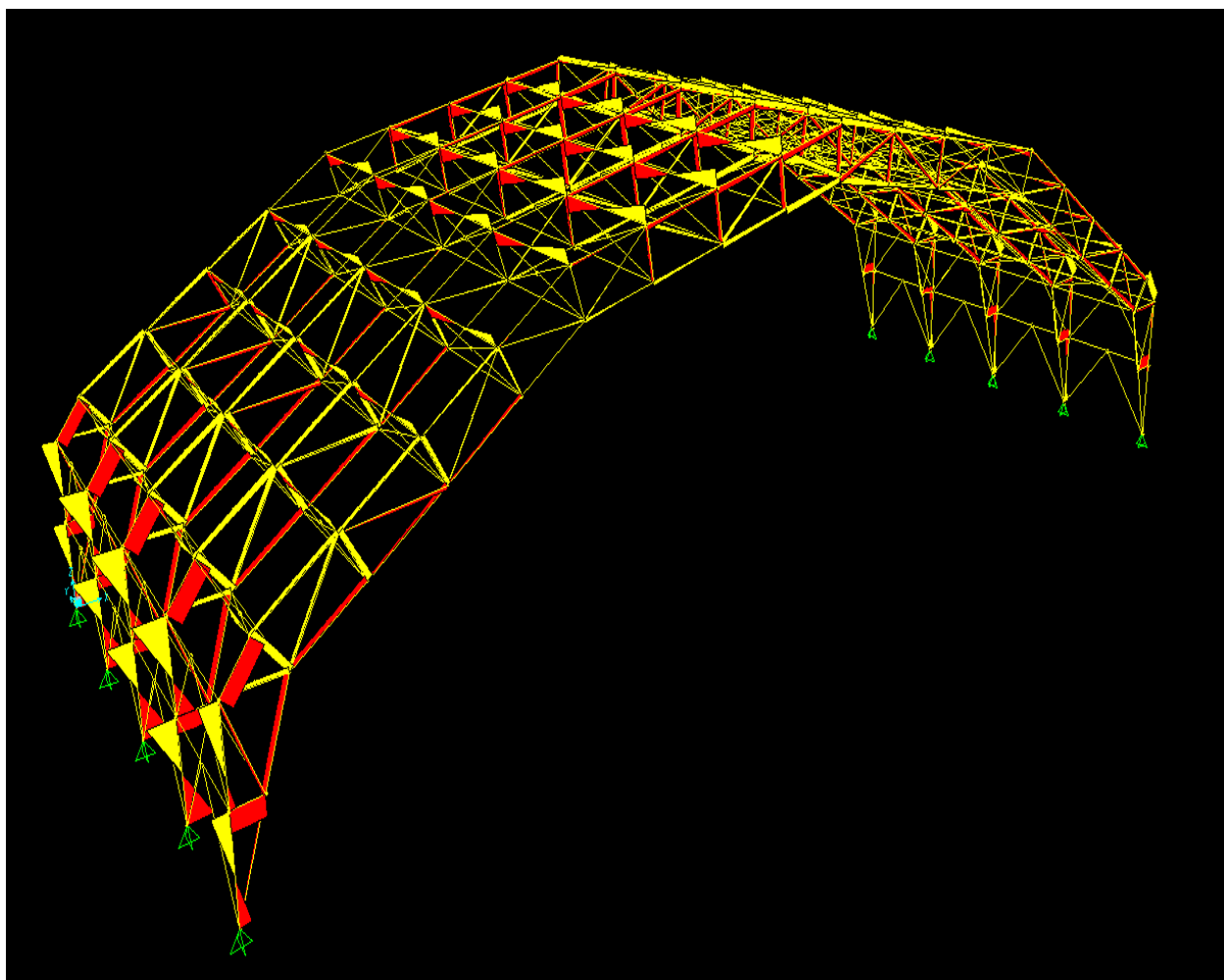
$$2-8) \quad 1.35 * g + 1.35 * (\text{snowcase3} + \text{windx2})$$

$$2-9) \quad 1.35 * g + 1.35 * (\text{snowcase1} + \text{windy})$$

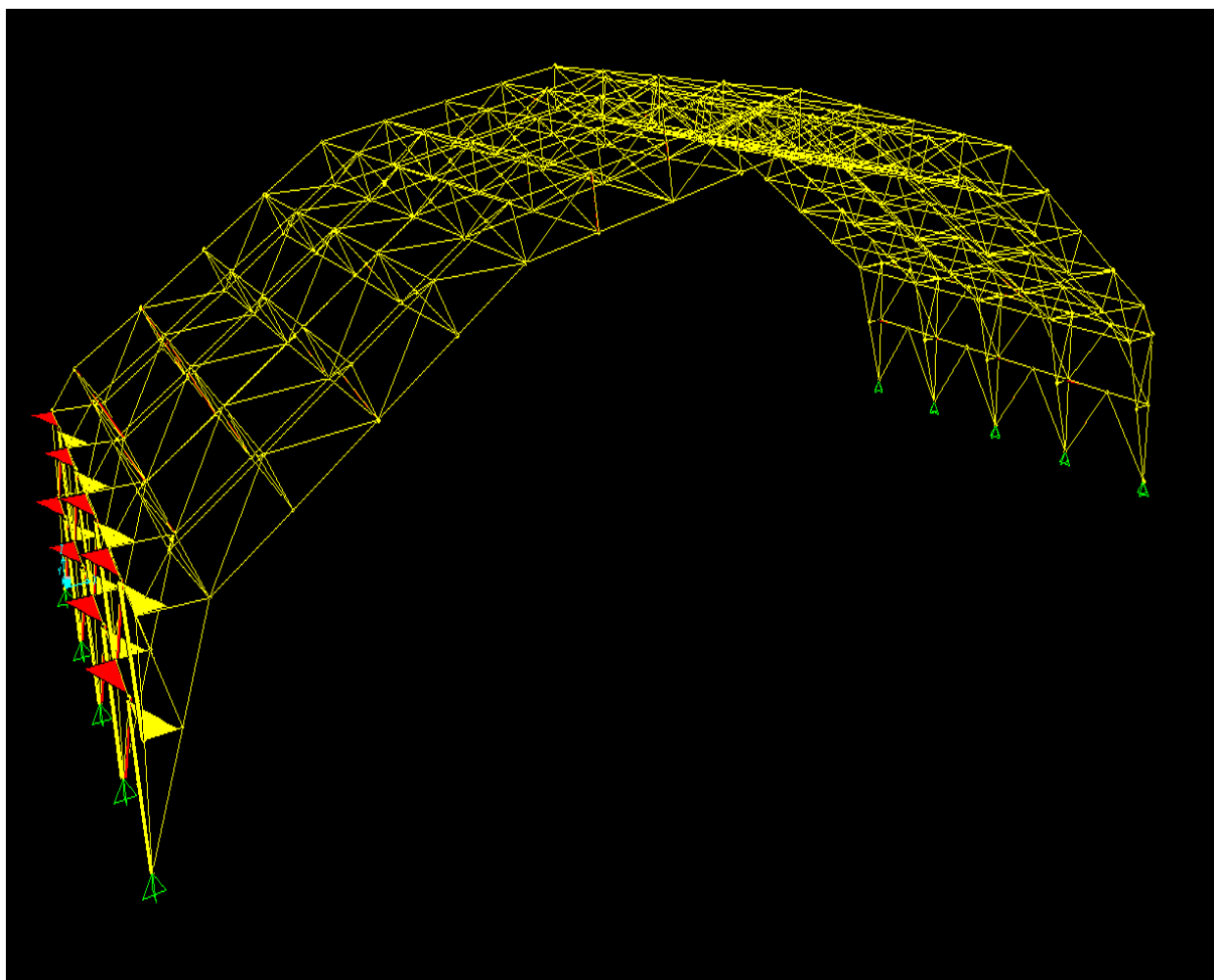
Για το συνδυασμό $1-2)1.35 \cdot g + 1.5 \cdot (\text{snowcase1} + \text{windx2})$:



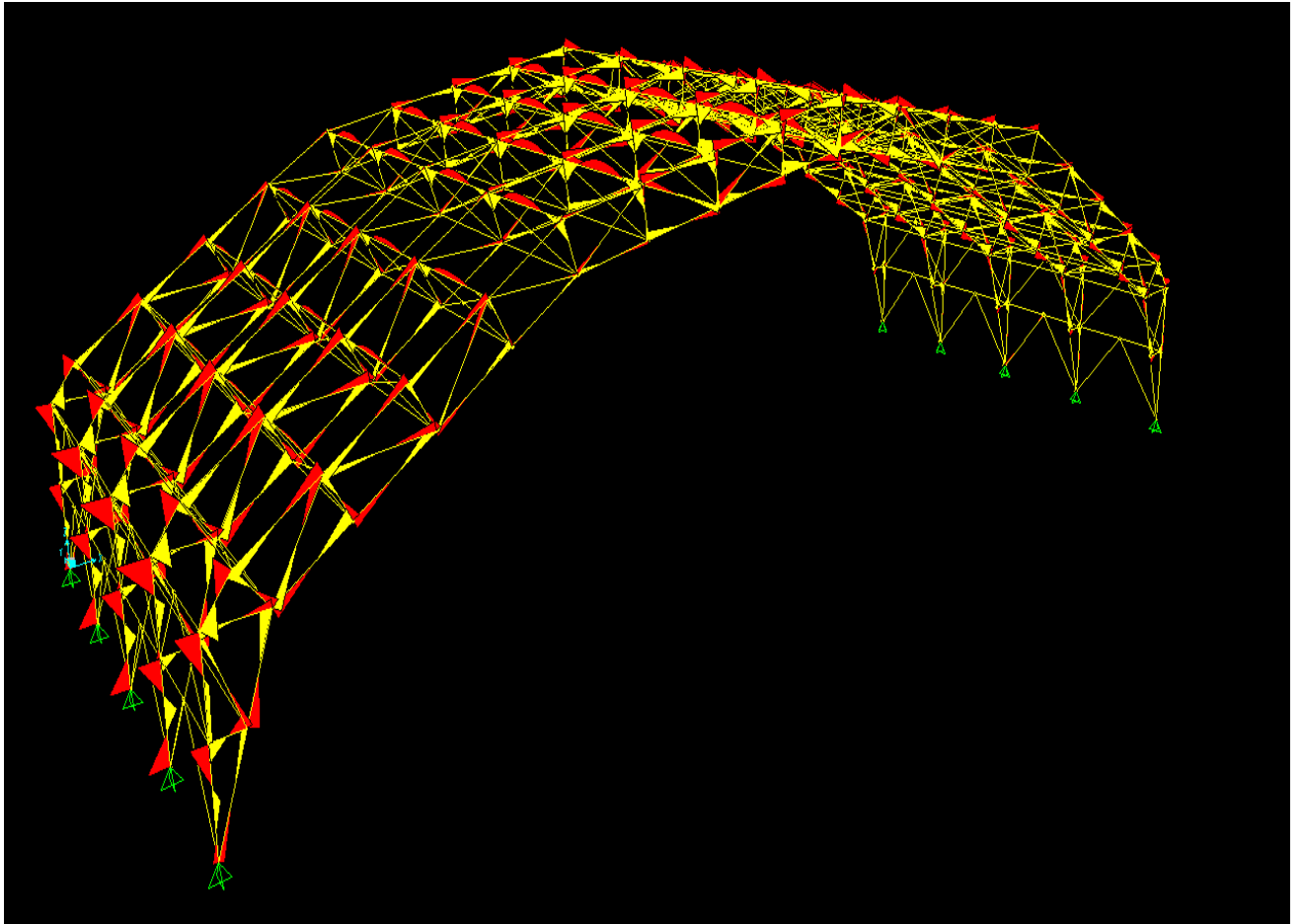
Εικόνα 3.15 : Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων



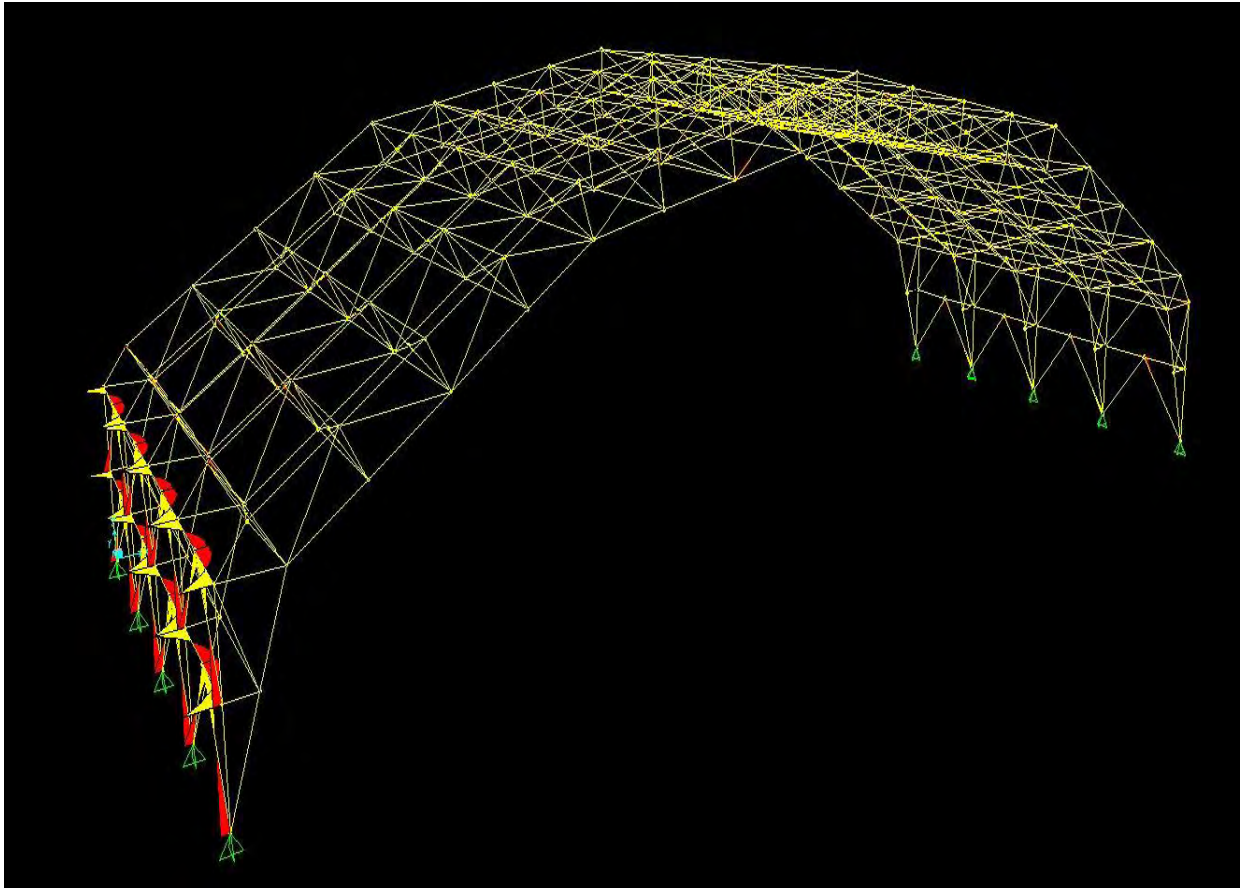
Εικόνα 3.16 : Διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων στο επίπεδο των κυρίων φορέων



Εικόνα 3.17 : Διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων κάθετα στο επίπεδο των κύριων φορέων

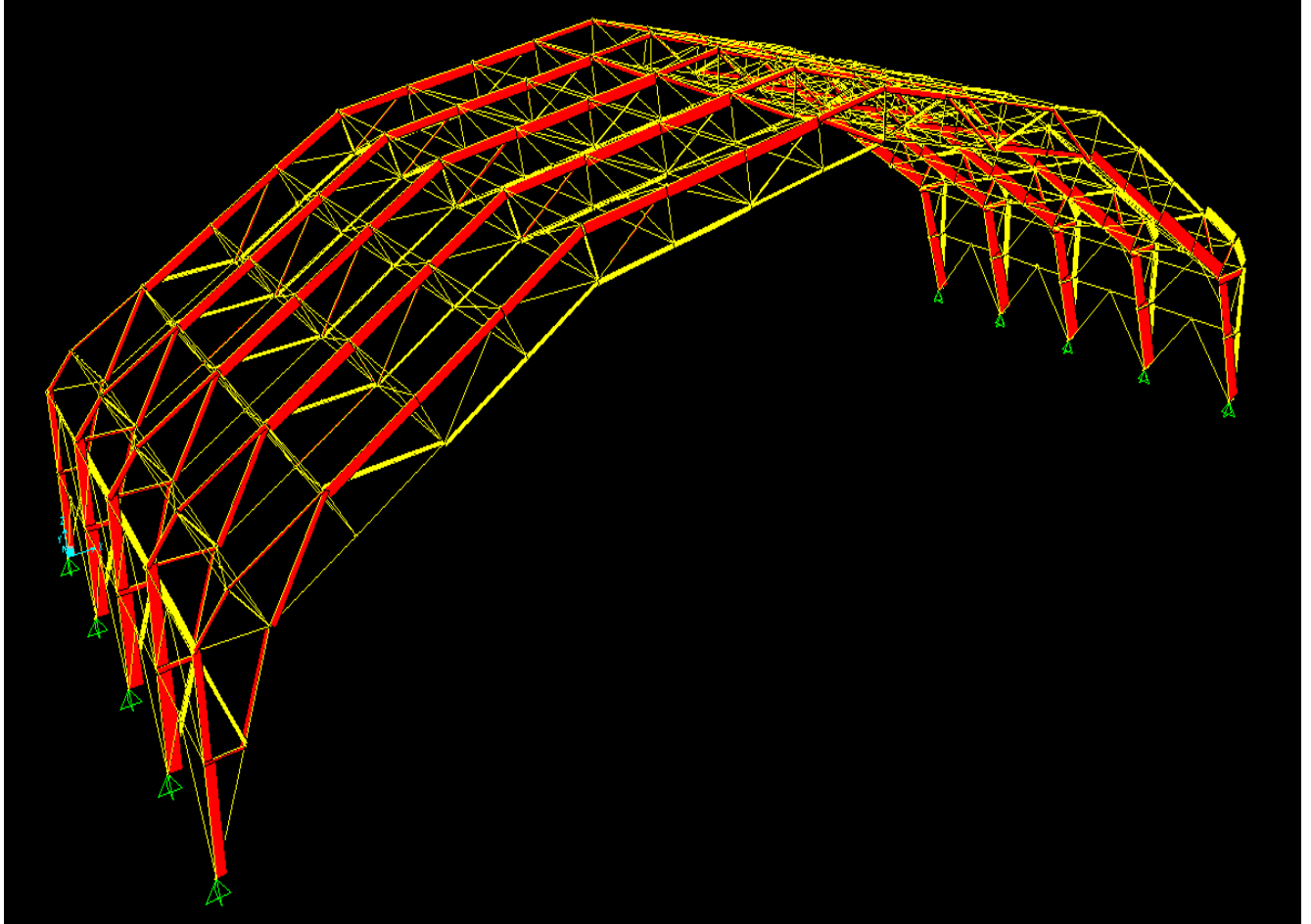


Εικόνα 3.18 : Διάγραμμα ροπών κάθετα στο επίπεδο των κυρίων φορέων

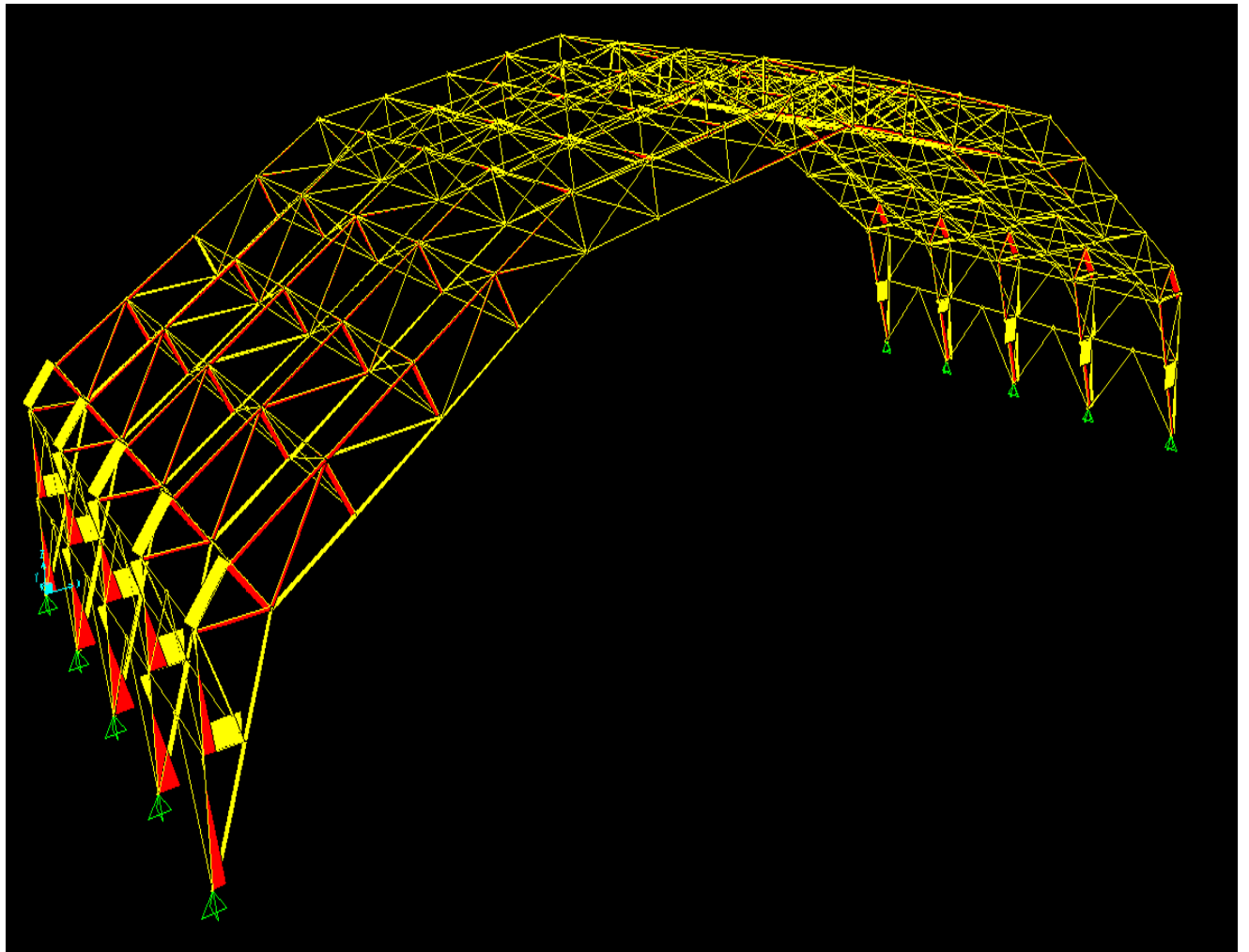


Εικόνα 3.19 : Διάγραμμα ροπών στο επίπεδο των κύριων φορέων

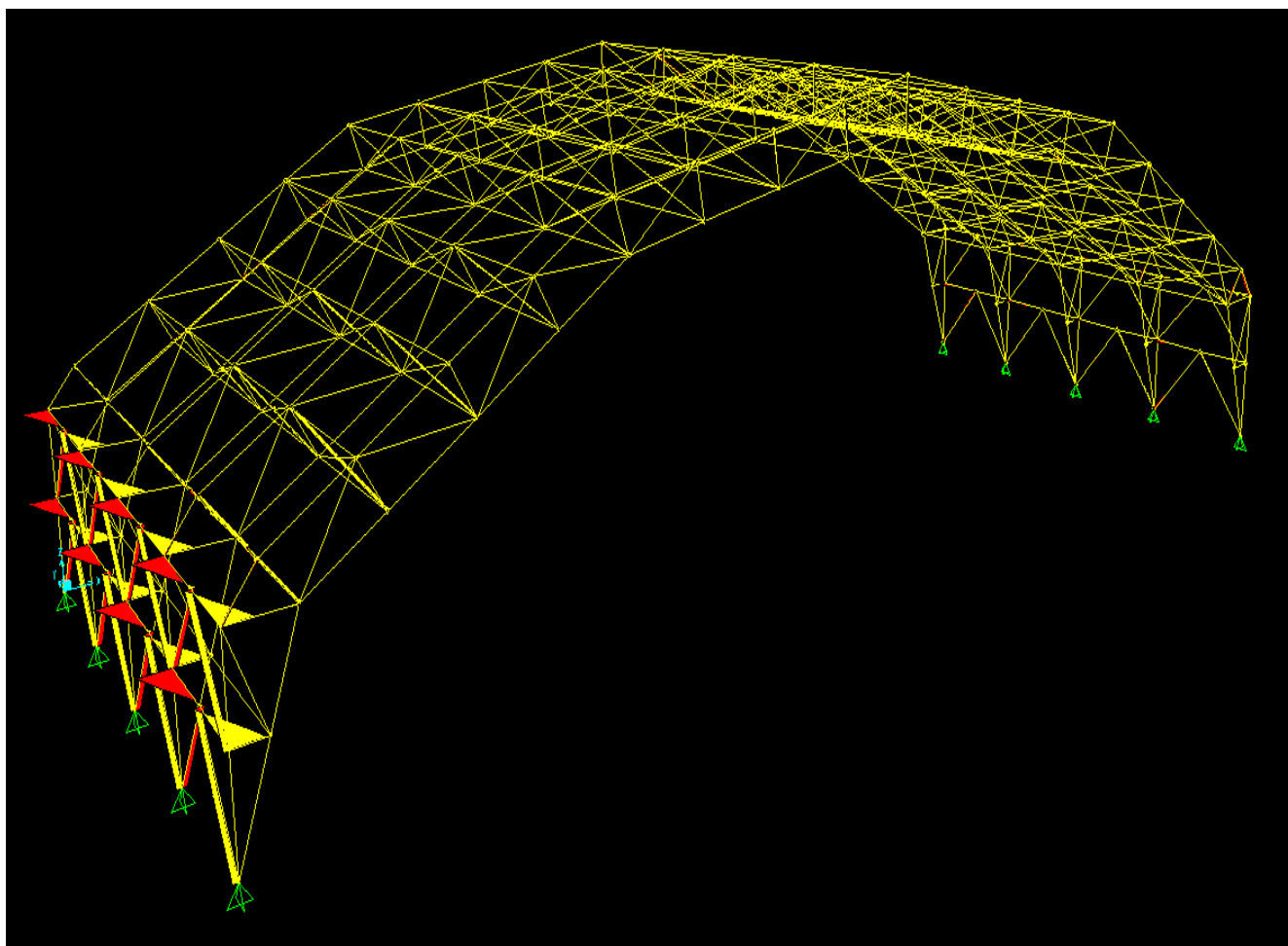
Για το συνδυασμό 2-1) $1.35 \cdot g + 1.35 \cdot (\text{snowcase1} + \text{windx1})$:



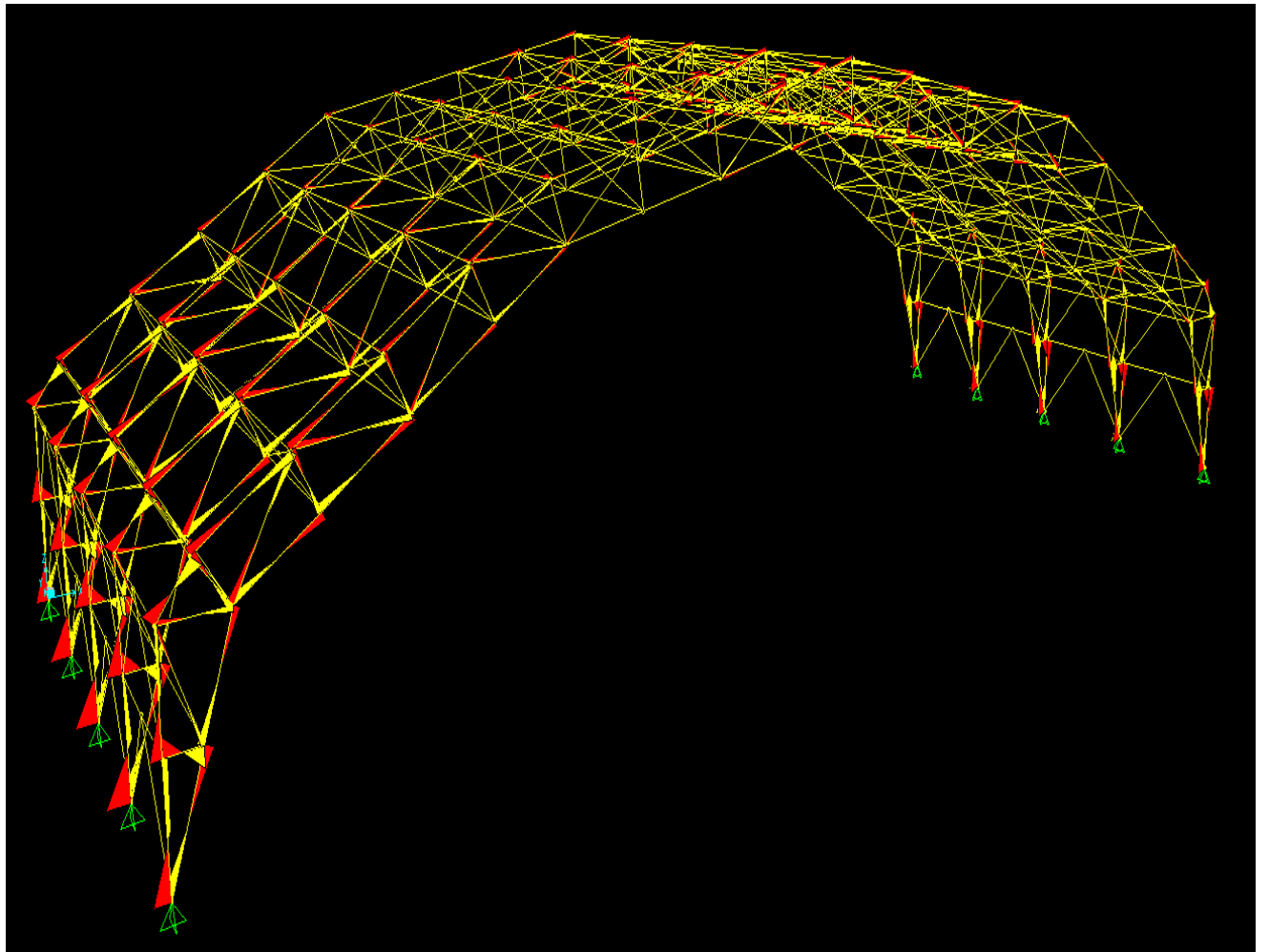
Εικόνα 3.20 : Διάγραμμα αξονικών δυνάμεων



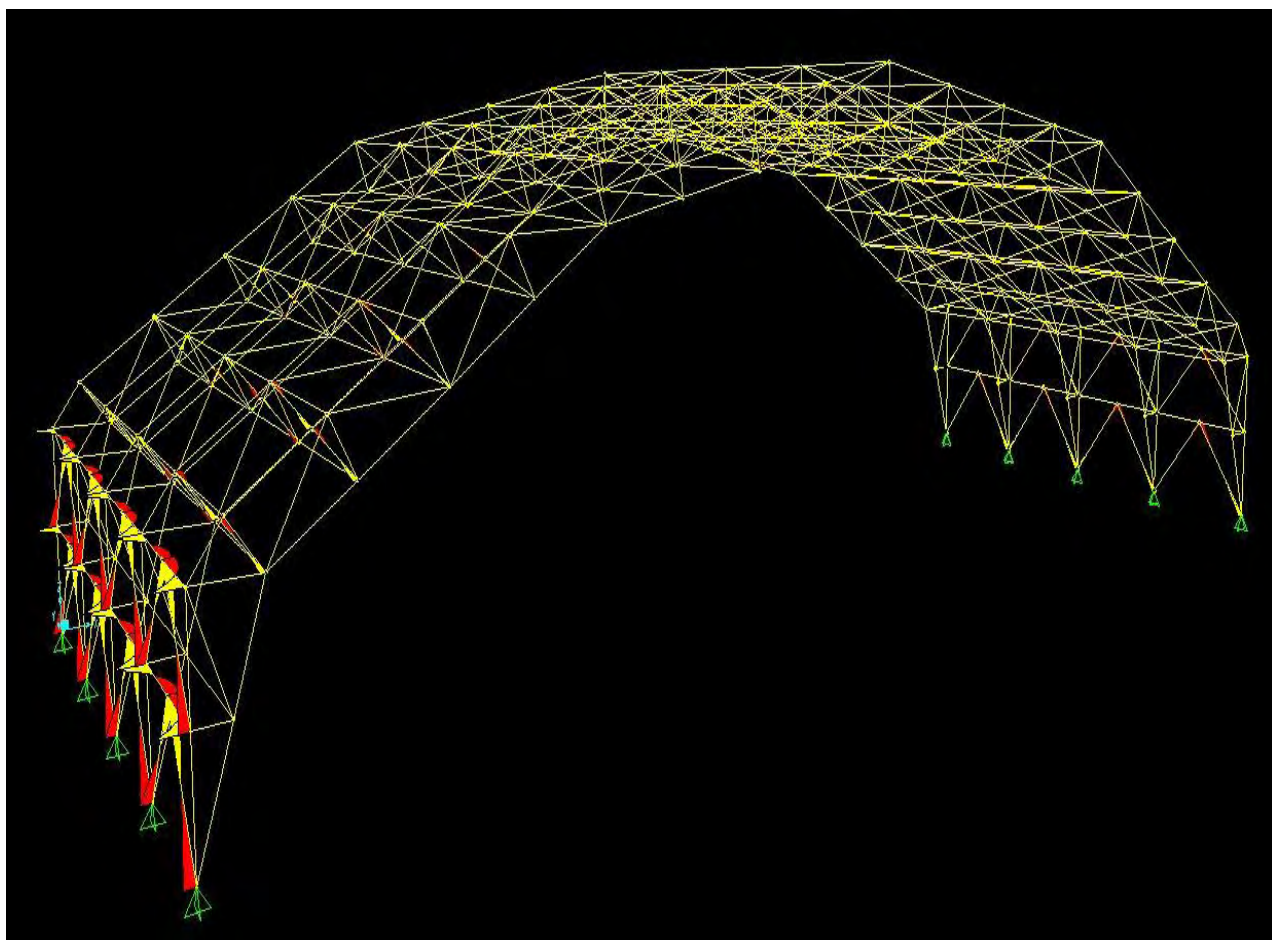
Εικόνα 3.21 : Διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων στο επίπεδο των κύριων φορέων



Εικόνα 3.22 : Διάγραμμα τεμνουσών δυνάμεων κάθετα στο επίπεδο των κύριων φορέων

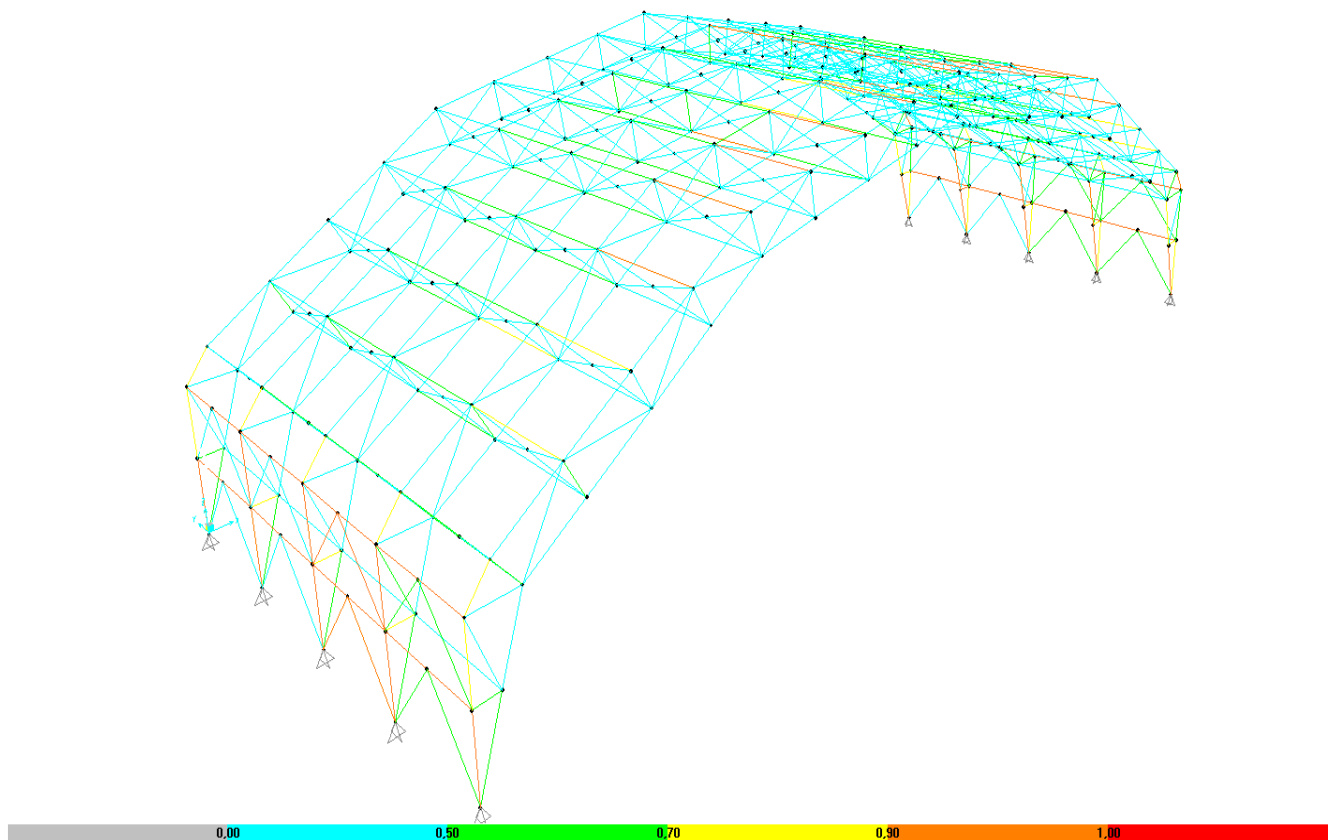


Εικόνα 3.23 : Διάγραμμα ροπών κάθετα στο επίπεδο των κύριων φορέων



Εικόνα 3.24 : Διάγραμμα ροπών στο επίπεδο των κύριων φορέων

Μετά το πέρας της ανάλυσης του φορέα από το λογισμικό, πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος του σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3. Τα αποτελέσματα του ελέγχου αυτού υπήρξαν ευμενή, όπως φαίνεται στο φύλλο ελέγχου του προγράμματος, που έπεται.



Εικόνα 3.25 : Γραφική αναπαράσταση των ελέγχων του φορέα σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3 στο χρησιμοποιούμενο λογισμικό.

Καθόσον η παρούσα εργασία αφορά στάδιο προμελέτης, δεν περιλαμβάνει ούτε μόρφωση και διαστασιολόγηση κόμβων (η οποία πάντως θα προβλέπει κοχλιωτές συνδέσεις μέσω κομβοελασμάτων πάχους 10mm) ούτε μελέτη θεμελίωσης. Η θεμελίωση προτείνεται όπως υλοποιηθεί μέσω συγκολλητών πλακών βάσης και αγκυρίων, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο μέρος 1-8 του Ευρωκώδικα 3, χωρίς ενισχυτικά ελάσματα, προκειμένου να λειτουργήσει αρθρωτά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 Γενικά συμπεράσματα

α) Από την ενασχόληση με τη παρούσα διπλωματική εργασία δόθηκε η ευκαιρία στον υπεύθυνο αυτής να έρθει σε επαφή με ιδιαίζουσες μορφές μεταλλικών κατασκευών, οι οποίες δεν αποτελούν αντικείμενο καθημερινής πράξης. Επιπρόσθετα, μέσω της αναζήτησης παρόμοιων κατασκευών και παρόλο που αρχικά φάνταζε δύσκολο διαπιστώθηκε ότι το μέρος της αγοράς που αφορά μεταφερόμενα μεταλλικά υπόστεγα (με κύρια χρήση τη στρατιωτική) είναι αρκετά ευρύ και ιδιαίτερα ενδιαφέρον. Τούτο καθόσον τέτοιου τύπου κατασκευές είναι ανοιχτές στις δύο μεγάλες όψεις τους, δεν διαθέτουν κλασική επικάλυψη αλλά κατά κόρον προεντεταμένες μεμβράνες και εφελκυσόμενα στοιχεία αντί για συνδέσμους δυσκαμψίας.

β) Η προσπάθεια για την μετατροπή μίας τέτοιας κατασκευής σε σταθερή, ακόμα και σε βαθμό προμελέτης όπως τη παρούσα, περιελάμβανε εκτός των άλλων την αναζήτηση και εκ των υστέρων εφαρμογή διαφόρων μορφών συνδέσμων δυσκαμψίας, με απώτερο σκοπό την <<αντικατάσταση>> της προεντεταμένης μεμβράνης.

γ) Η τελική μόρφωση του φορέα, λόγω του γεγονότος ότι είναι ανοιχτό υπόστεγο, οδήγησε στη χρήση εγκάρσιων Χιαστών συνδέσμων δυσκαμψίας (κάθετα στα επίπεδα των κυρίων φορέων) και σε συνδέσμους μορφής Λ (inverted V-Bracers) δύο επάλληλων επιπέδων για τα πλαινά.

δ) Παρόλο που αρχικά δεν αναμενόταν, δεν απαιτήθηκε η εφαρμογή Χ συνδέσμων στις στέγες, που πέραν από την ευμενή παρουσία των εγκάρσιων συνδέσμων μπορεί να συνδεθεί με την αεροδυναμική μορφή του στερεού της κατασκευής.

ε) Η χρήση των διατομών που έγινε είχε σαν γνώμονα τον ομοιόμορφο και οικονομικό σχεδιασμό με την εκ των υστέρων εύκολη συντήρηση αλλά και την ευστάθεια της κατασκευής.

5.2 Προτάσεις

Σύμφωνα με το προηγηθέν περιεχόμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας η κύρια μας προταση είναι η ενασχόληση των μελλοντικών συναδέλφων όχι μόνο με τυπικά αλλά και με ιδιάζοντα – ελκυστικά προβλήματα μεταλλικών κατασκευών, τα οποία μπορούν να εμφανιστούν ακόμα και σε μικρής κλίμακας παρόμοια έργα όπως το μεταφερόμενο υπόστεγο εδώ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. Σοφιανόπουλος Δημήτρης Σ., (2006). «Στοιχεία μεταλλικών κατασκευών», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
2. Βάγιας Ι., Ερμόπουλος Ι., Ιωαννίδης Γ. (2005). «Σχεδιασμός δομικών έργων από χάλυβα, 2^η έκδοση», Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.
3. Βάγιας Ι., Ερμόπουλος Ι., Ιωαννίδης Γ., (2005). «Σιδηρές κατασκευές, παραδείγματα εφαρμογής του Ευρωκώδικα 3, Τόμος Ι». Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.
4. Αντωνίου Ν. Κουνάδη, Δ' έκδοση, τόμος Ι, Αθήνα 2007, «Σιδηρές κατασκευές, Συμπεριφορά και Ανάλυσις, Εκδόσεις Συμεών.
5. EN1990, Eurocode 0: «Basis of structural design», CEN, 2002
6. EN1991-1-1, Eurocode 1: «Actions on structures, Part 1-1: General actions», CEN, 2004
7. EN1991-1-3, Eurocode 1: «Actions on structures, Part 1-3: Snow loads», CEN, 2004
8. EN1991-1-4, Eurocode 1: «Actions on structures, Part 1-4: Wind actions», CEN, 2004
9. EN1993-1-1, Eurocode 3: «Design of steel structures, Part 1-1: General rules and rules for buildings», CEN, 2005

