



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

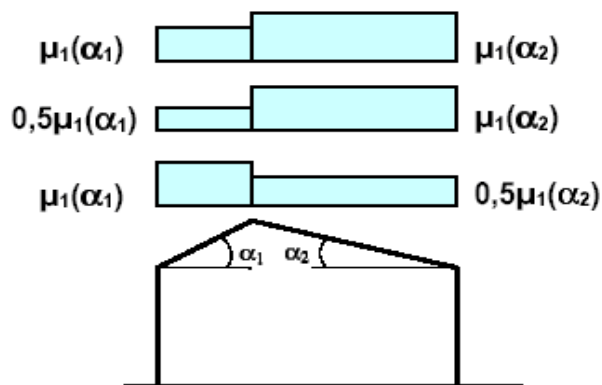
ΤΟΜΕΑΣ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Σύγκριση Ευρωκωδίκων EN1990 και EN1991 με τον Κανονισμό Φορτίσεως Δομικών Έργων και Παραδείγματα Εφαρμογής

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΖΑΧΑΡΙΑ ΧΑΒΔΟΥΛΑ



Επιβλέπων : Κωνσταντίνος Τρέζος
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2011

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Τη στιγμή αυτή που ολοκληρώνεται η φοίτησή μου στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, πολλά θα ήθελα να πω. Θα αρκεστώ όμως να εκφράσω απλά την απέραντη ευγνωμοσύνη μου σε πρόσωπα που σημάδεψαν την ως εδώ πορεία μου.

Παρακάμπτοντας την πολύπλευρη και συνεχή προσφορά και καθοδήγηση των γονέων μου, Αλεξάνδρας και Δημήτρη, καθώς και την αδιάλειπτη βοήθεια και συμπαράσταση των αδερφών μου Ειρήνης-Όλγας και Αποστόλη, που δεν μπορούν εδώ να αξιολογηθούν, θα ήθελα να ευχαριστήσω...

...κυρίως τον Επίκουρο Καθηγητή του Ε.Μ.Π κ. Κωνσταντίνο Τρέζο, επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, για την άρτια επιστημονική του κατάρτιση, που διευκόλυνε τη διεκπεραίωση της εργασίας αυτής, για το άριστο πνεύμα συνεργασίας που τον διακρίνει, καθώς και για τον ευγενή και προσιτό του χαρακτήρα.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές της σχολής που με τη διδασκαλία τους κέντρισαν στον υπέρτατο βαθμό το ενδιαφέρον μου για το αντικείμενο της επιστήμης του Πολιτικού Μηχανικού και κυρίως που μου εμφύσησαν το σεβασμό για τον κοινωνικό του χαρακτήρα.

Τέλος, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κουμπάρο, συμφοιτητή και αδελφικό μου φίλο Τσιρίγκα Παύλο για την πολύτιμη βοήθειά του στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας και για τις εξαιρετικά πολύτιμες επιστημονικές και μη συμβουλές του σε θέματα σχετικά με τη σχολή.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρήθηκε να αναλυθεί ο Ευρωκώδικας EN1990 κι ένα μεγάλο τμήμα του Ευρωκώδικα EN1991 συγκρινόμενοι παράλληλα με τον 'Κανονισμό Φορτίσεως Δομικών Έργων' του 1945. Επιπλέον, έγινε επίλυση ορισμένων παραδειγμάτων σύμφωνα με τους παραπάνω Ευρωκώδικες με σκοπό την καλύτερη κατανόησή τους από τον αναγνώστη μελετητή και φοιτητή μηχανικό.

Στο Α' Μέρος της εργασίας αναλύονται ο EN1990, που περιέχει τις βάσεις σχεδιασμού όλων των Ευρωκωδίκων, και ορισμένα τμήματα του EN1991, ο οποίος αναφέρεται σε κάθε είδους δράση που ενδέχεται να ασκηθεί σε κάποια φέρουσα κατασκευή. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται :

- ο EN1991-1-1, που περιλαμβάνει πυκνότητες κατασκευαστικών υλικών και αποθηκευμένων υλικών, το ίδιο βάρος στοιχείων κατασκευής και επιβαλλόμενα φορτία σε κτήρια,
- ο EN1991-1-3, που αναφέρεται στις δράσεις λόγω χιονιού,
- ο EN1991-1-4, που προσδιορίζει τις δράσεις λόγω ανέμου και
- ο EN1991-1-5, που περιλαμβάνει τις δράσεις λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών.

Στο Β' Μέρος επιλύονται 17 παραδείγματα στα οποία προσδιορίζονται φορτία σύμφωνα με τους EN1990 και EN1991 εκ των οποίων:

- 6 παραδείγματα δράσεων λόγω χιονιού
- 9 παραδείγματα δράσεων λόγω ανέμου
- 1 παραδειγμα θερμικών δράσεων και
- 1 συνδυαστικό παράδειγμα όλων των ανωτέρω.στο οποίο δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην επιρροή που έχουν οι θερμικές δράσεις στα εντατικά μεγέθη και κατ'επέκταση στην όπλιση των στοιχείων μιας κατασκευής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ Α

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΩΝ EN 1990 ΚΑΙ EN1991 ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΟΝ 'ΚΑΝΟΝΙΣΜΟ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ'

.....	7
1. ΒΑΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΩΝ (EN 1990)	9
1.1 Γενικά [Μέρος 1 ^ο].....	9
1.1.1 Πεδίο εφαρμογής [1.1].....	9
1.1.2 Διάκριση μεταξύ Αρχών και Κανόνων Εφαρμογής [1.4].....	9
1.1.3 Παραδοχές [1.3].....	9
1.1.4 Ορολογία και ορισμοί [1.5]	10
1.2 Απαιτήσεις [Μέρος 2 ^ο]	10
1.2.1 Βασικές απαιτήσεις [2.1]	10
1.2.2 Διαχείριση αξιοπιστίας [2.2].....	12
1.2.3 Διάρκεια ζωής σχεδιασμού [2.3].....	16
1.2.4 Ανθεκτικότητα [2.4].....	16
1.3 Αρχές του Σχεδιασμού με βάση τις Οριακές Καταστάσεις [Μέρος 3 ^ο].....	16
1.3.1 Γενικά.....	16
1.3.2 Καταστάσεις σχεδιασμού [3.2].....	17
1.3.3 Οριακές καταστάσεις αστοχίας (Ο.Κ.Α., Ultimate Limit State - ULS) [3.3].....	17
1.3.4 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (Ο.Κ.Λ., Serviceability Limit State -SLS) [3.4].....	17
1.4 Βασικές Μεταβλητές [Μέρος 4 ^ο].....	18
1.4.1 Κατηγοριοποίηση δράσεων [4.1.1].....	18
1.4.2 Χαρακτηριστικές τιμές δράσεων [4.1.2]	18
1.4.3 Άλλες αντιπροσωπευτικές τιμές μεταβλητών δράσεων [4.1.3].....	19
1.4.4 Ιδιότητες υλικών και προϊόντων [4.2].....	20
1.4.5 Γεωμετρικά δεδομένα [4.3].....	21
1.5 Ανάλυση του Φορέα και Σχεδιασμός με τη βοήθεια Δοκιμών [Μέρος 5 ^ο]	21
1.6 Έλεγχοι με τη μέθοδο των Επιμέρους Συντελεστών [Μέρος 6 ^ο].....	21
1.6.1 Γενικά [6.1].....	21
1.6.2 Περιορισμοί [6.2].....	21
1.6.3 Τιμές Σχεδιασμού [6.3].....	21
1.6.3.1 Τιμές σχεδιασμού δράσεων [6.3.1]	22
1.6.3.2 Τιμές σχεδιασμού των αποτελεσμάτων των δράσεων [6.3.2].....	23
1.6.3.3 Τιμές σχεδιασμού ιδιοτήτων υλικών ή προϊόντων [6.3.3]	23

1.6.3.4	Τιμές σχεδιασμού γεωμετρικών δεδομένων [6.3.4].....	24
1.6.3.5	Αντίσταση σχεδιασμού	24
1.6.4	Οριακές Καταστάσεις Αστοχίας (Ο.Κ.Α) [6.4]	26
1.6.4.1	Έλεγχοι στατικής ισορροπίας και αντίστασης [6.4.2]	26
1.6.4.2	Συνδυασμοί δράσεων Ο.Κ.Α. (εξαιρουμένης της κόπωσης) [6.4.3].....	27
1.6.5	Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας [6.5].....	29
1.6.5.1	Έλεγχοι	29
1.6.5.2	Συνδυασμοί δράσεων Ο.Κ.Λ. [6.5.3].....	29
1.7	Παράρτημα Α (κανονιστικό) για εφαρμογή σε Κτήρια	29
1.7.1	Οριακές καταστάσεις αστοχίας [Α1.3]	30
1.7.2	Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας [Α1.4]	33
	ΕΦΑΡΜΟΓΗ.....	33
1.8	Παράρτημα Γ (πληροφοριακό)	37
	Βάσεις για τον σχεδιασμό με τη μέθοδο των επιμέρους συντελεστών και για την ανάλυση της αξιοπιστίας	37
1.8.1	Αντικείμενο και πεδίο εφαρμογών [Γ1]	37
1.8.2	Εισαγωγή [Γ3].....	37
1.8.3	Εποπτεία των μεθόδων αξιοπιστίας [Γ4].....	37
1.8.4	Δείκτης αξιοπιστίας β [Γ5]	38
1.8.5	Μεθοδολογία για τη βαθμονόμηση των τιμών σχεδιασμού.....	40
1.9	Παράρτημα Δ (πληροφοριακό) Σχεδιασμός με τη βοήθεια δοκιμών	42
2.	ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ – ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ, ΙΔΙΟΝ ΒΑΡΟΣ, ΕΠΙΒΑΛΛΟΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ (EN 1991-1-1)	43
2.1	Γενικά [Μέρος 1 ^ο]	43
2.1.1	Πεδίο εφαρμογής [1.1]	43
2.2	Κατηγοριοποίηση των Δράσεων [Μέρος 2 ^ο].....	43
2.2.1	Ίδιον βάρος [2.1].....	43
2.2.2	Επιβαλλόμενα φορτία [2.2]	44
2.3	Καταστάσεις Σχεδιασμού [Μέρος 3 ^ο].....	44
2.3.1	Μόνιμα φορτία [3.2]	44
2.3.2	Επιβαλλόμενα φορτία [3.3]	44
2.3.3	Πιθανοτικές θεωρήσεις	45
2.4	Πυκνότητες υλικών κατασκευής και αποθηκευμένων υλικών [Μέρος 4 ^ο]	45
2.5	Ίδιον Βάρος των Κατασκευών [Μέρος 5 ^ο]	45
2.5.1	Εκφραση των δράσεων [5.1].....	45
2.5.2	Χαρακτηριστικές τιμές ίδιου βάρους [5.2]	46
2.6	Επιβαλλόμενα Φορτία σε Κτήρια [Μέρος 6 ^ο]	46

2.6.1	Κατηγορίες χρήσης	46
2.6.2	Διατάξεις φορτίων [6.2]	48
2.6.2.1	Οριζόντια στοιχεία (πλάκες δαπέδων και στεγών, δοκοί) [6.2.1]	48
2.6.2.2	Κατακόρυφα στοιχεία (υποστυλώματα και τοιχία) [6.2.2]	49
2.6.3	Χαρακτηριστικές τιμές Επιβαλλόμενων Φορτίων [6.3]	50
2.6.3.1	Χώροι για αποθήκευση και βιομηχανικές δραστηριότητες [6.3.2]	50
2.6.3.2	Κτήρια στάθμευσης και χώροι οδικής κυκλοφορίας (πλην των γεφυρών) [6.3.3]	52
2.6.3.3	Στέγες [6.3.4]	53
2.6.3.4	Οριζόντια φορτία σε στηθαία και διαχωριστικούς τοίχους που λειτουργούν ως κιγκλιδώματα [6.4]	54
3.	ΔΡΑΣΕΙΣ ΧΙΟΝΙΟΥ (EN 1991-1-3)	57
3.1	Εισαγωγή	57
3.1.1	Σκοπός	57
3.1.2	Πεδίο εφαρμογής	57
3.1.3	Κατάταξη της δράσεως του χιονιού	57
3.1.4	Εθνικά δεδομένα	57
3.2	Βασικές έννοιες, ορισμοί	57
3.2.1	Χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού επί του εδάφους (s_k) [1.6.1]	57
3.2.2	Εξαιρετικό φορτίο χιονιού επί του εδάφους [1.6.3]	57
3.2.3	Χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού επί της στέγης (s) [1.6.4]	58
3.2.4	Μη παρασυρμένο φορτίο χιονιού επί της στέγης [1.6.5]	58
3.2.5	Παρασυρμένο φορτίο χιονιού επί της στέγης [1.6.6]	58
3.2.6	Εξαιρετική παράσυρση-συσσώρευση φορτίου χιονιού επί της στέγης [1.6.10]	58
3.3	Η φύση της δράσεως του χιονιού	58
3.3.1	Καθορισμός της δράσεως του χιονιού	58
3.3.2	Καταστάσεις σχεδιασμού [Κεφάλαιο 3]	58
3.3.3	Χάρτες χαρακτηριστικού φορτίου χιονιού στο έδαφος	60
3.3.4	Συντελεστής έκθεσης και θερμικός συντελεστής [1.6.9 , 1.6.8]	61
3.3.5	Συντελεστές σχήματος φορτίου χιονιού επί της στέγης [1.6.7]	62
2.3.6	Τοπικά φαινόμενα [Κεφάλαιο 6]	65
4.	ΔΡΑΣΕΙΣ ΑΝΕΜΟΥ (EN 1991-1-4)	67
4.1	Εισαγωγή	67
4.1.1	Σκοπός	67
4.1.2	Πεδίο εφαρμογής	67
4.1.3	Εθνικά δεδομένα	67
4.1.4	Σχεδιασμός βάσει δοκιμών, πειραμάτων και μετρήσεων	67
4.2	Η φύση της δράσεως του ανέμου	67

4.3	Βασικές έννοιες, ορισμοί.....	68
4.3.1	Θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου, $v_{b,0}$ [1.6.1].....	68
4.3.2	Βασική ταχύτητα ανέμου, v_b [1.6.2]	69
4.3.3	Τραχύτητα του εδάφους [4.3.2]	69
4.3.4	Μέση ταχύτητα ανέμου, $v_m(z)$ [1.6.3]	70
4.3.5	Ταχύτητα αιχμής - Πίεση ταχύτητας αιχμής [4.5]	72
4.3.6	Ύψος αναφοράς.....	74
4.3.7	Συντελεστές πίεσης [1.6.4].....	74
4.3.8	Συντελεστές δύναμης [1.6.5].....	75
4.3.9	Φαινόμενα κλίμακας και δυναμικά φαινόμενα [Κεφάλαιο 6].....	75
4.4	Διαδικασία υπολογισμού της δράσεως του ανέμου.....	76
5.	ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ (EN 1991-1-5).....	79
5.1	Εισαγωγή.....	79
5.1.1	Σκοπός.....	79
5.1.2	Πεδίο εφαρμογής.....	79
5.2	Βασικές έννοιες, ορισμοί.....	79
5.2.1	Θερμικές δράσεις.....	79
5.2.2	Θερμοκρασία περιβάλλοντος υπό σκιά.....	79
5.2.3	Αρχική θερμοκρασία.....	79
5.2.4	Συνιστώσες της θερμοκρασίας [4(3)].....	79
5.2.5	Κατανομή της θερμοκρασίας σε στοιχεία κτηριακών έργων.....	80
5.3	Η φύση της θερμικής δράσεως.....	82
5.4	Διαδικασία υπολογισμού των θερμικών δράσεων.....	84
5.5	Διαδικασία υπολογισμού των θερμικών δράσεων σε κτήρια.....	85
5.5.1	Γενικά.....	85
5.5.2	Προσδιορισμός των θερμοκρασιακών κατανομών.....	85
6.	ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	87
ΜΕΡΟΣ Β ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ_ΛΥΜΕΝΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ EN 1990 ΚΑΙ EN 1991...		89
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΡΑΣΕΩΝ ΧΙΟΝΙΟΥ EN 1991-1-3		91
Παράδειγμα 1 Μονοκλινής στέγη με προεξέχον στρώμα χιονιού.....		93
Παράδειγμα 2 Δικλινής στέγη με φράκτες.....		95
Παράδειγμα 3 Στέγη πολλαπλών ανοιγμάτων.....		98
Παράδειγμα 4 Κυλινδρική στέγη.....		100
Παράδειγμα 5 Στέγη σε επαφή με υψηλότερη κατασκευή.....		102
Παράδειγμα 6 Οριζόντια στέγη με προεξοχή.....		105

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΡΑΣΕΩΝ ΑΝΕΜΟΥ ΕΝ 1991-1-4	107
Παράδειγμα 1 Κτήριο με οριζόντια στέγη	109
Παράδειγμα 2 Κτήριο με οριζόντια στέγη	116
Παράδειγμα 3 Κτήριο με μονοκλινή στέγη	125
Παράδειγμα 4 Βιομηχανικό κτήριο με αμφικλινή στέγη	131
Παράδειγμα 5 Βιομηχανικό κτήριο με αμφικλινή στέγη και μία πλευρά ανοιχτή.	139
Παράδειγμα 6 Κτήριο με μονοκλινή επαναλαμβανόμενη στέγη.....	148
Παράδειγμα 7 Ανοικτό δικλινές στέγαστρο	153
Παράδειγμα 8 Πινακίδα σήμανσης.....	156
Παράδειγμα 9 Ελεύθερα ιστάμενος τοίχος.....	158
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ ΕΝ 1991-1-5.....	161
Παράδειγμα 1 Διώροφο κτήριο	163
ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΝ 1990 , ΕΝ 1991.....	173
Παράδειγμα 2 Πενταώροφο κτήριο	175
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	185

ΜΕΡΟΣ Α

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΩΝ EN 1990 ΚΑΙ EN 1991 ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΟΝ 'ΚΑΝΟΝΙΣΜΟ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ'

1. ΒΑΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΩΝ (EN 1990)

1.1 Γενικά [Μέρος 1^ο]

1.1.1 Πεδίο εφαρμογής [1.1]

Το EN 1990, αλλά και γενικότερα το σύνολο σχεδόν των Ευρωκωδίκων, αναφέρεται καταρχήν στο σχεδιασμό **νέων φερουσών κατασκευών** (Εξαιρέση λ.χ. αποτελεί το EN 1998-3: Αποτίμηση και αποκατάσταση των φερουσών κατασκευών, που αντιστοιχεί στον ελληνικό ΚΑΝΕΠΕ). Μπορεί βεβαίως να χρησιμοποιηθεί για την αποτίμηση της συμπεριφοράς μιας υφιστάμενης φέρουσας κατασκευής, για το σχεδιασμό επισκευών και μετατροπών ή για την εκτίμηση των επιπτώσεων από αλλαγή στη χρήση [1.1(4)]. Σε παρόμοιες περιπτώσεις ενδέχεται να χρειάζονται πρόσθετες ή τυποποιητικές διατάξεις. Σημειωτέον πάντως ότι προγραμματίζεται για την επόμενη φάση εξέλιξης των Ευρωκωδίκων η (συστηματική) επέκτασή τους προς εφαρμογή σε υφιστάμενες φέρουσες κατασκευές. Επίσης στο προσεχές μέλλον θα δρομολογηθεί η επέκταση των Ευρωκωδίκων, ώστε να καλύπτουν και φέρουσες κατασκευές από φέροντα υαλοστάσια, οπλισμένα πολυμερή (FRP) και πιθανόν μεμβράνες.

Η εφαρμογή του EN 1990, αλλά και των Ευρωκωδίκων γενικότερα, καλύπτει το δομοστατικό σχεδιασμό συμπεριλαμβανομένων των γεωτεχνικών συνιστωσών, του σχεδιασμού έναντι πυρκαγιάς και των περιπτώσεων που σχετίζονται με τους σεισμούς, με την φάση ανέγερσης και με τις προσωρινές κατασκευές και αφορά κτηριακές φέρουσες κατασκευές, γέφυρες, δεξαμενές, σιλό, ιστούς, πύργους και καμινάδες.

Το πεδίο εφαρμογής του EN 1990 και των Ευρωκωδίκων γενικότερα **δεν** καλύπτει το σχεδιασμό ειδικών κατασκευών, όπως λ.χ. πυρηνικές εγκαταστάσεις, φράγματα κλπ.

1.1.2 Διάκριση μεταξύ Αρχών και Κανόνων Εφαρμογής [1.4]

Στο EN 1990 γίνεται διάκριση μεταξύ **Αρχών (Principles)**, συμβολιζόμενες με το **(P)** μετά τον αριθμό της παραγράφου) και **Κανόνων Εφαρμογής**, ανάλογα με το χαρακτήρα των επιμέρους διατάξεων, όπως επεξηγείται αμέσως στη συνέχεια.

Οι Αρχές είναι κατ' ουσίαν διατάξεις **απολύτως υποχρεωτικές**, για τις οποίες είτε δεν υπάρχει άλλη επιλογή (λ.χ. οι ορισμοί) είτε πρόκειται για απαιτήσεις και αναλυτικά προσομοιώματα, για τα οποία δεν επιτρέπεται εναλλακτική επιλογή εκτός και αν αναφέρεται συγκεκριμένα κάτι τέτοιο.

Οι Κανόνες Εφαρμογής είναι γενικά αναγνωρισμένοι κανόνες, οι οποίοι συμμορφώνονται με τις Αρχές και ικανοποιούν τις απαιτήσεις τους.

Από τα προαναφερόμενα προκύπτει ότι επιτρέπεται η χρήση εναλλακτικών κανόνων σχεδιασμού διαφορετικών από τους Κανόνες Εφαρμογής, οι οποίοι δίδονται στο EN 1990, υπό την προϋπόθεση να αποδεικνύεται ότι οι εναλλακτικοί κανόνες συμφωνούν με τις συναφείς Αρχές και είναι τουλάχιστον ισοδύναμοι με τους Ευρωκώδικες, όσον αφορά στην ασφάλεια, στη λειτουργικότητα και στην ανθεκτικότητα. Σε αυτήν την περίπτωση όμως ο αντίστοιχος σχεδιασμός δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι «σύμφωνος με το EN 1990», με ότι αυτό μπορεί να συνεπάγεται.

1.1.3 Παραδοχές [1.3]

Οι γενικές παραδοχές του EN 1990 είναι:

- η **επιλογή του δομικού συστήματος και ο σχεδιασμός** του φορέα πραγματοποιείται από **καταλλήλως καταρτισμένο και έμπειρο προσωπικό**
- η **εκτέλεση** πραγματοποιείται από προσωπικό το οποίο διαθέτει τις κατάλληλες **δεξιότητες και εμπειρία**
- υπάρχει **επαρκής επίβλεψη και έλεγχος διασφάλισης ποιότητας** κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του έργου, δηλαδή στα γραφεία μελετών, στα εργοστάσια, στους χώρους επεξεργασίας και επί τόπου

- τα **κατασκευαστικά υλικά και προϊόντα** χρησιμοποιούνται όπως ορίζεται στο EN 1990 ή στα EN 1991 έως EN 1999 ή στις σχετικές προδιαγραφές εκτέλεσης, ή στις προδιαγραφές των υλικών αναφοράς και των προϊόντων.
- Ο φορέας **θα συντηρείται επαρκώς**
- Ο φορέας θα χρησιμοποιηθεί **σύμφωνα με τις παραδοχές** του σχεδιασμού του

Η τελευταία αναφορά άπτεται εμμέσως, πλην σαφώς, και του ζητήματος των τυχόν επιπτώσεων της αλλαγής χρήσης (λ.χ. κτηρίου) στο σχεδιασμό της φέρουσας κατασκευής.

Όπως διαπιστώνεται προϋπόθεση του συνεπούς σχεδιασμού (με βάση το EN 1990, αλλά και τους Ευρωκώδικες γενικότερα) είναι η υλοποίηση του πλήρους κυκλώματος σχεδιασμός/μελέτη - κατασκευή - συντήρηση από κατάλληλο και έμπειρο προσωπικό και η διασφάλιση της ποιότητας της όλης διαδικασίας με κατάλληλη επίβλεψη και ελέγχους.

Εξάλλου η ικανοποίηση των παραδοχών θεωρείται (αυτονόητη) προϋπόθεση για τη χρήση των Αρχών και των Κανόνων Εφαρμογής [1.3(1)].

1.1.4 Ορολογία και ορισμοί [1.5]

Είναι προφανής η σημασία της θεσμοθέτησης και της εφαρμογής συγκεκριμένων ορισμών (το σύνολο σχεδόν των οποίων προέρχεται από τα διεθνή πρότυπα ISO 2394, ISO 3898, ISO 8930, ISO 8402). Καταρχήν αναφέρεται η χρησιμοποιούμενη κοινή σε όλους τους Ευρωκώδικες (EN 1990 έως EN 1999) ορολογία [1.5.1] και στη συνέχεια : ειδικοί όροι σχετιζόμενοι με τον σχεδιασμό γενικά [1.5.2], όροι σχετιζόμενοι με τις δράσεις [1.5.3], όροι σχετιζόμενοι με ιδιότητες υλικών και προϊόντων [1.5.4], όροι σχετιζόμενοι με γεωμετρικά στοιχεία [1.5.5] και όροι σχετιζόμενοι με την ανάλυση του φορέα [1.5.6].

1.2 Απαιτήσεις [Μέρος 2^ο]

1.2.1 Βασικές απαιτήσεις [2.1]

Ο σχεδιασμός μιας φέρουσας κατασκευής, καθώς και η κατασκευή και η συντήρησή της καθόλη τη σκοπούμενη διάρκεια ζωής της, με εύλογο οικονομικό κόστος και για τον απαιτούμενο βαθμό αξιοπιστίας πρέπει να γίνονται με τρόπο που να εξασφαλίζονται οι ακόλουθες τέσσερις βασικές απαιτήσεις : **αντίσταση (resistance)**, **λειτουργικότητα (serviceability)**, **ανθεκτικότητα στη διάρκεια του χρόνου (durability)**, **ευρωστία (robustness)**. Οι απαιτήσεις αυτές αποτελούν τις συνιστώσες της **αξιοπιστίας (reliability)** της φέρουσας κατασκευής.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Έχει από καιρό υιοθετηθεί ο όρος «αντίσταση» (resistance), αντί του χρησιμοποιούμενου παλιότερα «αντοχή» (strength), δεδομένου ότι πολλοί έλεγχοι της οριακής κατάστασης αστοχίας (O.K.A.), για την οποία γίνεται λόγος στα επόμενα, βασίζονται πλέον στη σύγκριση αποτελεσμάτων των δράσεων (εντατικών μεγεθών, λ.χ. καμπτική ροπή σχεδιασμού σε σχέση με τη ροπή αντίστασης μιας διατομής). Τούτο προέκυψε από τη διαχρονική επιστημονική εξέλιξη (πέρασμα από τη «μέθοδο των επιτρεπομένων τάσεων» στη «μέθοδο συνολικής αντοχής» κ.ο.κ.).

Οι προαναφερθείσες βασικές απαιτήσεις μπορούν να συνοψισθούν ως εξής :

Μια φέρουσα κατασκευή θα σχεδιάζεται ώστε:

- να αντιμετωπίζει όλες τις δράσεις και τις επιδράσεις, οι οποίες είναι πιθανόν να εμφανισθούν κατά την διάρκεια της κατασκευής και χρήσης του και να παραμένει κατάλληλος για τη σκοπούμενη χρήση [2.1(1)P]
- να διαθέτει επαρκή αντίσταση, λειτουργικότητα και ανθεκτικότητα [2.1(2)P]
- σε περίπτωση πυρκαγιάς η αντίστασή της θα πρέπει να είναι επαρκής για την απαιτούμενη χρονική περίοδο [2.1(3)P]
- να μην υποστεί βλάβες εξαιτίας συμβάντων όπως λ.χ. έκρηξη, πρόσκρουση και συνέπειες ανθρωπίνων σφαλμάτων, σε βαθμό δυσανάλογο ως προς το αρχικό συμβάν [2.1(4)P]

Αντίσταση και λειτουργικότητα

Οι δύο πρώτες βασικές απαιτήσεις, αντίσταση και λειτουργικότητα, μπορούν να θεωρηθούν κατά βάση αλληλεξαρτώμενες, υπό την έννοια ότι μια φέρουσα κατασκευή που διαθέτει επαρκή αντίσταση κατά τεκμήριο διαθέτει και επαρκή δυσκαμψία (ιδιότητα με την οποία συναρτάται η λειτουργικότητα). Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας, κυρίως λόγω ανάπτυξης υλικών με όλο και υψηλότερες αντοχές, σε συνδυασμό με τη διαρκή προσπάθεια εξοικονόμησης ύλης (η οποία εκτός των άλλων επιφέρει και μείωση των δράσεων εξ ιδίου βάρους) σχεδιάζονται και κατασκευάζονται όλο και λυγρότερα φέροντα μέλη, με αποτέλεσμα το κριτήριο της λειτουργικότητας να γίνεται σταδιακά κρίσιμο για τη διαστασιολόγηση.

Ακεραιότητα σε περίπτωση πυρκαγιάς

Η απαίτηση της διατήρησης της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής για επαρκές χρονικό διάστημα σε περίπτωση πυρκαγιάς αποσκοπεί κυρίως :

- στην παροχή δυνατότητας ασφαλούς εκκένωσης του κτηρίου από όσους βρίσκονται σε αυτό
- στην προστασία των πυροσβεστών και του προσωπικού ασφαλείας κατά τη διάρκεια κατάσβεσης της πυρκαγιάς
- στην προστασία του κτηρίου και των γειτονικών κατασκευών από τη διάδοση της πυρκαγιάς

Τα δεδομένα για το σχεδιασμό μιας φέρουσας κατασκευής ή ενός φέροντος δομικού στοιχείου έναντι πυρκαγιάς δίδονται στο EN 1991-1-2, σ' ότι αφορά στον προσδιορισμό των δράσεων, καθώς και στα Μέρη 1-2 των Ευρωκωδίκων διαστασιολόγησης (EN 1992, EN 1993, EN 1994, EN 1995, EN 1996 και EN 1999).

Ο έλεγχος της αντίστασης έναντι πυρκαγιάς μπορεί να βασίζεται :

- στην εφαρμογή των διατάξεων των προαναφερομένων Ευρωκωδίκων (προσεγγιστικές και «ακριβείς» μέθοδοι υπολογισμού κ.ά.)
- σε τυποποιημένες ειδικές δοκιμές σε φέροντα δομικά στοιχεία
- σε υπολογισμούς βασισμένους σε πειραματικά αποτελέσματα

Οι συνηθέστεροι τρόποι διαστασιολόγησης βασίζονται στην «πρότυπη ανθεκτικότητα σε πυρκαγιά», όρος που ισοδυναμεί με τους γνωστούς «δείκτες πυραντίστασης» του Κανονισμού Πυροπροστασίας Κτηρίων (Π.Δ.71/88). Σημειωτέον ότι έχει αρχίσει η προετοιμασία αναθεώρησης του υπόψη Κανονισμού, η οποία μεταξύ των άλλων θα εξασφαλίσει και τη συμβατότητά του προς τους Ευρωκώδικες.

Ευρωστία

Στις [2.1(5)P] και [2.1(6)P] παρατίθενται διάφορα μέτρα που αποσκοπούν στην εξασφάλιση της ευρωστίας, δηλαδή στην εν δυνάμει αποφυγή βλάβης δυσανάλογα μεγάλης σε σχέση με το αίτιο που την προκάλεσε. Συγκεκριμένα:

- **Αποφυγή, εξάλειψη ή μείωση** των ασυνήθιστων και επικίνδυνων φαινομένων στα οποία μπορεί να εκτεθεί ο φορέας

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Κατάλληλα μέτρα για την περίπτωση αυτή μπορεί να είναι λ.χ.:

- Η τοποθέτηση στηθαίων ασφαλείας ή προσκρουστήρων για την προστασία των στύλων ενός κτηρίου (ή μιας γέφυρας)
 - Η αποφυγή σωληνώσεων φυσικού αερίου στο εσωτερικό ενός κτηρίου (ή μιας γέφυρας κιβωτιοειδούς διατομής)
 - Η μείωση των συνεπειών ανθρωπίνων σφαλμάτων χάρη στην εφαρμογή συστήματος διασφάλισης ποιότητας
- **Επιλογή** μιας μορφής της φέρουσας κατασκευής η οποία να επιδεικνύει **χαμηλή ευαισθησία** στα εν λόγω ασυνήθιστα και επικίνδυνα φαινόμενα

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Κατάλληλα μέτρα για την περίπτωση αυτή μπορεί να είναι λ.χ.:

- Ο σχεδιασμός της φέρουσας κατασκευής έτσι, ώστε να ανθίσταται ικανοποιητικά στα ονομαστικά φορτία, όπως αυτό ορίζεται στα EN 1992 έως EN 1996
 - Να διασφαλίζεται η συνέχεια της φέρουσας κατασκευής (λ.χ. με πρόβλεψη συνδέσμων σε οριζόντιο και κατακόρυφο επίπεδο)
 - Να μορφώνονται και να ελέγχονται κατάλληλα οι απολήξεις, οι διασταυρώσεις και οι συνδέσεις των τοίχων μεταξύ τους και με άλλα στοιχεία
 - Να εξετάζεται για κάθε μεμονωμένο φέρον στοιχείο, αν μετά τυχόν αφαίρεσή του, εξακολουθεί να διασφαλίζεται ικανοποιητικά η μεταβίβαση των φορτίων στις στηρίξεις και στη θεμελίωση
- **Επιλογή** μίας μορφής της φέρουσας κατασκευής και ενός δομοστατικού σχεδιασμού, που θα επιδεικνύουν **επαρκή αντοχή** στην τυχηματική αφαίρεση ενός μεμονωμένου μέλους ή ενός περιορισμένου μέρους του φορέα καθώς και στην εμφάνιση αποδεκτής τοπικής βλάβης
- ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Κατάλληλα μέτρα για την περίπτωση αυτή μπορεί να είναι λ.χ.:
- Να εξετάζεται για κάθε μεμονωμένο φέρον στοιχείο, αν μετά τυχόν αστοχία του, επέρχεται ολική ή μερική (πέραν ενός αποδεκτού ορίου) κατάρρευση
 - Σε θετική περίπτωση τα συγκεκριμένα φέροντα στοιχεία να σχεδιάζονται και διαστασιολογούνται ως «στοιχεία-κλειδιά» («ασφάλειες»)
- **Αποφυγή**, ει δυνατόν, φερόντων συστημάτων τα οποία μπορεί να καταρρεύσουν **χωρίς προειδοποίηση**
- ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Κατάλληλα μέτρα για την περίπτωση αυτή μπορεί να είναι λ.χ.:
- Να αποφεύγεται ο σχεδιασμός, τουλάχιστον των στοιχείων-κλειδιών, να οδηγεί σε ψαθυρές μορφές αστοχίας (χωρίς προειδοποίηση)
- **Σύνδεση** των φερόντων δομικών μελών μεταξύ τους. Οι βασικές απαιτήσεις θα πρέπει να ικανοποιούνται:
- από την επιλογή των κατάλληλων υλικών
 - από τον κατάλληλο σχεδιασμό και τις κατάλληλες κατασκευαστικές λεπτομέρειες
 - από τον καθορισμό των διαδικασιών ελέγχου για το σχεδιασμό, την παραγωγή, την εκτέλεση και τη χρήση του συγκεκριμένου έργου.

1.2.2 Διαχείριση αξιοπιστίας [2.2]

Για το πολύ σημαντικό ζήτημα της διαχείρισης της αξιοπιστίας στις φέρουσες κατασκευές είναι αφιερωμένο το **Παράρτημα Β** του EN 1990, το οποίο διατηρεί και στη Χώρα μας τον πληροφοριακό του χαρακτήρα. Όπως όμως μπορεί να διαπιστώσει κανείς τα αναφερόμενα σ' αυτό έχουν κυρίως ποιοτικό χαρακτήρα. Σύμφωνα με το σχετικό ορισμό [1.5.2.17] ως **αξιοπιστία** ενός φορέα ή ενός δομικού μέλους θεωρείται η ικανότητά του να ικανοποιεί τις καθορισμένες απαιτήσεις (λ.χ. ασφάλεια, λειτουργικότητα και την ανθεκτικότητα), για τη διάρκεια ζωής σχεδιασμού. Η αξιοπιστία συνήθως εκφράζεται με πιθανοτικούς όρους.

Η επιλογή των επιπέδων αξιοπιστίας για έναν συγκεκριμένο φορέα θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη και τους σχετικούς παράγοντες, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται [2.2(3)] :

- οι **πιθανές αιτίες και/ή ο τρόπος επίτευξης της οριακής κατάστασης** (λ.χ. μορφές αστοχίας)
- οι **πιθανές συνέπειες** της αστοχίας σε όρους κινδύνου της ζωής, κινδύνου τραυματισμού και ενδεχόμενης οικονομικής ζημίας
- η **αποστροφή του κοινού** που προκαλείται από μια αστοχία (παράμετρος που σχετίζεται με την υποκειμενική πρόσληψη του γεγονότος και των συνεπειών του)
- **τα έξοδα και οι διαδικασίες** που είναι απαραίτητα για τη μείωση της πιθανότητας αστοχίας

Στο EN 1990 ορίζονται τρεις **κατηγορίες αξιοπιστίας (reliability classes)** RC1, RC2 και RC3, οι οποίες εξ ορισμού συναρτώνται με διαφορετικό επίπεδο συνεπειών σε περίπτωση

υπερβάσης της εξεταζόμενης οριακής κατάστασης (λ.χ. αστοχίας) και με διαφορετικό συντελεστή αξιοπιστίας. Σχετικές επεξηγήσεις δίδονται στο τμήμα του παρόντος που αναφέρεται στο Παράρτημα Β. **Γενικά στην πλειονότητα των περιπτώσεων οι φέρουσες κατασκευές που σχεδιάζονται σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες κατατάσσονται στην ενδιάμεση κατηγορία (RC2).**

Τα επίπεδα αξιοπιστίας που ισχύουν για έναν συγκεκριμένο φορέα μπορούν να καθορισθούν με την κατηγοριοποίηση του φορέα στο σύνολό του ή/και με την κατηγοριοποίηση των επιμέρους στοιχείων του [2.2(4)]. Σημειωτέον ότι για την αντίσταση του φορέα και για την λειτουργικότητα μπορούν να υιοθετηθούν διαφορετικά επίπεδα αξιοπιστίας, αν και θα πρέπει να υπάρχει ιδιαίτερος λόγος που να δικαιολογεί μια τέτοια προσέγγιση.

Σύμφωνα με το EN 1990 τα επίπεδα αξιοπιστίας, τα οποία αφορούν την αντίσταση και τη λειτουργικότητα του φορέα μπορούν να επιτευχθούν συνδυάζοντας με τον κατάλληλο τρόπο [2.2(5)]:

- α) τα **αποτρεπτικά και προστατευτικά μέτρα** (υλοποιώντας δικλίδες ασφαλείας, ενεργά και παθητικά προστατευτικά μέτρα έναντι πυρκαγιάς, προστασία έναντι του κινδύνου διάβρωσης είτε με βαφή είτε με καθοδική προστασία).
- β) τα μέτρα τα οποία σχετίζονται με τους **υπολογισμούς σχεδιασμού**
 - αντιπροσωπευτικές τιμές των δράσεων
 - επιλογή των επιμέρους συντελεστών
- γ) τα μέτρα τα οποία σχετίζονται με τη **διαχείριση ποιότητας**
- δ) τα μέτρα τα οποία στοχεύουν στη μείωση των σφαλμάτων κατά το σχεδιασμό και την εκτέλεση της κατασκευής και στη **μείωση των χονδροειδών ανθρωπίνων σφαλμάτων**
- ε) άλλα μέτρα τα οποία σχετίζονται με τα ακόλουθα θέματα σχεδιασμού
 - βασικές απαιτήσεις
 - βαθμό στερρότητας (ακεραιότητα του φορέα)
 - ανθεκτικότητα, συμπεριλαμβανομένης και της επιλογής της διάρκειας ζωής σχεδιασμού
 - την έκταση και ποιότητα της προκαταρκτικής εξέτασης του εδάφους και των πιθανών περιβαλλοντικών επιρροών
 - την ακρίβεια των χρησιμοποιηθέντων μηχανικών προσομοιωμάτων
 - τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες
- στ) την **ικανοποιητική εκτέλεση**, για παράδειγμα σύμφωνα με τα πρότυπα εκτέλεσης, τα οποία αναφέρονται στα EN 1991 έως EN 1999.
- ζ) την **επαρκή επιθεώρηση και συντήρηση** σύμφωνα με τις διαδικασίες, οι οποίες προσδιορίζονται στα έγγραφα τεκμηρίωσης του έργου.

Στη συνέχεια παρατίθενται συνοπτικά τα κυριότερα σημεία του (πληροφοριακού) Παραρτήματος Β που αφορά ακριβώς τη διαχείριση της δομικής αξιοπιστίας των κατασκευών.

Σύμφωνα, λοιπόν, και με τις παραδοχές [1.3] που προαναφέρθηκαν η όλη προσέγγιση βασίζεται ουσιαστικά στο τετράπτυχο :

Κατηγορία **συνεπειών (CC)** — Κατηγορία **αξιοπιστίας (RC)** — Κατηγορία (επίπεδο) **επίβλεψης σχεδιασμού** (μελέτης) **(DSL)** — Κατηγορία (επίπεδο) **επίβλεψης κατασκευής (IL)** (αλλά και επιθεώρησης-συντήρησης διαχρονικά)

Η κατάταξη σε κατηγορίες με βάση τα προαναφερόμενα κριτήρια μπορεί να απεικονισθεί στους επόμενους πίνακες :

Πίνακας 1.1 Προσδιορισμός των κατηγοριών συνεπειών [Πίν. Β1]

Κατηγορία Συνεπειών	Περιγραφή	Παραδείγματα κτηρίων και Τεχνικών Έργων
CC3	Υψηλή συνέπεια από απώλεια ανθρώπινης ζωής, ή πολύ μεγάλες οικονομικές, κοινωνικές ή περιβαλλοντικές συνέπειες	Εξώστες σταδίων, δημόσια κτήρια όπου οι συνέπειες της αστοχίας είναι μεγάλες (π.χ. μία αίθουσα συναυλιών)
CC2	Μέτρια συνέπεια από απώλεια ανθρώπινης ζωής, σημαντικές οικονομικές, κοινωνικές ή περιβαλλοντικές συνέπειες	Κτήρια κατοικιών και γραφείων, δημόσια κτήρια όπου οι συνέπειες της αστοχίας είναι μέτριες (π.χ. κτήριο γραφείων)
CC1	Χαμηλή συνέπεια από απώλεια ανθρώπινης ζωής και μικρές ή αμελητέες οικονομικές, κοινωνικές ή περιβαλλοντικές συνέπειες	Αγροτικά κτήρια στα οποία οι άνθρωποι κανονικά δεν μπαίνουν (π.χ. κτήρια αποθήκευσης), θερμοκήπια.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Στην συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση θα μπορούσε ενδεχομένως να προστεθεί μια ακόμη ξεχωριστή κατηγορία «εξαιρετικά υψηλών» συνεπειών (έστω CC4) που μπορεί να προέλθει από πυρηνικά ατυχήματα, θραύση φραγμάτων ή ατυχήματα σε στρατηγικές στρατιωτικές εγκαταστάσεις

Το κριτήριο για την κατηγοριοποίηση των συνεπειών είναι η σοβαρότητα των συνεπειών της αστοχίας, στον φορέα ή τα συναφή δομικά μέλη. Δεν αποκλείεται όμως (αν και δεν συνιστάται, εκτός αν υπάρχει ειδικός λόγος) συγκεκριμένα στοιχεία του φορέα να ανήκουν σε κατηγορία συνεπειών ίδια, υψηλότερη ή χαμηλότερη από αυτή που ισχύει για ολόκληρο τον φορέα.

Σ' ότι αφορά στις **κατηγορίες αξιοπιστίας (RC)**, αυτές μπορούν να ορισθούν με τη μέθοδο του **δείκτη αξιοπιστίας β**, για τον οποίο γίνεται ιδιαίτερη μνεία στο **Παράρτημα Γ**, η οποία παρατίθεται στα επόμενα.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Ο δείκτης β λαμβάνει υπόψη την αποδεκτή ή προβλεπόμενη στατιστική μεταβλητότητα στα αποτελέσματα των δράσεων, στις αντιστάσεις και στις αβεβαιότητες των προσομοιωμάτων. Θα μπορούσε να ισχυρισθεί κάποιος, χωρίς να είναι απόλυτα ακριβές, ότι ο δείκτης β «αντικατοπτρίζει έμμεσα» το επίπεδο ή το περιθώριο ασφάλειας της συγκεκριμένης φέρουσας κατασκευής.

Οι τρεις κατηγορίες αξιοπιστίας RC1, RC2 και RC3 μπορούν να συσχετισθούν με τις τρεις κατηγορίες συνεπειών CC1, CC2 και CC3.

Πίνακας 1.2 Προτεινόμενες ελάχιστες τιμές για το δείκτη αξιοπιστίας β (για τις οριακές καταστάσεις αστοχίας) [Πίν. Β2]

Κατηγορία Αξιοπιστίας	Ελάχιστες Τιμές για β	
	περίοδος αναφοράς 1 έτους	περίοδος αναφοράς 50 ετών
RC3	5,2	4,3
RC2	4,7	3,8
RC1	4,2	3,3

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Γενικά ένας σχεδιασμός βασισμένος στο EN 1990 με τους επιμέρους συντελεστές που δίδονται στο Παράρτημα A1 και στα EN 1991 έως EN 1999, θεωρείται ότι οδηγεί σε έναν φορέα με τιμή β μεγαλύτερη από 3,8 για μία περίοδο αναφοράς (σκοπούμενη διάρκεια ζωής της φέρουσας κατασκευής) 50 ετών.

Ανάλογη αντιστοίχιση μεταξύ της κατηγορίας και του δείκτη αξιοπιστίας μπορεί να γίνει και για τις οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας και κόπωσης, στην περίπτωση της RC2, όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα :

Πίνακας 1.3 Ελάχιστες τιμές του β για την RC2 σε Ο.Κ.Λ και Ο.Κ.Κ.

Κατηγορία Αξιοπιστίας	Ελάχιστες Τιμές για το β			
	Ο.Κ. Λειτουργικότητας		Ο.Κ. Κόπωσης	
	Περίοδος αναφοράς 1 έτους	Περίοδος αναφοράς 50 ετών	Περίοδος αναφοράς 1 έτους	Περίοδος αναφοράς 50 ετών
RC3				
RC2	2,9	1,5		1,5 έως 3,8
RC1				

Εφόσον είναι επιθυμητό, ένας τρόπος **διαφοροποίησης** μεταξύ των παραπάνω κατηγοριών αξιοπιστίας μπορεί να θεωρηθεί ότι επιτυγχάνεται με τη χρήση των διορθωτικών συντελεστών K_{FI} του επόμενου πίνακα, προς εφαρμογή επί των επιμέρους συντελεστών γ_F που θα χρησιμοποιηθούν σε θεμελιώδεις συνδυασμούς για καταστάσεις σχεδιασμού με διάρκεια (βλ. στη συνέχεια), υποθέτοντας βέβαια τα ίδια επίπεδα επίβλεψης του σχεδιασμού και της κατασκευής.

Πίνακας 1.4 Συντελεστής K_{FI} για δράσεις [Πίν. Β3]

Συντελεστής K_{FI} για δράσεις	Κατηγορία αξιοπιστίας		
	RC1	RC2	RC3
K_{FI}	0,9	1,0	1,1

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Ειδικά για την κατηγορία RC3, προτιμώνται τα άλλα μέτρα που περιγράφονται στο Παράτημα Β, αντί της χρήσης των συντελεστών K_{FI} . Ο K_{FI} θα πρέπει να εφαρμόζεται μόνο σε δυσμενείς δράσεις.

Σ'ότι αφορά στα επίπεδα επίβλεψης του σχεδιασμού (Design Supervision Level - DSL), συνοψίζονται στον επόμενο πίνακα. Αυτά μπορούν να συνδεθούν με την κατηγορία αξιοπιστίας η οποία επιλέγεται.

Πίνακας 1.5 Επίπεδα επίβλεψης του σχεδιασμού (DSL) [Πίν. Β4]

Επίπεδα επίβλεψης του σχεδιασμού (DSL)	Χαρακτηριστικά	Ελάχιστες προτεινόμενες απαιτήσεις για τον έλεγχο των υπολογισμών, των σχεδίων και των προδιαγραφών
DSL3 Σε σχέση με την RC3	Εκτεταμένη επίβλεψη	Έλεγχος τρίτου μέρους: Ο έλεγχος πραγματοποιείται από έναν οργανισμό διαφορετικό από αυτόν που έχει εκπονήσει το σχεδιασμό
DSL2 Σε σχέση με την RC2	Κανονική επίβλεψη	Έλεγχος από άτομα διαφορετικά από αυτά τα οποία είναι αρχικά υπεύθυνα και σύμφωνα με την διαδικασία του οργανισμού
DSL1 Σε σχέση με την RC1	Κανονική επίβλεψη	Αυτο-έλεγχος: Ο έλεγχος πραγματοποιείται από το ίδιο άτομο που έχει εκπονήσει και το σχεδιασμό

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Μπορεί να θεωρήσει κανείς λ.χ. ότι για τη συνήθη πρακτική παραγωγής μελετών στη Χώρα μας σε γενικές γραμμές εφαρμόζεται η διαδικασία DSL1 (ή DSL2 στα μεγαλύτερα γραφεία μελετών τα τελευταία χρόνια,). Διαδικασία DSL3 πραγματοποιείται λ.χ. όπου υπάρχει εξωτερικός σύμβουλος της Υπηρεσίας για το σκοπό αυτό.

Με ανάλογο τρόπο μπορούν να διαμορφωθούν τρία επίπεδα εποπτείας, (Inspection Level - IL), όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα και μάλιστα μπορούν να συνδεθούν με την διαχείριση ποιότητας.

Πίνακας 1.6 Επίπεδα εποπτείας (IL) [Πίν. B5]

Επίπεδα εποπτείας (IL)	Χαρακτηριστικά	Απαιτήσεις
IL3 Σε σχέση με την RC3	Εκτεταμένη επιθεώρηση	Έλεγχος τρίτου μέρους
IL2 Σε σχέση με την RC2	Κανονική επιθεώρηση	Επιθεώρηση σύμφωνα με τις διαδικασίες του οργανισμού
IL1 Σε σχέση με την RC1	Κανονική επιθεώρηση	Αυτο-επιθεώρηση

1.2.3 Διάρκεια ζωής σχεδιασμού [2.3]

Ενδεικτικές τιμές για τη σκοπούμενη διάρκεια ζωής σχεδιασμού δίδονται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 1.7 Ενδεικτική διάρκεια ζωής σχεδιασμού ([Πίν. 2.1] του ΕΠ)

Κατηγορία Διάρκειας Ζωής Σχεδιασμού	Ενδεικτική διάρκεια ζωής σχεδιασμού (χρόνια)	Παραδείγματα
1	10	Προσωρινές Κατασκευές ⁽¹⁾
2	25	Δομικά στοιχεία τα οποία μπορούν να αντικατασταθούν π.χ. εφέδρανα
3	25	Αγροτικές και παρεμφερείς κατασκευές
4	50	Κτήρια και παρεμφερή
5	100	Μνημειακά κτήρια, γέφυρες και άλλα τεχνικά έργα

⁽¹⁾ Οι φορείς και τα δομικά στοιχεία τα οποία μπορούν να αποσυναρμολογηθούν εν όψει επαναχρησιμοποίησής τους δεν θα πρέπει να θεωρούνται προσωρινά.

1.2.4 Ανθεκτικότητα [2.4]

Στο EN 1990 προβλέπεται ότι η φέρουσα κατασκευή θα σχεδιάζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε η φθορά του κατά τη διάρκεια ζωής σχεδιασμού της να μην εξασθενεί την επιτελεστικότητα της κάτω από το επιδιωκόμενο επίπεδο, λαμβάνοντας υπόψη το περιβάλλον ή/και το αναμενόμενο επίπεδο συντήρησης.

Η εκτίμηση του αναμενόμενου βαθμού φθοράς μπορεί να βασίζεται σε υπολογισμούς, σε αποτελέσματα πειραματικών ερευνών, στην εμπειρία από προγενέστερες κατασκευές, ή σε συνδυασμό των παραπάνω παραγόντων.

1.3 Αρχές του Σχεδιασμού με βάση τις Οριακές Καταστάσεις [Μέρος 3^ο]

1.3.1 Γενικά

Σύμφωνα με το EN 1990 θα γίνεται διάκριση μεταξύ οριακών καταστάσεων **αστοχίας (Ο.Κ.Α.)** και των οριακών καταστάσεων **λειτουργικότητας (Ο.Κ.Λ.)** [3.1(1)P]. Επιτρέπεται να παραληφθεί ο έλεγχος μιας οριακής κατάστασης, εφόσον όμως μπορεί να τεκμηριωθεί ότι κρίσιμη για το σχεδιασμό (διαστασιολόγηση κλπ.) είναι η άλλη [3.1(2)] υπό την προϋπόθεση ότι είναι διαθέσιμες επαρκείς πληροφορίες οι οποίες αποδεικνύουν ότι η οριακή αυτή κατάσταση ικανοποιείται από την άλλη.

Οι οριακές καταστάσεις θα πρέπει να σχετίζονται με τις καταστάσεις σχεδιασμού, οι οποίες όπως εξειδικεύεται στη συνέχεια διακρίνονται σε μόνιμες, μεταβλητές ή τυχηματικές [3.1(3) και (4)].

Στην περίπτωση ελέγχων οριακών καταστάσεων που αφορούν επιδράσεις εξαρτώμενες από το χρόνο (π.χ. κόπωση), αυτές θα πρέπει να σχετίζονται με τη διάρκεια ζωής σχεδιασμού [3.1(5)].

1.3.2 Καταστάσεις σχεδιασμού [3.2]

Οι σχετικές καταστάσεις σχεδιασμού θα πρέπει να επιλέγονται σε συνάρτηση με τις συνθήκες υπό τις οποίες η φέρουσα κατασκευή καλείται να επιτελέσει τη λειτουργία της, διακρίνονται δε στις εξής [3.2(1)P και (2)P] :

- Με διάρκεια (persistent), οι οποίες αναφέρονται στις **συνθήκες κανονικής χρήσης**.
- Παροδικές (transient), οι οποίες αναφέρονται σε **προσωρινές συνθήκες** οι οποίες είναι εφαρμόσιμες στο φορέα, π.χ. κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης ή της επισκευής του.
- Τυχηματικές (accidental), οι οποίες αναφέρονται σε **εξαιρετικές περιπτώσεις συνθηκών** οι οποίες αφορούν στον φορέα ή στην έκθεσή του, π.χ. πυρκαγιά, έκρηξη, πρόσκρουση ή οι συνέπειες τοπικής αστοχίας.
- Εναντι σεισμού (seismic), οι οποίες αναφέρονται σε συνθήκες οι οποίες είναι εφαρμόσιμες στον φορέα, όταν αυτός εκτίθεται σε **σεισμικά συμβάντα**.

1.3.3 Οριακές καταστάσεις αστοχίας (Ο.Κ.Α., Ultimate Limit State - ULS) [3.3]

Αυτές σχετίζονται εξ ορισμού με την ασφάλεια των ανθρώπων και/ή την ασφάλεια του φορέα, υπό ορισμένες δε συνθήκες, και αυτές που αφορούν την προστασία των περιεχομένων [3.3(1)P και (2)].

Θα ελέγχονται, εφόσον βέβαια έχουν εφαρμογή, οι ακόλουθες Ο.Κ.Α. [3.3(4)P και 6.4.1]:

- απώλεια ισορροπίας του θεωρούμενου ως άκαμπτου σώματος φορέα ή οποιουδήποτε μέρους του (συμβολικά **EQU**, από το: **equilibrium**), όπου ως κρίσιμος παράγων αναδεικνύονται μικρές διακυμάνσεις στην τιμή ή στη χωρική κατανομή των δράσεων ενιαίας προέλευσης, ενώ δεν είναι κρίσιμη η αντοχή/αντίσταση των υλικών
- Καθαυτή «δομ(ητ)ική» αστοχία, λόγω υπερβάλλουσας παραμόρφωσης, μετατροπής του φορέα ή οποιουδήποτε μέρους του σε μηχανισμό, θραύση, απώλειας ευστάθειας του φορέα ή οποιουδήποτε μέρους του, συμπεριλαμβανομένων των στηρίξεων και των θεμελίων (συμβολικά **STR**, από το: **structural** ή **GEO**, από το: **geotechnical**), όπου κρίσιμη αναδεικνύεται η αντοχή/αντίσταση των υλικών (ή του εδάφους, αντίστοιχα)
- αστοχία η οποία προκαλείται από κόπωση ή άλλες επιδράσεις που εξαρτώνται από το χρόνο (συμβολικά **FAT**, από το: **fatigue**).

Στις προαναφερόμενες Ο.Κ.Α. θα πρέπει να προστεθούν και δύο ακόμη, οι οποίες αφορούν ιδιαίτερο τύπο αστοχίας του εδάφους. Συγκεκριμένα :

- απώλεια ισορροπίας της κατασκευής (ή του εδάφους) λόγω υδατικών πιέσεων άνωσης ή επίπλευση (λ.χ. στεγανολεκάνης) (συμβολικά **UPL**, από το: **uplift**)
- αστοχία υδραυλικού τύπου, όπως εσωτερική διάβρωση ή διασωλήνωση του εδάφους λόγω ροής υδάτων με μεγάλη υδραυλική κλίση (συμβολικά **HYD**, από το: **hydraulic**).

1.3.4 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας (Ο.Κ.Λ., Serviceability Limit State - SLS) [3.4]

Πρόκειται για τις οριακές καταστάσεις, οι οποίες αφορούν:

- τη λειτουργία ενός φορέα ή ενός δομικού μέλους υπό συνθήκες φυσιολογικής χρήσης
- την άνεση των ανθρώπων
- την εξωτερική εμφάνιση των κατασκευών (σε σχέση με τη λειτουργικότητα, λ.χ. ρηγματώσεις, αισθητά βέλη)

Στην πράξη ο έλεγχος των οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας (σε σχέση πάντα με τα προαναφερόμενα) θα αφορά :

- τις παραμορφώσεις
- τις δονήσεις και ταλαντώσεις
- βλάβες (όπως λ.χ. η ρηγμάτωση)

Οι Ο.Κ.Λ. θα λαμβάνονται φυσικά υπόψη και για τον έλεγχο ανθεκτικότητας της φέρουσας κατασκευής (στη διάρκεια του χρόνου).

1.4 Βασικές Μεταβλητές [Μέρος 4^ο]

1.4.1 Κατηγοριοποίηση δράσεων [4.1.1]

Ανάλογα με ορισμένα κριτήρια οι δράσεις θα διακρίνονται ως εξής :

- Με βάση τη **χρονική τους διακύμανση**:
 - Μόνιμες δράσεις¹ π.χ. ίδιον βάρος φορέων, σταθερός εξοπλισμός και οδοστρωσία, και έμμεσες δράσεις από συστολή ξήρανσης και διαφορικές καθιζήσεις, ωθήσεις γαιών και νερού, προένταση.
 - Μεταβλητές δράσεις π.χ. επιβαλλόμενα φορτία σε πατώματα, δοκάρια και στέγες κτηρίων, δράσεις ανέμου ή φορτία χιονιού, **έμμεσες δράσεις λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών**.
 - Τυχηματικές δράσεις (Α), π.χ. εκρήξεις, ή πρόσκρουση οχήματος, πυρκαγιά.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι έμμεσες δράσεις οι οποίες προκαλούνται από επιβαλλόμενες παραμορφώσεις μπορούν να είναι μόνιμες ή μεταβλητές [4.1.1(1)].

Ορισμένες δράσεις, όπως για παράδειγμα οι σεισμικές δράσεις ή τα φορτία χιονιού, μπορούν να θεωρηθούν τυχηματικές και/ή μεταβλητές δράσεις, ανάλογα με την τοποθεσία,, (βλ. EN 1991 και EN 1998) [4.1.1(2)].

Επίσης δράσεις, οι οποίες προκαλούνται από νερό μπορούν να θεωρηθούν ως μόνιμες και/ή μεταβλητές δράσεις, ανάλογα με τις διακυμάνσεις του μεγέθους τους με το χρόνο (Ανάλογα λ.χ. αν υπάρχει μια πρακτικά σταθερή στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα ή αν μεταβάλλεται στο χρόνο, εφόσον βέβαια προκαλεί δράσεις στον φορέα) [4.1.1(3)].

- Με βάση την **προέλευσή τους**: ως άμεσες ή έμμεσες
- Με βάση τη **χωρική τους διακύμανση**: ως σταθερές ή ελεύθερες
- Με βάση τη **φύση τους και/ή την απόκριση** της φέρουσας κατασκευής σε αυτές : ως στατικές ή δυναμικές.

1.4.2 Χαρακτηριστικές τιμές δράσεων [4.1.2]²

¹ ΚΦΔΕ Μέρος Ι, 1. Γενικές οδηγίες και παρατηρήσεις

3. «Μόνιμο φορτίο» είναι το άθροισμα των αμετάβλητων κατά το μέγεθος και τη θέση φορτίων, δηλαδή το ίδιο βάρος του φορέα και τα φορτία που φέρει συνεχώς (π.χ. τοίχοι κλπ., στοιχεία πληρώσεως, επιστρώσεις πατωμάτων, επιχρίσματα κλπ.).

«Μεταβλητό φορτίο» είναι το άθροισμα των μεταβλητών κατά μέγεθος ή κατά θέση φορτίων των οικοδομών (π.χ. πρόσωπα, εγκαταστάσεις, φερόμενα υλικά, φορτία γερανών, άνεμος, χιόνι κλπ.).

Τα φορτία αυτά λαμβάνονται ως στατικά φορτία (εκτός από εξαιρετικές περιπτώσεις όπου επαυξάνονται λόγω κρούσης).

² ΚΦΔΕ Μέρος Ι, 1. Γενικές οδηγίες και παρατηρήσεις

2. Για τον υπολογισμό των φορτίων των έργων (μόνιμων ή μεταβλητών) εφαρμόζονται οι «τιμές εφαρμογής» που δίνονται στους διάφορους πίνακες του ΚΦΔΕ για τις συνθήκες συνθήκες της πράξης και όχι για άλλους τυχόν συνδυασμούς των καταχωρημένων ορίων. Μπορεί να υπάρξει παρέκκλιση σε εξαιρετικές περιπτώσεις, αλλά μόνο υπό πλήρως και ειδικώς εξακριβωμένους όρους, όσον αφορά στον βάρος ή στη γωνία εσωτερικής τριβής και στη χρήση των υλικών.

Σε περίπτωση φορτίου για το οποίο δεν παρέχεται «τιμή εφαρμογής», ο καθορισμός του γίνεται σύμφωνα με τα περιεχόμενα βάρη των συνιστώντων υλικών και τις συνθήκες της κατασκευής.

Καταρχήν ως αντιπροσωπευτικές τιμές μιας δράσης (F_{rep}) ορίζονται οι τιμές που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο μιας οριακής κατάστασης, μπορούν δε να είναι η χαρακτηριστική τιμή (F_k) ή μια συνοδευτική τιμή (t/F_k), για τις οποίες γίνεται αναφορά αμέσως στη συνέχεια [1.5.3.20].

Η χαρακτηριστική τιμή F_k μιας δράσης είναι η κύρια αντιπροσωπευτική της τιμή και θα προσδιορίζεται ως μέση τιμή, ανώτερη ή κατώτερη τιμή, ή ονομαστική τιμή, κατ' εξαίρεση δε και στα συμβατικά τεύχη, υπό την αυστηρή προϋπόθεση ότι προκύπτει με πιθανοτικές κ.ά. προσεγγίσεις συμβατές με τις μεθόδους που δίδονται στο EN 1991 [4.1.2(1)P].

Στην περίπτωση μιας **μόνιμης** δράσης (λ.χ. G , P κ.ά.) κριτήριο για την υιοθέτηση μέσης τιμής ή ανώτερης και κατώτερης τιμής είναι το εύρος διακύμανσης της τιμής αυτής κατά τη διάρκεια της ζωής σχεδιασμού του φορέα. Γενικά ως κριτήριο χρησιμοποιείται ένας συντελεστής διακύμανσης μέχρι 5% έως 10%, το πολύ. Χρησιμοποίηση δύο τιμών, μιας ανώτερης $G_{k,sup}$ και μιας κατώτερης $G_{k,inf}$, απαιτείται και σε περιπτώσεις φορέα πολύ ευαίσθητου ακόμη και σε μικρές διακυμάνσεις της τιμής του G [4.1.2(2)P και (3)].

Κλασική είναι η περίπτωση της προέντασης (P), η οποία θα πρέπει να θεωρείται ως μια μόνιμη δράση η οποία προκαλείται από ελεγχόμενες δυνάμεις και/ή από ελεγχόμενες παραμορφώσεις που επιβάλλονται στον φορέα. Αυτοί οι τύποι προέντασης θα πρέπει να διακρίνονται ο ένας από τον άλλο ανάλογα με την περίπτωση (π.χ. προένταση από τένοντες, προένταση από επιβαλλόμενη παραμόρφωση στις στηρίξεις). Για τους λόγους αυτούς, οι χαρακτηριστικές τιμές της προέντασης, σε δεδομένο χρόνο t , μπορεί να είναι μία ανώτερη τιμή $P_{k,sup}(t)$ και μία κατώτερη τιμή $P_{k,inf}(t)$. Για Ο.Κ.Α. μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία μέση τιμή $P_m(t)$ [4.1.2(6)].

Στην περίπτωση μιας **μεταβλητής** δράσης, η χαρακτηριστική τιμή θα αντιστοιχεί γενικά σε μία ανώτερη τιμή με προσδοκούμενη πιθανότητα μη υπέρβασης ή σε μία κατώτερη τιμή με προσδοκούμενη πιθανότητα επίτευξής της, κατά τη διάρκεια κάποιας συγκεκριμένης περιόδου αναφοράς. Σε περιπτώσεις στις οποίες η στατιστική κατανομή δεν είναι γνωστή, θα καθορίζεται μία ονομαστική τιμή [4.1.2(7)P].

Για **τυχηματικές** δράσεις η τιμή σχεδιασμού A_d θα πρέπει να προσδιορίζεται ξεχωριστά για κάθε συγκεκριμένο έργο [4.1.2(8)].

Για **σεισμικές** δράσεις η τιμή σχεδιασμού A_{Ed} θα πρέπει να προσδιορίζεται μέσω της χαρακτηριστικής τιμής A_{Ek} ή να καθορίζεται για κάθε συγκεκριμένο έργο [4.1.2(9)].

1.4.3 Άλλες αντιπροσωπευτικές τιμές μεταβλητών δράσεων [4.1.3]

Άλλες αντιπροσωπευτικές τιμές μιας μεταβλητής δράσης μπορεί να είναι οι ακόλουθες:

Η τιμή συνδυασμού είναι αυτή που επιλέγεται (στο βαθμό που μπορεί να καθορισθεί βάσει της στατιστικής), ώστε η πιθανότητα υπέρβασης των αποτελεσμάτων των δράσεων, τα οποία προκαλούνται από το συνδυασμό, να είναι περίπου η ίδια με αυτή που θα αντιστοιχούσε στην χαρακτηριστική τιμή μιας μεμονωμένης δράσης [1.5.3.16]. Εκφράζεται ως ένα γινόμενο $\psi_0 Q_k$ ($\psi_0 \leq 1$) και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των οριακών καταστάσεων **αστοχίας**, και των **μη-αναστρέψιμων** οριακών καταστάσεων **λειτουργικότητας**.

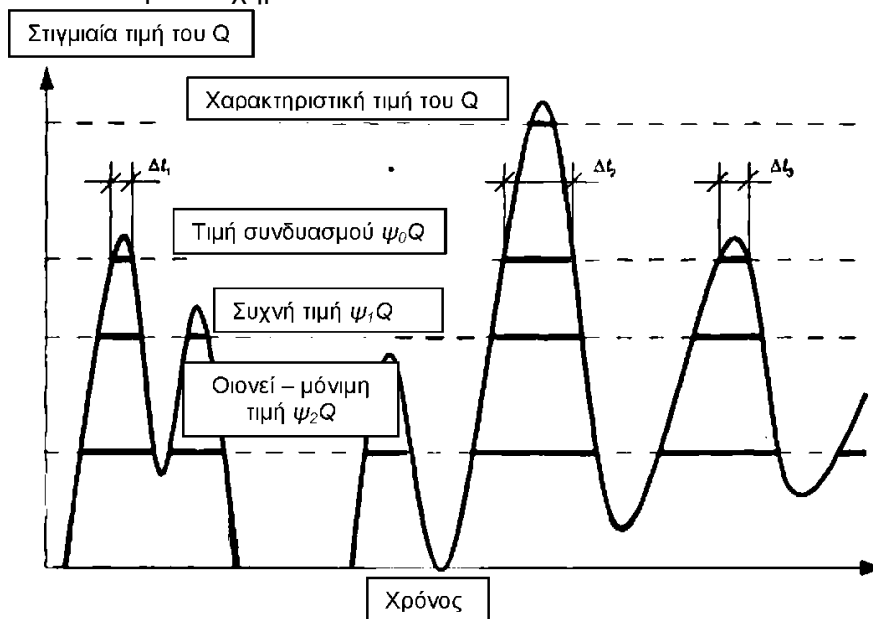
Η συχνή τιμή προσδιορίζεται (στο βαθμό που μπορεί να καθορισθεί βάσει της στατιστικής) έτσι, ώστε είτε ο συνολικός χρόνος, κατά τη διάρκεια της οποίας παρατηρείται η υπέρβαση, να αποτελεί μικρό μέρος της περιόδου αναφοράς είτε η συχνότητα υπέρβασής της να περιορίζεται σε μία δεδομένη τιμή [1.5.3.17]. Εκφράζεται ως ένα γινόμενο $\psi_1 Q_k$ ($\psi_1 \leq 1$) και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των οριακών καταστάσεων **αστοχίας** που αφορούν τυχηματικές δράσεις καθώς και για ελέγχους **αναστρέψιμων** οριακών καταστάσεων **λειτουργικότητας**.

Η οιονεί - μόνιμη τιμή προσδιορίζεται έτσι, ώστε ο συνολικός χρόνος, κατά τη διάρκεια του οποίου υπάρχει υπέρβασή της, να αποτελεί σημαντικό μέρος της περιόδου αναφοράς [1.5.3.18]. Εκφράζεται με το γινόμενο $\psi_2 Q_k$, ($\psi_2 \leq 1$) και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο οριακών

καταστάσεων **αστοχίας**, που αφορούν **τυχηματικές** δράσεις καθώς και για τον έλεγχο **αναστρέψιμων** οριακών καταστάσεων **λειτουργικότητας**. Οι οιονεί - μόνιμες τιμές χρησιμοποιούνται επίσης για τον υπολογισμό των **μακροχρόνιων** αποτελεσμάτων των δράσεων.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Στην περίπτωση κτιρίων για παράδειγμα, η συχνή τιμή επιλέγεται έτσι ώστε ο χρόνος κατά τον οποίο παρατηρείται υπέρβαση να είναι το 0,01 της περιόδου αναφοράς. Για φορτία οδικής κυκλοφορίας σε γέφυρες, η συχνή τιμή εκτιμάται βάσει περιόδου επαναφοράς μίας εβδομάδας. Για φορτία σε ορόφους κτιρίων, η οιονεί-μόνιμη τιμή συνήθως επιλέγεται έτσι ώστε το ποσοστό του χρόνου κατά τον οποίο σημειώνεται υπέρβαση να είναι το 0,50 της περιόδου αναφοράς. Η οιονεί - μόνιμη τιμή μπορεί εναλλακτικά να προσδιορισθεί ως η μέση τιμή για μια επιλεγμένη χρονική περίοδο. Στην περίπτωση δράσεων ανέμου ή φορτίων οδικής κυκλοφορίας, η οιονεί - μόνιμη τιμή γενικά λαμβάνεται ως μηδενική.

Εποπτική σχηματική απεικόνιση των αντιπροσωπευτικών τιμών των μεταβλητών δράσεων δίδεται στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 1.1 Αντιπροσωπευτικές τιμές μεταβλητών δράσεων

Εξάλλου στο EN 1990 ορίζεται και η έννοια της μη-συχνής τιμής, η οποία εκφράζεται με το γινόμενο $\psi_{1,inf}Q_k$ ($\psi_{1,inf} \leq 1$) και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο συγκεκριμένων οριακών καταστάσεων λειτουργικότητας ειδικά για καταστρώματα γεφυρών από σκυρόδεμα, ή τμήματα καταστρωμάτων γεφυρών από σκυρόδεμα.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Η μη-συχνή τιμή που προσδιορίζεται μόνο για φορτία οδικής κυκλοφορίας (βλ. EN 1991-2), θερμικές δράσεις (βλ. EN 1991-1-5) και δράσεις ανέμου (βλ. EN 1991-1-4), βασίζεται σε περίοδο επαναφοράς ενός έτους. Η υιοθέτησή της προήλθε κατά τη φάση σύνταξης των κειμένων από την πίεση κυρίως της Γερμανίας, με την υποστήριξη μερικών ακόμη χωρών, ώστε σε αρκετές περιπτώσεις να μην προκύπτει η ανάγκη εγκάρσιας προέντασης σε καταστρώματα γεφυρών (δεδομένου ότι : $\psi_1 \leq \psi_{1,inf} \leq \psi_0$).

1.4.4 Ιδιότητες υλικών και προϊόντων [4.2]

Για τις ιδιότητες των υλικών (συμπεριλαμβανομένων και των εδαφικών) και προϊόντων ισχύουν ανάλογες προσεγγίσεις, όπως για τις δράσεις. Σε περίπτωση που ένας έλεγχος οριακής κατάστασης είναι ευαίσθητος στη μεταβλητότητα μιας ιδιότητας υλικού, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ανώτερες και κατώτερες χαρακτηριστικές τιμές για την ιδιότητα του υλικού (κατά κανόνα ποσοστημόριο 5% της τιμής, όταν είναι δυσμενής μια χαμηλή τιμή ιδιότητας ή προϊόντος, και ποσοστημόριο 95%, σε περίπτωση υψηλής δυσμενούς τιμής).

Στην περίπτωση προσδιορισμού ιδιοτήτων από τυποποιημένες δοκιμές, ενδέχεται να απαιτείται η χρήση κάποιου συντελεστή μετατροπής. Όπου τα διαθέσιμα δεδομένα είναι ανεπαρκή για το προσδιορισμό των χαρακτηριστικών τιμών μιας ιδιότητας υλικού ή προϊόντος, οι ονομαστικές τιμές μπορούν να ληφθούν ως χαρακτηριστικές τιμές, ή οι τιμές σχεδιασμού μιας ιδιότητας υλικού ή προϊόντος μπορούν να προσδιορίζονται απευθείας [4.2(4)P και 5]. Για τους συντελεστές δυσκαμψίας (π.χ. μέτρα ελαστικότητας, συντελεστές ερπυσμού) και τους συντελεστές θερμικής διαστολής θα χρησιμοποιούνται γενικά μέσες τιμές (σε συνάρτηση και με τη διάρκεια φόρτισης, αν επηρεάζει το αποτέλεσμα) [4.2(8)].

1.4.5 Γεωμετρικά δεδομένα [4.3]

Για τα γεωμετρικά δεδομένα (π.χ. διαστάσεις) θα χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικές τιμές ή απευθείας τιμές σχεδιασμού τους (π.χ. η περίπτωση ατελειών).

1.5 Ανάλυση του Φορέα και Σχεδιασμός με τη βοήθεια Δοκιμών [Μέρος 5^ο]

Στο 5^ο Μέρος του EN 1990 γίνεται μια σύντομη αναφορά με διατύπωση γενικών αρχών που αφορούν την προσομοίωση, τις στατικές και τις δυναμικές δράσεις και το σχεδιασμό έναντι πυρκαγιάς.

Σ' ότι αφορά στον σχεδιασμό με τη βοήθεια δοκιμών, το αντικείμενο αυτό ουσιαστικά πραγματεύεται το Παράρτημα Δ.

1.6 Έλεγχοι με τη μέθοδο των Επιμέρους Συντελεστών [Μέρος 6^ο]

1.6.1 Γενικά [6.1]

Το 6^ο Μέρος του EN 1990 είναι σημαντικό, γιατί σ' αυτό αναπτύσσεται ουσιαστικά ο τρόπος ελέγχου των οριακών καταστάσεων, με τη χρήση των κατάλληλων συνδυασμών δράσεων και των σχετικών επιμέρους συντελεστών. Ουσιαστικά **θα ελέγχεται** (για όλες επιλεγμένες καταστάσεις σχεδιασμού και τις συναφείς οριακές καταστάσεις) ότι **δεν υπάρχει υπέρβαση καμίας οριακής κατάστασης**, όταν στα προσομοιώματα σχεδιασμού χρησιμοποιούνται τιμές σχεδιασμού για τις δράσεις, τα αποτελέσματα των δράσεων και τις αντιστάσεις.

Τιμές σχεδιασμού θα πρέπει να επιτυγχάνονται χρησιμοποιώντας:

- τις χαρακτηριστικές ή
- άλλες αντιπροσωπευτικές τιμές

σε συνδυασμό με επιμέρους και άλλους συντελεστές.

1.6.2 Περιορισμοί [6.2]

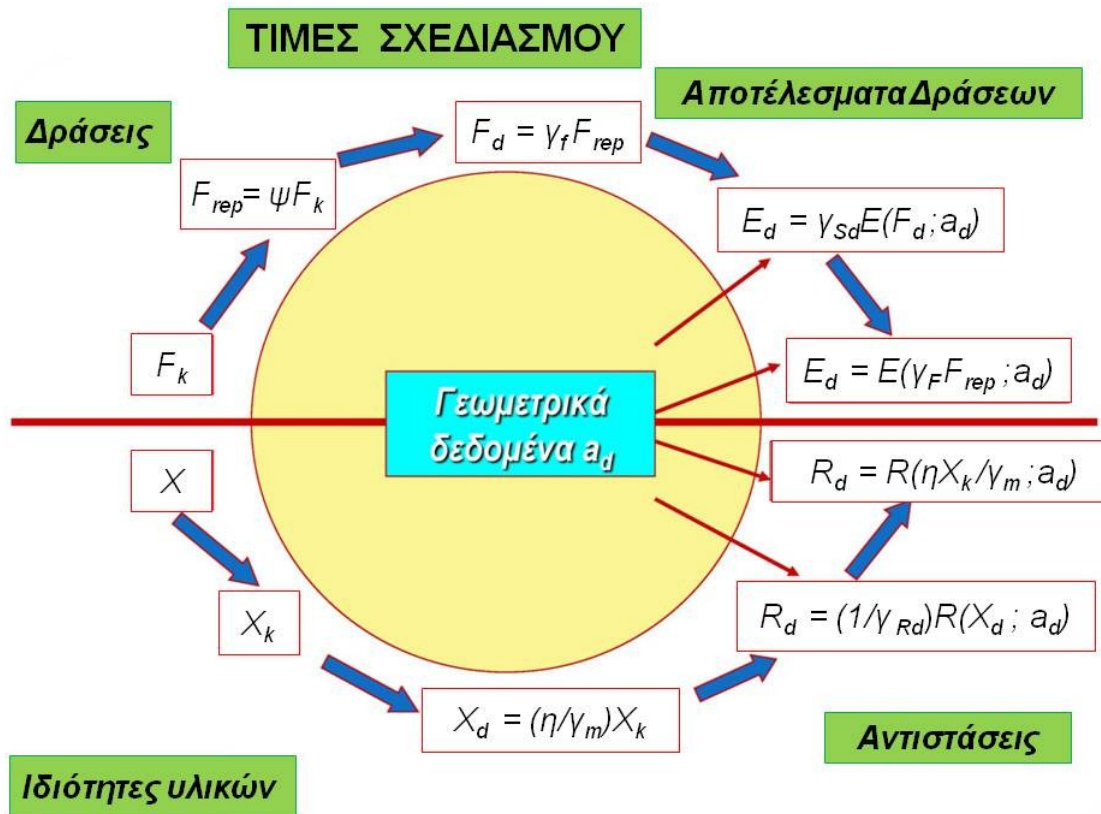
Η χρήση των Κανόνων Εφαρμογής που δίδονται στο EN 1990 περιορίζεται στους ελέγχους Ο.Κ.Α. και Ο.Κ.Λ. φερουσών κατασκευών που υπόκεινται σε στατική φόρτιση, συμπεριλαμβανομένων και περιπτώσεων στις οποίες τα αποτελέσματα δυναμικών δράσεων εκτιμώνται χρησιμοποιώντας οιονεί-στατικές φορτίσεις και συντελεστές δυναμικής προσαύξησης. Για μη-γραμμική ανάλυση και κόπωση θα πρέπει να εφαρμοσθούν οι ειδικοί κανόνες που δίδονται σε διάφορα μέρη των EN 1991 έως EN 1999 [6.2].

1.6.3 Τιμές Σχεδιασμού [6.3]

Οι τιμές των E_d και R_d προκύπτουν με αφετηρία τις αντιπροσωπευτικές τιμές δράσεων και ιδιοτήτων των υλικών, αντίστοιχα.

Η όλη μεθοδολογία ελέγχου μπορεί να συνοψισθεί παραστατικά σε σχήματα και διαγράμματα, τα οποία παρατίθενται και επεξηγούνται στα επόμενα.

Μια σχηματική απεικόνιση για το διαδοχικό «πέρασμα» : $F \rightarrow F_k \rightarrow F_d \rightarrow E_d$ από την πλευρά των δράσεων και των αποτελεσμάτων τους και : $X \rightarrow X_k \rightarrow X_d \rightarrow R_d$ από την πλευρά των μηχανικών και γεωμετρικών ιδιοτήτων και των αντιστάσεων και η μεταξύ τους σύγκριση $E_d < R_d$ δίδεται στο επόμενο σχήμα :



Σχήμα 1.2 Τιμές σχεδιασμού δράσεων, αποτελεσμάτων των δράσεων, ιδιοτήτων υλικών και αντιστάσεων

1.6.3.1 Τιμές σχεδιασμού δράσεων [6.3.1]

Η τιμή σχεδιασμού F_d μιας δράσης F μπορεί να εκφραστεί σε γενικές γραμμές ως:

$$F_d = \gamma_f F_{rep} \quad \text{με} \quad F_{rep} = \psi F_k \quad \text{[(6.1a και b)]}$$

όπου:

F_k είναι η χαρακτηριστική τιμή της δράσης

F_{rep} είναι η συναφής αντιπροσωπευτική τιμή της δράσης

γ_f είναι ένας **επιμέρους συντελεστής για τη δράση**, ο οποίος λαμβάνει υπόψη την πιθανότητα δυσμενών αποκλίσεων των τιμών των δράσεων από τις αντιπροσωπευτικές τιμές

ψ είναι είτε 1,00 είτε ψ_0 , ψ_1 , ή ψ_2

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Υπενθυμίζεται ότι $\psi_0 F_k$, $\psi_1 F_k$, $\psi_2 F_k$, είναι αντίστοιχα η τιμή συνδυασμού, η συχνή τιμή και η οιονεί-μόνιμη τιμή (της δράσης).

Επίσης, ειδικά για τις σεισμικές δράσεις η τιμή σχεδιασμού A_{Ed} θα πρέπει να καθορισθεί λαμβάνοντας υπόψη την συμπεριφορά του φορέα καθώς και άλλα σχετικά κριτήρια τα οποία αναλύονται λεπτομερώς στο EN 1998.

1.6.3.2 Τιμές σχεδιασμού των αποτελεσμάτων των δράσεων [6.3.2]

Ακολούθως, με βάση την ανάλυση, προκύπτουν για μία συγκεκριμένη περίπτωση φόρτισης, οι τιμές σχεδιασμού των αποτελεσμάτων των δράσεων (E_d) που σε γενικές γραμμές μπορούν να εκφραστούν ως εξής:

$$E_d = \gamma_{sd} E \{ \gamma_{f,i} F_{rep,i}; a_d \} \geq 1 \quad [(6.2)]$$

όπου:

a_d είναι οι τιμές σχεδιασμού των γεωμετρικών δεδομένων (βλ. επόμενα)

γ_{sd} είναι ένας **επιμέρους συντελεστής** ο οποίος λαμβάνει υπόψη αβεβαιότητες κατά την **προσομοίωση των αποτελεσμάτων των δράσεων** και σε μερικές περιπτώσεις κατά την **προσομοίωση των δράσεων**

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Υπάρχουν περιπτώσεις όπου τα αποτελέσματα των δράσεων εξαρτώνται (και) από τις ιδιότητες των υλικών.

Στις περισσότερες περιπτώσεις μπορεί να γίνει η ακόλουθη απλοποίηση:

$$E_d = E \{ \gamma_F F_k \} \geq 1 \quad \text{με} \quad \gamma_{F,i} = \gamma_{sd} \gamma_{f,i} \quad [(6.2a \text{ και } b)]$$

Όπου είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός μεταξύ ευνοϊκών και δυσμενών αποτελεσμάτων μόνιμων δράσεων, θα χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικοί επιμέρους συντελεστές ($\gamma_{G,inf}$ και $\gamma_{G,sup}$).

Στις περιπτώσεις μη-γραμμικής ανάλυσης (δηλ. όταν η σχέση μεταξύ των δράσεων και των αποτελεσμάτων τους δεν είναι γραμμική), μπορούν να λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθοι απλοποιημένοι κανόνες για την περίπτωση μίας μόνο κυρίαρχης δράσης:

- Όταν το αποτέλεσμα της δράσης **αυξάνει περισσότερο** από τη δράση, ο επιμέρους συντελεστής γ_F θα πρέπει να εφαρμοσθεί στην αντιπροσωπευτική τιμή της δράσης, δηλαδή πρέπει να επιλεγεί :

$$E_d = E(\gamma_F F_k), \text{ λ.χ. } E_d = E(\gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k) \text{ όπου } \gamma_G = \gamma_{sd} \gamma_g \text{ και } \gamma_Q = \gamma_{sd} \gamma_q.$$

- Όταν το αποτέλεσμα της δράσης **αυξάνει λιγότερο** από τη δράση, ο επιμέρους συντελεστής γ_F θα πρέπει να εφαρμοσθεί στο αποτέλεσμα της δράσης της αντιπροσωπευτικής τιμής της δράσης, δηλαδή πρέπει να επιλεγεί :

$$E_d = \gamma_F E(F_k), \text{ λ.χ. } E_d = \gamma_{sd} E(\gamma_g G_k + \gamma_q Q_k).$$

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Με εξαίρεση τις καλωδιωτές και τις μεμβρανικές φέρουσες κατασκευές οι περισσότεροι φορείς ή δομικά στοιχεία εμπίπτουν στην πρώτη περίπτωση

1.6.3.3 Τιμές σχεδιασμού ιδιοτήτων υλικών ή προϊόντων [6.3.3]

Η τιμή σχεδιασμού X_d μιας ιδιότητας υλικού ή προϊόντος μπορεί να εκφραστεί σε γενικές γραμμές ως:

$$X_d = \eta \frac{X_k}{\gamma_m} \quad [(6.3)]$$

όπου:

X_k είναι η χαρακτηριστική τιμή της ιδιότητας υλικού ή προϊόντος

η είναι η μέση τιμή του **συντελεστή μετατροπής**, ο οποίος λαμβάνει υπόψη τις επιδράσεις του όγκου και της κλίμακας, της υγρασίας και της θερμοκρασίας και οποιοσδήποτε άλλες συναφείς παραμέτρους

γ_m είναι ο **επιμέρους συντελεστής** για την ιδιότητα υλικού ή προϊόντος, ο οποίος λαμβάνει υπόψη την **πιθανότητα δυσμενούς απόκλισης** μιας ιδιότητας υλικού ή προϊόντος από την χαρακτηριστική του τιμή το τυχαίο (στοχαστικό) σκέλος του συντελεστή μετατροπής η .

Σε ορισμένες κατάλληλες περιπτώσεις, ο συντελεστής μετατροπής η μπορεί να εμπεριέχεται στην ίδια την χαρακτηριστική τιμή, ή αντί του γ_m να χρησιμοποιείται το γ_M (βλ. παρακάτω). Κλασικό παράδειγμα : για την τιμή σχεδιασμού της θλιπτικής και της εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος ισχύει ως γνωστόν $f_{cd} = a_{cc}f_{ck} / \gamma_c$ και $f_{ctd} = a_{cc}f_{ctk,0.05} / \gamma_c$, αντίστοιχα.

1.6.3.4 Τιμές σχεδιασμού γεωμετρικών δεδομένων [6.3.4]

Σ' ότι αφορά στις τιμές σχεδιασμού των γεωμετρικών δεδομένων (λ.χ. διαστάσεις) εκφράζονται συνήθως με ονομαστικές τιμές:

$$\alpha_d = \alpha_{nom} \quad [(6.4)]$$

Στις περιπτώσεις όμως, όπου τα αποτελέσματα των αποκλίσεων των γεωμετρικών δεδομένων (π.χ. ανακρίβεια στην εφαρμογή της φόρτισης ή στην θέση των στηρίξεων) είναι σημαντικά για την αξιοπιστία του φορέα (π.χ. στην περίπτωση των επιρροών 2^{ης} τάξης) οι τιμές σχεδιασμού των γεωμετρικών δεδομένων θα ορίζονται από την έκφραση:

$$\alpha_d = \alpha_{nom} \pm \Delta \alpha \quad [(6.5)]$$

όπου το $\Delta \alpha$ προορίζεται να λαμβάνει υπόψη την πιθανότητα δυσμενών αποκλίσεων από τις χαρακτηριστικές ή ονομαστικές τιμές ή/και τη σωρευτική επίδραση της ταυτόχρονης ύπαρξης πολλών γεωμετρικών αποκλίσεων

1.6.3.5 Αντίσταση σχεδιασμού

Ακολουθως, με βάση την ανάλυση, προκύπτουν για μία συγκεκριμένη περίπτωση φόρτισης, οι τιμές σχεδιασμού των αντιστάσεων R_d που σε γενικές γραμμές μπορεί να εκφρασθεί με την ακόλουθη μορφή:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} R \{X_{d,i}; \alpha_d\} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} R \left\{ \eta_i \frac{X_{k,i}}{\gamma_{m,i}}; \alpha_d \right\} \quad i \geq 1 \quad [(6.6)]$$

όπου:

γ_{Rd} είναι ένας **επιμέρους συντελεστής** ο οποίος καλύπτει την αβεβαιότητα στο **προσομοίωμα αντίστασης**, συν τις γεωμετρικές αποκλίσεις εάν αυτές δεν προσομοιώνονται ξεχωριστά (βλέπε (6.3.4(2)))

$X_{d,i}$ είναι η τιμή σχεδιασμού μιας ιδιότητας υλικού i .

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Στους Ευρωκώδικες (EN 1991 έως EN 1999) μπορεί να συναντήσει κανείς διαφορετικές μορφές της παραπάνω έκφρασης, δεδομένου ότι η χαρακτηριστική τιμή της αντίστασης R_k μπορεί να εκφρασθεί με διαφορετικό τρόπο, ανάλογα με το υλικό ή τον τρόπο κατασκευής, λ.χ.:

- ως η αντίσταση (αντοχή) ενός φέροντος μέλους (λ.χ. αντοχή δοκών-υποστυλωμάτων), όπου η R_k μπορεί να είναι γραμμική ή μη-γραμμική συνάρτηση διαφόρων γεωμετρικών παραμέτρων και ατελειών και παραμέτρων υλικού
- ως η αντίσταση (αντοχή) μιας διατομής του φορέα, επίσης γραμμική ή μη-γραμμική συνάρτηση γεωμετρικών δεδομένων και δεδομένων υλικού συμβατών με τα εντατικά μεγέθη (την επιρροή των δράσεων)

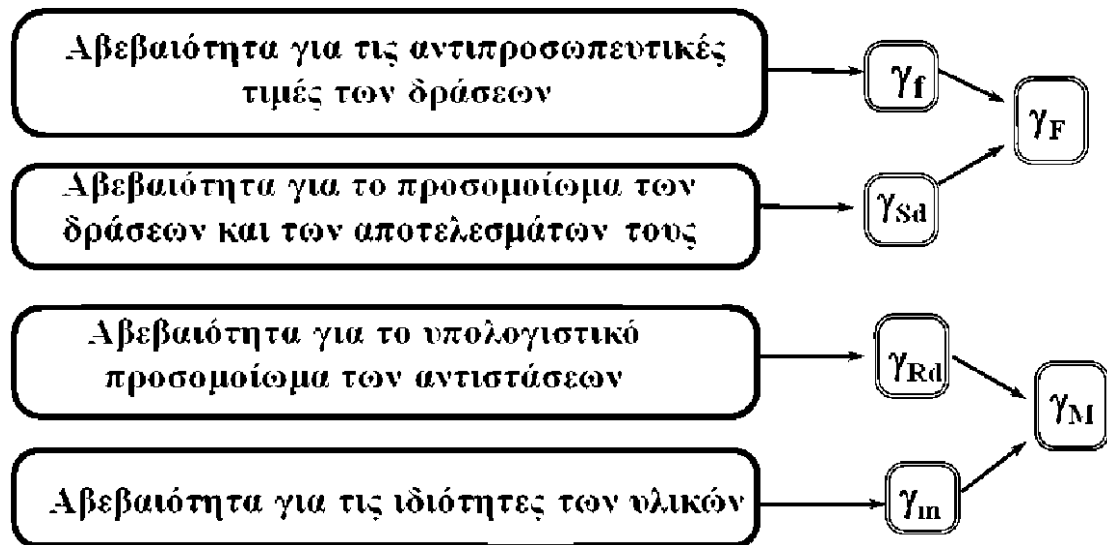
- ως τοπική αντίσταση (αντοχή) υπό όρους τάσεων, παραμορφώσεων, πλαστικής άρθρωσης κ.ά.

Στις περισσότερες περιπτώσεις μπορεί να γίνει η ακόλουθη απλοποίηση:

$$R_d = R \left\{ \eta_i \frac{X_{k,i}}{\gamma_{M,i}}; \alpha_d \right\} \quad i \geq 1 \quad [(6.6a)]$$

όπου: $\gamma_{M,i} = \gamma_{Rd} \times \gamma_{m,i}$ [(6.6b)]

Η σχέση μεταξύ των μεμονωμένων επιμέρους συντελεστών μπορεί να απεικονισθεί συγκεντρωτικά στο επόμενο διάγραμμα [Σχ. Γ3]:



Σχήμα 1.3 Σχέση μεταξύ των διαφόρων επιμέρους συντελεστών

Τέλος, υπάρχουν και άλλοι δύο εναλλακτικοί (προς τις προηγούμενες εξισώσεις) τρόποι έκφρασης της αντίστασης σχεδιασμού :

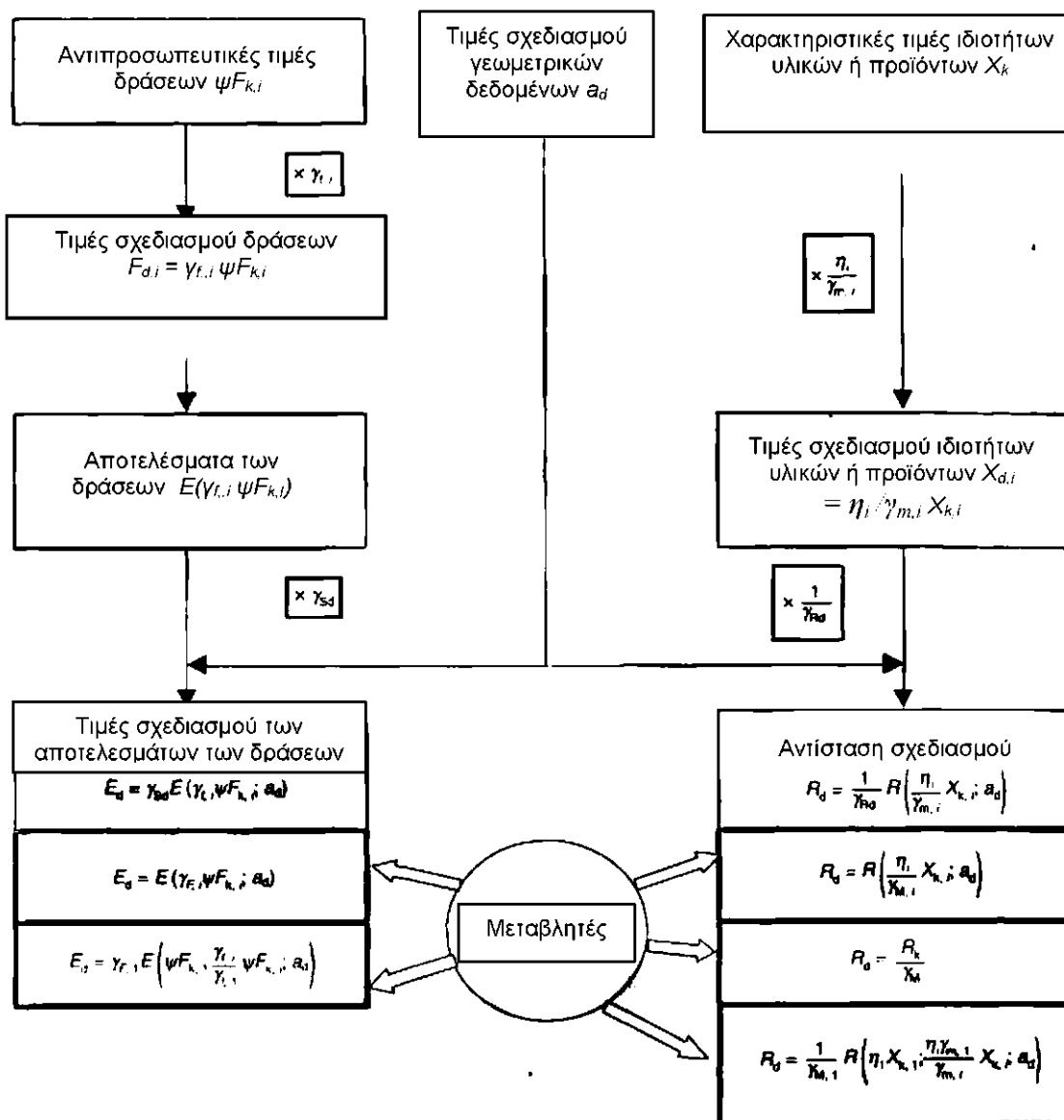
(i) Η αντίσταση σχεδιασμού μπορεί να προσδιορισθεί απευθείας από την χαρακτηριστική τιμή της αντοχής ενός υλικού ή ενός προϊόντος, χωρίς ξεχωριστό προσδιορισμό τιμών σχεδιασμού για τις επιμέρους μεταβλητές, χρησιμοποιώντας την έκφραση :

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_M} \quad [(6.6c)]$$

(ii) Επίσης σε περιπτώσεις μη-γραμμικής ανάλυσης για φορείς και δομικά μέλη που περιλαμβάνουν πάνω από ένα υλικά, τα οποία δρουν σε συσχετισμό ή όταν στην αντίσταση σχεδιασμού εμπλέκονται και ιδιότητες του εδάφους, η αντίσταση σχεδιασμού μπορεί να προσδιορισθεί απευθείας από την έκφραση:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{M,1}} R \left\{ \eta_1 X_{k,1}; \eta_i X_{k,i(i \geq 1)} \frac{\gamma_{m,1}}{\gamma_{m,i}}; \alpha_d \right\} \quad [(6.6d)]$$

Τα προαναφερόμενα μπορούν να απεικονισθούν συνοπτικά, αλλά με πιο επεξηγηματικό τρόπο φαίνονται στο διάγραμμα της επόμενης σελίδας.



Σχήμα 1.4 Μεθοδολογία υπολογισμού Τιμών Σχεδιασμού

1.6.4 Οριακές Καταστάσεις Αστοχίας (Ο.Κ.Α) [6.4]

1.6.4.1 Έλεγχοι στατικής ισορροπίας και αντίστασης [6.4.2]

Οι βασικοί έλεγχοι (της Ο.Κ.Α.) αφορούν πρακτικά τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των δράσεων σε σχέση με τις αντιστάσεις. Πιο συγκεκριμένα :

Ο.Κ. «Ισορροπίας» (EQU) Θα ελέγχεται ότι:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab} \quad [(6.7)]$$

όπου:

$E_{d,dst}$ είναι η τιμή σχεδιασμού του αποτελέσματος των αποσταθεροποιητικών δράσεων

$E_{d,stab}$ είναι η τιμή σχεδιασμού του αποτελέσματος των δράσεων που συμβάλουν στην ευστάθεια

Όπου κρίνεται κατάλληλο, μπορεί η σχέση μιας οριακής κατάστασης στατικής ισορροπίας να συμπληρωθεί με επιπλέον όρους, όπως για παράδειγμα τον συντελεστή τριβής μεταξύ στερεών σωμάτων.

Θα ελέγχεται ότι:

$$E_d \leq R_d \quad [(6.8)]$$

όπου:

E_d είναι η τιμή σχεδιασμού του αποτελέσματος δράσεων όπως για παράδειγμα εσωτερική δύναμη, ροπή ή ένα διάνυσμα που εκφράζει διάφορες εσωτερικές δυνάμεις ή ροπές.

R_d είναι η τιμή σχεδιασμού της αντίστοιχης αντίστασης.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Κρίνεται σκόπιμο να διευκρινιστούν στο σημείο αυτό ορισμένες επιλογές ορολογίας που ίσως ξενίζουν, γιατί διαφοροποιούνται από τα ειωθότα. Λ.χ. ο όρος «αποτελέσματα των δράσεων» (effects of action) [1.5.3.2] στην πλειονότητα των περιπτώσεων αναφέρεται στα «εντατικά μεγέθη», αλλά μπορεί να αναφέρεται και σε μετακινήσεις ή παραμορφώσεις. Αυτός είναι ο λόγος που χρησιμοποιείται χωρίς παρέκκλιση. Επίσης αντί του όρου «αντοχή» χρησιμοποιείται στους ελέγχους κυρίως ο όρος «αντίσταση» (resistance) [1.5.2.15] που είναι πιο γενικός. Αυτό οφείλεται κυρίως στις επιστημονικές εξελίξεις των τελευταίων δεκαετιών, οι οποίες οδήγησαν σταδιακά από την εφαρμογή της μεθόδου των επιτρεπομένων τάσεων σε εκείνη της συνολικής αντοχής και περαιτέρω σε μη-γραμμικές θεωρήσεις υλικού και γεωμετρίας (ελαστοπλαστικές κ.ά. αναλύσεις), οπότε συνηθέστερα γίνεται σύγκριση λ.χ. της καμπτικής ροπής σχεδιασμού προς την αντίστοιχη καμπτική «αντίσταση» μιας διατομής, παρά σύγκριση αναπτυσσόμενης τάσης και αντοχής, όπως στο παρελθόν.

1.6.4.2 Συνδυασμοί δράσεων Ο.Κ.Α. (εξαιρουμένης της κόπωσης) [6.4.3]

Όπως εξυπακούεται, για κάθε κρίσιμη περίπτωση φόρτισης, οι τιμές σχεδιασμού των αποτελεσμάτων των δράσεων (E_d) θα προσδιορισθούν συνδυάζοντας τις τιμές των δράσεων που θεωρείται ότι θα δρουν ταυτόχρονα. Κάθε συνδυασμός δράσεων θα πρέπει να περιλαμβάνει μία κυρίαρχη (δεσπύζουσα) μεταβλητή δράση ή μία τυχηματική/σεισμική δράση [6.4.3(1) και (2)].

Όπως έχει ήδη αναφερθεί (ιδιαίτερα για περιπτώσεις ελέγχου της στατικής ισορροπίας και των αναλόγων οριακών καταστάσεων), εφόσον τα αποτελέσματα ενός ελέγχου είναι ευαίσθητα σε διακυμάνσεις του μεγέθους μιας μόνιμης δράσης από ένα σημείο σε ένα άλλο σημείο μέσα στον φορέα, τα δυσμενή και τα ευνοϊκά σκέλη της δράσης αυτής, θα πρέπει να ξετασθούν ως ξεχωριστές δράσεις [6.4.3(3)].

(i) Καταστάσεις σχεδιασμού με διάρκεια ή παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού (θεμελιώδεις συνδυασμοί) [6.4.3.2]

Στις περιπτώσεις αυτές ο συνδυασμός των αποτελεσμάτων των δράσεων θα βασίζεται στην τιμή σχεδιασμού της κυρίαρχης (δεσπύζουσας) μεταβλητής δράσης, και στις τιμές σχεδιασμού του συνδυασμού των συνοδευτικών μεταβλητών δράσεων, μπορεί δε να εκφρασθεί ως:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad [(6.10)]$$

είτε εναλλακτικά για οριακές καταστάσεις STR και GEO, με την λιγότερο ευμενή από τις δύο σχέσεις που ακολουθούν:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad [(6.10\alpha)]$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad [(6.10\beta)]$$

όπου: "+" υποδηλώνει «προς συνδυασμό με...»
 Σ υποδηλώνει «το συνδυασμένο αποτέλεσμα του...»
 ξ είναι ένας μειωτικός συντελεστής για δυσμενείς μόνιμες δράσεις G

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Στη δεύτερη (εναλλακτική) προσέγγιση, παρατηρεί κανείς ότι στη μεν [Εξ. (6.10α)] δεν υπάρχει κυρίαρχη (δεσπόζουσα) μεταβλητή δράση, αλλά όλες οι μεταβλητές δράσεις λαμβάνονται υπόψη με την τιμή συνδυασμού (συντ. ψ_0), ενώ λαμβάνονται υπόψη τόσο οι ευμενείς, όσο και οι δυσμενείς τιμές των μόνιμων δράσεων. Στην [Εξ. (6.10β)], διατηρείται μεν η κυρίαρχη μεταβλητή δράση, οι δυσμενείς όμως δράσεις λόγω μόνιμων φορτίων απομειώνονται μέσω της χρήσης ενός συντελεστή ξ , με $0,85 < \xi < 1,00$. Ακριβέστερη εικόνα αποκτά κανείς από τους πίνακες [A1.2(A)] και [A1.2(B)] που παρατίθενται στα επόμενα. Ένας από τους κύριους λόγους που οδήγησαν στην εναλλακτική αυτή δυνατότητα είναι η διαπίστωση, ότι ο δείκτης αξιοπιστίας β (που εμμέσως αντικατοπτρίζει «το επίπεδο ασφάλειας») είναι συνάρτηση και του λόγου χ των μεταβλητών δράσεων προς το σύνολο των δράσεων, καθώς και του λόγου k της συνοδευτικής μεταβλητής δράσης προς την κυρίαρχη (δεσπόζουσα). Αποδεικνύεται ότι η χρήση της [Εξ. (6.10)], αντί του ζεύγους των εξισώσεων [Εξ.(6.10α) και (6.10β)], οδηγεί -για ευρύ φάσμα τιμών του χ και του k που καλύπτει τις περιπτώσεις της πράξης- σε μεγαλύτερα επίπεδα αξιοπιστίας από τα (ελάχιστα) απαιτούμενα για το σχεδιασμό, μη διευκολύνοντας έτσι κυρίως τον οικονομικότερο σχεδιασμό των φερουσών κατασκευών με σχετικά μικρό ίδιο βάρος. Υπό το πρίσμα αυτό, η χρήση των εναλλακτικών συνδυασμών αντιμετωπίζει «πιο ισότιμα» τα φέροντα δομικά υλικά.

(ii) Τυχηματικές καταστάσεις σχεδιασμού [6.4.3.2]

Η γενική μορφή της σχέσης των αποτελεσμάτων των δράσεων θα πρέπει να είναι:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; A_d; (\psi_{1,1} \acute{\eta} \psi_{2,1}) Q_{k,1}; \psi_{2,i} Q_{k,i}\} j \geq 1; i > 1 \quad [(6.11a)]$$

Ο συνδυασμός των δράσεων που βρίσκονται μέσα σε αγκύλες { } μπορεί να εκφρασθεί ως:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" A_d "+" (\psi_{1,1} \acute{\eta} \psi_{2,1}) Q_{k,1} "+" \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad [(6.11b)]$$

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Γενικά, επιλέγεται η τιμή $\psi_{1,1} Q_{k,1}$ για συγκεκριμένη συναφή τυχηματική κατάσταση σχεδιασμού (λ.χ. πρόσκρουση, πυρκαγιά) και η τιμή $\psi_{2,1} Q_{k,1}$ για επιβίωση μετά από τυχηματικό συμβάν ή τυχηματική κατάσταση.

(iii) Καταστάσεις σεισμικού σχεδιασμού [6.4.3.4]

Η γενική μορφή της σχέσης των αποτελεσμάτων των δράσεων θα πρέπει να είναι:

$$E_d = E\{G_{k,j}; P; A_{ED}; \psi_{2,i} Q_{k,i}\} j \geq 1; i \geq 1 \quad [(6.12a)]$$

Ο συνδυασμός των δράσεων που βρίσκονται μέσα σε αγκύλες { } μπορεί να εκφρασθεί ως:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} "+" P "+" A_{ED} "+" \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad [(6.12b)]$$

Επιμέρους συντελεστές (γ και ψ) για δράσεις και συνδυασμούς δράσεων, για υλικά και προϊόντα.

Αυτοί δίδονται στο Παράρτημα Α (που παρατίθεται στη συνέχεια) και στο EN 1991 [6.4.4]. Οι επιμέρους συντελεστές για τις ιδιότητες των υλικών και των προϊόντων θα πρέπει να ληφθούν από τα EN 1992 έως EN 1999 [6.4.5].

1.6.5 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας [6.5]

1.6.5.1 Έλεγχοι

Θα ελέγχεται ότι:

$$E_d \leq C_d \quad [(6.13)]$$

όπου: C_d είναι η οριακή τιμή σχεδιασμού του συναφούς κριτηρίου λειτουργικότητας.

E_d είναι η τιμή σχεδιασμού των αποτελεσμάτων των δράσεων, οι οποίες καθορίζονται στα πλαίσια του κριτηρίου λειτουργικότητας, και η οποία προσδιορίζεται βάσει του συναφούς συνδυασμού.

Ως γνωστόν τα συνηθέστερα κριτήρια λειτουργικότητας είναι οι περιορισμοί του εύρους ρηγμάτωσης, των βελών, των τάσεων και παραμορφώσεων, του εύρους ταλάντωσης, η αντίσταση στην ολίσθηση κλπ. Ειδικότερα μπορούν να καθορίζονται, ανάλογα με τον τύπο της φέρουσας κατασκευής στα EN 1991 έως EN 1999.

1.6.5.2 Συνδυασμοί δράσεων Ο.Κ.Λ. [6.5.3]

Οι συνδυασμοί των δράσεων για οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας που θα λαμβάνονται υπόψη στις συναφείς καταστάσεις σχεδιασμού μπορούν να εκφραστούν από τις ακόλουθες σχέσεις:

- **Χαρακτηριστικός συνδυασμός:**

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad [(6.14b)]$$

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Ο χαρακτηριστικός συνδυασμός κανονικά χρησιμοποιείται για μη-αναστρέψιμες οριακές καταστάσεις.

- **Συχνός συνδυασμός:**

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad [(6.15b)]$$

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Ο συχνός συνδυασμός κανονικά χρησιμοποιείται για αναστρέψιμες οριακές καταστάσεις.

- **Οιονεί - μόνιμος συνδυασμός:**

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad [(6.16b)]$$

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Ο οιονεί-μόνιμος συνδυασμός κανονικά χρησιμοποιείται για μακροχρόνιες επιδράσεις και για την εμφάνιση του φορέα.

Σ' ότι αφορά στους επιμέρους συντελεστές γ_M για υλικά, αυτοί θα λαμβάνονται ως 1.0 εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά στα EN 1992 έως EN 1999 [6.5.4].

1.7 Παράρτημα Α (κανονιστικό) για εφαρμογή σε Κτήρια

Το πρώτο μέρος του Παραρτήματος Α [A1], στο οποίο γίνεται μνεία στη συνέχεια, αφορά ουσιαστικά κανόνες και μεθόδους για τη διαμόρφωση συνδυασμών δράσεων για κτήρια. Επίσης παραθέτει τις προτεινόμενες τιμές σχεδιασμού των μόνιμων, μεταβλητών και τυχηματικών δράσεων, καθώς και τους συντελεστές ψ προς χρήση κατά τον σχεδιασμό κτηρίων. Οι σχετικοί πίνακες που παρατίθενται στα επόμενα εμπεριέχουν τις τιμές του αντίστοιχου Εθνικού Προσαρτήματος (ΕΠ) [Πίν. Α1.1 ΕΠ].

Πίνακας 1.9 Προτεινόμενες τιμές των συντελεστών ψ για κτίρια

Δράσεις	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Επιβαλλόμενα φορτία σε κτήρια, κατηγορία (βλέπε EN 1991-1-1)			
Κατηγορία A: κατοικίες, συνήθη κτήρια κατοικιών	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία B: χώροι γραφείων	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία C: χώροι συνάθροισης	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία D: χώροι καταστημάτων	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία E: χώροι αποθήκευσης	1,0	0,9	0,8
Κατηγορία F: χώροι κυκλοφορίας οχημάτων βάρος οχημάτων < 30kN	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία G: χώροι κυκλοφορίας οχημάτων 30kN < βάρος οχημάτων < 160kN	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία H: στέγες	0	0	0
Φορτία χιονιού επάνω σε κτήρια (βλέπε EN 1991-1-3)			
Φιλανδία, Ισλανδία, Νορβηγία, Σουηδία	0,70	0,50	0,20
Υπόλοιπα Κράτη Μέλη του CEN για τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο $H > 1000$ m	0,70	0,50	0,20
Υπόλοιπα Κράτη Μέλη του CEN για τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο $H < 1000$ m	0,50	0,20	0
Φορτία ανέμου σε κτήρια (βλέπε EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Θερμοκρασία (μη-πυρκαϊάς) σε κτήρια (βλέπε EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

1.7.1 Οριακές καταστάσεις αστοχίας [A1.3]

Οι τιμές σχεδιασμού δράσεων για οριακές καταστάσεις αστοχίας (Ο.Κ.Α.) δίδονται στους ακόλουθους πίνακες :

- Για καταστάσεις σχεδιασμού με διάρκεια και παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού: Πίνακες A1.2(A) (EQU- Ομάδα A) , A1.2(B) (STR/GEO -Ομάδα B) και A1.2(Γ) (STR/GEO - Ομάδα Γ).
- Για τυχηματικές και σεισμικές καταστάσεις σχεδιασμού : Πίνακας A1.3

Κατά την εφαρμογή των Πινάκων A1.2(A) έως A1.2(Γ) σε περιπτώσεις όπου η οριακή κατάσταση είναι πολύ ευαίσθητη σε διακυμάνσεις του μεγέθους των μόνιμων δράσεων, θα πρέπει να λαμβάνονται οι ανώτερες και κατώτερες χαρακτηριστικές τιμές των δράσεων σύμφωνα με το [4.1.2(2)P].

Η στατική ισορροπία (EQU) θα πρέπει να ελέγχεται χρησιμοποιώντας τις τιμές σχεδιασμού δράσεων του Πίνακα A1.2(A).

Ο σχεδιασμός δομικών μελών (STR) που δεν περιλαμβάνει γεωτεχνικές δράσεις θα πρέπει να ελέγχεται χρησιμοποιώντας τις τιμές σχεδιασμού δράσεων από τον πίνακα A1.2(B).

Ο σχεδιασμός δομικών μελών (πεδίων θεμελίωσης, πασσάλων, τοιχωμάτων υπογείων κλπ.) (STR), με τον οποίο εμπλέκονται γεωτεχνικές δράσεις και αντίσταση του εδάφους (GEO) θα πρέπει να ελέγχεται χρησιμοποιώντας μία από τις ακόλουθες τρεις προσεγγίσεις, οι οποίες, για γεωτεχνικές δράσεις και αντοχές, συμπληρώνονται από το EN 1997:

- Προσέγγιση 1: Εφαρμόζοντας σε ξεχωριστούς υπολογισμούς τιμές σχεδιασμού από τον Πίνακα A1.2(Γ) και τον Πίνακα A1.2(B) στις γεωτεχνικές δράσεις καθώς και τις άλλες δράσεις που εξασκούνται στον ή από τον φορέα. Στις συνήθεις περιπτώσεις, η διαστασιολόγηση των θεμελιώσεων εξαρτάται από τον Πίνακα A1.2(Γ) και η αντίσταση του φορέα από τον Πίνακα A1.2(B).
- Προσέγγιση 2: Εφαρμόζοντας τιμές σχεδιασμού από τον Πίνακα A1.2(B) στις γεωτεχνικές δράσεις καθώς και στις άλλες δράσεις που εξασκούνται επάνω στον ή από τον φορέα.

- Προσέγγιση 3: Εφαρμόζοντας τιμές σχεδιασμού από τον Πίνακα A1.2(Γ) στις γεωτεχνικές δράσεις και ταυτοχρόνως, εφαρμόζοντας επιμέρους συντελεστές από τον Πίνακα A1.2(B) στις άλλες δράσεις που εξασκούνται επάνω στον ή από τον φορέα.

Στο ΕΠ επαφίεται η επιλογή της μεθόδου/προσέγγισης προς εφαρμογή. Στη χώρα μας έχει επιλεγεί γενικά η προσέγγιση 2 και για τον έλεγχο ευστάθειας (επιχωμάτων) η προσέγγιση 3. Πιο διεξοδικές και εξειδικευμένες αναφορές γίνονται στο ΕΠ του EN 1997 .

Πίνακας 1.10 Τιμές σχεδιασμού δράσεων (EQU) (Ομάδα A) [Πίνακας A1.2(A)]

Καταστάσεις σχεδιασμού με διάρκεια και παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού	Μόνιμες Δράσεις		Κυρίαρχη μεταβλητή δράση (*)	Συνοδευτική μεταβλητή δράση (*)	
	Δυσμενείς	Ευνοϊκές		Κύρια (εάν υφίσταται)	Άλλες
(Εξισ. 6.10)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

(*) Μεταβλητές δράσεις είναι αυτές που εξετάζονται στον Πίνακα A1.1

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1: Οι τιμές γ είναι:
 $\gamma_{Gj,sup} = 1,10$
 $\gamma_{Gj,inf} = 0,90$
 $\gamma_{Q,1} = 1,50$ όπου δυσμενής (0 όπου ευνοϊκή)
 $\gamma_{Q,i} = 1,50$ όπου δυσμενής (0 όπου ευνοϊκή)

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2: Σε περιπτώσεις στις οποίες ο έλεγχος της στατικής ισορροπίας αφορά την αντίσταση των δομικών μελών μπορεί να υιοθετηθεί, ως εναλλακτική περίπτωση για τους δύο ξεχωριστούς ελέγχους βάσει των Πινάκων A1.2(A) και A1.2(B), ένας συνδυασμένος έλεγχος, βάσει του Πίνακα A1.2(A), με τις ακόλουθες τιμές.
 $\gamma_{Gj,sup} = 1,35$
 $\gamma_{Gj,inf} = 1,15$
 $\gamma_{Q,1} = 1,50$ όπου δυσμενής (0 όπου ευνοϊκή)
 $\gamma_{Q,i} = 1,50$ όπου δυσμενής (0 όπου ευνοϊκή)
 υπό την προϋπόθεση ότι η εφαρμογή της τιμής $\gamma_{Gj,inf} = 1,00$, τόσο στο ευνοϊκό όσο και στο δυσμενές σκέλος των μόνιμων δράσεων, δεν συνεπάγεται πιο δυσμενές αποτέλεσμα.

Πίνακας 1.11 Τιμές σχεδιασμού δράσεων (STR/GEO) (Ομάδα B) [Πίνακας A1.2(B)]

Μόνιμες και παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού	Μόνιμες Δράσεις		Κυρίαρχη μεταβλητή δράση (*)	Συνοδευτική μεταβλητή δράση (*)	
	Δυσμενείς	Ευνοϊκές		Κύρια (εάν υφίσταται)	Άλλες
(Εξισ. 6.10)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(Εξισ. 6.10a)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$		$\gamma_{Q,1i} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(Εξισ. 6.10b)	$\xi \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\xi \gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

(*) Μεταβλητές δράσεις είναι αυτές που εξετάζονται στον Πίνακα Α1.1

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1: Οι τιμές γ είναι οι ακόλουθες:

$$\gamma_{Gj,sup} = 1,35$$

$$\gamma_{Gj,inf} = 1,00$$

$$\gamma_{Q,1} = 1,50 \text{ όπου δυσμενής (0 όπου ευνοϊκή)}$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,50 \text{ όπου δυσμενής (0 όπου ευνοϊκή)}$$

$$\xi = 0,925$$

Βλέπε επίσης EN 1991 έως EN 1999 για τις τιμές του γ , οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν για επιβαλλόμενες παραμορφώσεις.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2: Οι χαρακτηριστικές τιμές όλων των μόνιμων δράσεων από μία πηγή πολλαπλασιάζονται με το $\gamma_{G,sup}$ εάν το συνολικό προκύπτον αποτέλεσμα της δράσης είναι δυσμενές και με το $\gamma_{G,inf}$ εάν το συνολικό προκύπτον αποτέλεσμα της δράσης είναι ευνοϊκό. Για παράδειγμα, όλες οι δράσεις που προέρχονται από το ίδιο βάρος του φορέα μπορούν να θεωρηθούν ως προερχόμενες από μία πηγή. Αυτό ισχύει επίσης σε περίπτωση που εμπλέκονται διαφορετικά υλικά.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 3: Για εξειδικευμένους ελέγχους, οι τιμές για τα γ_G και γ_Q μπορούν να υποδιαιρεθούν σε γ_g και γ_q και στο συντελεστή αβεβαιότητας του προσομοιώματος γ_{sd} . Στις πλέον συνήθεις περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί τιμή του γ_{sd} μεταξύ 1,05 και 1,15.

Ο Πίνακας Α1.2(Β) ισχύει στο ΕΠ ως έχει, αλλά μόνο για το τμήμα του που αναφέρεται στην εξίσωση 6.10. **Δεν ισχύει το τμήμα του που αναφέρεται στις εξισώσεις 6.10α και 6.10β.**

Σημείωση: Έχει επιλεγεί ως τιμή του ξ η ενδιάμεση μεταξύ των προτεινόμενων ορίων 1,00 και 0,85 δηλαδή $\xi = 0,925$.

Πίνακας 1.12 Τιμές σχεδιασμού δράσεων (STR/GEO) (Ομάδα Γ) [Πίνακας Α1.2(Γ)]

Καταστάσεις σχεδιασμού με διάρκεια και παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού	Μόνιμες Δράσεις		Κυρίαρχη μεταβλητή δράση (*)	Συνοδευτική μεταβλητή δράση (*)	
	Δυσμενείς	Ευνοϊκές		Κύρια (εάν υφίσταται)	Άλλες
(Εξισ. 6.10)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

(*) Μεταβλητές δράσεις είναι αυτές που εξετάζονται στον Πίνακα Α1.1

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι τιμές γ είναι:

$$\gamma_{Gj,sup} = 1,00$$

$$\gamma_{Gj,inf} = 1,00$$

$$\gamma_{Q,1} = 1,30 \text{ όπου δυσμενής (0 όπου ευνοϊκή)}$$

$$\gamma_{Q,i} = 1,30 \text{ όπου δυσμενής (0 όπου ευνοϊκή)}$$

Πίνακας 1.13 Τιμές σχεδιασμού δράσεων για χρήση σε συνδυασμούς τυχρηματικών και σεισμικών δράσεων [Πίν. Α1.3]

Καταστάσεις σχεδιασμού	Μόνιμες Δράσεις		Κυρίαρχη τυχρηματική ή σεισμική δράση	Συνοδευτικές μεταβλητές δράσεις (**)	
	Δυσμενείς	Ευνοϊκές		Κύρια (εάν υφίσταται)	Άλλες
Τυχρηματικές (*) (Εξισ. 6.11α/β)	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	A_d	$\psi_{21} Q_{k1}$	$\psi_{2i} Q_{ki}$
Σεισμικές (Εξισ. 6.12α/β)	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$\gamma_I A_{EK}$ ή A_{ED}		$\psi_{2,i} Q_{k,i}$

(*) Βλέπε επίσης EN 1991-1-2.

(**) Μεταβλητές δράσεις είναι αυτές που εξετάζονται στον Πίνακα Α1.1.

Στο ΕΠ : Για την κύρια συνοδευτική μεταβλητή δράση στον τυχηματικό συνδυασμό, θα χρησιμοποιείται ο συντελεστής ψ_2 . Ως εκ τούτου θα έχουμε $\psi_{21}Q_{k1}$ και όχι $\psi_{11}Q_{k1}$. Κατά τα άλλα ο Πίνακας A1.3 παραμένει ως έχει.

1.7.2 Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας [A1.4]

Για οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας οι επιμέρους συντελεστές για τις δράσεις θα πρέπει να λαμβάνονται ως 1,0 εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά στα EN 1991 έως EN 1999 [A1.4.1].

Πίνακας 1.14 Τιμές Σχεδιασμού δράσεων για χρήση κατά τον συνδυασμό δράσεων [Πίνακας A1.4.

Συνδυασμός	Μόνιμες Δράσεις G_d		Μεταβλητές Δράσεις Q_d	
	Δυσμενείς	Ευνοϊκές	Κυρίαρχες	Άλλες
Χαρακτηριστικές	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,1}Q_{k,1}$
Συχνές	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$\psi_{1,1}Q_{k,1}$	$\psi_{2,1}Q_{k,1}$
Οιονεί - μόνιμες	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$\psi_{2,1}Q_{k,1}$	$\psi_{2,1}Q_{k,1}$

Στο Παράρτημα Α γίνονται επίσης ορισμένες γενικές αναφορές για κριτήρια λειτουργικότητας και ιδιαίτερα αναφορικά με βέλη, οριζόντιες μετακινήσεις και δονήσεις.

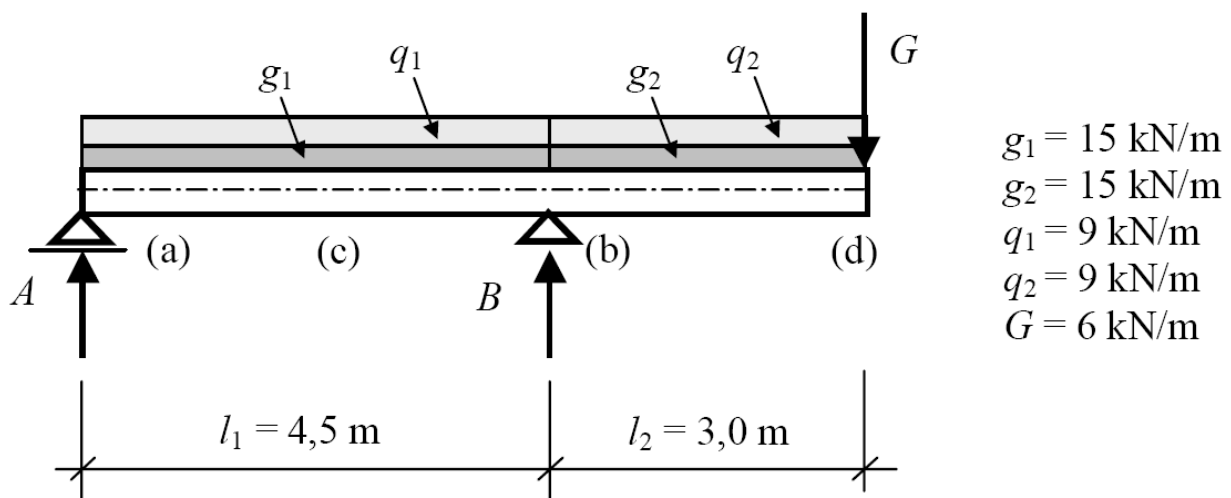
Σημειώνεται τέλος, ότι στο Μέρος A2 του Παραρτήματος Α περιέχονται αντίστοιχοι πίνακες για γέφυρες. Σ' ότι αφορά στο Παράρτημα Β έχει γίνει ήδη εκτενής αναφορά σε αυτό στην [2.2] για τη διαχείριση αξιοπιστίας. Η επεξήγηση όμως των βάσεων ανάλυσης αξιοπιστίας για την εφαρμογή της μεθόδου των επιμέρους συντελεστών περιέχονται στο Παράρτημα Γ, χαρακτηριστικά αποσπάσματα του οποίου παρατίθενται στα επόμενα.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Παρουσιάζεται στη συνέχεια ένα ενδεικτικό παράδειγμα που αφορά στους συνδυασμούς φορτίσεων για τους ελέγχους οριακών καταστάσεων :

Μονοπρόεχουσα δοκός

Δίνεται η μονοπρόεχουσα δοκός του σχήματος 1.5 και θα εξεταστεί ως προς τη στατική της ισορροπία (EQU) και τη δομική της αστοχία στη θέση (c) (STR). Τα γεωμετρικά στοιχεία και οι τιμές των φορτίων φαίνονται στο παρακάτω σχήμα. Οι τιμές των φορτίων που δίνονται είναι χαρακτηριστικές τιμές (ο δείκτης k έχει απλοποιητικά παραλειφθεί).



Σχήμα 1.5 Μονοπρόεχουσα δοκός, γεωμετρικά στοιχεία και τιμές φορτίων

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι συντελεστές δράσεων ανά περίπτωση φόρτισης σύμφωνα με το ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α του EN1990 [(Πίν. Α1.2(B))].

Πίνακας 1.15 Περιπτώσεις φόρτισης και συντελεστές δυνάμεων.

Περίπτωση φόρτισης	διατομή	οριακή κατάσταση	Συντελεστές δράσεων ($\gamma \times \psi$)				
			g1	g2	q1	q2	G
1	A	EQU (6.7)	0.9×1.00	1.1×1.00	-	1.50	1.1×1.00
2	A	EQU (6.7)	0.85×1.35	1.35	-	1.50	1.35
3	A	EQU (6.7)	1.00	1.00		1.50	1.00
4	(c)	STR (6.10)	1.35	1.00	1.50	-	1.00
5	(c)	STR (6.10a)	1.35	1.00	0.7×1.50	-	1.00
6	(c)	STR (6.10b)	0.85×1.35	1.00	1.50	-	1.00
7	(c)	STR(6.10a) τροπ.	1.35	1.00	-	-	1.00
8	(b) + B	STR (6.10)	1.35	1.35	1.50	1.50	1.35
9	(b) + B	STR (6.10a)	1.35	1.35	0.7×1.50	0.7×1.50	1.35
10	(b) + B	STR (6.10b)	0.85×1.35	0.85×1.35	1.50	1.50	0.85×1.35
11	(b) + B	STR(6.10a) τροπ.	1.35	1.35	-	-	1.35
12	-	ΟΚΛ μη-αναστρ. (6.14)	1.00	1.00	1.00	-	1.00
13	-	ΟΚΛ μακροχρ.(6.16)	1.00	1.00	0.3×1.00	-	1.00

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1: Σκόπιμα έχει χρησιμοποιηθεί στις εξισώσεις (6.10b) η ελάχιστη τιμή $\xi = 0.85$ που είναι και η συνιστώμενη από τον Ευρωκώδικα, αντί της υιοθετηθείσας στο ΕΠ τιμής $\xi=0.925$, προκειμένου να καταδειχθεί η μέγιστη δυνατή απόκλιση μεταξύ της εξ. (6.10) και του ζεύγους των εξισώσεων (6.10a) και 6.10b).

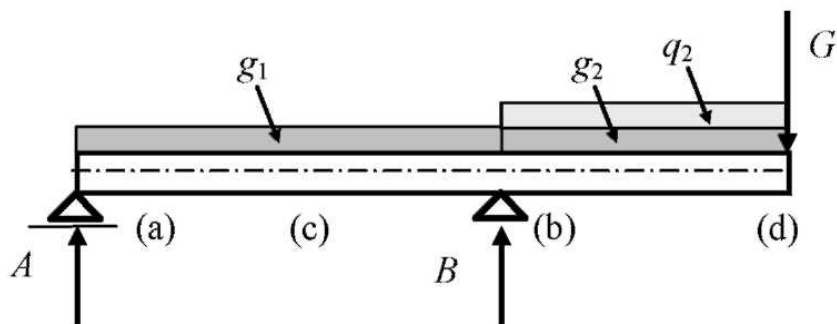
ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2: Το Εθνικό Προσάρτημα δεν προβλέπει τη χρήση των σχέσεων [(6.10a)] και [(6.10b)], δηλαδή τις περιπτώσεις 5,6 και 7 του παραπάνω πίνακα. Συμπεριλήφθηκαν όμως στην εφαρμογή αυτή για να δείχθει ότι δεν οδηγούν σε δυσμενέστερα αποτελέσματα από τη σχέση [(6.10)].

- Στη στήριξη A υπάρχει κύλιση κι επομένως πρέπει να ελεγχθεί αν ικανοποιείται η στατική ισορροπία, δηλαδή αν η αντίδραση στο A είναι αρνητική. Αυτό θα γίνει χρησιμοποιώντας τις περιπτώσεις φόρτισης 1, 2 και 3 του Πίνακα 1.15 που αντιστοιχούν στην οριακή κατάσταση ισορροπίας (EQU). Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1.16 Αντιδράσεις στήριξης στο B ανά περίπτωση φόρτισης

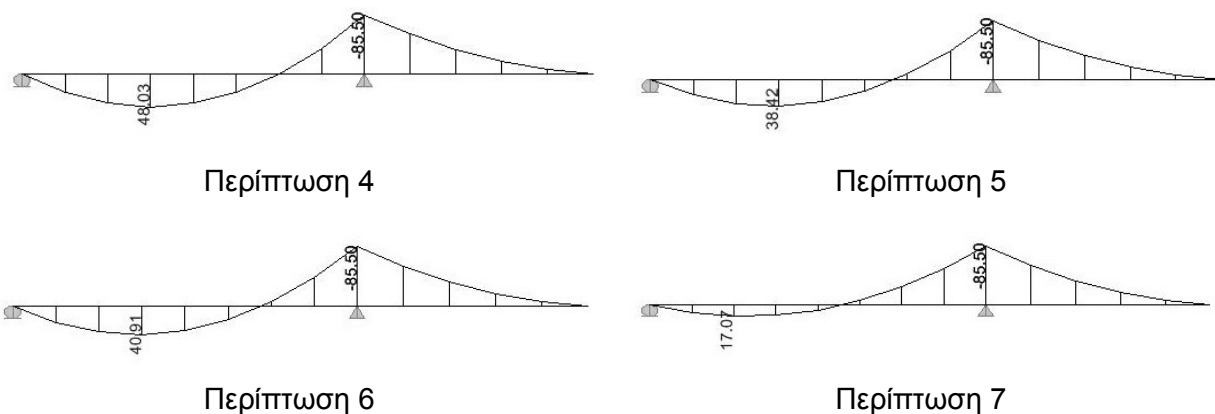
Περίπτωση φόρτισης	Αντίδραση στο A (σε kN)
1	-4.03
2	-0.34
3	1.25

Επομένως, η στήριξη θα πρέπει να αγκυρωθεί ώστε να μπορεί να αναλάβει τη δύναμη των 4.03kN και να μην οδηγηθεί ο φορέας σε απώλεια ισορροπίας. Η απεικόνιση των φορτίων της 1^{ης} περίπτωσης δίνεται στο επόμενο σχήμα (χωρίς τους επιμέρους συντελεστές).



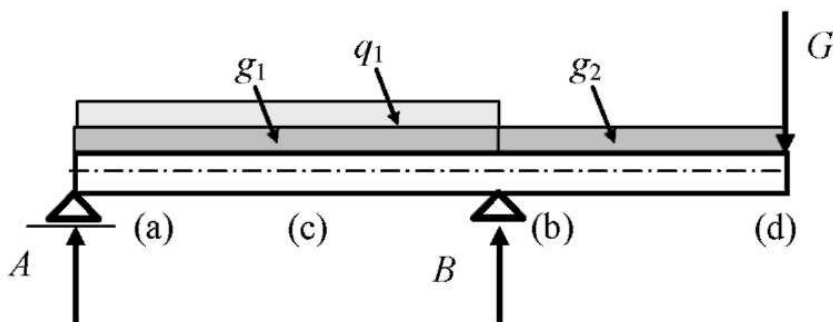
Σχήμα 1.6 Η 1^η περίπτωση φόρτισης (κρίσιμη) για την αντίδραση στήριξης στο A.

- Για τη μέγιστη καμπτική ροπή στο άνοιγμα (c) εξετάζονται οι περιπτώσεις φορτίσεως 4,5,6 και 7 του παραπάνω πίνακα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



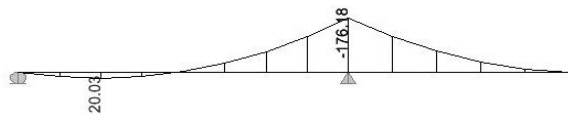
Σχήμα 1.6 Καμπτικές ροπές στη θέση (c) για τις περιπτώσεις φόρτισης 4,5,6 και 7 (σε kNm).

Είναι εμφανές ότι δυσμενέστερη φόρτιση για τη ροπή στη θέση (c) είναι η 4^η περίπτωση φόρτισης. Η απεικόνιση των φορτίων γι' αυτήν την περίπτωση δίνεται στο σχήμα που ακολουθεί (χωρίς τους επιμέρους συντελεστές).

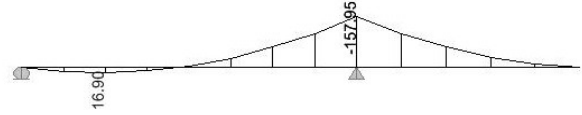


Σχήμα 1.7 Η 4^η περίπτωση φόρτισης (κρίσιμη) για τη μέγιστη καμπτική ροπή στο (c).

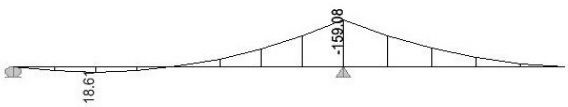
- Για τη μέγιστη καμπτική ροπή στη στήριξη (θέση (b)) και τη μέγιστη αντίδραση στήριξης στο B εξετάζονται οι περιπτώσεις φορτίσεως 8,9,10 και 11 του παραπάνω πίνακα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.



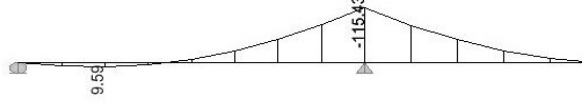
Περίπτωση 8



Περίπτωση 9



Περίπτωση 10



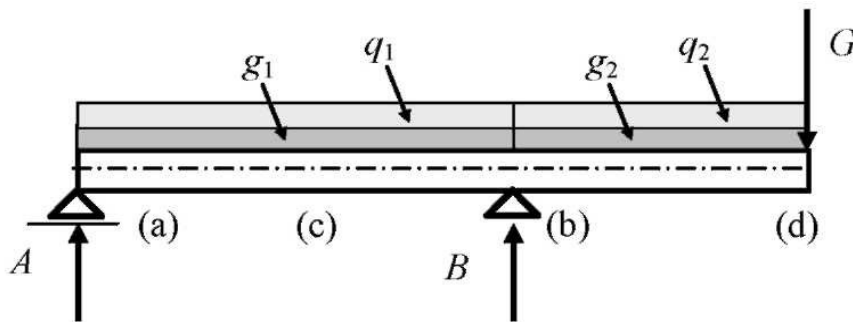
Περίπτωση 11

Σχήμα 1.7 Καμπτικές ροπές στη θέση (b) για τις περιπτώσεις φόρτισης 8,9,10 και 11 (σε kNm). Οι αντιδράσεις στήριξης στο B ανά περίπτωση φόρτισης δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 1.17 Αντιδράσεις στήριξης στο B ανά περίπτωση φόρτισης

Περίπτωση φόρτισης	Αντίδραση στο B (σε kN)
8	224.44
9	199.13
10	203.69
11	140.06

Επομένως, δυσμενέστερη φόρτιση για τη μέγιστη καμπτική ροπή στη στήριξη (θέση (b)) και τη μέγιστη αντίδραση στήριξης στο B αποτελεί η φόρτιση 8, η οποία απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα (χωρίς τους επιμέρους συντελεστές).



Σχήμα 1.8 Η 8^η περίπτωση φόρτισης (κρίσιμη) για τη μέγιστη καμπτική ροπή στο (b) και τη μέγιστη αντίδραση στήριξης στο B.

1.8 Παράρτημα Γ (πληροφοριακό) Βάσεις για τον σχεδιασμό με τη μέθοδο των επιμέρους συντελεστών και για την ανάλυση της αξιοπιστίας

1.8.1 Αντικείμενο και πεδίο εφαρμογών [Γ1]

Το παράρτημα αυτό παρέχει πληροφορίες καθώς και το θεωρητικό υπόβαθρο για την μέθοδο των επιμέρους συντελεστών, η οποία περιγράφεται στο 6^ο Μέρος και στο Παράρτημα Α. Το παράρτημα αυτό παρέχει επίσης το υπόβαθρο για το Παράρτημα Δ και είναι συναφές με το περιεχόμενο του Παραρτήματος Β. Παρέχει επίσης πληροφορίες για:

- τις μεθόδους αξιοπιστίας
- την εφαρμογή της μεθόδου που βασίζεται στην αξιοπιστία για τον προσδιορισμό, μέσω βαθμονόμησης, τιμών σχεδιασμού και / ή επιμέρους συντελεστών στις σχέσεις σχεδιασμού
- τη μορφή που έχουν στους Ευρωκώδικες οι έλεγχοι σχεδιασμού

1.8.2 Εισαγωγή [Γ3]

Όπως έχει ήδη αναπτυχθεί στα προηγούμενα, στη μέθοδο των επιμέρους συντελεστών οι βασικές μεταβλητές (δηλαδή δράσεις, αντιστάσεις και γεωμετρικές ιδιότητες) αποκτούν τιμές σχεδιασμού μέσω της χρήσης των επιμέρους συντελεστών γ και των συντελεστών ψ , και ακολουθεί ένας έλεγχος ο οποίος πραγματοποιείται προκειμένου να εξασφαλισθεί ότι δεν έχει σημειωθεί υπέρβαση καμίας συναφούς οριακής κατάστασης.

Θεωρητικά, οι αριθμητικές τιμές των γ και ψ μπορούν να προσδιορισθούν με έναν από τους εξής δύο τρόπους [Γ3(2)]:

- i) Με βάση βαθμονόμηση μιας μακροχρόνιας εμπειρίας και παράδοσης στον τομέα των κατασκευών.

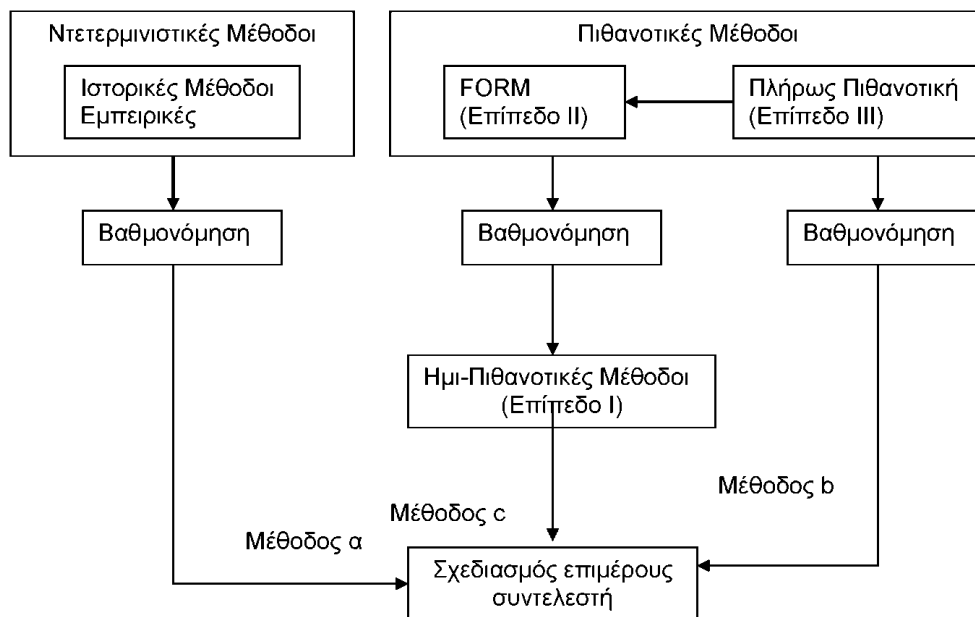
ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Με τον τρόπο αυτό έχουν προσδιορισθεί οι περισσότεροι από τους επιμέρους συντελεστές και συντελεστές ψ οι οποίοι προτείνονται στους διαθέσιμους σήμερα Ευρωκώδικες.

- ii) Με βάση στατιστική αξιολόγηση των πειραματικών δεδομένων και των επί τόπου παρατηρήσεων, η οποία θα πρέπει να διεξάγεται μέσα στα πλαίσια μιας πιθανοτικής θεώρησης της αξιοπιστίας.

Σε περίπτωση που χρησιμοποιείται η προσέγγιση ii) είτε αποκλειστικά ή σε συνδυασμό με την i), οι επιμέρους συντελεστές των οριακών καταστάσεων αστοχίας για διαφορετικά υλικά και δράσεις, θα πρέπει να βαθμονομούνται με τέτοιο τρόπο ώστε τα επίπεδα αξιοπιστίας για αντιπροσωπευτικούς φορείς να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στον δείκτη της επιδιωκόμενης αξιοπιστίας, όπως επεξηγείται στα επόμενα. Τίθεται δηλαδή το ζήτημα της επίτευξης μιας τιμής-στόχου του β .

1.8.3 Εποπτεία των μεθόδων αξιοπιστίας [Γ4]

Στο επόμενο σχήμα [Σχ. Γ1] παρουσιάζονται διαγραμματικά οι διάφορες διαθέσιμες μέθοδοι για τη βαθμονόμηση των εξισώσεων σχεδιασμού με βάση τους επιμέρους συντελεστές (οριακές καταστάσεις) και της σχέσης μεταξύ τους. Μεταξύ των πιθανοτικών μεθόδων αξιοπιστίας συνηθέστερα χρησιμοποιούνται μέθοδοι αξιοπιστίας 1^{ης} τάξης (*First Order Reliability Methods - FORM*), οι οποίες δεν είναι τόσο πολύπλοκες και μπορούν να οδηγήσουν στην πλειονότητα των περιπτώσεων σε επαρκώς ακριβή αποτελέσματα.



Σχήμα 1.9 Ανακεφαλαίωση των μεθόδων αξιοπιστίας

Και στις δύο μεθόδους Επίπεδου II και Επίπεδου III το μέτρο αξιοπιστίας θα πρέπει να ταυτοποιείται με την **πιθανότητα επιβίωσης** $P_s = (1 - P_f)$, όπου το P_f είναι η **πιθανότητα αστοχίας** για την υπό εξέταση μορφή αστοχίας μέσα σε μία κατάλληλη περίοδο αναφοράς. Εάν η πιθανότητα αστοχίας που προκύπτει από τους υπολογισμούς είναι μεγαλύτερη από την προκαθορισμένη επιδιωκόμενη τιμή P_{f_0} τότε ο φορέας θα πρέπει να θεωρηθεί μη-ασφαλής.

1.8.4 Δείκτης αξιοπιστίας β [Γ5]

Μια εναλλακτική εκτίμηση της αξιοπιστίας στις διαδικασίες Επίπεδου II ορίζεται συμβατικά από τον δείκτη αξιοπιστίας β ο οποίος σχετίζεται με το P_f ως εξής:

$$P(E > E_d) = \Phi(-0,4 \times 0,7 \times \beta) = \Phi(-0,28 \times \beta)$$

όπου το Φ είναι η συνάρτηση συσσωρευτικής κατανομής της τυποποιημένης κανονικής κατανομής. Η σχέση μεταξύ Φ και β δίδεται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 1.15 Σχέση μεταξύ β και P_f [Πίν. Γ1]

P_f	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
β	1,28	2,32	3,09	3,72	4,27	4,75	5,20

Συσχέτιση ελέγχου Ο.Κ.Α. και επιπέδου αξιοπιστίας

Είναι προφανές ότι η πιθανότητα αστοχίας P_f μπορεί να εκφρασθεί μέσω μιας συνάρτησης επιτελεστικότητας g έτσι ώστε ο φορέας να θεωρείται ότι θα επιβιώσει εάν $g > 0$ και να αστοχήσει εάν $g < 0$, συμβολικά:

$$P_f = Prob(g < 0) \quad [(\Gamma.2a)]$$

$$\text{όπου } g = R - E \quad [(\Gamma.2b)]$$

με R την αντίσταση και E το αποτέλεσμα των δράσεων και βέβαια R , E και g τυχαίες μεταβλητές.

Είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον να γίνει κατανοητή η κύρια διαφοροποίηση των ελέγχων ασφαλείας των φερουσών κατασκευών μεταξύ όσων εφαρμόζονταν στους παλιότερους κανονισμούς και όσων εφαρμόζονται στους Ευρωκώδικες (αλλά και στη γενιά κανονισμών των τελευταίων δεκαετιών), με βάση την πιθανοτική προσέγγιση της ασφάλειας. Αυτό επιχειρείται να εξηγηθεί

στη συνέχεια στην ειδική περίπτωση που οι στατιστικές κατανομές των R και E (άρα και του g) είναι κανονικές.

Καταρχήν, στην περίπτωση αυτή ο δείκτης β μπορεί να εκφραστεί από τη σχέση :

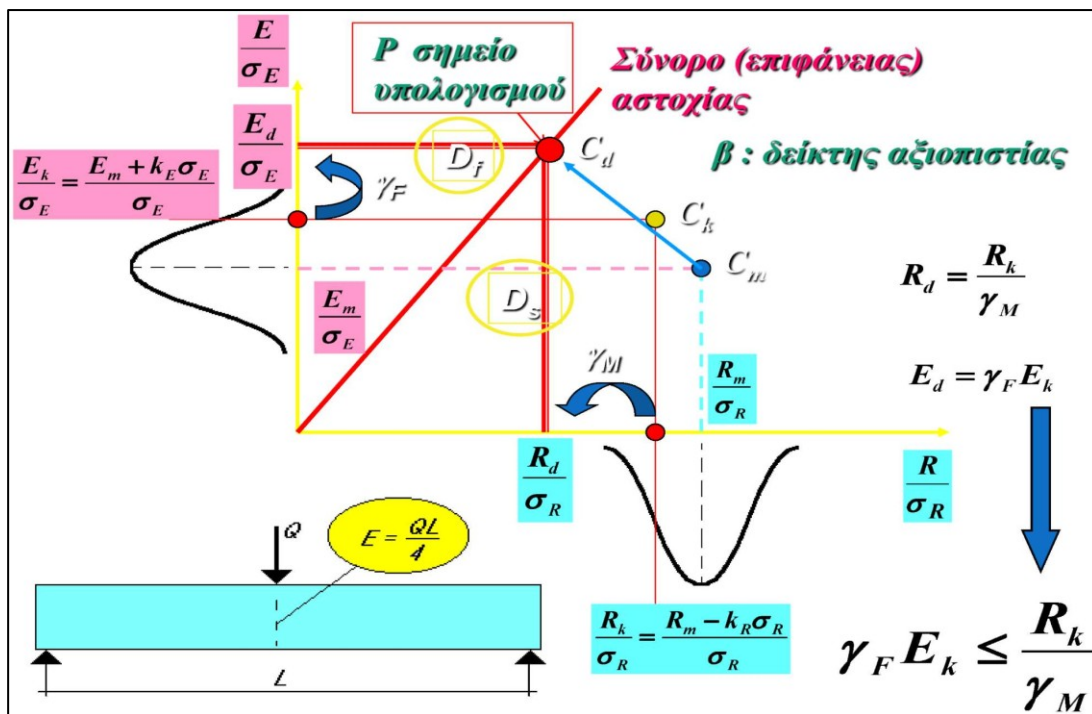
$$\beta = \frac{\mu_g}{\sigma_g} \quad [(\Gamma.2c)]$$

όπου: μ_g είναι η μέση τιμή του g , και
 σ_g είναι η τυπική απόκλισή του,

$$\text{έτσι ώστε: } \mu_g - \beta\sigma_g = 0 \quad [(\Gamma.2d)]$$

$$\text{και: } P_f = \text{Pr ob}(g \leq 0) = \text{Pr ob}(g \leq \mu_g - \beta\sigma_g) \quad [(\Gamma.2e)]$$

Με τη βοήθεια του επεξηγηματικού σχήματος της επόμενης σελίδας και των επεξηγηματικών ορισμών μπορούν να γίνουν αντιληπτά τα ακόλουθα:



Σχήμα 1.10 Επεξήγηση παλιού και νέου τρόπου υπολογισμού Συντελεστών Ασφαλείας

Στον άξονα των τετμημένων παρουσιάζεται η (κανονική) κατανομή των αντιστάσεων R και στον άξονα των τεταγμένων η αντίστοιχη των αποτελεσμάτων των δράσεων E . Προτιμάται η χρησιμοποίηση κανονικοποιημένων (αδιάστατων) μεγεθών, διαιρώντας με τις καμπύλες κατανομής με τις αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις σ_R και σ_E . Η ευθεία γραμμή αποτελεί το σύνορο αστοχίας και διαχωρίζει το χώρο σε δύο περιοχές, την ασφαλή (κάτω και δεξιά), συμβολικά D_s , (Domain safe) και την ανασφαλή (περιοχή αστοχίας, πάνω και αριστερά), συμβολικά D_f (Domain of failure).

Στο παρελθόν τόσο οι δράσεις και τα αποτελέσματά τους, όσο και οι αντιστάσεις καθορίζονταν μονοσήμαντα (ντετερμινιστικά), πράγμα που ισοδυναμεί να θεωρηθεί ότι εκφράζονται από μια μόνον τιμή (λ.χ. τη μέση τιμή). Ο αντίστοιχος λοιπόν συντελεστής ασφαλείας (Σ.Α.) μπορούσε να εκφραστεί από τη σχέση :

$$\gamma = \frac{\mu_R}{\mu_E} \quad (> 1, \text{ δηλ. η αντίσταση μεγαλύτερη από το αποτέλεσμα της δράσης})$$

Ο υπόψη Σ.Α. συνήθως αποκαλείται «**κεντρικός**». Η προσέγγιση αυτού του είδους θα οδηγούσε σε σχεδιασμό που αντιστοιχεί στο σημείο C_m .

Με βάση όμως τις (ημι-πιθανοτικές) θεωρήσεις των νεότερων κανονισμών -και φυσικά των Ευρωκωδίκων - τόσο οι αντιστάσεις, όσο και τα αποτελέσματα των δράσεων δε χαρακτηρίζονται από μια μοναδική τιμή, αλλά είναι (τυχαίες) μεταβλητές με στατιστική κατανομή (στο συγκεκριμένο παράδειγμα με κανονική κατανομή) και συνεπώς παρουσιάζουν διασπορά. Αν συμβολιστούν οι τυπικές τους αποκλίσεις σ_R και σ_E , αντίστοιχα, τότε οι αντίστοιχοι συντελεστές μεταβλητότητας θα εκφράζονται από τις σχέσεις :

$$V_R = \frac{\sigma_R}{\mu_R} \quad V_E = \frac{\sigma_E}{\mu_E}$$

Ο δε δείκτης αξιοπιστίας $\beta = \frac{\mu_g}{\sigma_g}$ μπορεί να γραφεί:

$$\beta = \frac{\mu_R - \mu_E}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2}} = \frac{\bar{\gamma} - 1}{\sqrt{V_E^2 + \gamma^2 V_R^2}} \Rightarrow \bar{\gamma} = f(\beta)$$

Προκύπτει λοιπόν στην περίπτωση αυτή το σημαντικό συμπέρασμα ότι, λόγω της στατιστικής διακύμανσης των τιμών των αντιστάσεων και των αποτελεσμάτων των δράσεων, **ο δείκτης αξιοπιστίας είναι άμεσα συνδεδεμένος με τον (κεντρικό, δηλαδή μονοσήμαντα ορισμένο) συντελεστή ασφαλείας**, όπως φυσικά και το αντίστροφο, αλλά ταυτόχρονα αμφότεροι εξαρτώνται από τη διακύμανση τόσο των αντιστάσεων, όσο και των αποτελεσμάτων των δράσεων.

Αν τώρα, προκειμένου να ληφθούν κατάλληλα υπόψη οι προαναφερθείσες διακυμάνσεις, ορισθούν οι χαρακτηριστικές τιμές των αντιστάσεων R_k και των δράσεων E_k (οι οποίες - άνευ βλάβης της γενικότητας - συνήθως αντιστοιχούν σε ποσοστημόριο 5% και 95%, αντίστοιχα), ο αντίστοιχος συντελεστής ασφαλείας («χαρακτηριστικός») μπορεί να έχει την ακόλουθη έκφραση :

$$\gamma_k = \frac{R_k}{E_k} = \frac{\mu_R - k_R \sigma_R}{\mu_E + k_E \sigma_E} = \bar{\gamma} \times \frac{1 - k_R V_R}{1 + k_E V_E}$$

όπου $-k_R \sigma_R$ και $+k_E \sigma_E$, αντίστοιχα, οι αποστάσεις των χαρακτηριστικών τιμών από τις μέσες τιμές. Ο σχετικός έλεγχος θα περιοριζόταν στην απευθείας σύγκριση των χαρακτηριστικών τιμών που θα οδηγούσε στο σημείο C_k , θα είχε δε τη μορφή :

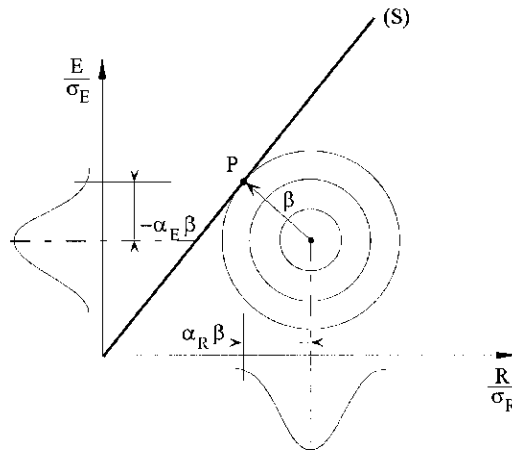
$$E_k \leq R_k$$

Αν τελικά, στις προαναφερόμενες χαρακτηριστικές τιμές εφαρμοσθούν οι αντίστοιχοι (συνολικοί) επιμέρους συντελεστές, τότε προκύπτει η γνωστή σχέση ελέγχου που οδηγεί στο σημείο σχεδιασμού C_d (στη συγκεκριμένη περίπτωση πάνω στο σύνορο αστοχίας) .

$$E_d < R_d, \quad \text{δηλαδή} \quad \gamma_F E_k \leq R_k / \gamma_M \rightarrow \gamma_F \times \gamma_M \leq \gamma_k$$

1.8.5 Μεθοδολογία για τη βαθμονόμηση των τιμών σχεδιασμού

Γενικότερα, στην εφαρμοζόμενη μέθοδο ελέγχου αξιοπιστίας οι τιμές σχεδιασμού θα πρέπει να βασίζονται στις τιμές των βασικών μεταβλητών στο σημείο σχεδιασμού FORM, το οποίο μπορεί να οριστεί ως το σημείο επάνω στην επιφάνεια αστοχίας ($g=0$) το πλησιέστερο στο μέσο σημείο στο χώρο των κανονικοποιημένων μεταβλητών (όπως υποδεικνύεται διαγραμματικά στο επόμενο σχήμα) [Γ7(2) και Σχ.Γ2]:



(S) όριο αστοχίας $g=R-E=0$
 P σημείο σχεδιασμού

Σχήμα 1.12 Σημείο σχεδιασμού και δείκτης αξιοπιστίας β σύμφωνα με την μέθοδο αξιοπιστίας 1^{ης} τάξης (FORM) για κανονικά κατανοημένες ανεξάρτητες μεταβλητές

Οι τιμές σχεδιασμού των αποτελεσμάτων των δράσεων E_d και των αντιστάσεων R_d θα πρέπει να ορίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε η πιθανότητα ύπαρξης πιο δυσμενούς τιμής να είναι η ακόλουθη:

$$P(E > E_d) = \Phi(+\alpha_E \beta) \quad [(Γ.6α)]$$

$$P(R \leq R_d) = \Phi(-\alpha_R \beta) \quad [(Γ.6β)]$$

όπου: β είναι ο δείκτης της επιδιωκόμενης αξιοπιστίας (βλέπε Γ6)

α_E και α_R με $|\alpha| < 1$ είναι οι τιμές των συντελεστών ευαισθησίας της FORM. Η τιμή του α είναι αρνητική για δυσμενείς δράσεις και αποτελέσματα δράσεων, και θετική για αντιστάσεις.

Οι α_E και α_R μπορεί να ληφθούν ως -0,7 και +0,8 αντιστοίχως, υπό την προϋπόθεση ότι:

$$0,16 < \frac{\sigma_E}{\sigma_R} < 7,6 \quad [(Γ.7)]$$

όπου σ_E και σ_R είναι οι τυπικές αποκλίσεις του αποτελέσματος των δράσεων και της αντίστασης αντιστοίχως, στις προηγούμενες σχέσεις. Αυτό συνεπάγεται:

$$P(E > E_d) = \Phi(-0,7\beta) \quad [(Γ.8α)]$$

$$P(R \leq R_d) = \Phi(-0,8\beta) \quad [(Γ.8β)]$$

Για περιπτώσεις όπου δεν ικανοποιείται η [(Γ.7)], για τη μεταβλητή με την μεγαλύτερη τυπική απόκλιση θα πρέπει να χρησιμοποιείται το $\alpha = \pm 1,0$ και για την μεταβλητή με την μικρότερη τυπική απόκλιση το $\alpha = \pm 0,4$.

Όταν το προσομοίωμα δράσης περιλαμβάνει διάφορες βασικές μεταβλητές, η [(Γ.8α)] θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο για την κύρια μεταβλητή. Για τις συνοδευτικές δράσεις οι τιμές σχεδιασμού μπορούν να ορίζονται από:

$$P(E > E_d) = \Phi(-0,4 \times 0,7 \times \beta) = \Phi(-0,28 \times \beta) \quad [(Γ.9)]$$

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Για $\beta = 3,8$ οι τιμές οι οποίες ορίζονται από την [(Γ.9)] αντιστοιχούν περίπου στο ποσοστημόριο 0,90.

Στο Παράρτημα Γ [Πίν. Γ3] δίδονται εκφράσεις για τιμές σχεδιασμού, που παρουσιάζουν εκτός από την κανονική και άλλου τύπου κατανομές (λογαριθμο-κανονική και Gumbel). Κατ' ανάλογο τρόπο και για τις τιμές του συντελεστή ψ_0 σε περιπτώσεις δύο μεταβλητών δράσεων στον [Πίν. Γ4].

1.9 Παράρτημα Δ (πληροφοριακό) Σχεδιασμός με τη βοήθεια δοκιμών

Στο Παράρτημα αυτό δίδονται οι γενικές αρχές και οι διαδικασίες χρησιμοποίησης στατιστικών κλπ. μεθόδων κυρίως για τον προσδιορισμό των τιμών σχεδιασμού ιδιοτήτων υλικών και προϊόντων με βάση κατάλληλη βαθμονόμηση αποτελεσμάτων δοκιμών.

2. ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ – ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ, ΙΔΙΟΝ ΒΑΡΟΣ, ΕΠΙΒΑΛΛΟΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ (EN 1991-1-1)

2.1 Γενικά [Μέρος 1^ο]

2.1.1 Πεδίο εφαρμογής [1.1]

Ο Ευρωκώδικας EN 1991-1-1 παρέχει κατευθυντήριες οδηγίες σχεδιασμού και δράσεις για τον δομοστατικό σχεδιασμό κτιρίων και τεχνικών έργων, μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται τα ακόλουθα:

- Πυκνότητες κατασκευαστικών υλικών και αποθηκευμένων υλικών.
- Ίδιον βάρος στοιχείων κατασκευής και
- Επιβαλλόμενα φορτία σε κτίρια

Ως κυριότερα θέματα στα οποία ο υπόψη Ευρωκώδικες καινοτομεί ή συμπληρώνει προγενέστερους κανονισμούς με το ίδιο αντικείμενο μπορούν να θεωρηθούν τα εξής :

- Λεπτομερέστερη διάκριση των επιβαλλόμενων φορτίων (τα αποκαλούμενα συνήθως «κινητά»), ανάλογα με τη χρήση των χώρων (φορτιζόμενων επιφανειών) με δυνατότητα περαιτέρω (σε εθνικό επίπεδο) υποδιαίρεσης σε υποκατηγορίες
- Προσδιορισμός των τιμών των φορτίων βασισμένος στο είδος κ.ά. της στατιστικής τους κατανομής
- Κάλυψη ιδιαίτερων περιπτώσεων φόρτισης, όπως λ.χ. από περονοφόρα ανυψωτικά μηχανήματα, στάθμευση οχημάτων και προσγείωση ελικοπτήρων
- Σε παραρτήματα, εκτεταμένος κατάλογος για τις ονομαστικές πυκνότητες υλικών και αποθηκευόμενων προϊόντων και τις γωνίες εσωτερικής τριβής, κατά περίπτωση.

Φυσικά το EN 1991-1-1 προορίζεται για να εφαρμόζεται μαζί με το EN 1990, τα υπόλοιπα μέρη του EN 1991 και τα EN 1992 έως EN 1999 για το σχεδιασμό φορέων.

Σημειωτέον πάντως ότι τα φορτία που δίδονται στο Μέρος 6 για τους χώρους κυκλοφορίας οχημάτων αφορούν οχήματα που διαθέτουν μικτό βάρος το οποίο φτάνει τα 160 kN. Ο σχεδιασμός χώρων κυκλοφορίας βαρέων οχημάτων με μικτό βάρος πάνω από 160 kN πρέπει να συμφωνηθεί με την αρμόδια αρχή. Περαιτέρω πληροφορίες μπορούν να αντληθούν από το EN 1991-2 που αφορά τα φορτία κυκλοφορίας γεφυρών. Επίσης οι δράσεις που οφείλονται σε πρόσκρουση οχημάτων γενικότερα (και πέραν των ορίων που αφορούν τους χώρους στάθμευσης) προσδιορίζονται στα EN 1991-1-7 και EN 1991-2, κατά περίπτωση. Για δυναμικές φορτίσεις που προκαλούνται από μηχανήματα βλέπε EN 1991-3. Τέλος για τις καταστάσεις σχεδιασμού και τα αποτελέσματα δράσεων που προκαλούνται από το νερό ή άλλα υλικά σε σιλό και δεξαμενές βλέπε EN 1991 -4.

2.2 Κατηγοριοποίηση των Δράσεων [Μέρος 2^ο]

Ως γνωστόν (πρβλ. EN 1990, [4.1.1] και [1.5.3]) οι δράσεις κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τη χρονική και χωρική τους διακύμανση, την προέλευσή τους (το άμεσο ή μη της εφαρμογής τους) και τη φύση τους ή την απόκριση στη επενέργειά τους.

2.2.1 Ίδιον βάρος [2.1]

Το ίδιο βάρος των κατασκευών θα πρέπει να κατηγοριοποιείται ως **μόνιμη σταθερή δράση**. Επίσης τα φορτία γαιών σε στέγες και ταράτσες θα λαμβάνονται υπόψη ως **μόνιμες δράσεις**, αλλά στην περίπτωση αυτή ο σχεδιασμός θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη διαφοροποιήσεις στην περιεκτικότητα υγρασίας και διαφοροποιήσεις στις διαστάσεις, οι οποίες μπορεί να προκληθούν από ανεξέλεγκτη συσσώρευση κατά τη διάρκεια της ζωής σχεδιασμού του φορέα

Αν υπάρχει ενδεχόμενο **χρονικής διακύμανσης** του ίδιου βάρους θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι **ανώτατες και κατώτατες χαρακτηριστικές τιμές**.

ΠΡΟΣΟΧΗ όμως, αν υπάρχει ενδεχόμενο **χωρικής διακίψανσης**, δηλαδή σε μερικές περιπτώσεις απουσίας δεσμεύσεων, όπως λ.χ. για τα μετακινήσιμα (κινητά) χωρίσματα, [6.3.1.2(8)], το ίδιο βάρος θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως **πρόσθετο επιβαλλόμενο φορτίο**, ιδιαίτερα όταν οι «μόνιμες» δράσεις μπορεί να είναι ευνοϊκές.

2.2.2 Επιβαλλόμενα φορτία [2.2]

Τα επιβαλλόμενα φορτία (σε κτίρια) θα κατηγοριοποιούνται αφενός ως **μεταβλητές ελεύθερες δράσεις**, εκτός εάν ρητά ορίζεται διαφορετικά, αφετέρου ως **οιονεί-στατικές δράσεις** [2.2(1)].

Ειδικά στην περίπτωση της τυχηματικής κατάστασης σχεδιασμού που περιλαμβάνει πρόσκρουση από οχήματα ή τυχηματικά φορτία από μηχανήματα, τα φορτία αυτά θα πρέπει να λαμβάνονται από το EN 1991-1-7 [2.2(2)].

Εφόσον δεν υπάρχει κίνδυνος συντονισμού η άλλης σημαντικής δυναμικής απόκρισης του φορέα [3.3(4)], δεν απαιτείται ειδική δυναμική ανάλυση ούτε η κατηγοριοποίηση των αντίστοιχων δράσεων ως δυναμικών [2.2(3) και (5)], αλλά αρκεί η στατική θεώρηση ή στις περιπτώσεις δράσεων περονοφόρων ανυψωτικών μηχανημάτων και ελικοπτέρων η χρήση ενός συντελεστή δυναμικής μεγέθυνσης Φ ο οποίος εφαρμόζεται στις τιμές της στατικής φόρτισης [2.2(4)].

2.3 Καταστάσεις Σχεδιασμού [Μέρος 3^ο]

Είναι προφανές ότι για κάθε ξεχωριστή κατάσταση σχεδιασμού θα προσδιορίζονται τα συναφή μόνιμα και επιβαλλόμενα φορτία σύμφωνα με το EN 1990, [3.2].

2.3.1 Μόνιμα φορτία [3.2]

Το **συνολικό** ίδιον βάρος των φερόντων και μη-φερόντων στοιχείων θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ως **μία μόνο δράση** στους συνδυασμούς δράσεων (πρβλ. EN 1990, [ΠΙΝΑΚΑΣ Α.1.2 (Β), ΣΗΜ. 3]), εκτός των περιπτώσεων όπου προβλέπεται να πραγματοποιηθεί απομάκρυνση ή προσθήκη φερόντων ή μη-φερόντων στοιχείων, οπότε φυσικά θα πρέπει κατά το σχεδιασμό να ληφθούν υπόψη οι κρίσιμες περιπτώσεις φόρτισης.

Η τυχόν διακύμανση της στάθμης του νερού, καθώς και η προέλευση και η περιεκτικότητα υγρασίας των χύμα υλικών θα πρέπει να λαμβάνεται κατάλληλα υπόψη.

2.3.2 Επιβαλλόμενα φορτία [3.3]

Σε καταστάσεις σχεδιασμού στις οποίες τα επιβαλλόμενα φορτία **δρουν ταυτόχρονα** μαζί με άλλες μεταβλητές δράσεις (π.χ. δράσεις που προκαλούνται από άνεμο, χιόνι, γερανούς ή μηχανήματα), το σύνολο των επιβαλλόμενων φορτίων που λαμβάνονται υπόψη στην συγκεκριμένη περίπτωση φόρτισης θα θεωρείται ως **μία μόνο δράση** [3.3(1)].

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Πρόκειται για τη αποκαλούμενη «αρχή της μοναδικής προέλευσης» (single-source principle), της οποίας η προφανής πρακτική σημασία έγκειται στον περιορισμό του πλήθους των συνδυασμών δράσεων που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στο σχεδιασμό.

Ειδικά για κτίρια έχουν εφαρμογή και οι ακόλουθες διατάξεις [3.3.2] :

Σε στέγες δεν χρειάζεται να εφαρμόζονται ταυτόχρονα τα επιβαλλόμενα φορτία και τα φορτία χιονιού ή ανέμου.

Όταν το επιβαλλόμενο φορτίο εξετάζεται ως μία **συνοδευτική δράση**, σύμφωνα με το EN 1990, θα εφαρμόζεται **μόνο ένας** από τους δύο συντελεστές ψ [EN 1990, ΠΙΝΑΚΑΣ Α.1.1] και A_H [6.3.1.2(11)].

2.3.3 Πιθανοτικές θεωρήσεις

Το **ίδιο βάρος** μπορεί συνήθως να προσδιορισθεί ως γινόμενο του όγκου και της πυκνότητας, τα οποία αμφότερα είναι τυχαίες μεταβλητές που μπορούν να περιγραφούν από **κανονικές κατανομές**, με μια μέση τιμή πολύ κοντά στην ονομαστική τους τιμή.

Τα **επιβαλλόμενα φορτία** περιγράφονται συνήθως από **κατανομές Gumbel**, μολονότι μπορεί να χρησιμοποιηθούν επίσης **κατανομές Γάμμα** για τα παραμένοντα (**μακροχρόνιας διάρκειας**) φορτία και **εκθετικές κατανομές** για τα διαλειπόμενα (**βραχυχρόνιας διάρκειας**) φορτία.

2.4 Πυκνότητες υλικών κατασκευής και αποθηκευμένων υλικών [Μέρος 4^ο]

Γενικά θα πρέπει να χρησιμοποιούνται **οι χαρακτηριστικές τιμές** για τις πυκνότητες των δομικών και των αποθηκευμένων υλικών. Οι μέσες τιμές θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ως χαρακτηριστικές τιμές, εκτός περιπτώσεων στις οποίες χρησιμοποιούνται υλικά με σημαντική διασπορά πυκνοτήτων π.χ. λόγω της προέλευσής τους, της περιεκτικότητάς τους σε νερό κλπ., η χαρακτηριστική τιμή αυτών των πυκνοτήτων θα πρέπει να αξιολογείται σύμφωνα με το [EN 1990, 4.1.2], δηλαδή να χρησιμοποιούνται άνω και κάτω τιμές [4.1(1) και (3)].

2.5 Ίδιον Βάρος των Κατασκευών [Μέρος 5^ο]

2.5.1 Εκφραση των δράσεων [5.1]

Γενικά το **ίδιον βάρος** των κατασκευών θα πρέπει στις περισσότερες περιπτώσεις να εκφράζεται από μία μόνο χαρακτηριστική τιμή και να υπολογίζεται βάσει των ονομαστικών διαστάσεων και των χαρακτηριστικών τιμών των πυκνοτήτων, αφορά δε τόσο τα φέροντα, όσο και τα μη-φέροντα στοιχεία συμπεριλαμβανομένων των μόνιμων εγκαταστάσεων εξυπηρέτησης καθώς και του βάρους των γαιών και του έρματος [5.1(1) και (2)].

Στα μη-φέροντα στοιχεία συμπεριλαμβάνονται μεταξύ άλλων [5.1(3) και (4)]:

- επικαλύψεις δώματος
- επιστρώσεις δαπέδων διαμορφώσεις και επικαλύψεις
- διαχωριστικά πετάσματα και ταπετσαρίες
- κιγκλιδώματα, στηθαία ασφαλείας, κράσπεδα
- τοιχοποιία, επιχρίσματα και στοιχεία επένδυσης τοίχων
- ψευδοροφές/ αναρτημένες οροφές
- θερμομόνωση
- μόνιμες εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης (H/M εγκαταστάσεις), όπως λ.χ. εξοπλισμό για ανελκυστήρες και κυλιόμενες σκάλες, εξοπλισμό θέρμανσης-εξαερισμού-κλιματισμού, ηλεκτρικό εξοπλισμό, σωλήνες χωρίς το περιεχόμενό τους, καλώδια και αγωγούς καλωδίων

Σημειωτέον ότι τα φορτία που οφείλονται σε μετακινήσιμα χωρίσματα θα αντιμετωπίζονται ως επιβαλλόμενα φορτία, αλλά επιτρέπεται να εξομοιώνονται με ένα ισοδύναμο ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο [πρβλ. 5.2.2(2)P και 6.3.1.2(8)].

2.5.2 Χαρακτηριστικές τιμές ίδιου βάρους [5.2]

Επιτρέπεται στην περίπτωση δομικών στοιχείων κατασκευασμένων στο εργοστάσιο (λ.χ. προκατασκευασμένα ή μεταλλικά κ.τ.τ. πατώματα, προσόψεις, ανελκυστήρες, εξοπλισμός κτιρίων κ.ά.) οι πληροφορίες μπορούν να δοθούν από τον κατασκευαστή [5.2.2(1)].

2.6 Επιβαλλόμενα Φορτία σε Κτήρια [Μέρος 6^ο]

2.6.1 Κατηγορίες χρήσης

Εξ ορισμού, επιβαλλόμενα φορτία σε κτήρια είναι τα φορτία που προκύπτουν από τη **χρήση** (φυσιολογική, καθώς και σπάνια αλλά αναμενόμενη, όπως στοίβαξη επίπλων, συγκέντρωση ατόμων). Όμως βαρύς εξοπλισμός (λ.χ. σε κοινόχρηστες κουζίνες, χώρους ραδιολογίας, λεβητοστάσια κλπ.) δεν συμπεριλαμβάνεται στα φορτία που δίδονται στο Μέρος αυτό και θα πρέπει να συμφωνούνται μεταξύ του πελάτη και/ή της αρμόδιας Αρχής [6.1(4)].

Για τον προσδιορισμό των επιβαλλόμενων φορτίων, οι χώροι των δαπέδων και της στέγης στα κτήρια θα πρέπει να υποδιαιρούνται σε κατηγορίες σύμφωνα με τη χρήση τους [6.1(3)], όπως εξειδικεύεται στα επόμενα [6.3].

Κύριες κατηγορίες χρήσης [6.3.1]

- Χώροι διαμονής, κοινωνικών εκδηλώσεων, εμπορικών καταστημάτων και γραφείων (4 κατηγορίες : A, B, C και D)
- Χώροι αποθήκευσης και βιομηχανικών χρήσεων (2 κατηγορίες : E1 και E2)
- Χώροι στάθμευσης και κυκλοφορίας οχημάτων (πλην γεφυρών, 2 κατηγορίες : F και G)
- Στέγες (3 κατηγορίες : H, I και K)

Σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα (ΕΠ) που δεν υφίσταται του Ευρωκώδικα για την πρώτη από τις προαναφερόμενες ομάδες χρήσεων ισχύουν οι ακόλουθες διακρίσεις (συμπεριλαμβάνονται υποκατηγορίες) [Πίν. 6.1]

Πίνακας 2.1 Κατηγορίες χρήσης [Πίν. 6.1]

Κατηγορία	Συγκεκριμένη Χρήση	Παράδειγμα
A	Χώροι διαμονής	<i>Δωμάτια σε κτήρια κατοικιών και σπίτια. Θάλαμοι και πτέρυγες σε νοσοκομεία. Υπνοδωμάτια σε ξενοδοχεία και ξενώνες, κουζίνες και τουαλέτες.</i>
B	Χώροι γραφείων	
C	Χώροι στους οποίους οι άνθρωποι μπορεί να συναθροισθούν (με εξαίρεση τους χώρους που κατατάσσονται στις κατηγορίες A, B, και D¹⁾)	C1: Χώροι με τραπέζια κλπ. Π.χ. σχολικοί χώροι, νηπιαγωγεία, καφενεία, εστιατόρια, αίθουσες φαγητού, αναγνώστια, χώροι υποδοχής. C2: Χώροι με σταθερά καθίσματα, Π.χ. χώροι σε εκκλησίες, θέατρα ή κινηματογράφους, αίθουσες συνεδριάσεων, αίθουσες ομιλίας, αίθουσες συγκεντρώσεων, χώροι αναμονής, χώροι αναμονής σε σιδηροδρομικούς σταθμούς. C3: Χώροι χωρίς εμπόδια στη διακίνηση του κοινού, π.χ. χώροι σε μουσεία, εκθεσιακά χώροι, κλπ. και χώροι πρόσβασης σε δημόσια και διοικητικά κτήρια, ξενοδοχεία και νοσοκομεία. Προαύλια σιδηροδρομικών σταθμών. C4: Χώροι για πιθανές σωματικές δραστηριότητες, π.χ. αίθουσες χορού, αίθουσες γυμναστικής και θεατρικές σκηνές C5: Χώροι προσβάσιμοι από μεγάλα πλήθη, π.χ. για δημόσιες εκδηλώσεις όπως αίθουσες συναυλιών, κλειστά γήπεδα, εξέδρες γηπέδων, εξώστες και χώροι πρόσβασης, πλατφόρμες σιδηροδρόμων.
D	Χώροι με εμπορικά καταστήματα	D1: Χώροι σε καταστήματα λιανικής πώλησης, γενικά D2: Χώροι σε πολυκαταστήματα

¹⁾ Εφιστάται η προσοχή στο 6.3.1.1(2), και συγκεκριμένα για το C4 και C5. Βλέπε EN 1990 στην περίπτωση που πρέπει να εξετασθούν οι δυναμικές επιδράσεις. Για την Κατηγορία E, βλ.πίνακα 6.3

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1 Βλέπε 6.3.2 για αποθήκευση ή βιομηχανικές δραστηριότητες.

Οι δε αντίστοιχες τιμές δράσεων q_k (ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο) και Q_k (συγκεντρωμένο φορτίο) συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα του ΕΠ [Πίν. 6.2]

Πίνακας 2.2 Επιβαλλόμενα φορτία ανά κατηγορία χρήσης³

Κατηγορίες φορτιζόμενων επιφανειών	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Κατηγορία Α και Κατηγορία Β		
- Δάπεδα	2,0	2,0
- Σκάλες	3,5	2,0
- Μπαλκόνια	5,0	3,0
Κατηγορία C		
- C1	3,0	3,0
- C2	5,0	4,0
- C3	5,0	4,0
- C4	5,0	4,0
- C5	7,5	4,5
Κατηγορία D		
- D1	5,0	4,0
- D2	5,0	4,0

Το συγκεντρωμένο φορτίο Q_k προορίζεται για τοπικούς ελέγχους και θα λαμβάνεται υπόψη ότι δρα μόνο του [6.3.1.2(3)].

Εφόσον το δάπεδο επιτρέπει διαφορετική κατανομή των φορτίων των κινητών χωρισμάτων, το ίδιο βάρος τους μπορεί να ληφθεί υπόψη μέσω ενός ομοιόμορφα κατανεμημένου φορτίου q_k το οποίο **θα προστίθεται** στα επιβαλλόμενα φορτία των δαπέδων που λαμβάνονται από τον Πίν. 6.2.

Αυτό το καθορισμένο ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο εξαρτάται από το ίδιο βάρος των χωρισμάτων κατά τον ακόλουθο τρόπο:

³ ΚΦΔΕ Μέρος ΙΙΙ, 8. Μεταβλητά Φορτία, εδ. 3 Δάπεδα (φορτία σε kg/m²)

	Τιμές εφαρμογής (σε kg/m ²)
1. Οριζόντιες στέγες ή στέγες με κλίση μέχρι 1:20, όταν δεν αποκλείεται η συγκέντρωση ανθρώπων σε αυτές (Δεν απαιτείται επαύξηση λόγω χιονιού)	200
2. Κατοικίες, γραφεία, ξενοδοχεία, χώροι εργασίας και διάδρομοί τους, σοφίτες, χώροι εκθέσεων και πωλήσεων μέχρι 50m ² , σταύλοι μικρών ζώων	200
3. Θάλαμοι νοσοκομείων και παρεμφερών καταστημάτων και διάδρομοί τους	300
4. Κλίμακες και πλατύσκαλα σε κατοικίες, αίθουσες διαλέξεων και διδασκαλίας	350
5. Αίθουσες συγκεντρώσεως, εκκλησίες, θέατρα, κινηματογράφοι, αίθουσες χορού ή γυμναστικής, αμφιθέατρα με ορισμένες θέσεις, διάδρομοι προς αίθουσες συγκεντρώσεων, διαλέξεων, διδασκαλίας κλπ., εξώστες και θεωρεία Χώροι εκθέσεων και πωλήσεων εμβαδού μεγαλύτερου των 50m ² Συνήθη καταστήματα, σφαγεία, αρτοποιεία, εργαστήρια και εργοστάσια με μικρή κίνηση, Βιβλιοπωλεία, Αρχεία, Βιβλιοθήκες (εφόσον έπειτα από υπολογισμό βάσει των τιμών των παρ.1 και 2 του Μέρους Ι δεν προκύπτει μεγάλο βάρος) Κλίμακες, πλατύσκαλα, είσοδοι, προπύλαια πάσης κατηγορίας (εκτός εκείνων του αριθ. 4) Αυλές χωρίς κυκλοφορία οχημάτων Σταύλοι μεγάλων ζώων	500
6. Αμφιθέατρα χωρίς ορισμένες θέσεις	750
7. Ανελκυστήρες. Για την ανάρτηση του ανελκυστήρα υπολογίζονται 1500kg ανά 100kg ωφέλιμου φορτίου του ανελκυστήρα.	

- για μετακινήσιμα χωρίσματα με ίδιον βάρος <1,0 kN/m μήκους τοίχου: $q_k=0,5 \text{ kN/m}^2$
- για μετακινήσιμα χωρίσματα με ίδιον βάρος >1,0 kN/m και <2,0 kN/m μήκους τοίχου: $q_k=0,8 \text{ kN/m}^2$
- για μετακινήσιμα χωρίσματα με ίδιον βάρος >2,0 kN/m και <3,0 kN/m μήκους τοίχου: $q_k=1,2 \text{ kN/m}^2$

Πιο βαριά χωρίσματα θα πρέπει να εξετάζονται στο σχεδιασμό λαμβάνοντας υπόψη τις θέσεις και κατευθύνσεις των χωρισμάτων και τη δομική μορφή των δαπέδων [6.3.1.2(8) και (9)].

2.6.2 Διατάξεις φορτίων [6.2]

2.6.2.1 Οριζόντια στοιχεία (πλάκες δαπέδων και στεγών, δοκοί) [6.2.1]⁴

Γενικά για το σχεδιασμό των πλακών και των δοκών το επιβαλλόμενο φορτίο θα λαμβάνεται υπόψη ως ελεύθερη δράση που εφαρμόζεται στο πιο δυσμενές τμήμα της επιφάνειας επιρροής των υπό εξέταση εντατικών μεγεθών. Όπου πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη τα φορτία σε άλλους ορόφους, επιτρέπεται να υποτεθεί ότι αυτά κατανέμονται ομοιόμορφα (ως σταθερές δράσεις).

Οι τιμές του q_k για τα επιβαλλόμενα φορτία των κατηγοριών χρήσης Α έως Ε του Πίν. 6.2, **τα οποία προέρχονται από μία μόνο κατηγορία**, μπορούν να μειωθούν ανάλογα με τις περιοχές που φορτίζουν το υπό εξέταση μέλος, μέσω ενός συντελεστή μείωσης α_A , σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση [ΕΞ. (6.1)], με τον περιορισμό για τις κατηγορίες C και D: $\alpha_A \geq 0,6$:

$$\alpha_A = \frac{5}{7} \psi_0 + \frac{A_0}{A} \leq 1,0$$

όπου: ψ_0 είναι ο συντελεστής σύμφωνα με το [EN 1990, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α1, Πίν. Α1.1]

$$A_0 = 10,0 \text{ m}^2$$

A είναι η φορτιζόμενη επιφάνεια

ΣΗΜΕΙΩΣΗ : Ο μειωτικός αυτός συντελεστής στη συγκεκριμένη περίπτωση εκφράζει κατ' ουσίαν την απομειούμενη πιθανότητα το κατανεμημένο φορτίο να φορτίζει την επιφάνεια με τη συγκεκριμένη χαρακτηριστική του τιμή. Προς υπενθύμιση παρατίθεται ο συγκεκριμένος Πίν. Α.1 .

⁴ ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ, 8. Μεταβλητά Φορτία, εδ. 6 Μείωση των μεταβλητών φορτίων.

Κατά τον υπολογισμό στοιχείων οικοδομικών έργων (στύλων, δοκών, τοίχων θεμελίων κλπ), που φέρουν τα φορτία περισσότερων από τρεις ορόφους και κατά τον υπολογισμό των εδαφικών πιέσεων, επιτρέπεται η μείωση των συνολικών μεταβλητών φορτίων.

Κατά τη μείωση αυτή τα μεταβλητά φορτία των τριών πρώτων υπερκείμενων ορόφων λαμβάνονται στο ακέραιο, ενώ τα φορτία των υπόλοιπων υπερκείμενων ορόφων μειώνονται κατά το ποσοστό που σημειώνεται στον παρακάτω πίνακα.

Για την περίπτωση ίσων κατ'όροφο μεταβλητών φορτίων οι αριθμοί 2 του παρακάτω πίνακα δίνουν το συντελεστή μείωσης του συνολικού μεταβλητού φορτίου (όλων των φορτιζόμενων ορόφων).

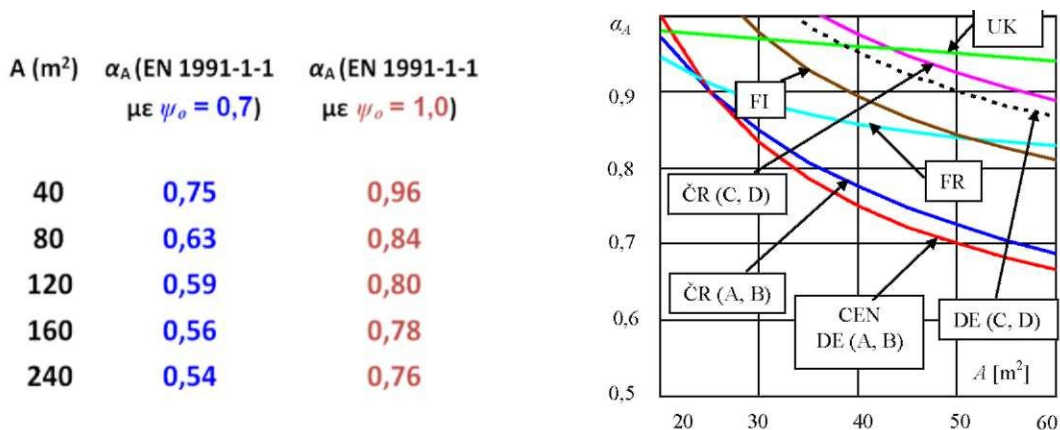
ΠΙΝΑΚΑΣ IV

Όροφοι	1 ^{ος}	2 ^{ος}	3 ^{ος}	4 ^{ος}	5 ^{ος}	6 ^{ος}	7 ^{ος}	8 ^{ος}	9 ^{ος}	10 ^{ος}
1. Ποσοστό μείωσης κατ'όροφον (%)	0	0	0	20	40	60	80	80	80	40
2. Συντελεστής μείωσης του συνολικού μεταβλητού φορτίου	1	1	1	0.95	0.88	0.80	0.74	0.65	0.60	0.60

Πίνακας 2.3 Προτεινόμενες τιμές των συντελεστών ψ για κτήρια

Δράσεις	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Επιβαλλόμενα φορτία σε κτήρια, κατηγορία (βλέπε EN 1991-1-1)			
Κατηγορία A: κατοικίες, συνήθη κτήρια κατοικιών	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία B: χώροι γραφείων	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία C: χώροι συνάθροισης	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία D: χώροι καταστημάτων	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία E: χώροι αποθήκευσης	1,0	0,9	0,8
Κατηγορία F: χώροι κυκλοφορίας οχημάτων βάρος οχημάτων < 30kN	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία G: χώροι κυκλοφορίας οχημάτων 30kN < βάρος οχημάτων < 160kN	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία H: στέγες	0	0	0
Φορτία χιονιού επάνω σε κτήρια (βλέπε EN 1991-1-3)*			
Φιλανδία, Ισλανδία, Νορβηγία, Σουηδία	0,70	0,50	0,20
Υπόλοιπα Κράτη Μέλη του CEN για τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο H > 1000 m	0,70	0,50	0,20
Υπόλοιπα Κράτη Μέλη του CEN για τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο H < 1000 m	0,50	0,20	0
Φορτία ανέμου σε κτήρια (βλέπε EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Θερμοκρασία (μη-πυρκαϊάς) σε κτήρια (βλέπε EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

Αμέσως στη συνέχεια παρουσιάζονται σε πινακοποιημένη μορφή τιμές του α_A για διάφορα εμβαδά φορτιζόμενης επιφάνειας, τόσο για τη συνήθη τιμή $\psi_0 = 0,7$, όσο και για τη σπανιότερη περίπτωση με $\psi_0 = 1,0$. Παραπλευρώς φαίνεται ένα συγκριτικό διάγραμμα σύγκρισης παρόμοιων μειωτικών συντελεστών σε εθνικούς κανονισμούς ορισμένων Κρατών μελών της CEN. Η κόκκινη καμπύλη (με την ένδειξη CEN) αντιστοιχεί στην εξίσωση του Ευρωκώδικα (και του ΕΠ).



Σχήμα 2.1 Τιμές του α_A για διάφορα A και ψ_0

2.6.2.2 Κατακόρυφα στοιχεία (υποστυλώματα και τοιχία) [6.2.2]

Γενικά για το σχεδιασμό υποστυλωμάτων και τοιχιών που δέχονται φόρτιση από πολλούς ορόφους, τα συνολικά επιβαλλόμενα φορτία στο δάπεδο κάθε ορόφου θα πρέπει να λαμβάνονται ως ομοιόμορφα κατανεμημένα φορτία, εφόσον δε κατατάσσονται σε μια από τις κατηγορίες A έως D του Πιν. 6.1 μπορούν δε να μειωθούν με ένα συντελεστή α_n σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση [(6.2)]:

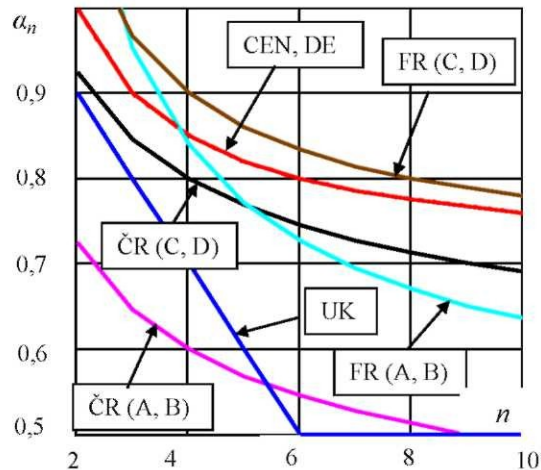
$$\alpha_n = \frac{2 + (n - 2)\psi_0}{n}$$

όπου: n είναι ο αριθμός των ορόφων (>2), της ίδιας κατηγορίας, που βρίσκονται πάνω από τα εξεταζόμενα φέροντα δομικά στοιχεία.
 ψ_0 είναι ο συντελεστής σύμφωνα με το [EN 1990, Παράρτημα A1, Πίνακας A1.1]

ΣΗΜΕΙΩΣΗ : Ο μειωτικός αυτός συντελεστής εκφράζει κατ' ουσίαν την απομειούμενη πιθανότητα το κατανεμημένο φορτίο να φορτίζει όλους τους υπερκείμενους ορόφους με τη συγκεκριμένη χαρακτηριστική του τιμή

Αμέσως στη συνέχεια παρουσιάζονται σε πινακοποιημένη μορφή (για τη συνήθη τιμή $\psi_0 = 0,7$) τιμές του α_n για διαφορετικό πλήθος ορόφων. Παραπλεύρως φαίνεται ένα συγκριτικό διάγραμμα σύγκρισης παρόμοιων μειωτικών συντελεστών σε εθνικούς κανονισμούς ορισμένων Κρατών μελών της CEN. Η κόκκινη καμπύλη (με την ένδειξη CEN) αντιστοιχεί στην εξίσωση του Ευρωκώδικα (και του ΕΠ).

n	α_n (με $\psi_0 = 0,7$)
1	1,00
2	1,00
3	0,90
4	0,85
5	0,82
6	0,80
7	0,79
8	0,78
9	0,77
10	0,76



Σχήμα 2.2 Τιμές του α_n για διάφορες τιμές του n ($\psi_0 = 0,7$)

2.6.3 Χαρακτηριστικές τιμές Επιβαλλόμενων Φορτίων [6.3]

2.6.3.1 Χώροι για αποθήκευση και βιομηχανικές δραστηριότητες [6.3.2]

Οι χώροι αυτοί σύμφωνα με το ΕΠ θα διαιρούνται σε δύο κατηγορίες [Πίν. 6.3 και 6.4]:

Πίνακας 2.4 Επιβαλλόμενα φορτία κατηγοριών αποθήκευσης και βιομηχανικής χρήσης

Κατηγορία	Συγκεκριμένη χρήση	Παράδειγμα
E1	Χώροι επιρρεπείς στην συγκέντρωση αγαθών, συμπεριλαμβανομένων των χώρων πρόσβασης Με τις ακόλουθες τιμές δράσεων: $q_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$ και $Q_k = 7,0 \text{ kN}$	Χώροι για αποθηκευτική χρήση συμπεριλαμβανομένης της αποθήκευσης βιβλίων και άλλων εγγράφων.
E2	Βιομηχανική χρήση	

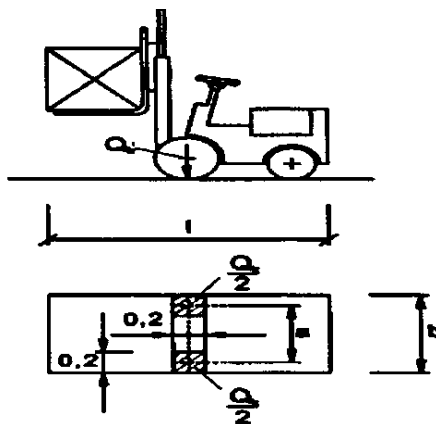
Οι χαρακτηριστικές τιμές του προηγούμενου πίνακα (για γενικούς και τοπικούς ελέγχους, αντίστοιχα) στην περίπτωση αποθηκευτικών χώρων θα πρέπει να προσδιορίζονται λαμβάνοντας υπόψη την πυκνότητα και τις ανώτατες τιμές σχεδιασμού για τα ύψη στοίβαξης. Όταν το αποθηκευμένο υλικό ασκεί οριζόντιες δυνάμεις στους τοίχους κλπ., η οριζόντια δύναμη θα πρέπει να προσδιορίζεται σύμφωνα με το EN 1991-4 (Σιλό και δεξαμενές), καθώς επίσης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι τυχόν επιδράσεις της διαδικασίας πλήρωσης ή εκκένωσης.

Τα φορτία για αποθηκευτικούς χώρους βιβλίων και άλλων εγγράφων θα πρέπει να προσδιορίζονται με βάση την φορτιζόμενη επιφάνεια και το ύψος των βιβλιοθηκών, χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες τιμές για την πυκνότητα. Για περιπτώσεις βιομηχανικών χώρων, όπου πρόκειται να εγκατασταθούν γερανογέφυρες, διάφορα μηχανήματα (λ.χ. μεταφοράς κλπ.), τα εντατικά μεγέθη στον φορέα θα πρέπει να προσδιορίζονται σύμφωνα με το EN 1991 -3.

Μια από τις καινοτομίες (σε σύγκριση με προγενέστερους κανονισμούς) του EN 1991 -1-1 είναι ότι συμπεριλαμβάνει τις δράσεις προερχόμενες από περνοφόρα ανυψωτικά οχήματα (Clark κ.τ.τ.), τα οποία κατατάσσονται σε 6 κατηγορίες FL 1 έως FL 6 [Πίν. 6.5 και 6.6.] ανάλογα με το καθαρό βάρος, τις διαστάσεις, τα φορτία ανύψωσης και το αξονικό φορτίο, όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα και το επεξηγηματικό του σχήμα :

Πίνακας 2.5 Διαστάσεις και αξονικά φορτία του περνοφόρου ανυψωτικού οχήματος σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση FL

Κατηγορία περνοφόρου ανυψωτικού μηχανήματος	Καθαρό Βάρος [kN]	Φόρτιση ανύψωσης [kN]	Πλάτος άξονα a [m]	Συνολικό Πλάτος b [m]	Συνολικό Μήκος l [m]	Αξονικό Φορτίο Q_k [kN]
FL 1	21	10	0,85	1,00	2,60	26
FL 2	31	15	0,95	1,10	3,00	40
FL 3	44	25	1,00	1,20	3,30	63
FL 4	60	40	1,20	1,40	4,00	90
FL 5	90	60	1,50	1,90	4,60	140
FL 6	110	80	1,80	2,30	5,10	170



Σχήμα 2.3 Διαστάσεις περνοφόρων ανυψωτικών οχημάτων

Φυσικά τα υπόψη συγκεντρωμένα φορτία θα συνδυάζονται κατάλληλα με τα λοιπά επιβαλλόμενα κατανεμημένα φορτία. Στην περίπτωση πάντως περνοφόρων ανυψωτικών οχημάτων με καθαρό βάρος μεγαλύτερο από 110 kN συνιστάται τα φορτία να ορίζονται μέσω ακριβέστερης ανάλυσης.

Εξάλλου το στατικό κατακόρυφο αξονικό φορτίο Q_k θα πρέπει να αυξάνεται μέσω του δυναμικού συντελεστή φ με βάση την ακόλουθη τη σχέση [εξ.(6.3)]:

$$Q_{k,dyn} = \varphi Q_k$$

όπου: $Q_{k,dyn}$ είναι η δυναμική χαρακτηριστική τιμή της δράσης
 φ είναι ο δυναμικός συντελεστής μεγέθυνσης
 Q_k είναι η στατική χαρακτηριστική τιμή της δράσης

Ο δυναμικός συντελεστής φ λαμβάνει υπόψη τα αδρανειακά εντατικά μεγέθη τα οποία προκαλούνται από την επιτάχυνση ή την επιβράδυνση του φορτίου ανύψωσης και θα λαμβάνεται τις ακόλουθες τιμές :

$\varphi = 1,40$ για ελαστικά με κενό αέρος
 $\varphi = 2,00$ για συμπαγή ελαστικά

Επίσης τα αναπτυσσόμενα λόγω επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης οριζόντια φορτία μπορούν να λαμβάνονται ως το 30% των κατακόρυφων αξονικών φορτίων Q_k . (χωρίς να απαιτείται δυναμική επαύξηση).

Σ' ότι αφορά οχήματα μεταφοράς που κινούνται ελεύθερα πάνω σε δάπεδα ή καθοδηγούνται πάνω σε ράγες, οι δράσεις τους θα πρέπει να προσδιορίζονται με χρήση κατάλληλου προσομοιώματος για τα φορτία τροχών (τιμές, διάταξη κλπ.). Ανάλογη αντιμετώπιση θα γίνεται για τα οχήματα ή τον ειδικό εξοπλισμό συντήρησης, με βάση τα δεδομένα της συγκεκριμένης περίπτωσης.

2.6.3.2 Κτήρια στάθμευσης και χώροι οδικής κυκλοφορίας (πλην των γεφυρών) [6.3.3]⁵

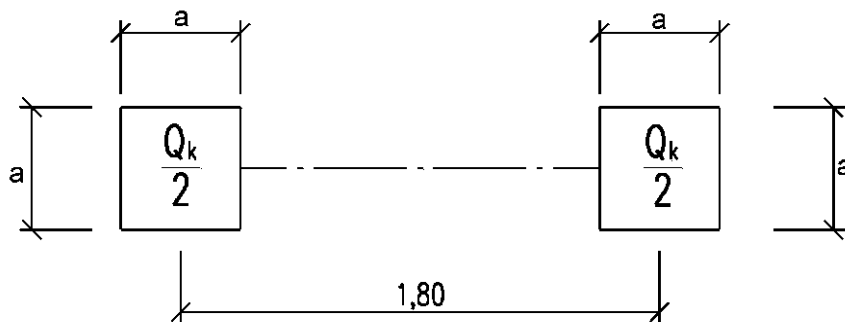
Στο EN 1991-1-1 προβλέπεται η διάκριση σε δύο κατηγορίες των χώρων οδικής κυκλοφορίας και στάθμευσης σε κτήρια, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των σταθμευόντων οχημάτων [Πίν. 6.7 και 6.8], όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα με βάση τις τιμές που υιοθετούνται στο ΕΠ:

Πίνακας 2.6 Επιβαλλόμενα φορτία σε γκαράζ και χώρους οδικής κυκλοφορίας

Κατηγορίες χώρων οδικής κυκλοφορίας	Συγκεκριμένη Χρήση	Παραδείγματα
(F)	Χώροι οδικής κυκλοφορίας και στάθμευσης για ελαφρά οχήματα (≤ 30 kN μικτό βάρος οχήματος και ≤ 8 καθίσματα εκτός αυτό του οδηγού) Με τις ακόλουθες τιμές δράσεων: $q_k = 2,5$ kN/m ² και $Q_k = 20,0$ kN	Γκαράζ Χώροι στάθμευσης, αίθουσες στάθμευσης
(G)	Χώροι οδικής κυκλοφορίας και στάθμευσης για μέτρια οχήματα (>30 kN, ≤ 160 kN μικτό βάρος οχήματος, σε 2 άξονες) Με τις ακόλουθες τιμές δράσεων: $q_k = 5,0$ kN/m ² και $Q_k = 90,0$ kN	Οδοί πρόσβασης, ζώνες φόρτωσης και εκφόρτωσης, ζώνες προσβάσιμες σε πυροσβεστικά οχήματα (≤ 160 kN μικτό βάρος οχήματος)

Σ' ότι αφορά το προσομοίωμα φόρτισης του συγκεντρωμένου φορτίου, είναι ένας μονός άξονας με τα χαρακτηριστικά του επόμενου σχήματος. Η διάσταση της πλευράς του τετραγώνου επαφής προβλέπεται 100 mm για την κατηγορία F και 200 mm για την κατηγορία G:

⁵ Σε δάπεδα, πάνω στα οποία κυκλοφορούν οχήματα, λαμβάνεται αύξηση 40% επί του συνολικού μεικτού βάρους του οχήματος.



Σχήμα 2.4 Χαρακτηριστικά φόρτισης συγκεντρωμένου φορτίου

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Για την κατηγορία F (βλέπε Πίνακα 6.8) το πλάτος της τετράγωνης επιφάνειας είναι 100 χιλιοστά (βλέπε Πίνακα 6.8) και για την κατηγορία G το πλάτος της τετράγωνης επιφάνειας είναι 200 χιλιοστά.

2.6.3.3 Στέγες [6.3.4]

Οι στέγες θα κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την προσβασιμότητά τους, όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα [Πίν. 6.9]:

Πίνακας 2.7 Κατηγοριοποίηση στεγών

Κατηγορίες φορτιζόμενων επιφανειών	Συγκεκριμένη Χρήση
H	Στέγες μη-προσβάσιμες παρά μόνο για την κανονική συντήρηση και για επισκευή.
I	Στέγες προσβάσιμες για χρήση σύμφωνα με τις κατηγορίες A έως D
K	Στέγες προσβάσιμες για ειδικές χρήσεις , όπως ελικοδρόμια

Για τις προσβάσιμες στέγες της κατηγορίας **I** τα επιβαλλόμενα φορτία δίδονται στους οικείους (ανάλογα με τη χρήση) πίνακες που προαναφέρονται. Τα επιβαλλόμενα φορτία για τις στέγες της κατηγορίας **H** και της κατηγορίας **K** συνοψίζονται στους επόμενους δύο πίνακες [Πίν. 6.10 και 6.11]:

Πίνακας 2.8 Επιβαλλόμενα φορτία στις στέγες κατηγορίας H

Στέγη (κλίση < 20°)	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Κατηγορία H	0,5	1,0

ΣΗΜΕΙΩΣΗ : Το q_k μπορεί να θεωρηθεί ότι δρα είτε σε όλη τη στέγη είτε σε ένα τμήμα της στέγης εμβαδού, πάντως όχι μικρότερου, των 10m² .

Και για τις στέγες θα πρέπει να πραγματοποιούνται ξεχωριστοί έλεγχοι για το συγκεντρωμένο φορτίο Q_k και το ομοιόμορφα κατανομημένο φορτίο q_k , που δρουν ανεξάρτητα. Επίσης (με εξαίρεση αυτές που αποτελούνται από χαλυβδόφυλλα) θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να αντέχουν σε ένα φορτίο 1,5 kN που επιβάλλεται μέσω μιας τετράγωνης επιφάνειας πλευράς 50mm. Αυτό το συγκεντρωμένο φορτίο θα λαμβάνεται επίσης υπόψη ως ελάχιστο για τον έλεγχο διαδρόμων σε εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης, επιθεώρησης κ.τ.τ. Τμήματα στεγών που απαρτίζονται από ελάσματα ή μη συνεχή στοιχεία θα σχεδιάζονται έτσι ώστε το συγκεντρωμένο φορτίο Q_k να δρα επί της ενεργούς επιφάνειας που δημιουργείται μέσω διατάξεων διανομής του φορτίου.

Για στέγες κατηγορίας K οι δράσεις από τα ελικόπτερα στους χώρους προσγείωσης θα πρέπει να καθορίζονται σύμφωνα με τον επόμενο λαμβάνοντας υπόψη και δυναμικό συντελεστή

$\phi=1,40$ εφαρμοζόμενο στο φορτίο απογείωσης Q_k προκειμένου να ληφθούν υπόψη τα αποτελέσματα της πρόσκρουσης.

Πίνακας 2.9 Επιβαλλόμενα φορτία σε στέγες της κατηγορίας K για ελικόπτερα

Κατηγορία ελικόπτερου	Φορτίο απογείωσης Q του ελικοπτερού	Φορτίο απογείωσης Q_k	Διαστάσεις της φορτιζόμενης επιφάνειας (m x m)
HC 1	$Q \leq 20\text{kN}$	$Q_k = 20\text{kN}$	0,2 x 0,2
HC 2	$20\text{kN} < Q < 60\text{kN}$	$Q_k = 60\text{kN}$	0,3 x 0,3

2.6.3.4 Οριζόντια φορτία σε στηθαία και διαχωριστικούς τοίχους που λειτουργούν ως κιγκλιδώματα [6.4]⁶

Σύμφωνα με το ΕΠ ο χαρακτηριστικές τιμές του γραμμικού φορτίου q_k που δρα στο ύψος του διαχωριστικού τοίχου ή των στηθαίων (όχι υψηλότερα από 1,20μ) θα πρέπει να λαμβάνονται από τον ακόλουθο πίνακα [Πίν. 6.12].

Πίνακας 2.10 Οριζόντια φορτία σε διαχωριστικούς τοίχους και στηθαία

Φορτιζόμενη επιφάνεια	q_k [kN/m]
Κατηγορία A	0,5
Κατηγορία B και C1	0,5
Κατηγορίες C2 έως C4 και D	1,0
Κατηγορία C5	3,0
Κατηγορία E	2,0
Κατηγορία F	Βλέπε Παράρτημα B
Κατηγορία G	Βλέπε Παράρτημα B

ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1: Για τους χώρους της κατηγορίας E τα οριζόντια φορτία εξαρτώνται από τη χρήση. Για αυτό η τιμή του q_k ορίζεται ως ελάχιστη τιμή και θα πρέπει να ελέγχεται για την συγκεκριμένη χρήση.

Στο Παράρτημα B (του οποίου διατηρείται ο πληροφοριακός χαρακτήρας) προτείνεται μια απλή μέθοδος υπολογισμούς της δύναμης πρόσκρουσης σε στηθαίο (εφόσον είναι γνωστά μερικά βασικά δεδομένα), η οποία δείχνεται συνοπτικά στη συνέχεια :

Η οριζόντια χαρακτηριστική δύναμη F (σε kN) κάθετη στο κιγκλιδωμά και ομοιόμορφα κατανομημένη κατά μήκος 1,5 μέτρου ενός κιγκλιδώματος χώρου στάθμευσης, που πρέπει να αντισταθεί στην πρόσκρουση ενός οχήματος, δίδεται από την ακόλουθη εξίσωση

$$F = 0,5mv^2 / (\delta_c + \delta_b)$$

όπου: m είναι το μικτό βάρος του οχήματος σε (kg)
 v είναι η ταχύτητα του οχήματος (σε m/s) κάθετα προς το κιγκλιδωμά
 δ_c είναι η παραμόρφωση του οχήματος (σε mm)
 δ_b είναι η παραμόρφωση του κιγκλιδώματος (σε mm)

- Εφόσον ο χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων είναι σχεδιασμένος για μικτό βάρος οχημάτων μέχρι 2500kg, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες τιμές για τον προσδιορισμό της δύναμης F :

⁶ ΚΦΔΕ Μέρος III, 8. Μεταβλητά Φορτία, εδ. 4 Στηθαία, Κιγκλιδώματα

Οριζόντια ώθηση εφαρμοζόμενη στο άνω άκρο (σε kg/m)

1. Σε κλίμακες και εξώστες (πλην αυτών που βρίσκονται σε χώρους που αναφέρονται στον αριθ. 2)	50
2. Σε αίθουσες συγκεντρώσεων, εκκλησίες, σχολεία, θέατρα, κινηματογράφους, χώρους αναψυχής, αθλητικές εγκαταστάσεις και αμφιθέατρα	100

$$m = 1500\text{kg}$$

$$v = 4,5\text{m/s}$$

$\delta_c = 100\text{mm}$ εκτός εάν είναι διαθέσιμα ακριβέστερα στοιχεία.

Για ένα δύσκαμπτο κιγκλίδωμα, για το οποίο το δ_b μπορεί να δίδεται ως μηδέν, η χαρακτηριστική δύναμη F για οχήματα με μικτό βάρος έως και 2500kg λαμβάνεται ως 150kN

- Εφόσον ο χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων είναι σχεδιασμένος για μικτό βάρος οχημάτων άνω των 2500kg, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες τιμές για τον προσδιορισμό της χαρακτηριστικής δύναμης F :

m = πραγματικό βάρος του οχήματος για το οποίο είναι σχεδιασμένος ο χώρος στάθμευσης (σε kg)

$$v = 4,5\text{m/s}$$

$\delta_c = 100\text{mm}$ εκτός εάν είναι διαθέσιμα ακριβέστερα στοιχεία.

Περιεχόμενα Παραρτήματος Α (πληροφοριακού)

Ονομαστικές πυκνότητες και γωνίες εσωτερικής τριβής⁷

Πίνακας Α.1 - Δομικά υλικά - σκυρόδεμα και κονιάματα

Πίνακας Α.2 - Δομικά υλικά - τοιχοποιίες

Πίνακας Α.3 - Δομικά υλικά - ξυλεία

Πίνακας Α.4 - Δομικά υλικά - μέταλλα

Πίνακας Α.5 - Δομικά υλικά - άλλα υλικά

Πίνακας Α.6 - Υλικά γεφυρών

Πίνακας Α.7 - Αποθηκευόμενα υλικά - δομικά

Πίνακας Α.8 - Αποθηκευόμενα προϊόντα - αγροτικά

Πίνακας Α.9 - Αποθηκευόμενα προϊόντα - τρόφιμα

Πίνακας Α.10 - Αποθηκευόμενα προϊόντα - υγρά

Πίνακας Α.11 - Αποθηκευόμενα προϊόντα - στερεά καύσιμα

Πίνακας Α.12 - Αποθηκευόμενα προϊόντα - βιομηχανικά και γενικά

⁷ ΚΦΔΕ Μέρος Ι, 2. Φαινόμενα βάρη δομικών υλικών

εδ. 1. Φυσικοί λίθοι και πλίνθοι, Συντρίμματα πετρωμάτων (kg/m^3)

εδ. 2. Κονίες

εδ. 3. Ξυλεία στεγνωμένη στον αέρα με φυσική υγρασία

εδ. 4. Μέταλλα

3. Φαινόμενα βάρη φερόμενων υλικών και γωνίες φυσικού πρηνούς

Μέρος ΙΙ, 4. Φαινόμενα βάρη κονιαμάτων

5. Φαινόμενα βάρη τοίχων και σκυροκονιαμάτων

εδ. 1. Κοινές λιθοδομές

εδ. 2. Ξυστές λιθοδομές

εδ. 3. Πλινθοδομές

εδ. 4. Σκυροκονιάματα

6. Βάρη επιστρώσεων πατωμάτων και δωματίων σε kg/m^3 (συμπεριλαμβανομένου και του βάρους του επιχρίσματος 1 εκ. πάχους της κάτωθεν οροφής)

εδ. 1. Ξύλινα δάπεδα

εδ. 2. Δάπεδα από μωσαϊκό

εδ. 3. Πλακοστρώσεις

7. Βάρη ξύλινων πατωμάτων και στεγών

3. ΔΡΑΣΕΙΣ ΧΙΟΝΙΟΥ (EN 1991-1-3)

3.1 Εισαγωγή

3.1.1 Σκοπός

Ο προσδιορισμός της δράσεως του χιονιού σε δομήματα Πολιτικού Μηχανικού (ως σύνολο) καθώς και σε επιμέρους στοιχεία των δομημάτων.

3.1.2 Πεδίο εφαρμογής

Κτήρια και τεχνικά έργα μέχρι υψόμετρο 1500m. Για τοποθεσίες με υψόμετρο μεγαλύτερο από 1500m πρέπει να γίνεται ειδική μελέτη και αξιολόγηση.

Ο Ευρωκώδικας αυτός **δεν** εφαρμόζεται για:

- Κρουστικά φορτία χιονιού που μπορεί να προκληθούν από ολίσθηση και πτώση χιονιού από μια υψηλότερη στέγη.
- Πρόσθετα φορτία ανεμοπίεσεως που μπορεί να προκληθούν από την αλλαγή του σχήματος ή του μεγέθους της κατασκευής λόγω της παρουσίας χιονιού ή πάγου.
- Φορτία σε περιοχές με χιονοκάλυψη καθ' όλη την διάρκεια του έτους.
- Φορτία λόγω της ύπαρξης πάγου.
- Πλευρικά φορτία χιονιού (π.χ.: πλευρική πίεση λόγω συσσώρευσης χιονιού.)
- Φορτία χιονιού επί γεφυρών.

3.1.3 Κατάταξη της δράσεως του χιονιού

Το χιόνι χαρακτηρίζεται ως μια στατική δράση, μεταβλητή ως προς τον χρόνο αλλά σταθερή ως προς τον χώρο. Σε ειδικές καταστάσεις η δράση του χιονιού μπορεί να θεωρηθεί ως τυχαυματική δράση, συνήθως μικρής διάρκειας αλλά σημαντικής έντασης με μικρή πιθανότητα εμφάνισης κατά την διάρκεια της ωφέλιμης διάρκειας της κατασκευής.

3.1.4 Εθνικά δεδομένα

Όσα στοιχεία εξαρτώνται από την τοποθεσία του δομήματος και την ποιότητα των μετεωρολογικών στοιχείων δίνονται στα εθνικά προσαρτήματα της κάθε χώρας.

3.2 Βασικές έννοιες, ορισμοί

Στον Ευρωκώδικα αυτό εισάγονται οι εξής έννοιες:

3.2.1 Χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού επί του εδάφους (s_k)⁸ [1.6.1]

Είναι το φορτίο χιονιού στο έδαφος με ετήσια πιθανότητα υπέρβασης 2%, το οποίο προέκυψε μη λαμβάνοντας υπόψη τα «εξαιρετικά» φορτία χιονιού.

3.2.2 Εξαιρετικό φορτίο χιονιού επί του εδάφους [1.6.3]

Το φορτίο του στρώματος χιονιού επί του εδάφους, που είναι αποτέλεσμα μιας χιονοπτώσεως με εξαιρετικά σπάνια πιθανότητα εμφανίσεως. Σε ορισμένες περιοχές έχουν παρατηρηθεί εξαιρετικά έντονα χιονοκαλύψεις ως αποτέλεσμα χιονοπτώσεων σημαντικά μεγαλύτερων από ότι συνήθως παρατηρείται στην περιοχή. Το να συμπεριλάβει κανείς τις χιονοπτώσεις αυτές στην στατιστική επεξεργασία θα οδηγήσει σε δυσανάλογα μεγάλες τιμές του χαρακτηριστικού φορτίου χιονιού επί του εδάφους.

⁸ Ο Κανονισμός Φορτίσεως Δομικών Έργων ορίζει αντί του s_k το h (σε m), δηλαδή το μέγιστο πάχος του στρώματος του χιονιού σε οριζόντια και ελεύθερη από εμπόδια επιφάνεια. Όπου το h δεν είναι επαρκώς γνωστό μπορεί να λαμβάνεται ίσο με 0.50m .

Πότε ένα φορτίο χιονιού επί του εδάφους χαρακτηρίζεται ως εξαιρετικό»? Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή έρευνα για την σύνταξη των χαρτών ακολουθήθηκε ως εξής ορισμός του εξαιρετικού φορτίου χιονιού:

Αν ο λόγος της μέγιστης παρατηρηθείσας τιμής του φορτίου χιονιού επί του εδάφους, s_{max} , προς την χαρακτηριστική τιμή, s_k , του φορτίου χιονιού που προκύπτει αγνοώντας την μέγιστη αυτή τιμή, είναι μεγαλύτερος του 1.5 τότε η μέγιστη παρατηρηθείσα τιμή πρέπει να θεωρηθεί ως εξαιρετική τιμή.

3.2.3 Χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού επί της στέγης (s) [1.6.4]

Είναι το γινόμενο της χαρακτηριστικής τιμής φορτίου χιονιού επί του εδάφους με τους κατάλληλους συντελεστές (συντελεστής σχήματος της στέγης, συντελεστής έκθεσης και θερμικός συντελεστής). Από τους τρεις συντελεστές καθοριστικός είναι ο συντελεστής σχήματος της στέγης.

3.2.4 Μη παρασυρμένο φορτίο χιονιού επί της στέγης [1.6.5]

Η διάταξη του φορτίου που περιγράφει το ομοιόμορφα κατανομημένο φορτίο χιονιού επί της στέγης το οποίο επηρεάζεται μόνον από το σχήμα της στέγης, πριν συμβεί οποιαδήποτε αναδιάταξη του χιονιού λόγω άλλων κλιματολογικών δράσεων.

3.2.5 Παρασυρμένο φορτίο χιονιού επί της στέγης [1.6.6]

Η διάταξη φορτίου που περιγράφει την κατανομή του φορτίου χιονιού επί της στέγης που είναι αποτέλεσμα της μετατόπισης του χιονιού από μια θέση σε άλλη θέση της στέγης π.χ. λόγω της δράσης του ανέμου.

3.2.6 Εξαιρετική παράσυρση-συσσώρευση φορτίου χιονιού επί της στέγης⁹ [1.6.10]

Η διάταξη φορτίου που περιγράφει το φορτίο του στρώματος χιονιού επί της στέγης το οποίο είναι αποτέλεσμα ενός εξαιρετικά σπάνιου τρόπου απόθεσης ή μετατόπισής του. Οι εξαιρετικές παρασύρσεις αντιμετωπίζονται με τους κατάλληλους συντελεστές σχήματος που δίνονται στο Παράρτημα Β.

3.3 Η φύση της δράσεως του χιονιού

3.3.1 Καθορισμός της δράσεως του χιονιού

Η δράση του χιονιού θεωρείται ότι εξασκείται στις στέγες (οριζόντιες ή μη) των κτηρίων και άλλων τεχνικών έργων. Ως δράση λαμβάνεται το φορτίο (ομοιόμορφο ή μη) που οφείλεται στο ίδιο βάρος του χιονιού το οποίο έχει συσσωρευθεί είτε από ελεύθερη πτώση είτε έχει παρασυρθεί (είτε φυσικά λόγω της κλίσεως της στέγης ή/και του ανέμου είτε τεχνητά). Η δράση του χιονιού θεωρείται στατική, μεταβλητή στον χρόνο και σταθερή στον χώρο.

Το φορτίο χιονιού στην στέγη, s , προκύπτει από το χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού στο έδαφος, s_k , (σε kPa) και το οποίο τροποποιείται με μια σειρά συντελεστών οι οποίοι λαβαίνουν υπόψη τους:

- την διαφοροποίηση του φορτίου από το έδαφος στην στέγη (συντελεστής σχήματος, μ),
- την έκθεση της στέγης στα καιρικά φαινόμενα (συντελεστής έκθεσης, C_e) και
- την επίδραση της θερμοκρασίας στην συσσώρευση του χιονιού στην στέγη (θερμικός συντελεστής, C_t).

$$\text{Είναι δηλαδή: } s = \mu_i C_e C_t s_k \quad [(5.1)]$$

3.3.2 Καταστάσεις σχεδιασμού [Κεφάλαιο 3]

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 1990, οι καταστάσεις σχεδιασμού κατατάσσονται ως εξής:

⁹ Απαιτείται να λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό του φορτίου χιονιού, το ενδεχόμενο κανονικής ή μονόπλευρης φόρτισης της στέγης λόγω χιονιού.

- "Με διάρκεια": αναφέρονται στην κανονική χρήση
- "Παροδικές": προσωρινές καταστάσεις που αναφέρονται στην φάση της ανέγερσης ή επισκευής
- "Τυχηματικές": αναφέρονται σε εξαιρετικές συνθήκες στις οποίες μπορεί να εκτεθεί η κατασκευή
- "Σεισμικές": αναφέρονται στην έκθεση του φορέα σε σεισμικές δράσεις

Στην περίπτωση της δράσεως του χιονιού, ανάλογα με την χιονόπτωση (εξαιρετική ή μη εξαιρετική) και την παράσυρση του χιονιού (εξαιρετική ή μη εξαιρετική) διακρίνονται τέσσερις δυνατές περιπτώσεις (βλ. και τον Πίνακα Α.1 του ΠΑΡΑΤΗΜΑΤΟΣ Α):

Πίνακας 3.1 Περιπτώσεις φόρτισης αναλόγως χιονόπτωσης και παράσυρσης

		Χιονόπτωση	
		Μη εξαιρετική	Εξαιρετική
Παράσυρση	Μη εξαιρετική	Περίπτωση Α	Περίπτωση Β1
	Εξαιρετική	Περίπτωση Β2	Περίπτωση Β3

Για όλες τις τέσσερις Περιπτώσεις (Α, Β1, Β2 και Β3) θα πρέπει να εξετάζονται οι **"Με διάρκεια"** και **"Παροδικές"** καταστάσεις σχεδιασμού:

- Χωρίς παράσυρση: $s = \mu_i C_e C_t s_k$
- Με παράσυρση: $s = \mu_i C_e C_t s_k$

Για τις οποίες οι συνδυασμοί είναι:

- Όταν η δράση του χιονιού είναι κύρια μεταβλητή δράση:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_s S + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Όταν η δράση του χιονιού είναι συνοδεύουσα δράση:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \gamma_s \psi_{0,s} S + \sum_{i > 2} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Επιπλέον, μόνον για τις τρεις περιπτώσεις Β (Β1, Β2 και Β3) θα πρέπει να εξετάζονται οι **"Τυχηματικές"** καταστάσεις σχεδιασμού όπου το χιόνι είναι η τυχηματική δράση:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + A_d + P + \psi_{1,1} \psi_{2,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 2} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Όπου A_d είναι η τιμή της τυχηματικής δράσεως του χιονιού η οποία είναι για την:

- Περίπτωση Β1:

- Χωρίς παράσυρση: $A_d = s = \mu_j C_e C_t C_{esi} s_k$
- Με παράσυρση: $A_d = s = \mu_j C_e C_t C_{esi} s_k$

Περίπτωση Β2:

- Με παράσυρση: $A_d = \mu_i s_k$ (για στέγες του Παραρτήματος Β)

- Περίπτωση Β3:

- Χωρίς παράσυρση: $A_d = s = \mu_j C_e C_t C_{esi} s_k$
- Με παράσυρση: $A_d = s = \mu_i s_k$ (για στέγες του Παραρτήματος Β)

Η συνιστώμενη τιμή του συντελεστή εξαιρετικών φορτίων χιονιού είναι: $C_{esi} = 2.0$

Οι συνιστώμενες τιμές για τους συντελεστές ψ_0 , ψ_1 και ψ_2 για την δράση του χιονιού δίνονται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 3.2 Συντελεστές συνδυασμού για δράσεις χιονιού

Περιοχές με υψόμετρο	Τιμή συνδυασμού ψ_0	Συχνή τιμή ψ_1	Οιονεί μόνιμη τιμή ψ_2
1500m > H > 1000m	0,70	0,50	0,20
1000m > H	0,50	0,20	0,00

3.3.3 Χάρτες χαρακτηριστικού φορτίου χιονιού στο έδαφος

Το χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού στο έδαφος, s_k , εξαρτάται από την γεωγραφική θέση και το υψόμετρο της περιοχής. Στο Παράρτημα Γ του Ευρωκώδικα δίνονται χάρτες με τις χαρακτηριστικές τιμές του φορτίου χιονιού, ανηγμένες στην στάθμη της θάλασσας, για τις Ευρωπαϊκές χώρες. Οι τιμές αυτές έχουν προκύψει από μια συντονισμένη έρευνα μεταξύ όλων των χωρών. Το Παράρτημα Γ είναι πληροφοριακό και δεν πρέπει να χρησιμοποιείται στους υπολογισμούς μιας και οι κανονιστικές διατάξεις του έχουν ενσωματωθεί με ελαφρές μικροδιαφορές. Με βάση την έρευνα αυτή, κάθε χώρα χωρίζεται, με κλιματικά κριτήρια, σε περιοχές στις οποίες η τιμή του χαρακτηριστικού φορτίου χιονιού στο έδαφος στην στάθμη της θάλασσας είναι σταθερή.

Οι τρεις ζώνες στις οποίες χωρίζεται η Χώρα είναι οι εξής:

Ζώνη Α: Νομοί Αρκαδίας, Ηλείας, Λακωνίας, Μεσσηνίας και όλα τα νησιά πλην των Σποράδων και της Εύβοιας

Ζώνη Γ: Νομοί Μαγνησίας, Φθιώτιδας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Λάρισας, Σποράδες και Εύβοια

Ζώνη Β: Υπόλοιπη Χώρα

Επειδή το χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού στο έδαφος εξαρτάται, με παραβολικό τρόπο, και από το υψόμετρο της περιοχής, δίνεται η σχέση μεταβολής του χαρακτηριστικού φορτίου συναρτήσει του υψομέτρου. Η σχέση που προέκυψε για την Ελλάδα είναι:

$$s_k = (0,420Z - 0,030) \left[1 + \left(\frac{A}{917} \right)^2 \right]$$

όπου: A^{10} το υψόμετρο της περιοχής σε m [1.6.2],

Z αριθμός που παίρνει τις τιμές 1, 2 και 4 για τις τρεις ζώνες Α, Β και Γ αντίστοιχα.

Στο Εθνικό Προσάρτημα η παραπάνω σχέση απλοποιήθηκε ως εξής:

$$s_k = s_{k,0} \left[1 + \left(\frac{A}{917} \right)^2 \right]$$

όπου:

$s_{k,0}$ το χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού στο έδαφος στην στάθμη της θάλασσας και το οποίο παίρνει τιμές αναλόγως της ζώνης της περιοχής όπως φαίνεται και στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 3.3 Χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού στη στάθμη της θάλασσας

Ζώνη	$s_{k,0}$ (kN/m ²)
1	0.4
2	0.8
4	1.7

A είναι το υψόμετρο της περιοχής σε m το οποίο μετριέται με ακρίβεια 100m και στρογγυλεύεται στην αμέσως μεγαλύτερη εκατοντάδα.

Ειδικώς για την ζώνη Γ και για υψόμετρα μεγαλύτερα των 1000m, απαιτείται ειδική μελέτη, από την οποία η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού επί του εδάφους s_k θα προκύψει με την χρήση κατάλληλης στατιστικής επεξεργασίας μακροχρόνιων μετρήσεων (τουλάχιστον 20 ετών)

¹⁰ Ο ΚΦΔΕ αναφέρει ότι σε μεγάλα υψόμετρα ή σε θέσεις εξαιρετικά επιβαρυνόμενες από πτώση χιονιού η τιμή του h αυξάνεται αναλόγως.

που έγιναν σε καλά προφυλαγμένο (υπήνεμο) χώρο κοντά στον τόπο του έργου. Πάντως στην περίπτωση που δεν υπάρχει καμία άλλη πληροφορία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η προεκβολή της καμπύλης Γ και για υψόμετρα μεγαλύτερα των 1000m, αλλά οι τιμές που προκύπτουν είναι δυσανάλογα μεγάλες.

Πίνακας 3.4 Χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού στο έδαφος, s_k , συναρτήσει του υψομέτρου για τις τρεις ζώνες της Ελλάδος (σε kPa)

Υψόμετρο A (m)		Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ
από	έως			
0	100	0.40	0.81	1.72
100	200	0.42	0.84	1.78
200	300	0.44	0.89	1.88
300	400	0.48	0.95	2.02
400	500	0.52	1.04	2.21
500	600	0.57	1.14	2.43
600	700	0.63	1.27	2.69
700	800	0.70	1.41	2.99
800	900	0.79	1.57	3.34
900	1000	0.88	1.75	3.72
1000	1100	0.98	1.95	Απαιτείται Ειδική μελέτη
1100	1200	1.08	2.17	
1200	1300	1.20	2.41	
1300	1400	1.33	2.66	
1400	1500	1.47	2.94	
1500	Και άνω	Δεν καλύπτεται από τον Ευρωκώδικα		

3.3.4 Συντελεστής έκθεσης και θερμικός συντελεστής [1.6.9 , 1.6.8]

Η έκθεση μιας κατασκευής στην δράση του ανέμου καθώς και η διάδοση της θερμότητας διαμέσου μιας μη μονωμένης στέγης επηρεάζουν την συσσώρευση του χιονιού στην στέγη. Για να ληφθούν υπόψη τα φαινόμενα αυτά ο Ευρωκώδικας εισάγει τον συντελεστή έκθεσης, C_e , και τον θερμικό συντελεστή, C_t .

Γενικώς ο συντελεστής έκθεσης λαμβάνεται ίσος με την μονάδα $C_e=1$, εκτός αν η κατασκευή είναι προφυλαγμένη ή εκτεθειμένη οπότε ο συντελεστής C_e αυξομειώνεται κατά 20% αντιστοίχως.

Πίνακας 3.5 Συνιστώμενες τιμές του C_e για διάφορα τοπογραφικά

Τοπογραφικά Χαρακτηριστικά	C_e
Εκτεθειμένο	0,8
Κανονικό	1,0
Προφυλαγμένο	1,2

Το Εκτεθειμένο αντιστοιχεί σε επίπεδες εκτάσεις χωρίς εμπόδια εκτεθειμένες από όλες τις πλευρές χωρίς καθόλου, ή με λίγη προστασία από το φυσικό ανάγλυφο, τις υψηλότερες κατασκευές, ή τα δέντρα. Το Κανονικό αντιστοιχεί σε περιοχές όπου η θεωρούμενη κατασκευή είναι σημαντικά χαμηλότερη από το φυσικό ανάγλυφο, ή περιβάλλεται από υψηλά δένδρα ή/και από υψηλότερες κατασκευές και το Προφυλαγμένο αναφέρεται σε περιοχές όπου δεν υπάρχει σημαντική μετακίνηση του χιονιού από τον άνεμο στις κατασκευές, λόγω του φυσικού αναγλύφου, των υψηλότερων κατασκευών, ή των δέντρων.

Η επιλογή της τιμής του C_e πρέπει να λαμβάνει υπόψη της την μελλοντική εξέλιξη της περιοχής γύρω από την εξεταζόμενη περιοχή, ιδίως όταν η εξέλιξη είναι προς την δυσμενή κατεύθυνση: Για παράδειγμα σε μια περιοχή, η οποία σήμερα είναι εκτεθειμένη και ενδεχομένως η χρήση της τιμής 0,8 να ήταν δικαιολογημένη, μπορεί στο μέλλον οι συνθήκες να αλλάξουν και η περιοχή να πρέπει να χαρακτηριστεί ως κανονική με συντελεστή έκθεσης ίσο με 1,0.

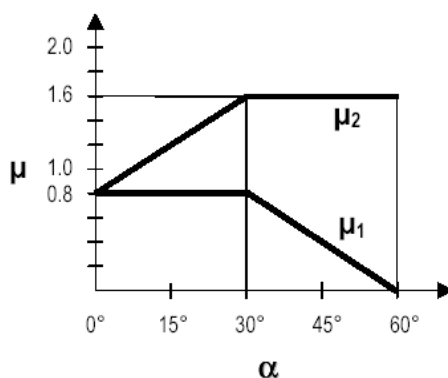
Ομοίως ο θερμικός συντελεστής λαμβάνεται γενικώς ίσος με την μονάδα: $C_i=1$. Παρόλο που θεωρητικώς προβλέπεται η δυνατότητα και για τιμές του C_i μικρότερες της μονάδας ιδίως σε ορισμένες γυάλινες στέγες, όπου το χιόνι λιώνει λόγω των απωλειών θερμότητας, ωστόσο ούτε στον Ευρωκώδικα ούτε στο Εθνικό Προσάρτημα δίνονται τιμές μικρότερες της μονάδας. Σχετικώς αξίζει να σημειωθεί ότι δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις όπου σε μια μεγάλη χιονόπτωση παρατηρείται ταυτόχρονα και βλάβη στο σύστημα θέρμανσης (π.χ. από διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος, ή πάγωμα του πετρελαίου) οπότε στην περίπτωση αυτή θα έπρεπε ο θερμικός συντελεστής να ληφθεί ίσος με την μονάδα.

3.3.5 Συντελεστές σχήματος φορτίου χιονιού επί της στέγης [1.6.7]

Οι συντελεστές σχήματος της στέγης χρησιμοποιούνται για την αναγωγή από το φορτίο χιο-νιού στο έδαφος σε φορτίο χιονιού στη στέγη. Γενικώς το φορτίο χιονιού στην στέγη εξαρτάται από:

- το σχήμα της στέγης και την κλίση της στέγης. Γενικώς θεωρείται ότι το χιόνι δεν μπορεί να παραμείνει σε στέγες με κλίση μεγαλύτερη των 60° , εκτός αν υπάρχουν εμπόδια, προεξοχές ή φράχτες.
- τις θερμικές ιδιότητες της στέγης και την παραγόμενη θερμότητα κάτω από την στέγη
- την τραχύτητα της επιφάνειας της στέγης
- την γειτνίαση με άλλα υψηλότερα κτήρια
- την τοπογραφία της περιοχής
- το μικροκλίμα της περιοχής (και κυρίως την έκθεση στον άνεμο)

Οι συντελεστές σχήματος στέγης, μ , δίνονται στην παράγραφο 5.3 του Ευρωκώδικα για παρασυρμένο και για μη παρασυρμένο χιόνι για περιπτώσεις μη εξαιρετικής μετατόπισης. Για τις περιπτώσεις εξαιρετικής μετατόπισης του χιονιού οι συντελεστές σχήματος δίνονται στο Παράρτημα Β του Ευρωκώδικα.



Σχήμα 3.1 Συντελεστές σχήματος φορτίου χιονιού (μ)¹¹

Ακολουθούν πίνακες που δίνουν τους συντελεστές σχήματος για διάφορες περιπτώσεις φορτίσεων στεγών λόγω χιονιού.

¹¹ ΚΦΔΕ Μέρος III, εδ.1, μη βατές στέγες

α) Το βάρος του χιονιού αναλόγως των τοπικών συνθηκών λαμβάνεται από τον πίνακα I

ΠΙΝΑΚΑΣ I

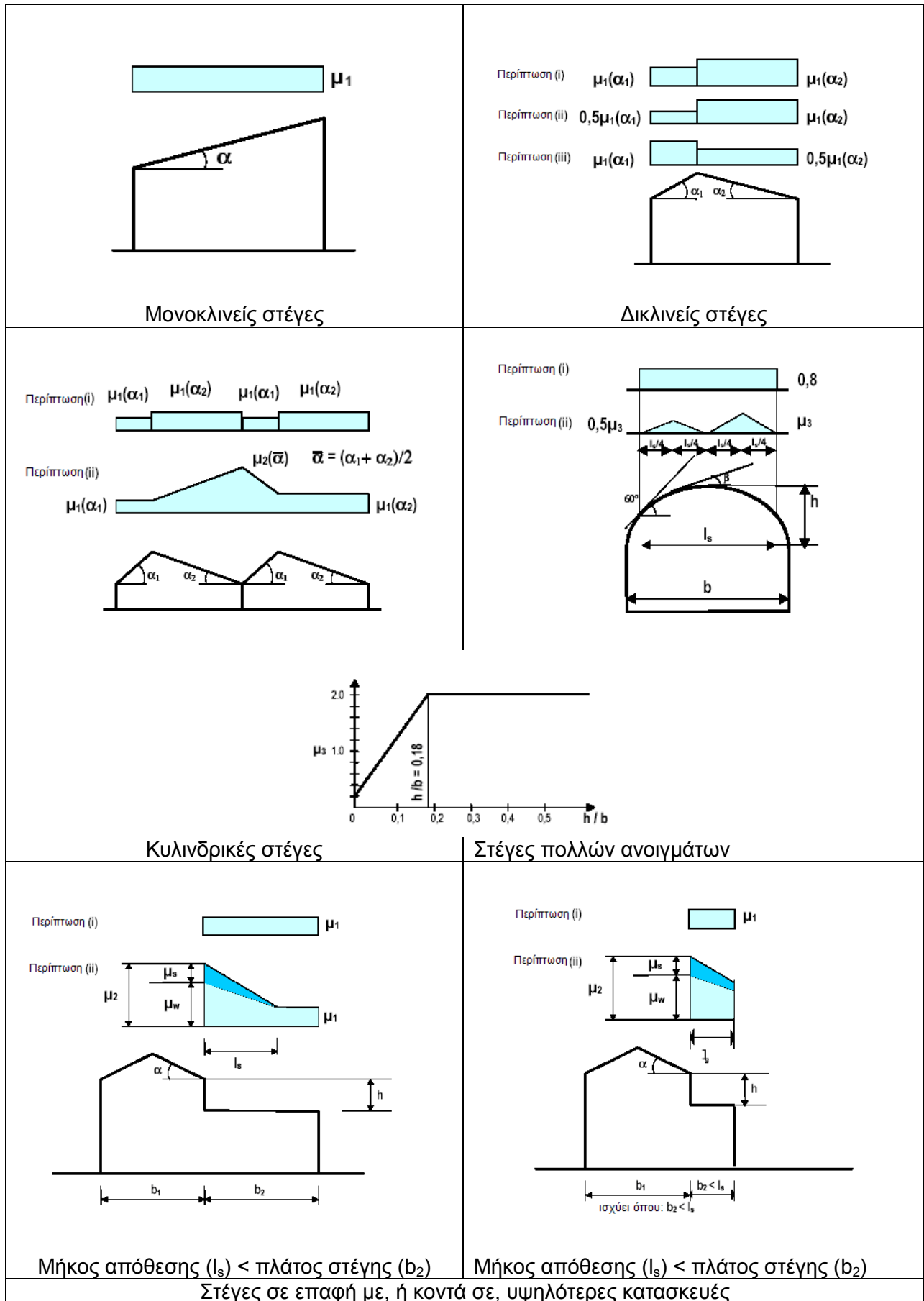
α	0°	20°	40°	60°	60°
P_s	125h	125h	90h	60h	0

όπου α είναι η γωνία της στέγης ως προς τον ορίζοντα

P_s είναι το βάρος του χιονιού σε kg ανά m^2 οριζόντιας προβολής της στέγης

h είναι το μέγιστο πάχος του στερώματος του χιονιού σε οριζόντια και ελεύθερη από εμπόδια επιφάνεια (σε m)

Ενδιάμεσες τιμές παρεμβάλλονται γραμμικά.



Σχήμα 3.2 Συντελεστές σχήματος (i) για μη παρασυρμένο χιόνι και (ii), (iii) για μη εξαιρετικές παρασύρσεις χιονιού

$\mu_1 = \min \{ 2h/s_k, 2b_3/(l_{s1} + l_{s2}), 5 \}$	<p>Τα μ_1 και μ_2 δίνονται στον Πίνακα Π3.6</p>
<p>Στέγες πολλαπλών ανοιγμάτων</p>	<p>Στέγες σε επαφή με υψηλότερες κατασκευές</p>
<p>Εμπόδιο σε οριζόντια στέγη</p> <p>Εμπόδιο σε κεκλιμένη ή καμπύλη στέγη</p> <p>Σκίαστρο με $b_1 \leq 5m$</p>	<p>Χιόνι πίσω από πέτασμα, οριζόντια στέγη</p> <p>Χιόνι σε «κοιλιάδα» πίσω από πέτασμα στην άκρη της στέγης</p> <p>ΣΗΜ.: Το b_2 πρέπει να χρησιμοποιείται στον υπολογισμό του συντελεστή σχήματος</p> <p>Χιόνι πίσω από πέτασμα σε μαρκίζα, κεκλιμένη ή κυλινδρική στέγη</p>
$\mu_1 = 2h_1/s_k \text{ ή } 5 \quad \text{και} \quad \mu_2 = 2h_2/s_k \text{ ή } 5$	$\mu_1 = \min(2h/s_k, 2b/l_s, 8)$
<p>Στέγες με συγκέντρωση χιονιού σε προεξοχές, εμπόδια</p>	<p>Στέγες με συγκέντρωση χιονιού σε πετάσματα</p>

Σχήμα 3.3 Συντελεστές σχήματος για εξαιρετικές παρασύρσεις χιονιού

Πίνακας 3.7 Συντελεστές σχήματος για εξαιρετικές παρασύρσεις χιονιού σε στέγες σε επαφή με υψηλότερες κατασκευές

Συντελεστής Σχήματος	Γωνία κλίσης της στέγης α_1			
	$0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$	$15^\circ < \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$60^\circ \leq \alpha$
μ_1	μ_3	$\mu_3 \frac{30 - \alpha_1}{15}$	0	0
μ_2	μ_3	μ_3	$\mu_3 \frac{60 - \alpha_1}{30}$	0

Σημείωση: μ_3 είναι το ελάχιστο των $2h/s_k$, $2b/l_s$ ή 8. Όπου b είναι το μέγιστο των b_1 ή b_2 και l_s είναι το ελάχιστο των $5h$, b_1 ή $15m$.

Στον Ευρωκώδικα δίνονται συντελεστές σχήματος στέγης για μια ποικιλία μορφών στέγης. Για ορισμένες μορφές στέγης, πρέπει να εξεταστούν διάφορες περιπτώσεις φορτίσεως επειδή είναι πιθανές διάφορες διατάξεις των φορτίων (με ή χωρίς παράσυρση του χιονιού).

2.3.6 Τοπικά φαινόμενα¹² [Κεφάλαιο 6]

Πέραν των τυπικών φορτίσεων, στον Ευρωκώδικα καθορίζονται και δυνάμεις για τοπικές δράσεις που προκαλούνται από:

- α) συσσώρευση χιονιού σε προεξοχές, εμπόδια και φράκτες χιονιού.
- β) χιόνι προεξέχον από την άκρη της στέγης και
- γ) φορτίο σε φράκτες χιονιού και λοιπά εμπόδια

$\mu_1 = 0,8$ $0,8 \leq \mu_2 = \gamma h/s_k \leq 2,0$ $5 \leq l_s = 2h \leq 15m$ $\gamma = 2 \text{ kN/m}^3$	$s_e = k s^2 / \gamma$ $k = 3/d \leq d\gamma$ $\gamma = 3 \text{ kN/m}^3$
Στέγες με προεξοχές και εμπόδια	Προεξέχον στρώμα χιονιού

Σχήμα 3.4 Συντελεστές σχήματος για τοπικές δράσεις χιονιού

¹² Εάν η μορφή της στέγης προκαλεί μεγάλη τοπική συσσώρευση χιονιού το φορτίο χιονιού αυξάνεται αναλόγως.

4. ΔΡΑΣΕΙΣ ΑΝΕΜΟΥ¹³ (EN 1991-1-4)

4.1 Εισαγωγή

4.1.1 Σκοπός

Ο προσδιορισμός της δράσεως του ανέμου σε δομήματα Πολιτικού Μηχανικού (ως σύνολο) καθώς και σε επιμέρους στοιχεία των δομημάτων.

4.1.2 Πεδίο εφαρμογής

Κτήρια και τεχνικά έργα με ύψος μέχρι 200m, γέφυρες μέχρι μήκους 200m.

4.1.3 Εθνικά δεδομένα

Όσα στοιχεία εξαρτώνται από την τοποθεσία του δομήματος και την ποιότητα των μετεωρολογικών στοιχείων δίνονται στα εθνικά προσαρτήματα της κάθε χώρας.

4.1.4 Σχεδιασμός βάσει δοκιμών, πειραμάτων και μετρήσεων

(π.χ. σε αεροδυναμικές σήραγγες). Προβλέπεται ύστερα από έγκριση της Δημόσιας Αρχής.

4.2 Η φύση της δράσεως του ανέμου

Ως δράση του ανέμου επί των κατασκευών θεωρείται η πίεση που αναπτύσσεται από την ανάσχεση της ροής του ανέμου. Από τις αναπτυσσόμενες πιέσεις προκύπτουν δυνάμεις κάθετες προς την προσβαλλόμενη επιφάνεια.

Επίσης, όταν μια επιφάνεια σαρώνεται από άνεμο παράλληλο προς την επιφάνεια, αναπτύσσονται και δυνάμεις τριβής οι οποίες σε ορισμένες περιπτώσεις ενδέχεται να είναι σημαντικές.

Η δράση του ανέμου σε μια κατασκευή προσδιορίζεται από την **πίεση αιχμής** και από τους κατάλληλους **αεροδυναμικούς συντελεστές**. Σε ορισμένες περιπτώσεις εφαρμόζονται επίσης τροποποιητικοί **συντελεστές μεγέθους** και **δυναμικής απόκρισης**. Η **πίεση αιχμής**, q_p , προσδιορίζεται από:

- την θεμελιώδη βασική ταχύτητα του ανέμου, $v_{b,0}$, η οποία δίνεται στο Εθνικό Προσάρτημα την διεύθυνση του θεωρούμενου ανέμου (επικρατούντες άνεμοι), συντελεστής διεύθυνσης, c_{dir}
- την εποχή του έτους (εποχικοί άνεμοι), εποχικός συντελεστής, c_{season}
- την τοπογραφία της ευρύτερης περιοχής (φαινόμενα τύπου Venturi), συντελεστής ανάγλυφου, $c_0(z)$
- την τραχύτητα του περιβάλλοντος εδάφους, συντελεστής τραχύτητας $c_r(z)$
- το ύψος, z , του σημείου από το έδαφος
- την πυκνότητα του αέρα και την ένταση των στροβιλισμών.

¹³ ΚΦΔΕ Μέρος III, 8. Μεταβλητά Φορτία, εδ.2 Κατασκευές προσβαλλόμενες από τον άνεμο

Σε οικοδομήματα που παρουσιάζουν επαρκή ακαμψία από άκαμπτα τοιχώματα και δάπεδα ή από έκδηλη ευστάθεια (π.χ. λόγω σημαντικού βάρους) δεν απαιτείται έλεγχος της ευστάθειας λόγω πίεσης του ανέμου.

Για μεμονωμένους τοίχους μεγάλου ύψους ή κατασκευασμένους από ιδιαίτερα ελαφρά υλικά και για κατασκευές ή εγκαταστάσεις ιδιαίτερα ελαφρές (π.χ. ξύλινα παραπήγματα, ικριώματα κλπ.) απαιτείται έλεγχος της ασφάλειάς τους λόγω πίεσης του ανέμου με βάση τα στοιχεία του εδαφίου Ιβ) της παραγράφου 8 και με συντελεστή ασφαλείας ίσο με 2.

Ανάλογα με τον τύπο της κατασκευής οι **αεροδυναμικοί συντελεστές** διακρίνονται:

- σε συντελεστές εξωτερικής πίεσης, C_{pe} , οι οποίοι, ανάλογα με την προσβαλλόμενη επιφάνεια, διακρίνονται περαιτέρω
 - σε καθολικούς συντελεστές εξωτερικής πίεσης, $C_{pe,10}$, και σε τοπικούς συντελεστές εξωτερικής πίεσης, $C_{pe,1}$.
 - σε συντελεστές εσωτερικής πίεσης, C_{pi} ,
- σε συντελεστές τελικής πίεσης, $C_{p,net}$,
- σε συντελεστές τριβής, C_{fr} , και
- σε συντελεστές δυνάμεως, C_f .

4.3 Βασικές έννοιες, ορισμοί

Στον Ευρωκώδικα αυτό εισάγονται οι εξής έννοιες:

4.3.1 Θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου, $v_{b,0}$ [1.6.1]

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (ΠΜΟ) (World Meteorological Organization, W.M.O.), για να είναι συγκρίσιμες οι ταχύτητες του ανέμου πρέπει οι μετρήσεις της ταχύτητας να γίνονται υπό παρόμοιες πάντα συνθήκες:

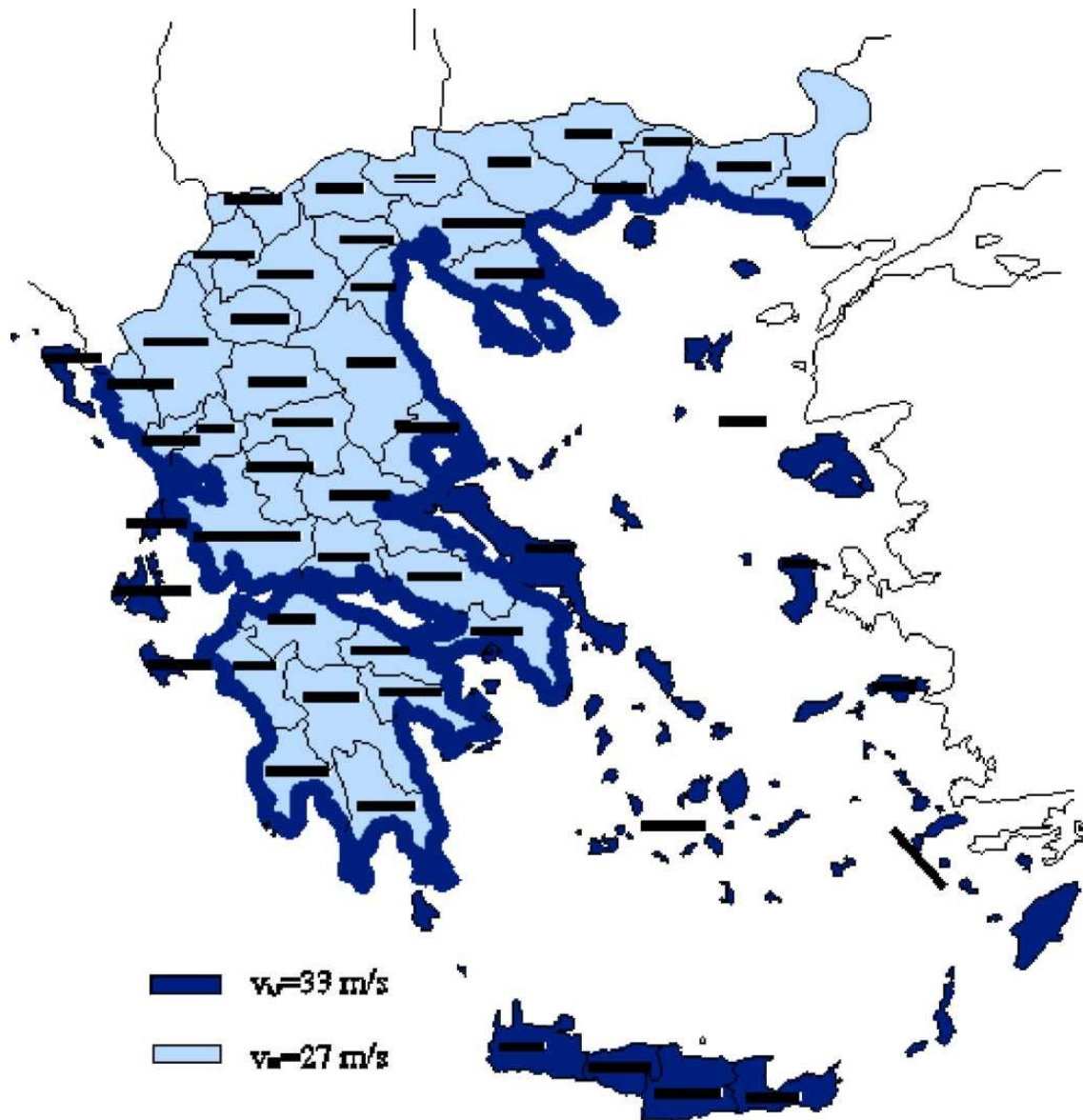
- το όργανο μετρήσεως πρέπει να είναι σε ύψος 10m από το έδαφος,
- το έδαφος πρέπει να είναι χωρίς εμπόδια (τραχύτητα II),
- η ταχύτητα να είναι η μέση τιμή δεκαλέπτου³

Από τις μετρήσεις της ταχύτητας του ανέμου υπολογίζεται εκείνη η χαρακτηριστική τιμή η οποία έχει ετήσια πιθανότητα υπέρβασης 0.02 (Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι η ταχύτητα αυτή ξεπερνιέται **κατά μέσον όρο** μια φορά κάθε πενήντα χρόνια, μέση περίοδος επαναφοράς 50 έτη¹³).

Με βάση τα παραπάνω, η **θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου, $v_{b,0}$** , είναι η μέση ταχύτητα ανέμου διάρκειας 10 λεπτών, με ετήσια πιθανότητα υπέρβασης 0.02, ανεξάρτητα από τη διεύθυνση του ανέμου, σε ύψος 10 m πάνω από επίπεδη ανοιχτή περιοχή εδάφους.

Στο Εθνικό Προσάρτημα έχουν υιοθετηθεί οι εξής τιμές για την $v_{b,0}$ (βλ. και Σχήμα 1)

- για τα νησιά και παράλια μέχρι 10km από την ακτή $v_{b,0} = 33 \text{ m/s}$ και
- για την υπόλοιπη Χώρα $v_{b,0} = 27 \text{ m/s}$.



Σχήμα 4.1 Χάρτης θεμελιώδους βασικής ταχύτητας του ανέμου.

4.3.2 Βασική ταχύτητα ανέμου, v_b [1.6.2]

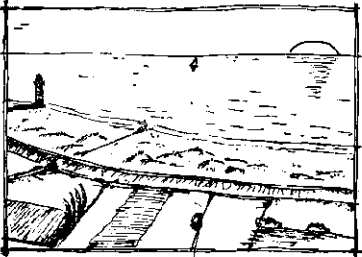
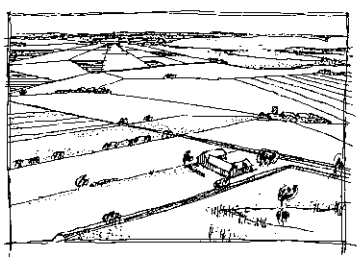

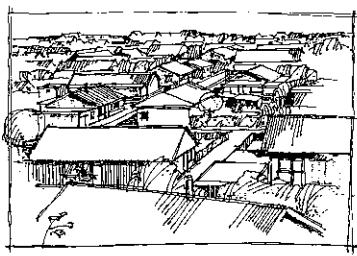
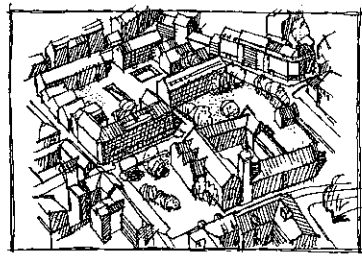
Είναι η θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου τροποποιημένη προκειμένου να λάβει υπόψη τη διεύθυνση του θεωρούμενου ανέμου (συντελεστής διεύθυνσης, c_{dir}) και την εποχή (εάν απαιτείται) (εποχικός συντελεστής, c_{season}). Οι συντελεστές αυτοί είναι ίσοι με την μονάδα (ΕΠ).

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} \quad [(4.1)]$$

4.3.3 Τραχύτητα του εδάφους [4.3.2]

Η τραχύτητα του εδάφους εξαρτάται κυρίως από το ύψος και την πυκνότητα των εμποδίων (κτήρια και δένδρα) γύρω από την εξεταζόμενη περιοχή. Επηρεάζει την κατατομή (profil) της ταχύτητας του ανέμου καθύψους. Προβλέπονται 5 κατηγορίες εδάφους (0, I, II, III, και IV).

Πίνακας 4.1 Απεικονίσεις της ανώτερης τραχύτητας κάθε κατηγορίας εδάφους και αντίστοιχοι ορισμοί

 <p>Κατηγορία εδάφους 0: Θάλασσα, παράκτια περιοχή εκτεθειμένη σε ανοικτή θάλασσα</p>	 <p>Κατηγορία εδάφους I: Λίμνες ή περιοχή με αμελητέα βλάστηση και χωρίς εμπόδια</p>
 <p>Κατηγορία εδάφους II: Περιοχή με χαμηλή βλάστηση όπως γρασίδι και μεμονωμένα εμπόδια (δέντρα, κτίρια) με απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων</p>	 <p>Κατηγορία εδάφους III: Περιοχή με κανονική κάλυψη από βλάστηση ή από κτίρια ή από μεμονωμένα εμπόδια με μέγιστη απόσταση το πολύ 20 φορές το ύψος των εμποδίων (όπως χωριά, προάστια, μόνιμα δάση)</p>
 <p>Κατηγορία εδάφους IV: Περιοχή στην οποία τουλάχιστον το 15 % της επιφάνειας καλύπτεται με κτίρια των οποίων το μέσο ύψος ξεπερνά τα 15 m</p>	

4.3.4 Μέση ταχύτητα ανέμου, $v_m(z)$ [1.6.3]

Είναι η βασική ταχύτητα ανέμου τροποποιημένη προκειμένου να λάβει υπόψη την επίδραση της τραχύτητας του εδάφους (συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$) και την τοπογραφία (συντελεστής αναγλύφου, $c_0(z)$).

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b \quad [(4.3)]$$

Για τον άνεμο θεωρείται ότι ισχύει πρακτικά η θεωρία του οριακού στρώματος και η ταχύτητά του θεωρείται ότι μεταβάλλεται καθύψος (κατατομή) με λογαριθμικό τρόπο (ισχύει μέχρι ύψους $z_{max} = 200m$). Η μεταβολή αυτή της ταχύτητας του ανέμου καθύψος, για τις διάφορες τραχύτητες του εδάφους, δίνεται από τον συντελεστή τραχύτητας $c_r(z)$.

Ο συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$, δίνεται από την σχέση [(4.4)] (βλ. και Σχήμα. 2):

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

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) \quad \text{για} \quad z \leq z_{\min}$$

όπου:

k_r συντελεστής εδάφους εξαρτώμενος από το μήκος τραχύτητας z_0 και υπολογίζεται με βάση την επόμενη σχέση [(4.5)] :

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

όπου:

z_{\max} πρέπει να λαμβάνεται 200m

z_0, z_{\min} εξαρτώνται από την κατηγορία εδάφους. Προτεινόμενες τιμές δίνονται στον Πίνακα 4.2 για πέντε αντιπροσωπευτικές κατηγορίες εδάφους.

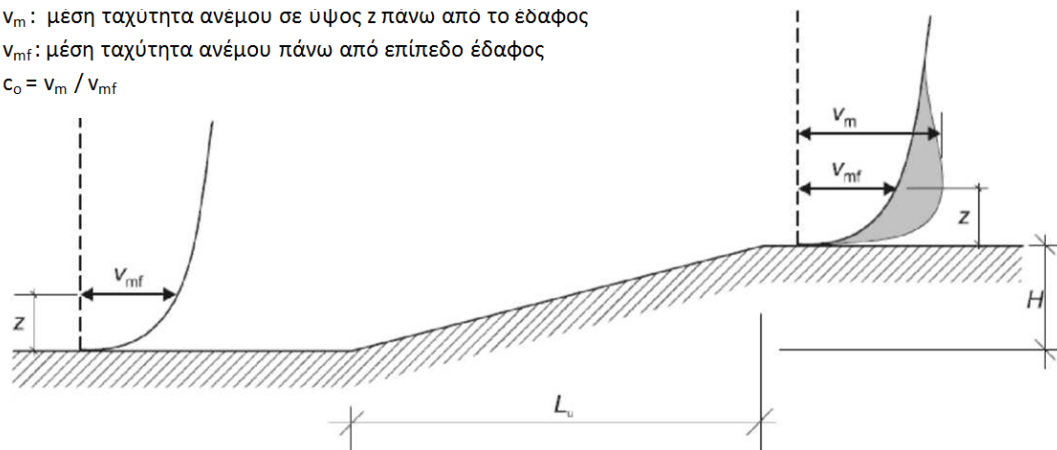
Πίνακας 4.2 Κατηγορίες εδάφους και παράμετροι εδάφους [Πίν. 4.1]

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

Σε περίπτωση αμφιβολίας σχετικά με την τραχύτητα του εδάφους, ιδίως σε περιπτώσεις όπως π.χ. όταν στις διάφορες διευθύνσεις γύρω από το κτήριο ισχύουν διαφορετικές τραχύτητες εδάφους ή όταν πάνω σε μια διεύθυνση αλλάζει η τραχύτητα του εδάφους συνιστάται να λαμβάνεται η δυσμενέστερη δηλαδή η μικρότερη. Πάντως στο Παράρτημα Α2 δίνονται στοιχεία για την κατάταξη στην κατάλληλη κατηγορία τραχύτητας ανάλογα με την απόσταση στην οποία παρατηρείται αλλαγή στην τραχύτητα του εδάφους.

Ο **συντελεστής αναγλύφου** λαβαίνει υπόψη την αύξηση της μέσης ταχύτητας του ανέμου που παρατηρείται σε κορυφές των λόφων ή σε κοιλάδες και χαράδρες. Ορίζεται ως ο λόγος της μέσης ταχύτητας, $v_m(z)$, στην πλαγιά ή την κορυφή του λόφου προς την ταχύτητα στην βάση του λόφου (σε επίπεδο έδαφος, $v_{mf}(z): c_0(z)=v_m(z)/v_{mf}(z)$).

v_m : μέση ταχύτητα ανέμου σε ύψος z πάνω από το έδαφος
 v_{mf} : μέση ταχύτητα ανέμου πάνω από επίπεδο έδαφος
 $c_0 = v_m / v_{mf}$



Σχήμα 4.2 Απεικόνιση της αύξησης των ταχυτήτων του ανέμου λόγω ανάγλυφου του εδάφους [Πίν. Α1]

4.3.5 Ταχύτητα αιχμής - Πίεση ταχύτητας αιχμής¹⁴ [4.5]

Η ταχύτητα του ανέμου γενικώς δεν είναι σταθερή. Η μέση ταχύτητα μεταβάλλεται συναρτήσει του χρόνου ανάλογα με τα καιρικά φαινόμενα και τις μετεωρολογικές διαταραχές. Αλλά και στην περίπτωση όπου η μέση ταχύτητα μπορεί να θεωρηθεί σταθερή (π.χ. για ένα διάστημα μιας ώρας), η στιγμιαία ταχύτητα του ανέμου διακυμαίνεται, λόγω των στροβιλισμών, γύρω από την μέση τιμή v_m . Στο Σχήμα 4 φαίνεται ενδεικτικά, υπό μορφή παραδείγματος, η διακύμανση της στιγμιαίας ταχύτητας γύρω από την μέση τιμή. Διακρίνονται τρεις καταγραφές που έγιναν σε τρία διαφορετικά ύψη: $z=10, 20$ και $40m$. Για τα τρία αυτά ύψη, η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι αντιστοίχως $27.0m/s, 29.3m/s$ και $34.3m/s$. Η τυπική απόκλιση της ταχύτητας υπολογίσθηκε ότι είναι περίπου $\sigma_v=1.0m/s$.

¹⁴ ΚΦΔΕ Μέρος III, 8. Μεταβλητά Φορτία, εδ. 1 Στέγες μη βατές

β) Πίεση του ανέμου. Η ανά m^2 επίπεδης επιφάνειας πίεση W_0 , κάθετη προς τη διεύθυνση του ανέμου, μπορεί να λαμβάνεται από τον πίνακα II.

ΠΙΝΑΚΑΣ II

	W_0 (σε kg/m^2)
Για τμήματα κατασκευών, πλην στεγών, μέχρι ύψους $h \leq 15m$ από το έδαφος	100
Για τμήματα κατασκευών σε ύψος $15m \leq h \leq 25m$ και για στέγες σε ύψος $h \leq 25m$	125
Για τμήματα κατασκευών και στέγες σε ύψος $h \geq 25m$	150
Για κατασκευές μικρής προσβαλλόμενης επιφάνειας (δικτυώματα, ικριώματα, ιστοί κλπ)	150

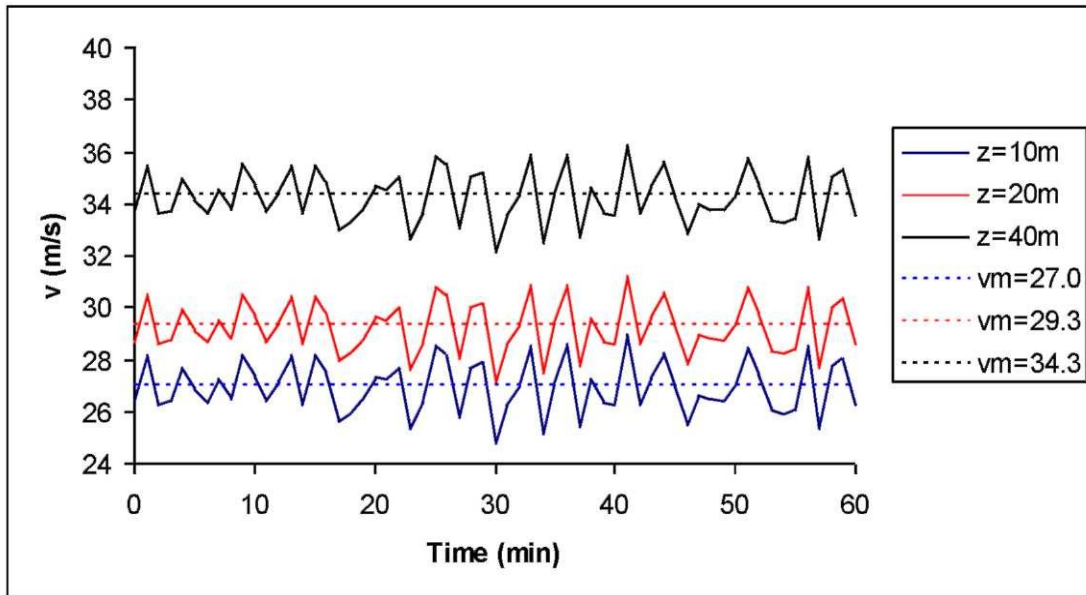
Η πίεση του ανέμου που ασκείται σε επίπεδη κεκλιμένη επιφάνεια γωνίας α ως προς τον οριζόντα είναι $W = W_0 \cdot \eta \cdot m^2 \alpha$ (σε m^2 κεκλιμένης επιφάνειας).

Σε περιοχές εξαιρετικά προσβαλλόμενες από τον άνεμο οι παραπάνω τιμές πρέπει να αυξάνονται κατά 50%.

Για γωνίες $\alpha \leq 25^\circ$ επιτρέπεται να παραλείπεται κατά τον υπολογισμό της στέγης η επιρροή της οριζόντιας πίεσης του ανέμου.

Στα ανοικτά υπόστεγα ελέγχεται η ασφάλεια από αναρπαγή της στέγης ή της επικάλυψής της από φόρτιση που περιλαμβάνει τα μόνιμο φορτίο και κατακόρυφη πίεση ανέμου ίση με $60kg/m^2$ οριζόντιας προβολής της στέγης.

Στα στοιχεία της στέγης πρέπει να εξετάζεται και η περίπτωση φόρτισης από κατακόρυφο συγκεντρωμένο φορτίο $100kg$ στη δυσμενέστερη θέση. Κατά την εξέταση αυτή παραλείπεται η φόρτιση λόγω ανέμου και χιονιού.



Σχήμα 4.3 Διακύμανση της στιγμιαίας ταχύτητας του ανέμου γύρω από την μέση τιμή. Φαίνονται τρεις ξεχωριστές καταγραφές, σε τρία διαφορετικά ύψη: 10, 20 και 40m. (Τεχνητό παράδειγμα)

Για τον προσδιορισμό της δράσης του ανέμου σε κάθε ύψος z , δεν λαμβάνεται η μέση ταχύτητα, αλλά μια μεγαλύτερη, προσαυξημένη κατά 3.5 φορές την τυπική απόκλιση σ_v :

$$v = v_m + \Delta v = v_m + 3.5\sigma_v = v_m(1 + 3.5\sigma_v/v_m)$$

Η ταχύτητα αυτή ονομάζεται **ταχύτητα αιχμής** και η πίεση που αντιστοιχεί στην πίεση αυτή ονομάζεται **πίεση ταχύτητας αιχμής**.

Επειδή η πίεση, q , που προκαλεί ο άνεμος ταχύτητας v δίνεται από την σχέση:

$$q = \rho v^2 / 2$$

όπου q η πίεση σε N/m^2 ,

ρ η πυκνότητα του αέρα η οποία μπορεί να λαμβάνεται ίση με $1.25 kg/m^3$ και

v η ταχύτητα σε m/s

Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι η πίεση αιχμής είναι ίση με:

$$q_p = \rho v^2 / 2 = \rho [v_m + 3.5\sigma_v]^2 / 2 \approx \rho v_m^2 / 2 [1 + 2 \cdot 3.5(\sigma_v/v_m)]^2 = [1 + 7I_v(z)] \rho v_m^2 / 2 \quad (1)$$

$$q_p = q_b \cdot c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot [1 + 7I_v(z)] = c_e q_b \quad (2)$$

όπου:

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad \text{για} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

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

c_e συντελεστής έκθεσης εξαρτώμενος από την τραχύτητα και το ύψος z από το έδαφος και την ένταση των στροβιλισμών (βλ. Σχήμα 3):

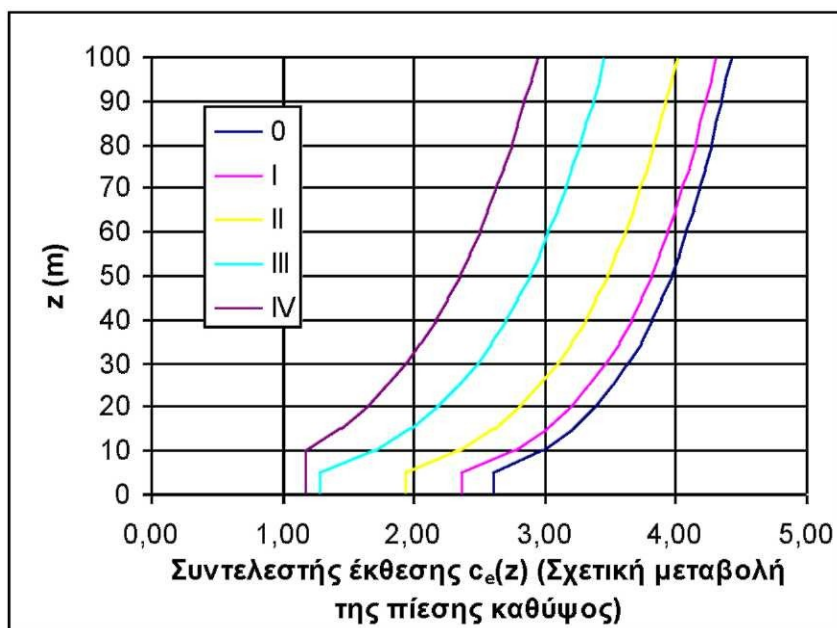
$$c_e = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot [1 + 7I_v(z)]$$

q_b είναι η βασική πίεση και είναι $q_b = \rho v_b^2 / 2$

k_1 είναι ο συντελεστής στροβιλισμού και λαμβάνεται ίσος με 1.0 .

Για $v_b = 27 m/s$ προκύπτει $q_b = 1.25 \cdot 27^2 / 2 = 455 N/m^2 = 0.455 kN/m^2 = 45.5 kg/m^2$ (για $c_0(z)=1$)

Για $v_b = 33 m/s$ προκύπτει $q_b = 1.25 \cdot 33^2 / 2 = 681 N/m^2 = 0.681 kN/m^2 = 68.1 kg/m^2$ (για $c_0(z)=1$)



Σχήμα 4.4 Συντελεστής έκθεσης, $c_e(z)$ (ή αλλιώς: σχετική μεταβολή της πίεσης αιχμής του ανέμου) συναρτήσει του ύψους z και της τραχύτητας του εδάφους για $c_0(z)=1$, $k_1 = 1$ [Σχ. 4.2]

Για τον υπολογισμό λοιπόν, της πίεσης ταχύτητας αιχμής χρησιμοποιούμε:

- είτε τη σχέση (1) που είναι και ακριβέστερη (και υποχρεωτικά όταν $c_0(z) \neq 1$),
- είτε τη σχέση (2) με τη βοήθεια του σχήματος 3.

4.3.6 Ύψος αναφοράς

Η πίεση γενικώς μεταβάλλεται συνεχώς συναρτήσει του ύψους z (βλ. Σχήματα 4 και 5). Ωστόσο στους υπολογισμούς, η πίεση λαμβάνεται σταθερή κατά τμήματα της προσβαλλομένης επιφάνειας. Για κάθε τμήμα ορίζεται ένα ύψος αναφοράς για το οποίο υπολογίζεται η αντίστοιχη πίεση και η οποία θεωρείται σταθερή για το εξεταζόμενο τμήμα. Διακρίνονται δύο κατηγορίες υψών αναφοράς:

- ύψος αναφοράς για τις εξωτερικές πιέσεις, z_e , και
- ύψος αναφοράς για τις εσωτερικές πιέσεις, z_i .

Συνήθως το ύψος αναφοράς είναι ύψος του υψηλότερου σημείου κάθε τμήματος.

4.3.7 Συντελεστές πίεσης [1.6.4]

Οι συντελεστές πίεσης λαβαίνουν υπόψη το σχήμα και την μορφή της προσβαλλόμενης επιφάνειας προκειμένου να υπολογισθεί η πίεση πάνω σε την επιφάνεια από την πίεση αιχμής. Οι συντελεστές πίεσης διακρίνονται σε:

- συντελεστές εξωτερικής πίεσης, C_{pe} , οι οποίοι, ανάλογα με την προσβαλλόμενη επιφάνεια, διακρίνονται περαιτέρω
 - σε καθολικούς συντελεστές εξωτερικής πίεσης, $C_{pe,10}$, και
 - σε τοπικούς συντελεστές εξωτερικής πίεσης, $C_{pe,i}$.
- συντελεστές εσωτερικής πίεσης, C_{pi} ,
- συντελεστές τελικής πίεσης, C_{pnet} ,

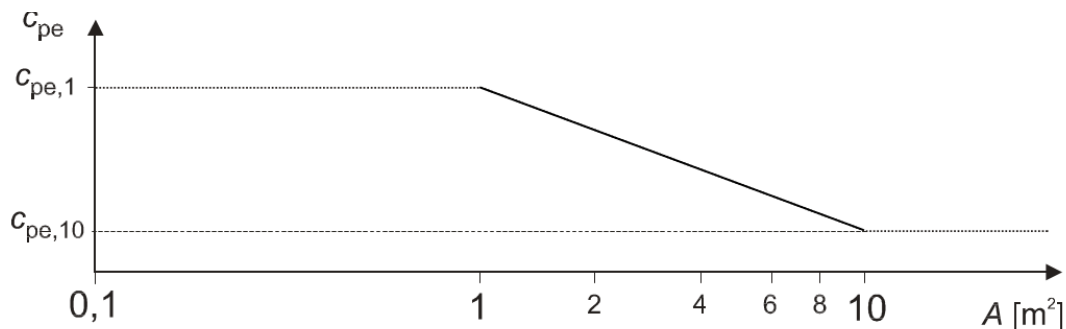
Οι **συντελεστές εξωτερικής πίεσης**, C_{pe} , δίνουν την επίδραση του ανέμου στις εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων. Συνήθως έχουν θετική τιμή για την προσήνεμη επιφάνεια και αρνητική τιμή για την υπήνεμη επιφάνεια.

Οι **τοπικοί** συντελεστές εξωτερικής πίεσης εφαρμόζονται όταν εξετάζονται μικρές φορτιζόμενες επιφάνειες (μικρότερες από $1m^2$) π.χ. για το σχεδιασμό μικρών στοιχείων ή συνδέσμων.

Οι **καθολικοί** συντελεστές εξωτερικής πίεσης εφαρμόζονται όταν εξετάζονται μεγάλες φορτιζόμενες επιφάνειες (μεγαλύτερες από $10m^2$). Προφανώς είναι $C_{pe,1} > C_{pe,10}$.

Για ενδιάμεσες επιφάνειες προβλέπεται λογαριθμική παρεμβολή (βλ. Σχήμα 6):

$$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log_{10} A \quad \text{για } 1\text{m}^2 < A < 10\text{m}^2$$



Σχήμα 4.5 Προτεινόμενη διαδικασία για τον προσδιορισμό του συντελεστή εξωτερικής πίεσης c_{pe} για κτήρια με φορτιζόμενη επιφάνεια A μεταξύ 1 m^2 και 10 m^2 [Σχ.7.2]

Οι **συντελεστές εσωτερικής πίεσης**, c_{pi} , δίνουν την επίδραση του ανέμου στις εσωτερικές επιφάνειες των κτιρίων.

Οι **συντελεστές τελικής πίεσης**, $c_{p,net}$, δίνουν τη συνισταμένη δράση του ανέμου σε μια κατασκευή, σε δομικό στοιχείο ή τμήμα, ανά μονάδα επιφανείας. Χρησιμοποιούνται όταν δεν μπορούν να ορισθούν οι συντελεστές εξωτερικής ή/και εσωτερικής πίεσης, όταν υπάρχουν επάλληλες προσβαλλόμενες επιφάνειες, ανοικτά στέγαστρα, παραπέτα, στηθαία, φράκτες κλπ.

4.3.8 Συντελεστές δύναμης [1.6.5]

Σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. δικτυώματα, γέφυρες κλπ) κατά τις οποίες οι αναπτυσσόμενες πιέσεις στις επιμέρους επιφάνειες είναι δύσκολο να υπολογισθούν αλλά και η ολοκλήρωσή τους θα ήταν κοπιώδης, δίνονται συντελεστές δυνάμεων (και όχι συντελεστές πιέσεως) μέσω των οποίων υπολογίζονται κατευθείαν οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις (και όχι οι πιέσεις) στην κατασκευή ή σε τμήμα αυτής.

Οι συντελεστές δύναμης δίνουν τη συνολική επίδραση του ανέμου σε μια κατασκευή, δομικό στοιχείο ή τμήμα συνολικά, συμπεριλαμβανομένης της τριβής, εάν ρητά δεν εξαιρείται.

4.3.9 Φαινόμενα κλίμακας και δυναμικά φαινόμενα [Κεφάλαιο 6]

Προκειμένου να υπολογισθεί η αναπτυσσόμενη πίεση ανέμου σε μια κατασκευή και προκειμένου να ληφθούν υπόψη τα φαινόμενα κλίμακας και τα δυναμικά φαινόμενα, η πίεση αιχμής πολλαπλασιάζεται με δύο τροποποιητικούς συντελεστές $c_s c_d$. Ειδικότερα:

- Επειδή η πίεση αιχμής δεν αναπτύσσεται ταυτόχρονα σε όλη την προσβαλλόμενη επιφάνεια, εισάγεται ένας τροποποιητικός συντελεστής μεγέθους, c_s .
- Ομοίως, για να ληφθεί υπόψη η δυναμική απόκριση της κατασκευής εισάγεται ένας τροποποιητικός δυναμικός συντελεστής, c_d .

Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες η κατασκευή δεν είναι μεγάλων διαστάσεων ή τα δυναμικά φαινόμενα δεν είναι σημαντικά, οι δύο αυτοί συντελεστές λαμβάνονται ως ένας ενιαίος συντελεστής $c_s c_d$ για τον οποίο δίνεται μια τιμή (συνήθως $c_s c_d = 1$). Σε διαφορετική περίπτωση δίνονται αναλυτικές σχέσεις για τον υπολογισμό του καθενός συντελεστή ξεχωριστά. Πάντως, ακόμη και στις περιπτώσεις που γίνεται χωριστός υπολογισμός των συντελεστών c_s και c_d , στο κείμενο του Ευρωκώδικα αντιμετωπίζονται ως ένας συντελεστής με την ονομασία «Συνδυασμένος δυναμικός συντελεστής $c_s c_d$ » ή «δομικός συντελεστής $c_s c_d$ » το οποίο αποτελεί μετάφραση της αγγλικής ονομασίας «Structural factor $c_s c_d$ ». Ο συντελεστής αυτός χρησιμοποιείται όταν υπολογίζονται συνολικά οι δυνάμεις επί της κατασκευής και ειδικότερα εφαρμόζεται:

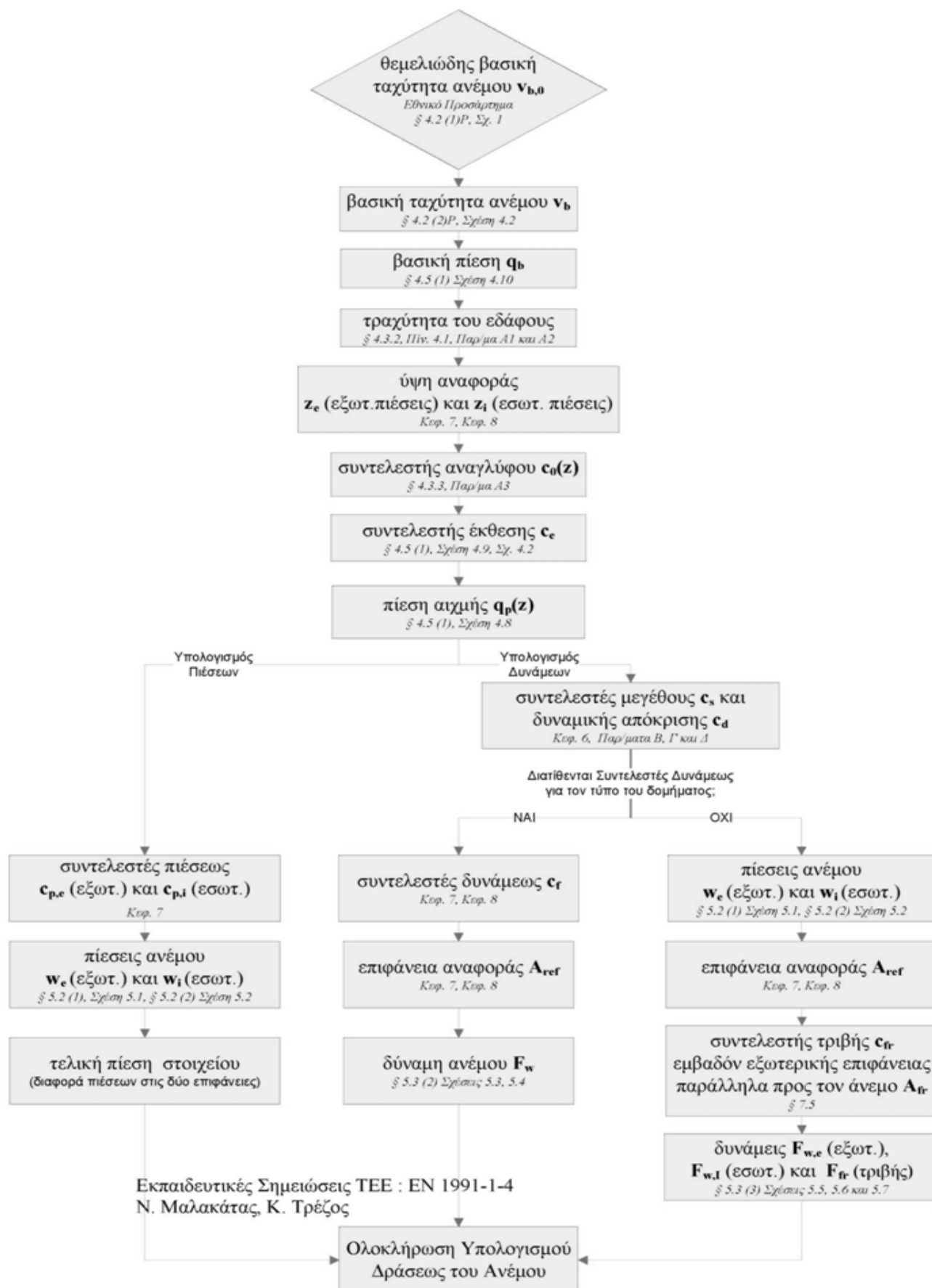
- στις πιέσεις επί των εξωτερικών επιφανειών πολλαπλασιάζοντας τους συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} , και
- στις συνολικές δυνάμεις πολλαπλασιάζοντας τους συντελεστές δύναμης

Σημείωση: ο συντελεστής c_{s,c_d} δεν εφαρμόζεται όταν χρησιμοποιούνται οι συντελεστές εσωτερικής πίεσης και οι συντελεστές τελικής πίεσης.

4.4 Διαδικασία υπολογισμού της δράσεως του ανέμου.

Για τον υπολογισμό της δράσεως του ανέμου ακολουθούνται τα εξής βήματα:

1. Ανάλογα με την γεωγραφική θέση του δομήματος αποφασίζεται η θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου, $v_{b,0}$. Δεν μπορεί να είναι μικρότερη από την τιμή που καθορίζεται στο Εθνικό Προσάρτημα Παραγρ. 4.2 (1)P (βλ. και Σχήμα 1). Η τιμή αυτή είναι 33 m/s για τα παράλια και τα νησιά και 27 m/s για την λοιπή χώρα.
2. Υπολογίζεται η βασική ταχύτητα ανέμου, v_b , Παραγρ. 4.2 (2)P, σχέση 4.2. Ο συντελεστής διευθύνσεως και ο εποχικός συντελεστής σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα Παραγρ. 4.2 (2)P Σημειώσεις 2 και 3 είναι ίσοι με την μονάδα. Έτσι: $v_b = v_{b,0}$ (που υπολογίσθηκε στο Βήμα 1).
3. Υπολογίζεται η βασική πίεση, q_b , Παραγρ. 4.5 (1) σχέση 4.10. Η πίεση αυτή είναι $q_b = 0.681 \text{ kN/m}^2$ για τα νησιά και τα παράλια και $q_b = 0.455 \text{ kN/m}^2$ για την λοιπή χώρα.
4. Προσδιορίζεται η τραχύτητα του εδάφους Παραγρ. 4.3.2, Πίνακας 4.1 και Παράρτημα A1 και A2.
5. Προσδιορίζεται το ύψος αναφοράς, z_e για τις εξωτερικές πιέσεις και z_i για τις εσωτερικές πιέσεις Κεφάλαιο 7 και Κεφάλαιο 8.
6. Υπολογίζεται ο συντελεστής αναγλύφου, $c_0(z)$, Παραγρ. 4.3.3 και Παράρτημα A3
7. Υπολογίζεται ο συντελεστής έκθεσης, c_e , Παραγρ. 4.5 (1) σχέση 4.9 (και Σχήμα 4.2)
8. Υπολογίζεται η πίεση αιχμής, $q_p(z)$, Παραγρ. 4.5 (1) σχέση 4.8 (τα Βήματα 4 και 7 μπορούν να παραληφθούν).
9. Αν πρόκειται να υπολογισθούν δυνάμεις πάνω στην κατασκευή (συνολική δράση του ανέμου) συνεχίζουμε στο βήμα 13, ενώ αν πρόκειται να υπολογισθούν πιέσεις (για τον έλεγχο επικαλύψεων, στερεώσεων κλπ) συνεχίζουμε στο βήμα 10
10. Υπολογίζονται οι συντελεστές εξωτερικής πίεσεως, $c_{p,e}$, και οι συντελεστές εσωτερικής πίεσεως, $c_{p,i}$, Κεφάλαιο 7
11. Υπολογίζεται η πίεση του ανέμου που δρα στις εξωτερικές επιφάνειες, w_e , Παραγρ. 5.2 (1) σχέση 5.1 και η πίεση του ανέμου που δρα στις εσωτερικές επιφάνειες, w_i , Παραγρ. 5.2 (2) σχέση 5.2
12. Η τελική πίεση σε ένα στοιχείο είναι η διαφορά μεταξύ των πιέσεων στις δύο επιφάνειες λαμβάνοντας υπόψη το πρόσημό τους (εφόσον $c_{s,c_d} = 1$). Ολοκλήρωση του υπολογισμού της δράσεως του ανέμου.
13. Υπολογίζονται οι συντελεστές μεγέθους, c_s , και δυναμικής απόκρισης, c_d , Κεφάλαιο 6 και Παραρτήματα Β, Γ και Δ
14. Αν, για τον εξεταζόμενο τύπο του δομήματος, διατίθενται οι συντελεστές δυνάμεως, c_f , τότε αυτοί προσδιορίζονται σύμφωνα με το Κεφάλαιο 7 και Κεφάλαιο 8, αν δεν διατίθενται συντελεστές δυνάμεως τότε συνεχίζουμε στο βήμα 17
15. Υπολογίζεται η επιφάνεια αναφοράς, A_{ref} , Κεφάλαιο 7 και Κεφάλαιο 8
16. Υπολογίζεται η δύναμη του ανέμου, F_w , Παραγρ. 5.3 (2) σχέσεις 5.3 και 5.4 Ολοκλήρωση του υπολογισμού της δράσεως του ανέμου.
17. Υπολογίζονται οι πιέσεις που δρουν στις εξωτερικές επιφάνειες, w_e , και στις εσωτερικές επιφάνειες, w_i , (βλ. Βήμα 11) παραπάνω καθώς και οι επιφάνειες αναφοράς, A_{ref} , (βλ. Βήμα 15).
18. Υπολογίζονται ο συντελεστής τριβής, c_f , και το εμβαδόν της εξωτερικής επιφάνειας παράλληλα προς τον άνεμο, A_{fr} , Παραγρ. 7.5
19. Υπολογίζονται οι εξωτερικές δυνάμεις, $F_{w,e}$, οι εσωτερικές δυνάμεις, $F_{w,i}$ και οι δυνάμεις τριβής, F_{fr} , Παραγρ. 5.3 (3) σχέσεις 5.5, 5.6 και 5.7. Ολοκλήρωση του υπολογισμού της δράσεως του ανέμου.



Σχήμα 4.6 Διάγραμμα Ροής της διαδικασίας υπολογισμού της δράσεως του ανέμου

5. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ (EN 1991-1-5)

5.1 Εισαγωγή

5.1.1 Σκοπός

Ο προσδιορισμός των θερμικών δράσεων σε κτήρια, γέφυρες, καμινάδες, αγωγούς, σιλό, δεξαμενές, πύργους ψύξεως και λοιπές κατασκευές καθώς επίσης και σε επενδύσεις προσαρτήματα κτηρίων. Οι θερμικές δράσεις προέρχονται από τις ημερήσιες και εποχικές κλιματολογικές μεταβολές καθώς και από την χρήση των κατασκευών.

5.1.2 Πεδίο εφαρμογής

Κατασκευές που είναι εκτεθειμένες σε ημερήσιες και εποχιακές κλιματολογικές και λειτουργικές θερμοκρασιακές μεταβολές. Σε κατασκευές που δεν είναι εκτεθειμένες στα παραπάνω πιθανόν να μην χρειάζεται θεώρηση θερμικών δράσεων. Επίσης δεν καλύπτεται η δράση της πυρκαγιάς για την οποία υπάρχει ξεχωριστός Ευρωκώδικας 1991-1-2, καθώς και επιμέρους Ευρωκώδικες για την συμπεριφορά των υλικών υπό την επίδραση της πυρκαγιάς.

5.2 Βασικές έννοιες, ορισμοί

Στον Ευρωκώδικα αυτό εισάγονται οι εξής έννοιες:

5.2.1 Θερμικές δράσεις

Είναι οι δράσεις που προκαλούνται σε μια κατασκευή ή σε ένα δομικό στοιχείο από τις μεταβολές των πεδίων θερμοκρασίας εντός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος.

5.2.2 Θερμοκρασία περιβάλλοντος υπό σκιά

Είναι η θερμοκρασία του αέρα που μετράται με θερμόμετρα τοποθετημένα εντός τυποποιημένου μετεωρολογικού κλωβού (γνωστού και ως "κλωβός Stevenson")

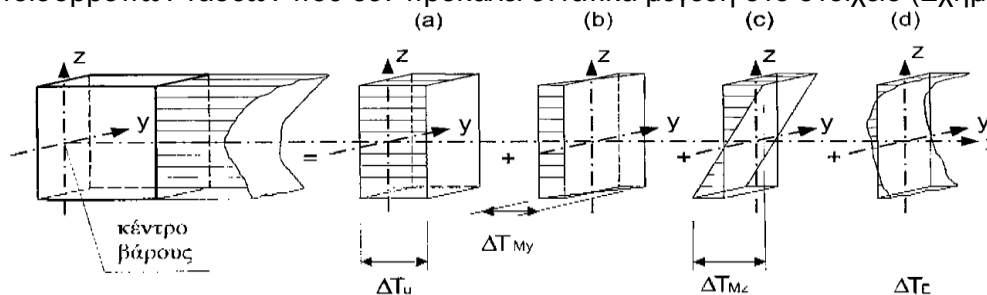
5.2.3 Αρχική θερμοκρασία

Είναι η θερμοκρασία ενός δομικού στοιχείου κατά το σχετικό στάδιο παρεμπόδισής του (ολοκλήρωση της τοποθέτησής του)

5.2.4 Συνιστώσες της θερμοκρασίας [4(3)]

Η κατανομή θερμοκρασίας σε ένα μεμονωμένο δομικό στοιχείο μπορεί να αναλυθεί στις ακόλουθες τέσσερις βασικές συνιστώσες, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1:

- Μια συνιστώσα ομοιόμορφης θερμοκρασίας, η οποία συνδέεται με την (γραμμική) διαστολή ή συστολή ενός στοιχείου ή φορέα (Σχήμα 5.1(a))
- Δύο συνιστώσες γραμμικής θερμοκρασιακής μεταβολής: μια περί τον άξονα z-z (Σχήμα 5.1(b)) και μια περί τον άξονα y-y (Σχήμα 5.1(c)), και τέλος
- Μια μη-γραμμική συνιστώσα θερμοκρασιακής μεταβολής η οποία οδηγεί σε ένα σύστημα αυτοϊσόρροπων τάσεων που δεν προκαλεί εντατικά μεγέθη στο στοιχείο (Σχήμα 5.1(d)).



Σχήμα 5.1 Σχηματική απεικόνιση των συνιστωσών της θερμοκρασιακής κατατομής [Σχ. 4.1]

5.2.5 Κατανομή της θερμοκρασίας σε στοιχεία κτηριακών έργων

Η κατανομή της θερμοκρασίας προσδιορίζεται με τις αρχές της διάδοσης της θερμότητας. Ειδικότερα γίνονται οι εξής παραδοχές: Στην περίπτωση ενός στοιχείου αποτελούμενου από στρώσεις με διαφορετικά υλικά (π.χ. επίχρισμα, σκυρόδεμα, μόνωση, επίχρισμα), και με την επιπλέον παραδοχή ότι δεν υπάρχουν τοπικά θερμογέφυρες και θεωρώντας τη θερμική κατάσταση σταθερή, μπορεί να προσδιοριστεί η θερμοκρασία $T(x)$ σε μια απόσταση x από την εσωτερική παρειά του στοιχείου, ως εξής:

$$T(x) = T_{in} - \frac{R(x)}{R_{tot}} (T_{in} - T_{out})$$

όπου: T_{in} είναι η θερμοκρασία του εσωτερικού περιβάλλοντος

T_{out} είναι η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος R_{tot} είναι η συνολική θερμική αντίσταση του στοιχείου στην οποία συμπεριλαμβάνεται και η αντίσταση των δύο επιφανειών $R(x)$ είναι η θερμική αντίσταση από την εσωτερική επιφάνεια έως το σημείο x (βλ. Σχήμα 2).

Οι τιμές θερμικής αντίστασης R_{tot} και $R(x)$ [m^2K/W] μπορούν να προσδιοριστούν από τον συντελεστή διάδοσης της θερμότητας και τους συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας που δίνονται στο EN ISO 6946 (1996) και το EN ISO 13370 (1998):

$$R_{tot} = R_{in} + \sum_i \frac{h_i}{\lambda_i} + R_{out}$$

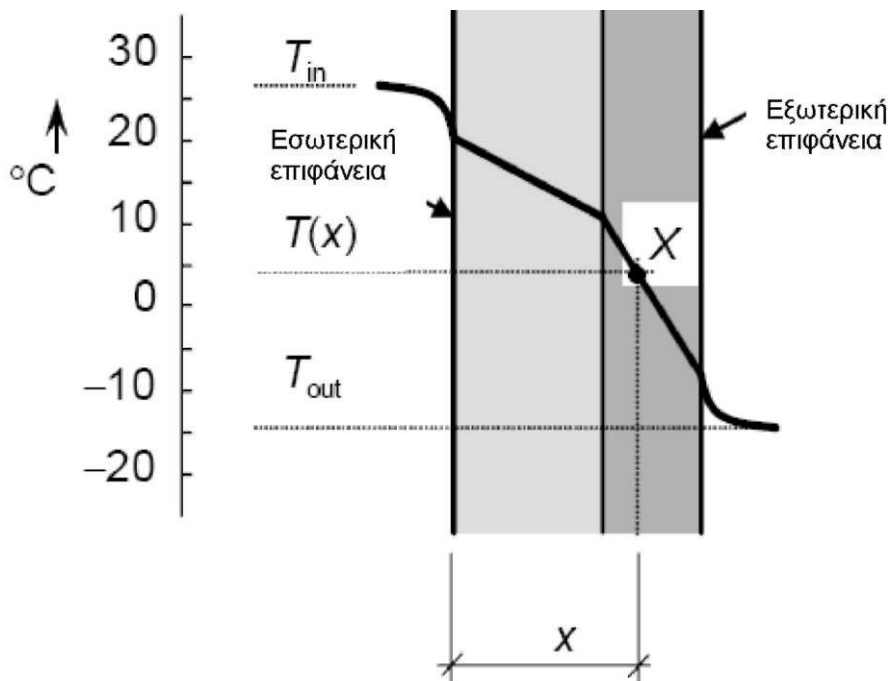
R_{in} είναι η θερμική αντίσταση στην εσωτερική παρειά [m^2K/W]

R_{out} είναι η θερμική αντίσταση στην εξωτερική παρειά [m^2K/W]

λ_i είναι η θερμική αγωγιμότητα [$W/(mK)$], και

h σε [m] είναι το πάχος της στρώσης i

όπου λαμβάνονται υπόψη μόνο οι στρώσεις (ή το μέρος στρώσης) από την εσωτερική παρειά έως το σημείο x (βλ. Σχήμα 5.2).



Σχήμα 5.2 Μεταβολή θερμοκρασίας εντός των στρώσεων

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Σε κτίρια οι θερμικές αντιστάσεις είναι $R_{in} = 0,10$ έως $0,17$ [m^2K/W] (ανάλογα με την κατεύθυνση διάδοσης θερμότητας) και $R_{out} = 0,04$ (για οποιαδήποτε κατεύθυνση). Η θερμική αγωγιμότητα λ_i για το σκυρόδεμα (για ειδικό βάρος 21 έως 25 kN/m^3) κυμαίνεται από $\lambda_i = 1,16$ έως $1,71$ [$W/(mK)$].

Εφαρμογή 1^η:

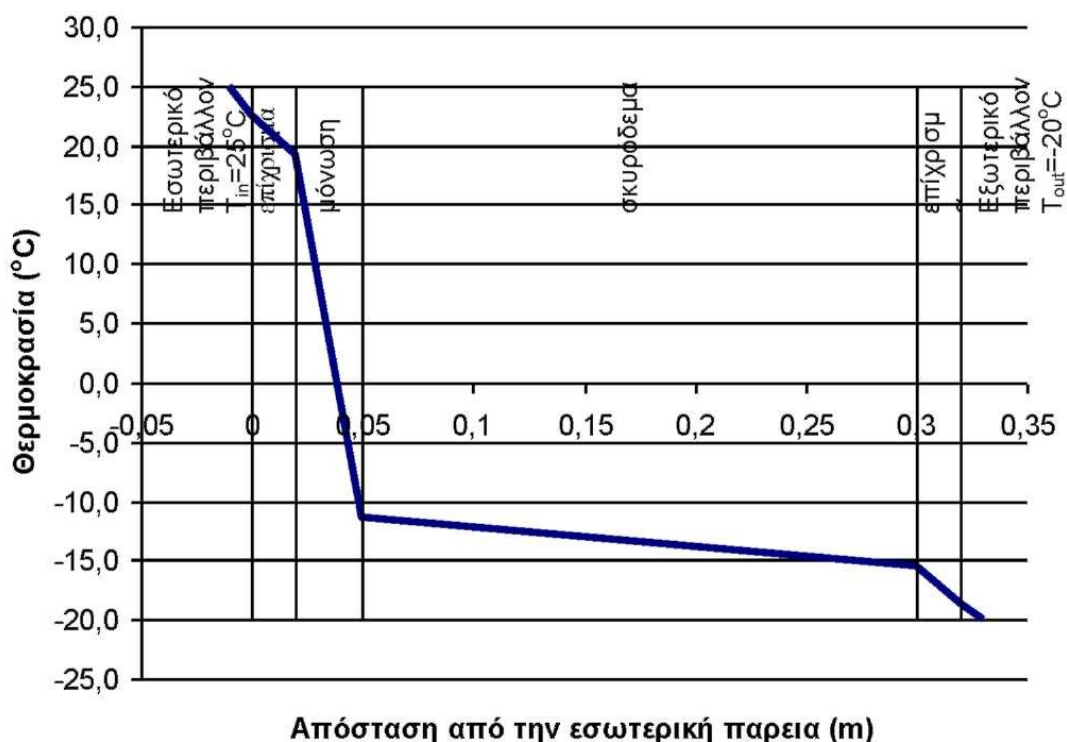
Στοιχείο αποτελείται από 4 υλικά με τα εξής πάχη, h , και συντελεστές θερμικής λ :

- Εσωτερικό επίχρισμα: $h=2\text{cm}$, και $\lambda_{\text{επιχρ}}=0.16 \text{ W/(mK)}$
- Μόνωση: $h=3\text{cm}$, και $\lambda_{\text{μόν}}=0.025 \text{ W/(mK)}$,
- σκυρόδεμα πάχους $h=25\text{cm}$, και $\lambda_{\text{σκυρ}}=1.5 \text{ W/(mK)}$
- εξωτερικό επίχρισμα $h=2\text{cm}$, και $\lambda_{\text{επιχρ}}=0.16 \text{ W/(mK)}$

Η θερμοκρασία του εσωτερικού περιβάλλοντος είναι $T_{\text{in}}=25^\circ\text{C}$ ενώ η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος είναι $T_{\text{out}}=-20^\circ\text{C}$. Στον επόμενο πίνακα συνοψίζονται οι υπολογισμοί των θερμοκρασιών της κάθε μιας στρώσεως (βλέπε και Σχήμα 3).

Πίνακας 5.1 Κατατομή της θερμοκρασίας σε στοιχείο με 4 στρώσεις διαφορετικών υλικών

Στρώση	Υλικό	Πάχος (m)	Αγωγιμότητα	Αντίσταση	Θερμοκρασία στην εξωτερική παρειά της στρώσης ($^\circ\text{C}$)
1	Εσωτ.Επιφάνεια			0.100	22.5
2	Επίχρισμα	0.02	0.16	0.125	19.3
3	Μόνωση	0.03	0.025	1.200	-11.3
4	Σκυρόδεμα	0.25	1.5	0.167	-15.5
5	Επίχρισμα	0.02	0.16	0.125	-18.7
6	Εξ. Επιφάνεια			0.050	-20.0
	Σύνολο	0.32		1.767	



Σχήμα 5.3 Κατανομή της θερμοκρασίας σε στοιχείο με 4 στρώσεις διαφορετικών υλικών

5.3 Η φύση της θερμικής δράσεως

Οι θερμικές δράσεις θεωρούνται μεταβλητές, έμμεσες δράσεις οι οποίες προκαλούν παραμορφώσεις οι οποίες συνεπάγονται ανάπτυξη τάσεων. Η κατανομή της θερμοκρασίας στα επιμέρους δομικά στοιχεία μιας κατασκευής διαφοροποιείται από τις ημερήσιες και εποχιακές μεταβολές της:

- θερμοκρασίας περιβάλλοντος υπό σκιά,
- ηλιακής ακτινοβολίας,
- ανάκλασης, κλπ.,

Το μέγεθος των θερμικών επιδράσεων εξαρτάται από:

- τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, (γεωγραφική περιοχή του έργου)
- τον προσανατολισμό της κατασκευής,
- την σκίαση γειτονικών κτηρίων
- την συνολική μάζα της κατασκευής,
- την χρήση υλικών με διαφορετικό συντελεστή γραμμικής διαστολής ή/και διαφορετικό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας
- τα στοιχεία όψεων (π.χ. εξωτερική επένδυση κτιρίων), και από τα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και θερμομόνωσης (για τα κτηριακά έργα)

Εθνικά δεδομένα: Όσα στοιχεία εξαρτώνται από την τοποθεσία του δομήματος και την ποιότητα των μετεωρολογικών στοιχείων δίνονται στα εθνικά προσαρτήματα της κάθε χώρας.

Στον παρόντα Ευρωκώδικα, το Εθνικό Προσάρτημα καθορίζει δύο θερμοκρασίες (βάσει των οποίων προσδιορίζονται στην συνέχεια οι θερμοκρασίες υπολογισμού των κατασκευών):

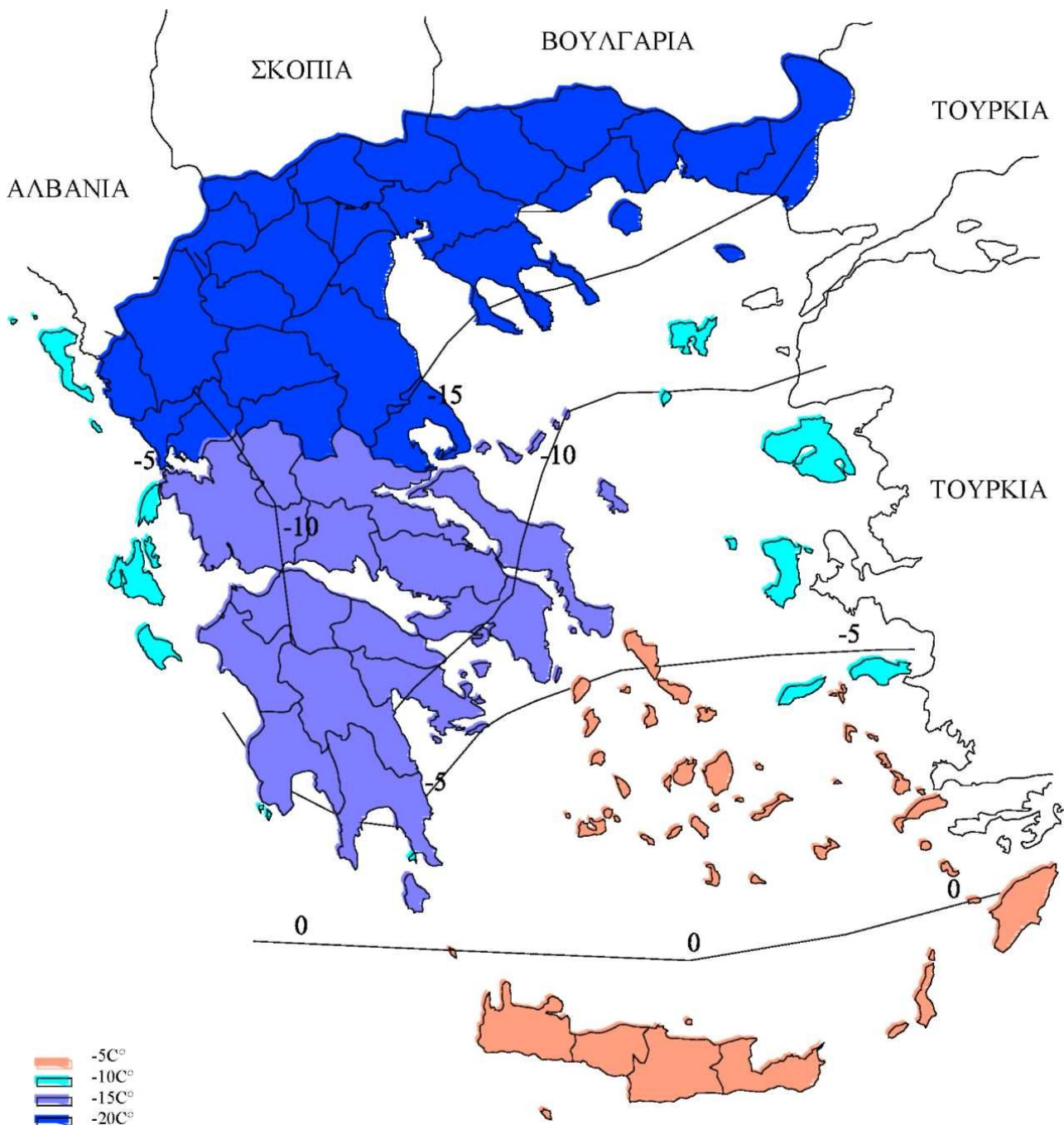
- την μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος υπό σκιά, T_{max} , η οποία είναι η τιμή της μέγιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος υπό σκιά με ετήσια πιθανότητα υπέρβασης 0,02 (ισοδύναμη με μέση περίοδο επαναφοράς 50 έτη), που βασίζεται στις μέγιστες καταγεγραμμένες ωριαίες τιμές.
- την ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος υπό σκιά, T_{min} , η οποία είναι η τιμή της ελάχιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος υπό σκιά με ετήσια πιθανότητα υπέρβασης 0,02 (ισοδύναμη με μέση περίοδο επαναφοράς 50 έτη), που βασίζεται στις ελάχιστες καταγεγραμμένες ωριαίες τιμές.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Η θερμοκρασία σε ένα γεωγραφικό τόπο μειώνεται αναλογικά με το υψόμετρο. Το φαινόμενο αυτό λέγεται **κατακόρυφη θερμοβαθμίδα**. Η αναλογία της μείωσης είναι περίπου $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Οι τιμές που δίνονται στον Πίνακα 1 έχουν αναχθεί σε υψόμετρο 0 (στην στάθμη της θάλασσας). Στους υπολογισμούς, η μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία θα προσαρμόζονται από την θερμοκρασία στην επιφάνεια της θάλασσας αφαιρώντας 0.65°C για κάθε 100m υψομετρικής διαφοράς.

Στο Εθνικό Προσάρτημα έχουν υιοθετηθεί οι τιμές που φαίνονται στο Σχήμα 5.4 (για την μέγιστη θερμοκρασία) και στο Σχήμα 5.5 (για την ελάχιστη θερμοκρασία).



Σχήμα 5.4 Χάρτης μεγίστων θερμοκρασιών αέρα υπό σκιά, T_{max}



Σχήμα 5.5 Χάρτης ελαχίστων θερμοκρασιών αέρα υπό σκιά, T_{min}

Όλες οι τιμές θερμικών δράσεων που δίδονται στο παρόν μέρος είναι χαρακτηριστικές τιμές και έχουν μέση περίοδο επαναφοράς 50 έτη, δηλαδή ετήσια πιθανότητα υπέρβασης $p=0.02$. Αν είναι επιθυμητή διαφορετική ετήσια πιθανότητα υπέρβασης, p , (π.χ. για παροδικές καταστάσεις), στο Παράρτημα Α2 δίνεται ένας τρόπος υπολογισμού της χαρακτηριστικής τιμής που να αντιστοιχεί στην πιθανότητα p .

5.4 Διαδικασία υπολογισμού των θερμικών δράσεων.

Διακρίνονται τρεις κατηγορίες κατασκευών:

- τα κτήρια
- οι γέφυρες και
- οι βιομηχανικές καμινάδες, αγωγοί κλπ

Για κάθε μια κατηγορία η διαδικασία υπολογισμού περιγράφεται στα αντίστοιχα κεφάλαια 5, 6 και 7.

5.5 Διαδικασία υπολογισμού των θερμικών δράσεων σε κτήρια.

5.5.1 Γενικά

Οι θερμικές δράσεις σε κτήρια (είτε λόγω κλιματικών είτε λόγω λειτουργικών μεταβολών της θερμοκρασίας) θα λαμβάνονται υπόψη όταν υπάρχει ενδεχόμενο να μην ικανοποιούνται οι οριακές καταστάσεις αστοχίας ή/και λειτουργικότητας καθώς και όταν υπάρχει περίπτωση να επηρεασθούν δυσμενώς οι στηρίξεις, οι στερεώσεις και οι επενδύσεις του κτηρίου.

Οι θερμικές δράσεις σε κτήρια οφείλονται σε δύο κυρίως λόγους:

- Κλιματικούς λόγους: και ειδικότερα από την θερμοκρασία του αέρα υπό σκιά από προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και από την ανάκλαση
- Λειτουργικούς λόγους: από την θέρμανση ή την ψύξη χώρων ή προϊόντων, από τεχνολογικές ή άλλες βιομηχανικές διεργασίες.

Ο παρών Ευρωκώδικας παρέχει στοιχεία για τον υπολογισμό των θερμικών δράσεων που οφείλονται σε κλιματικές επιδράσεις. Οι θερμικές δράσεις που οφείλονται σε λειτουργικούς λόγους θα καθορίζονται για το κάθε συγκεκριμένο έργο από τον Κύριο του Έργου.

Στον Ευρωκώδικα εισάγονται οι εξής έννοιες:

- **θερμοκρασία ενός μέλους** της κατασκευής η οποία έχει για τα κτήρια έχει δύο επιμέρους συνιστώσες:
 - **μια ομοιόμορφη συνιστώσα θερμοκρασίας**, ΔT_u , που προκύπτει από τη διαφορά μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας T του μέλους και της αρχικής του θερμοκρασίας T_0
 - **μια γραμμικά μεταβαλλόμενη συνιστώσα θερμοκρασίας**, που προκύπτει από τη διαφορά ΔT_M μεταξύ των θερμοκρασιών εξωτερικής και εσωτερικής επιφάνειας μιας διατομής, (ή των επιφανειών των επιμέρους στρώσεων αν το μέλος αποτελείται από περισσότερες της μιας στρώσεις).
- **θερμοκρασία ενός τμήματος** της κατασκευής η οποία ορίζεται ως η μέση θερμοκρασία του τμήματος. Για ένα συγκεκριμένο έργο μπορεί να καθορίζεται μια διαφορά θερμοκρασίας, ΔT_p , μεταξύ διαφορετικών τμημάτων της κατασκευής.

5.5.2 Προσδιορισμός των θερμοκρασιακών κατανομών

Για τον προσδιορισμό της θερμοκρασιακής κατανομής σε ένα στοιχείο κατασκευής, πρέπει να καθορισθούν η θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό της κατασκευής, T_{in} , η θερμοκρασία του αέρα στο εξωτερικό της κατασκευής, T_{out} καθώς και οι θερμικές ιδιότητες του στοιχείου (μαζί με τις ιδιότητες των τυχόν στρώσεων που ενδεχομένως καλύπτουν το στοιχείο) (βλ. Κεφ. 2 του παρόντος καθώς και Παράρτημα D του Ευρωκώδικα).

Η θερμοκρασία στο εσωτερικό μιας κατασκευής, T_{in} , δεν πολυμεταβάλλεται συναρτήσει των κλιματικών συνθηκών ιδίως όταν πρόκειται για κατασκευές οι οποίες κλιματίζονται. Για συνήθεις κατασκευές, στις οποίες προβλέπεται θέρμανση των χειμώνα και ψύξη το καλοκαίρι, οι συνιστώμενες τιμές της εσωτερικής θερμοκρασίας, καθορίστηκαν στο Εθνικό Προσάρτημα και δίνονται στον επόμενο πίνακα, συναρτήσει της εποχής του έτους (επί το δυσμενέστερον η θερμοκρασία εσωτερικού χώρου είναι μικρότερη το καλοκαίρι από ότι τον χειμώνα). Αν η κατασκευή δεν κλιματίζεται, τότε προκύπτουν μικρότερες διαφορές θερμοκρασίες και άρα ευνοϊκότερα αποτελέσματα.

Πίνακας 5.1 Θερμοκρασίες εσωτερικού περιβάλλοντος T_{in}

Εποχή	Θερμοκρασία T_{in} (°C)
Καλοκαίρι	20
Χειμώνας	25

Η θερμοκρασία στο εξωτερικό μιας κατασκευής, T_{out} , εξαρτάται βασικά από:

- τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής του έργου.

- από την εποχή του έτους
- το αν το εξεταζόμενο τμήμα της κατασκευής είναι υπέργειο ή υπόγειο
- την απορροφητικότητα της επιφάνειας (για τις υπέργειες επιφάνειες)
- από τον προσανατολισμό της επιφάνειας (για τις υπέργειες επιφάνειες) από το βάθος κάτω από την επιφάνεια του εδάφους (για τις υπόγειες επιφάνειες)

Για τις υπέργειες κατασκευές στο Εθνικό Προσάρτημα συνιστώνται οι τιμές του παρακάτω Πίνακα:

Πίνακας 5.2 Συνιστώμενες θερμοκρασίες T_{out} για υπέργεια κτίρια [Πίν. 5.2]

Εποχή	Σχετική απορροφητικότητα της επιφάνειας		Προσανατολισμός στοιχείου	
			Βορειοανατολικός	Νοτιοδυτικός
			Θερμοκρασία T_{out} σε °C	
Καλοκαίρι	0,5	στιλπνή επιφάνεια	$T_{max} + 0$	$T_{max} + 18$
	0,7	ελαφρά χρωματισμένη	$T_{max} + 2$	$T_{max} + 30$
	0,9	σκούρα επιφάνεια	$T_{max} + 4$	$T_{max} + 42$
Χειμώνας			T_{min}	

Οι τιμές της μέγιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος υπό σκιά T_{max} και της ελάχιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος υπό σκιά T_{min} , δίνονται στο Κεφ. 3 του Παρόντος (Σχήματα 5.3 και 5.4 αντιστοίχως).

Για τις υπόγειες κατασκευές στο Εθνικό Προσάρτημα συνιστώνται οι τιμές του παρακάτω Πίνακα:

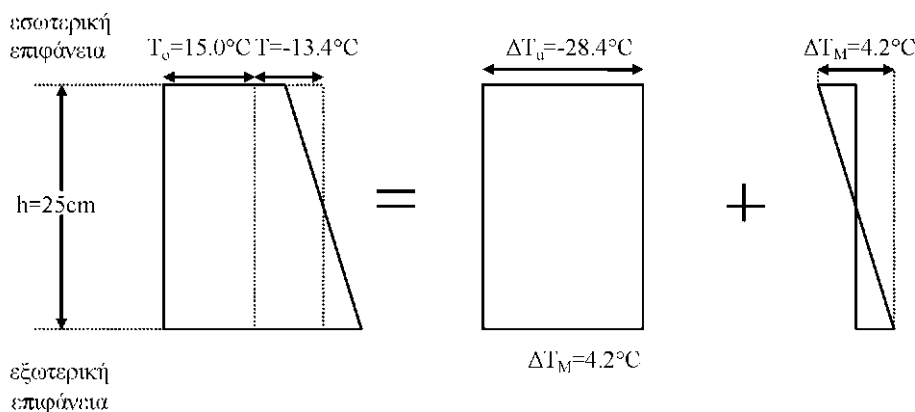
Πίνακας 5.3 Συνιστώμενες θερμοκρασίες T_{out} για υπόγεια κτίρια [Πίν. 5.3]

Εποχή	Βάθος κάτω από την επιφάνεια του εδάφους	Θερμοκρασία T_{out} σε °C
Καλοκαίρι	Λιγότερο από 1 m	8
	Περισσότερο από 1 m	5
Χειμώνας	Λιγότερο από 1 m	-5
	Περισσότερο από 1 m	-3

Εφαρμογή 2η:

Εστω ότι ένα στοιχείο σκυροδέματος είχε μέση θερμοκρασία, όταν κατασκευάστηκε, $T_0=15^\circ\text{C}$ και ότι βρίσκεται στην Βόρειο Ελλάδα. Για χειμώνα είναι: $T_{in}=25^\circ\text{C}$ και $T_{out}=-20^\circ\text{C}$.

Από την 1^η Εφαρμογή προκύπτει ότι στις δύο επιφάνειες του σκυροδέματος οι θερμοκρασίες είναι: -11.3°C και -15.5°C . Η μέση θερμοκρασία του στοιχείου είναι $T=0.5 \cdot (-11.3 - 15.5) = -13.4^\circ\text{C}$. Άρα η ομοίμορφη διαφορά θερμοκρασίας είναι $\Delta T_u = T - T_0 = -13.4 - 15.0 = -28.4^\circ\text{C}$ και η γραμμικώς μεταβαλλόμενη συνιστώσα της θερμοκρασίας είναι $\Delta T_M = 15.5 - 11.3 = 4.2^\circ\text{C}$.



Σχήμα 5.6 Κατανομή της θερμοκρασίας σε στοιχείο σκυροδέματος πάχους 25cm.

6. ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είναι προφανές ότι ο Ευρωκώδικας εισάγει πολλές καινούριες έννοιες για να περιγράψει με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια τις δράσεις που ασκούνται στις κατασκευές σε σχέση με τον Κανονισμό Φορτίσεως Δομικών Έργων (ΚΦΔΕ). Κυρίαρχη είναι η πιθανοτική προσέγγιση των δράσεων συγκριτικά με την παλαιότερη ντετερμινιστική. Παρόλα αυτά όμως αξίζει να παραθέσουμε στον επόμενο πίνακα τα θέματα που εξετάζε ο ΚΦΔΕ και τη σύγχρονη προσέγγιση του Ευρωκώδικα.

	ΚΦΔΕ	EN 1990
<i>Κατηγοριοποίηση Δράσεων</i>	Αναλόγως της θέσεως και του μεγέθους των δράσεων διακρίνονται σε <u>μόνιμες</u> (αμετάβλητες ως προς θέση και μέγεθος) και <u>μεταβλητές</u> (ως προς θέση ή μέγεθος)	Ταξινομεί τις δράσεις ως προς: <ul style="list-style-type: none"> • τη χρονική διακύμανση (μόνιμες, μεταβλητές, τυχηματικές) • τη χωρική διακύμανση (σταθερές, ελεύθερες) • την προέλευση (άμεσες, έμμεσες) • τη φύση και την απόκριση της κατασκευής (στατικές, δυναμικές)
<i>Τιμές δράσεων</i>	Χρησιμοποιεί «Τιμές Εφαρμογής», οι οποίες δίνονται ως συγκεκριμένες τιμές είτε ως άνω και κάτω όριο.	Χρησιμοποιεί Αντιπροσωπευτικές Τιμές (F_{rep}) (χαρακτηριστικές F_k , συνοδευτικές ψF_k), οι οποίες προκύπτουν με πιθανοτικές θεωρήσεις.
<i>Έλεγχοι Δράσεων</i>	Επιβάλλει την εξέταση της δυσμενέστερης διάταξης από άποψη αντοχής και ευστάθειας	Εξετάζει το φορέα σε Οριακή Κατάσταση Αστοχίας (Ο.Κ.Α.) (για διάφορες καταστάσεις σχεδιασμού) και σε Οριακή Κατάσταση Λειτουργικότητας (Ο.Κ.Λ.)

	ΚΦΔΕ	EN 1991-1-1
<i>Μείωση μεταβλητών φορτίων</i>	Η μείωση των μεταβλητών φορτίων ανά όροφο δίνεται στον πίνακα της σελίδας σ.46 .	Η μείωσή τους είναι διαφορετική για οριζόντια και κατακόρυφα στοιχεία. Εισάγεται μέσω των μειωτικών συντελεστών α_d (πλάκες, δοκοί) και α_n (υποστυλώματα, τοιχία).

	ΚΦΔΕ	EN 1991-1-3
<i>Μέγεθος εκκίνησης υπολογισμών</i>	Ξεκινά τους υπολογισμούς με το μέγεθος του ύψους χιονιού επί του εδάφους, h (σε m), χωρίς όμως να το παρέχει.	Ξεκινά τους υπολογισμούς με το χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού επί του εδάφους, $s_{k,0}$ (σε kN/m^2), το οποίο παρέχει ανά νομό.
<i>Συσχετισμός φορτίου χιονιού – γωνίας στέγης</i>	Υπάρχει συσχετισμός μεταξύ του βάρους χιονιού στη στέγη, P_s (σε kg/m^2), και της γωνίας της στέγης, α . Μάλιστα για $\alpha > 60^\circ$, $P_s = 0$.	Υπάρχει συσχετισμός μεταξύ του φορτίου χιονιού στη στέγη, s , και της γωνίας της στέγης, α (μέσω του συντελεστή σχήματος μ). Μάλιστα για $\alpha > 60^\circ$, $\mu = s = 0$.
<i>Επιρροή Υψομέτρου</i>	Προτείνει (αυθαίρετη) αύξηση του βάρους χιονιού για μεγάλα υψόμετρα.	Δίνει συγκεκριμένη σχέση για υπολογισμό του φορτίου χιονιού για να λάβει υπόψη την επιρροή του υψομέτρου, A .
<i>Τοπική Συσσώρευση</i>	Προτείνει (αυθαίρετη) αύξηση του βάρους χιονιού σε στέγες που επιτρέπουν τοπική συσσώρευσή του.	Προτείνει συγκεκριμένες διατάξεις για την τοπική συσσώρευση του χιονιού (Τοπικά φαινόμενα + ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β)

Κανονική – Μονόπλευρη φόρτιση	Λαμβάνει υπόψη το ενδεχόμενο κανονικής ή μονόπλευρης φόρτισης της στέγης.	Προτείνει διαφορετικές διατάξεις για παρασυρμένο και για μη παρασυρμένο χιόνι.
-------------------------------	---	--

	ΚΦΔΕ	EN 1991-1-4
Πίεση Ανέμου	<ul style="list-style-type: none"> • Δίνει τιμές της πίεσης του ανέμου W_0 (σε kg/m^2) που ασκείται σε επιφάνειες κάθετα στον άνεμο. • Στη συνέχεια υπολογίζει την πίεση που ασκείται κάθετα σε κεκλιμένη επιφάνεια ($W = W_0 \cdot \eta \cdot \mu^2 \cdot \alpha$). • Η πίεση του ανέμου εξαρτάται από το ύψος της επιφάνειας στην οποία ασκείται. • Προτείνει αύξηση της πίεσης του ανέμου κατά 50% σε περιοχές που ασκούνται ισχυροί άνεμοι χωρίς όμως να τις προσδιορίζει. 	<ul style="list-style-type: none"> • Υπολογίζει την πίεση ταχύτητας αιχμής q_p (σε kN/m^2) που εξαρτάται από το ύψος. • Υπολογίζει την πίεση που ασκείται κάθετα σε μια επιφάνεια μέσω συντελεστών πίεσης που λαμβάνουν υπόψη την κλίση της επιφάνειας και τον προσανατολισμό της ως προς τη διεύθυνση του ανέμου. • Η αύξηση της πίεσης λόγω ισχυρών ανέμων λαμβάνεται υπόψη μέσω της θεμελιώδους τιμής της βασικής ταχύτητας ανέμου $v_{b,0}$, του συντελεστή τραχύτητας του εδάφους $c_r(z)$ και του συντελεστή αναγλύφου $c_o(z)$.
Ανοικτά Υπόστεγα	Προτείνει έλεγχο της ευστάθειας μέσω φόρτισης που περιλαμβάνει το μόνιμο φορτίο και ανατρεπτική πίεση ανέμου $60kg/m^2$ οριζόντιας προβολής.	Προτείνει λεπτομερέστερες διατάξεις δράσεων ανέμου.

ΜΕΡΟΣ Β

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

ΛΥΜΕΝΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΕΝ 1990 ΚΑΙ ΕΝ 1991

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΡΑΣΕΩΝ ΧΙΟΝΙΟΥ

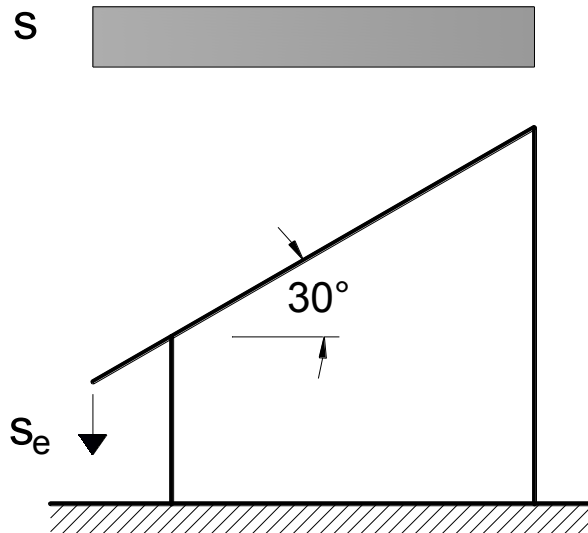
EN 1991-1-3

Παράδειγμα 1

Μονοκλινής στέγη με προεξέχον στρώμα χιονιού

Δίνεται: Μονοκλινής στέγη με γωνία κλίσης $\alpha=30^\circ$ όπως φαίνεται στο σχήμα Π1.1. Η κατασκευή βρίσκεται στην Ευρυτανία σε υψόμετρο 850m. Η τοπογραφία της περιοχής θεωρείται κανονική.

Ζητείται: ο υπολογισμός των φορτίων χιονιού της στέγης.



Σχήμα Π1.1 Όψη κτηρίου

1.1 Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού στη στάθμη της θάλασσας, $s_{k,0}$:

Ο Νομός Ευρυτανίας ανήκει στη Ζώνη Β. Οπότε είναι $s_{k,0} = 0.8 \text{ kPa}$.

1.2 Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού επί του εδάφους, s_k :

Το υψόμετρο της περιοχής μετρείται με ακρίβεια 100m και στρογγυλεύεται στην επόμενη εκατοντάδα. Επομένως, εδώ θεωρούμε $A=900\text{m}$.

Η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού επί του εδάφους δίνεται από τη σχέση:

$$s_k = s_{k,0} * [1 + (A/917)^2] = 0.8 * [1 + (900/917)^2] = 1.57 \text{ kN/m}^2$$

1.3 Συντελεστές σχήματος

Για $\alpha = 30^\circ$ έχουμε $\mu_1(\alpha) = 0.8$

1.4 Συντελεστής έκθεσης, C_e :

Επειδή η τοπογραφία της περιοχής είναι κανονική λαμβάνουμε: $C_e = 1$.

1.5 Συντελεστής θερμότητας, C_t :

$C_t = 1$.

1.6 Φορτία χιονιού, s :

$$s_1(\alpha) = \mu_1(\alpha) * C_e * C_t * s_k = 0.8 * 1 * 1 * 1.57 = 1.26 \text{ kN/m}^2$$

1.7 Φορτίο χιονιού λόγω προεξοχής, s_e :

Επειδή η κατασκευή βρίσκεται σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 800m, πρέπει να λάβουμε υπόψη και το φορτίο λόγω του χιονιού που προεξέχει από την άκρη της στέγης, στο σημείο που αυτή εκτείνεται πέρα από τους τοίχους υπό τη μορφή προβόλου. Το φορτίο αυτό υπολογίζεται από τη σχέση:

$$s_e = k * s^2 / \gamma$$

(6.4)

όπου s το δυσμενέστερο φορτίο, μη παρασυρμένου χιονιού επί της στέγης,

$$s = 1.26 \text{ kN/m}^2$$

γ η φαινόμενη πυκνότητα βάρους του χιονιού, η οποία για αυτόν τον υπολογισμό μπορεί να λαμβάνεται ίση με 3 kN/m^3

k συντελεστής που λαμβάνει υπόψη το μη κανονικό σχήμα του χιονιού

EN 1991-1-3

Ε.Π. 2.8

Ε.Π. 2.8

Σχ. 5.1

Πίν. 5.1

5.2(8)

5.2(3)P a)

6.3

$k = 3/d$, αλλά $k \leq d\gamma$ όπου d το πάχος του στρώματος χιονιού στη στέγη σε μέτρα $d = h \cdot \cos\alpha = s/\gamma \cdot \cos\alpha = 1.26/3 \cdot \cos 30^\circ = 0.36\text{m}$.

$k = 3/0.36 = 8.33$

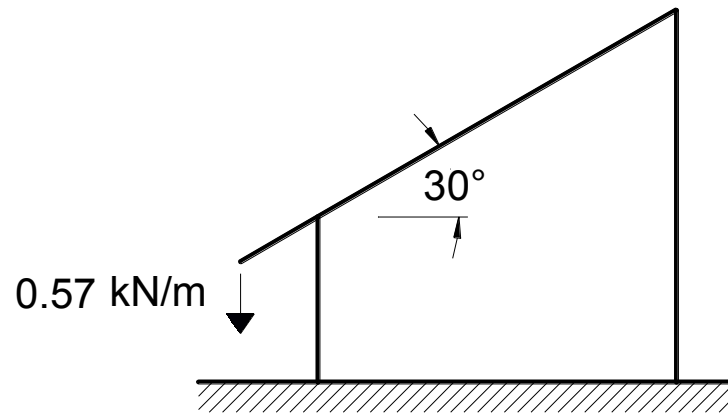
Όμως πρέπει $k \leq d\gamma = 0.36 \cdot 3 = 1.08$

Επομένως, λαμβάνεται $k = 1.08$

Έτσι λοιπόν, έχουμε $s_e = k \cdot s^2/\gamma = 1.08 \cdot 1.26^2/3 = 0.57 \text{ kN/m}$.

Τα φορτία χιονιού που υπολογίστηκαν προηγουμένως φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.

1.50 kN/m²



Σχήμα Π1.2 Φορτία χιονιού

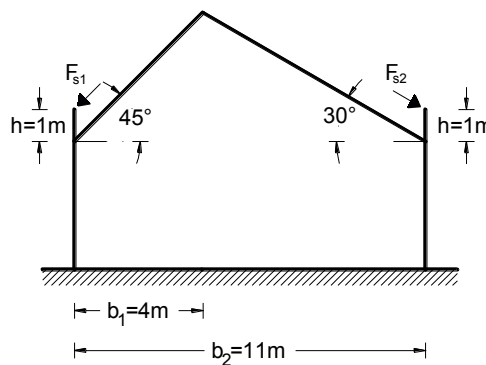
Παράδειγμα 2

Δικλινής στέγη με φράκτες

Δίνεται: Μονοκλινής στέγη με γωνίες κλίσης $\alpha_1=45^\circ$ και $\alpha_2=30^\circ$ όπως φαίνεται στο σχήμα Π2.1 . Η κατασκευή βρίσκεται στην Εύβοια σε υψόμετρο 300m και περιβάλλεται από υψηλά δέντρα. Στις άκρες της στέγης υπάρχουν φράκτες ύψους $h = 1m$.

Ζητείται: ο υπολογισμός των φορτίων χιονιού της στέγης για

- «με διάρκεια / παροδική» κατάσταση σχεδιασμού και
- τυχηματική κατάσταση σχεδιασμού κάνοντας χρήση του Παραρτήματος Β (εξαιρετική παράσυρση χιονιού).



Σχήμα Π2.1 Όψη κτηρίου

2.1 Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού στη στάθμη της θάλασσας, $s_{k,0}$:

Ο Νομός Εύβοιας ανήκει στη Ζώνη Γ. Οπότε είναι $s_{k,0} = 1.7 \text{ kPa}$.

2.2 Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού επί του εδάφους, s_k :

Η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού επί του εδάφους δίνεται από τη σχέση:

$$s_k = s_{k,0} \cdot [1 + (A/917)^2] = 1.7 \cdot [1 + (300/917)^2] = 1.88 \text{ kN/m}^2$$

2.3 Μήκος συσσώρευσης χιονιού, l_s :

$$\beta) l_{s1} = \min(5h, b_1, 15) = \min(5 \cdot 1, 4, 15) = 4m$$

$$l_{s2} = \min(5h, b_2 - b_1, 15) = \min(5 \cdot 1, 11 - 4, 15) = \min(5, 7, 15) = 5m$$

2.4 Συντελεστές σχήματος

$$\alpha) \text{ Για } \alpha_1 = 45^\circ \text{ έχουμε } \mu_1(\alpha_1) = 0.4$$

Λόγω του φράκτη όμως πρέπει $\mu_1(\alpha_1) \geq 0.8$. Επομένως, θεωρούμε $\mu_1(\alpha_1) = 0.8$.

Για $\alpha_2 = 30^\circ$ έχουμε $\mu_1(\alpha_2) = 0.8$, που αποτελεί δεκτή τιμή.

$$\beta) \text{ Για } \alpha_1 = 45^\circ \text{ έχουμε } \mu_1(\alpha_1) = \min(2h/s_k, 2b/l_{s1}, 8) = \min(2 \cdot 1/1.88, 2 \cdot 11/4, 8) = 1.06, \text{ όπου } b = \max(b_1, b_2) = \max(4, 11) = 11m$$

$$\text{Για } \alpha_2 = 30^\circ \text{ έχουμε } \mu_1(\alpha_2) = \min(2h/s_k, 2b/l_{s2}, 8) = \min(2 \cdot 1/1.88, 2 \cdot 11/5, 8) = 1.06, \text{ όπου } b = \max(b_2 - b_1, b_2) = \max(11 - 4, 11) = 11m$$

2.5 Συντελεστής έκθεσης, C_e :

Επειδή η κατασκευή περιβάλλεται από δέντρα θεωρείται προφυλαγμένη κι έτσι λαμβάνουμε: $C_e = 1.2$.

EN 1991-1-3

Ε.Π. 2.8

Ε.Π. 2.8

B4(4)

Σχ. 5.1
5.3.2(2)

B4(4)

Πίν. 5.1

2.6 Συντελεστής θερμότητας, C_t :

$$C_t = 1$$

5.2(8)

2.7 Φορτία χιονιού, s :

$$\alpha) \quad s(\alpha_1) = \mu_1(\alpha_1) * C_e * C_t * s_k = 0.8 * 1.2 * 1.0 * 1.88 = 1.80 \text{ kN/m}^2$$

(5.1)

$$s(\alpha_2) = \mu_1(\alpha_2) * C_e * C_t * s_k = 0.8 * 1.2 * 1.0 * 1.88 = 1.80 \text{ kN/m}^2$$

Στους φράκτες ασκούνται οι δυνάμεις:

6.4

$$F_s = s * b * \sin\alpha, \text{ όπου } s \text{ το δυσμενέστερο δυνατό φορτίο στρώματος σταθερού πάχους που αναλογεί στην επιφάνεια της στέγης από την οποία το χιόνι θα μπορούσε να ολισθήσει}$$

(6.5)

b η οριζόντια απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών φρακτών ή εμποδίων ή μεταξύ εμποδίου και κορυφογραμμής-κορφιά

α η κλίση της στέγης ως προς την οριζόντιο

$$\text{Επομένως, έχουμε: } F_{s1} = s(\alpha_1) * b_1 * \sin\alpha_1 = 1.88 * 4 * \sin 45^\circ = 5.09 \text{ kN/m}$$

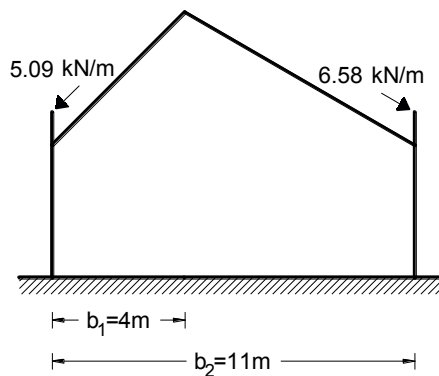
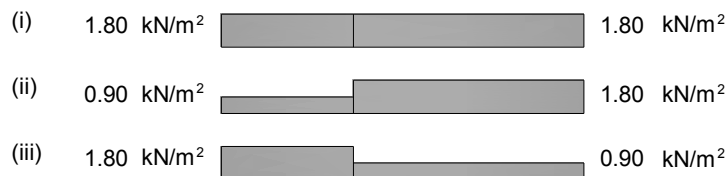
(5.3)

$$\text{και } F_{s2} = s(\alpha_2) * (b_2 - b_1) * \sin\alpha_2 = 1.88 * (11 - 4) * \sin 30^\circ = 6.58 \text{ kN/m}$$

$$\beta) \quad s_1 = \mu_1(\alpha_1) * s_k = 1.06 * 1.88 = 2.00 \text{ kN/m}^2$$

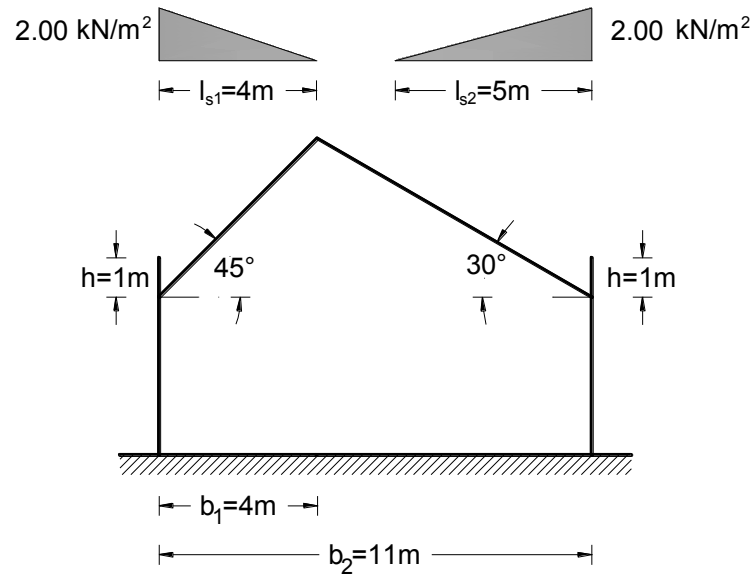
$$s_2 = \mu_1(\alpha_2) * s_k = 1.06 * 1.88 = 2.00 \text{ kN/m}^2$$

Τα φορτία χιονιού που υπολογίστηκαν προηγουμένως φαίνονται στα σχήματα που ακολουθούν.



Σχήμα Π2.2 Φορτία χιονιού για «με διάρκεια / παροδική» κατάσταση σχεδιασμού

Η περίπτωση (i) αναφέρεται σε μη παρασυρμένο χιόνι ενώ οι περιπτώσεις (ii) και (iii) σε παρασυρμένο.



Σχήμα Π2.3 Φορτία χιονιού για τυχηματική κατάσταση σχεδιασμού (εξαιρετική παράσυρση χιονιού)

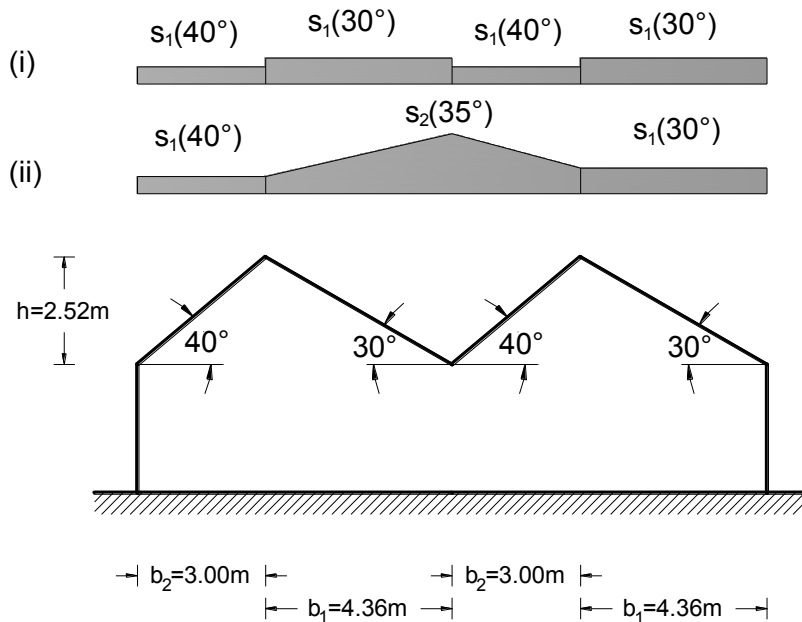
Παράδειγμα 3

Στέγη πολλαπλών ανοιγμάτων

Δίνεται: Κατασκευή με στέγη πολλαπλών ανοιγμάτων, όπως φαίνεται στο σχήμα Π3.1, η οποία βρίσκεται στην περιοχή του Βόλου σε υψόμετρο 310m. Η τοπογραφία της περιοχής θεωρείται κανονική.

Ζητείται: ο υπολογισμός των φορτίων χιονιού για:

- «με διάρκεια / παροδική» κατάσταση σχεδιασμού και για
- τυχηματική κατάσταση σχεδιασμού κάνοντας χρήση του Παραρτήματος Β (εξαιρετική παράσυρση χιονιού).



Σχήμα Π3.1 Όψη κτηρίου

3.1 Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού στη στάθμη της θάλασσας, $s_{k,0}$:

Ο Νομός Μαγνησίας ανήκει στη Ζώνη Γ. Οπότε είναι $s_{k,0} = 1.7 \text{ kPa}$.

Ε.Π. 2.8

3.2 Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού επί του εδάφους, s_k :

Το υψόμετρο της περιοχής μετριέται με ακρίβεια 100m και στρογγυλεύεται στην επόμενη εκατοντάδα. Επομένως, εδώ θεωρούμε $A=400\text{m}$.

Η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού επί του εδάφους δίνεται από τη σχέση:

$$s_k = s_{k,0} * [1 + (A/917)^2] = 1.7 * [1 + (400/917)^2] = 2.02 \text{ kN/m}^2$$

Ε.Π. 2.8

3.3 Μήκος συσσώρευσης χιονιού, l_s :

β) $l_{s1} = b_1 = 3.00\text{m}$.

$l_{s2} = b_2 = 4.36\text{m}$.

B2(2)

3.4 Συντελεστές σχήματος

α) (i) Για μη παρασυρμένο χιόνι:

Για $\alpha_1=40^\circ$ είναι $\mu_1(\alpha_1) = 0.53$

Για $\alpha_2=30^\circ$ είναι $\mu_1(\alpha_2) = 0.80$

Σχ. 5.1

(ii) Για παρασυρμένο χιόνι:

Για $\alpha=(\alpha_1+\alpha_2)/2 = (40^\circ+30^\circ)/2 = 35^\circ$ είναι $\mu_2(\alpha) = 1.60$

Σχ. 5.1

β) $\mu_1 = \min (2h/s_k, 2b_3/(l_{s1}+l_{s2}), 5) = \min (2*2.52/2.02, 2*11.72/(3.00+4.36), 5) = \min (2.5, 3.18, 5) = 2.5$ όπου $b_3 = 4.63 + 3.00 + 4.36 = 11.72$

B2(2)

B2(3)

3.5 Συντελεστής έκθεσης, C_e :

Επειδή η τοπογραφία της περιοχής είναι κανονική λαμβάνουμε: $C_e = 1$.

Πίν. 5.1

3.6 Συντελεστής θερμότητας, C_t :

$$C_t = 1$$

5.2(8)

3.7 Φορτία χιονιού, s :

α) (i) Για μη παρασυρμένο χιόνι:

$$s_1 = \mu_1(\alpha_1) * C_e * C_t * s_k = 0.53 * 1 * 1 * 2.02 = 1.07 \text{ kN/m}^2$$

(5.1)

$$s_2 = \mu_1(\alpha_2) * C_e * C_t * s_k = 0.80 * 1 * 1 * 2.02 = 1.62 \text{ kN/m}^2$$

(ii) Για παρασυρμένο χιόνι:

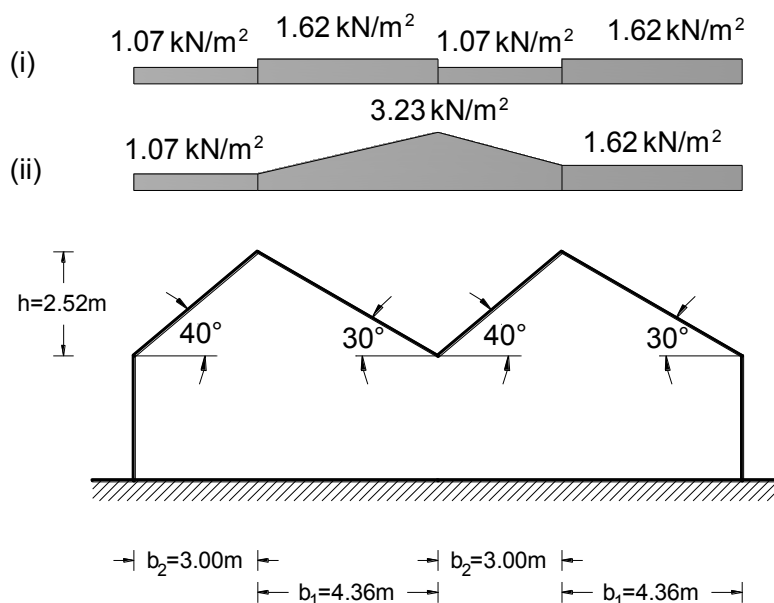
$$s_3 = \mu_2(\alpha) * C_e * C_t * s_k = 1.60 * 1 * 1 * 2.02 = 3.23 \text{ kN/m}^2$$

(5.1)

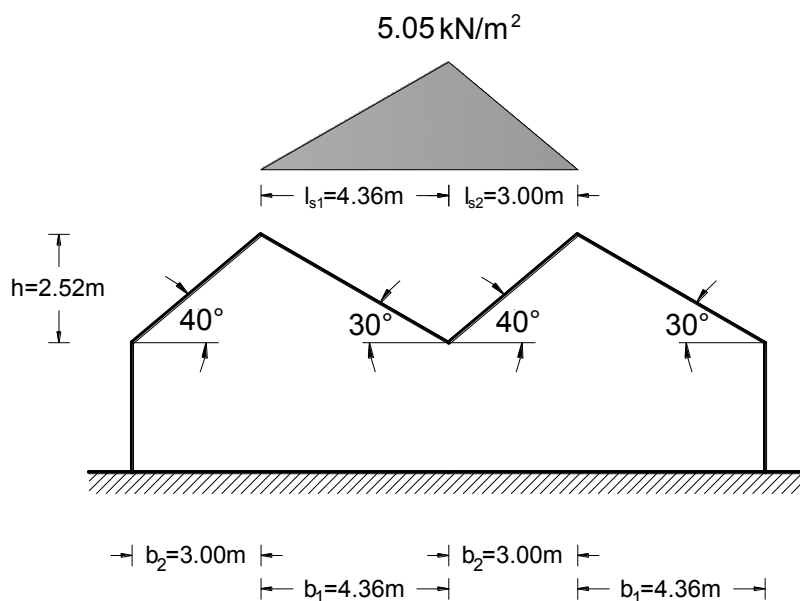
β) $s_4 = \mu_1 * s_k = 2.5 * 2.02 = 5.05 \text{ kN/m}^2$

(5.3)

Τα φορτία που υπολογίστηκαν προηγουμένως φαίνονται στα παρακάτω σχήματα. Η «με διάρκεια / παροδική» κατάσταση σχεδιασμού παρουσιάζεται στο σχήμα Σχ.Π3.2 για παρασυρμένο [περίπτωση (i)] και μη παρασυρμένο χιόνι [περίπτωση (ii)]. Η «τυχηματική» κατάσταση σχεδιασμού παρουσιάζεται στο σχήμα Σχ.Π3.3 .



Σχήμα Π3.2 Φόρτιση στέγης για «με διάρκεια / παροδική» κατάσταση σχεδιασμού



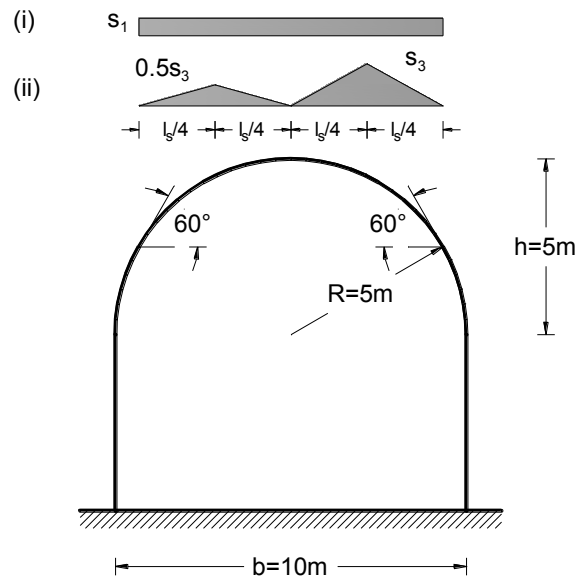
Σχήμα Π3.3 Φόρτιση στέγης για τυχηματική κατάσταση σχεδιασμού

Παράδειγμα 4

Κυλινδρική στέγη

Δίνεται: Κυλινδρική στέγη με γεωμετρικά στοιχεία που φαίνονται στο σχήμα Π4.1 . Η κατασκευή βρίσκεται στην Αττική σε υψόμετρο 200m. Η τοπογραφία της περιοχής θεωρείται κανονική.

Ζητείται: ο υπολογισμός των φορτίων χιονιού της στέγης.



Σχήμα Π4.1 Όψη κτηρίου

4.1 Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού στη στάθμη της θάλασσας, $s_{k,0}$:

Ο Νομός Αττικής ανήκει στη Ζώνη Α. Οπότε είναι $s_{k,0} = 0.4 \text{ kPa}$.

EN 1991-1-3

Ε.Π. 2.8

4.2 Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού επί του εδάφους, s_k :

Η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού επί του εδάφους δίνεται από τη σχέση:

$$s_k = s_{k,0} * [1 + (A/917)^2] = 0.4 * [1 + (200/917)^2] = 0.42 \text{ kN/m}^2$$

Ε.Π. 2.8

4.3 Μήκος συσσώρευσης χιονιού, l_s :

$$l_s = 2R \sin 60^\circ = 2 * 5 * \sin 60^\circ = 8.66 \text{ m} \text{ κι επομένως } l_s/4 = 2.165 \text{ m}$$

4.4 Συντελεστές σχήματος

(i) Για μη παρασυρμένο χιόνι:

$$\mu_1 = 0.80$$

Σχ. 5.6

(ii) Για παρασυρμένο χιόνι:

$$\text{Για } h/b = 5/10 = 0.5 \text{ παίρνουμε } \mu_3 = 2.00$$

Σχ. 5.5

4.5 Συντελεστής έκθεσης, C_e :

Επειδή η τοπογραφία της περιοχής είναι κανονική λαμβάνουμε: $C_e = 1$.

Πίν. 5.1

4.6 Συντελεστής θερμότητας, C_t :

$$C_t = 1$$

5.2(8)

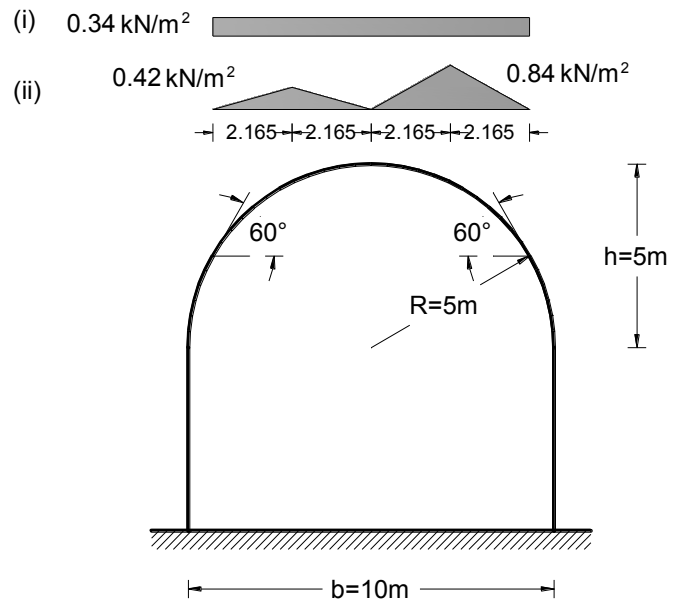
4.7 Φορτία χιονιού, s :

$$(i) \quad s_1 = \mu_1 * C_e * C_t * s_k = 0.8 * 1.0 * 1.0 * 0.42 = 0.34 \text{ kN/m}^2$$

(5.1)

$$(ii) \quad s_3 = \mu_3 * C_e * C_t * s_k = 2.0 * 1.0 * 1.0 * 0.42 = 0.84 \text{ kN/m}^2$$

Τα φορτία αυτά φαίνονται στο παρακάτω σχήμα. Η περίπτωση (i) αντιστοιχεί σε μη παρασυρμένο χιόνι ενώ η περίπτωση (ii) σε παρασυρμένο.



Σχήμα Π4.2 Φορτία χιονιού (i) για μη παρασυρμένο και (ii) για παρασυρμένο χιόνι

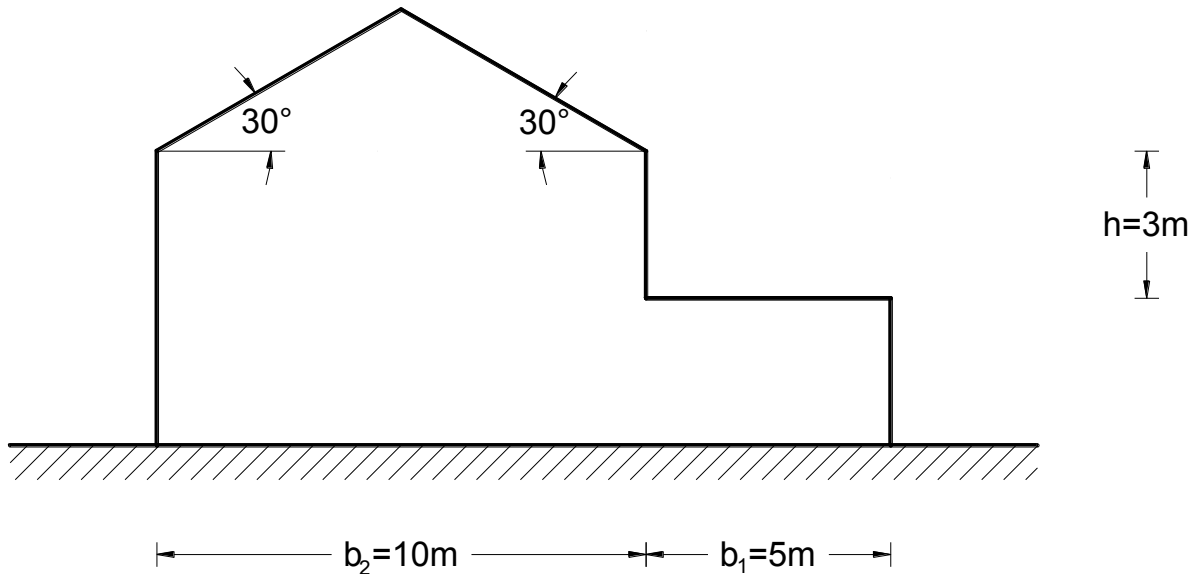
Παράδειγμα 5

Στέγη σε επαφή με υψηλότερη κατασκευή

Δίνεται: Οριζόντια στέγη βρίσκεται σε επαφή με δικλινή στέγη όπως φαίνεται στο σχήμα Π5.1 . Η κατασκευή βρίσκεται στην Καρδίτσα σε υψόμετρο 450m. Η κλίση της δικλινούς στέγης είναι $\alpha = 30^\circ$. Η τοπογραφία της περιοχής θεωρείται κανονική.

Ζητείται: ο υπολογισμός των φορτίων χιονιού των στεγών.

- «με διάρκεια / παροδική» κατάσταση σχεδιασμού και για
- τυχηματική κατάσταση σχεδιασμού κάνοντας χρήση του Παραρτήματος Β (εξαιρετική παράσυρση χιονιού).



Σχήμα Π5.1 Όψη κτηρίου

EN 1991-1-3

5.1 Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού στη στάθμη της θάλασσας, $s_{k,0}$:

Ο Νομός Καρδίτσας ανήκει στη Ζώνη Γ. Οπότε είναι $s_{k,0} = 1.7 \text{ kPa}$.

Ε.Π. 2.8

5.2 Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού επί του εδάφους, s_k :

Το υψόμετρο της περιοχής μετριέται με ακρίβεια 100m και στρογγυλεύεται στην επόμενη εκατοντάδα. Επομένως, εδώ θεωρούμε $A=300\text{m}$.

Η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού επί του εδάφους δίνεται από τη σχέση:

$$s_k = s_{k,0} \cdot [1 + (A/917)^2] = 1.7 \cdot [1 + (300/917)^2] = 1.88 \text{ kN/m}^2$$

Ε.Π. 2.8

5.3 Μήκος συσσώρευσης χιονιού, l_s :

α) $l_{s1} = 2h = 2 \cdot 3 = 6\text{m}$

(5.9)

Πρέπει $5 < l_s < 15\text{m}$. Επομένως δεκτή η τιμή 6.

β) $l_{s2} = \min(5h, b_1, 15) = \min(5 \cdot 3, 5, 15) = 5\text{m}$

Πίν. Β1

5.4 Συντελεστές σχήματος

α) Για την δικλινή στέγη:

Για $\alpha = 30^\circ$ έχουμε $\mu_{1,\alpha} = 0.8$

(5.1)

Για την οριζόντια στέγη:

5.3.6(1)

Επειδή η χαμηλότερη στέγη είναι οριζόντια παίρνουμε $\mu_1 = 0.8$

(5.6)

$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$,

(5.7)

όπου μ_s είναι ο συντελεστής σχήματος φορτίου χιονιού λόγω ολίσθησης από την ανώτερη στέγη και για $\alpha = 30^\circ > 15^\circ$ είναι $\mu_s = 0.5 \cdot \mu_{1,\alpha} = 0.5 \cdot 0.8 = 0.4$

και μ_w είναι ο συντελεστής σχήματος φορτίου χιονιού λόγω του ανέμου και είναι

$$\mu_w = (b_1 + b_2)/2h = (10+5)/2 \cdot 3 = 2.5 \leq \gamma h/s_k = 2 \cdot 3/1.7 = 3.53$$

(5.8)

Πρέπει επιπλέον $0.8 \leq \mu_w = 2.5 \leq 4$, που ισχύει. Επομένως $\mu_w = 2.5$.

Άρα είναι $\mu_2 = \mu_s + \mu_w = 0.4 + 2.5 = 2.9$.

Επειδή όμως είναι $b_2 = 5\text{m} < l_s = 6\text{m}$ ο συντελεστής στο τέλος της χαμηλότερης στέγης προσδιορίζεται με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των μ_1 και μ_2 στο σημείο αυτό. Δηλαδή είναι $\mu_{b2} = 0.8 + (2.9-0.8)*1/6 = 1.15$

- β) Επειδή η κατώτερη στέγη έχει κλίση $\alpha_1 = 0^\circ \leq 15^\circ$ ισχύει ότι $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu$
Επομένως, $\mu = \mu_3 = \min(2h/s_k, 2b/l_{s2}, 8) = \min(2*3/1.88, 2*10/5, 8) = \min(3.19, 4, 8) = 3.19$

Πίν. Β1

5.5 Συντελεστής έκθεσης, C_e :

Επειδή η τοπογραφία της περιοχής είναι κανονική λαμβάνουμε: $C_e = 1$.

Πίν. 5.1

5.6 Συντελεστής θερμότητας, C_t :

$C_t = 1$.

5.2(8)

5.7 Φορτία χιονιού, s :

- α) Για την κεκλιμένη στέγη:

$$s_{1,\alpha} = \mu_{1,\alpha} * C_e * C_t * s_k = 0.8 * 1 * 1 * 1.88 = 1.50 \text{ kN/m}^2 \quad (5.1)$$

Για την οριζόντια στέγη:

$$s_1 = \mu_1 * C_e * C_t * s_k = 0.8 * 1 * 1 * 1.88 = 1.50 \text{ kN/m}^2 \quad (5.1)$$

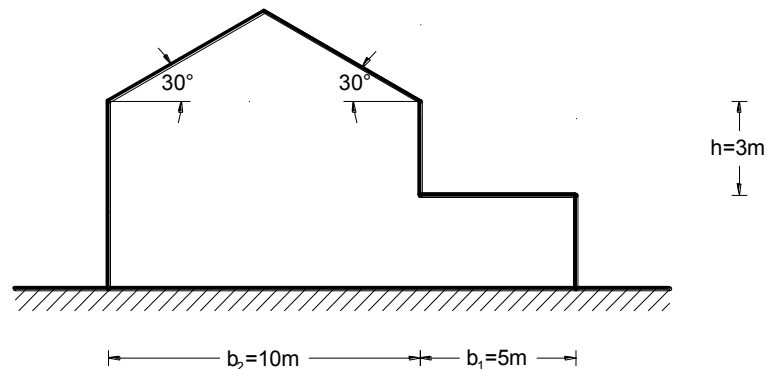
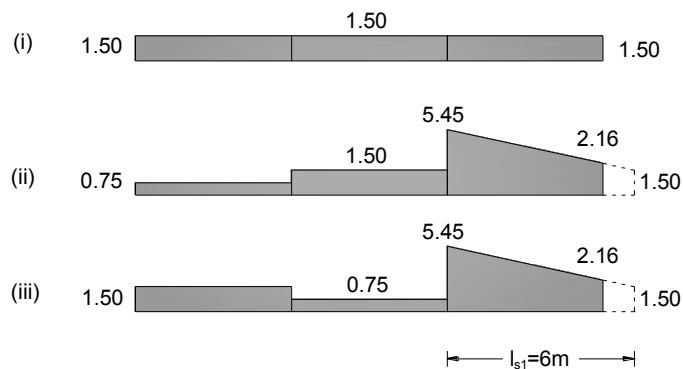
$$s_2 = \mu_2 * C_e * C_t * s_k = 2.9 * 1 * 1 * 1.88 = 5.45 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{b2} = \mu_{b2} * C_e * C_t * s_k = 1.15 * 1 * 1 * 1.88 = 2.16 \text{ kN/m}^2$$

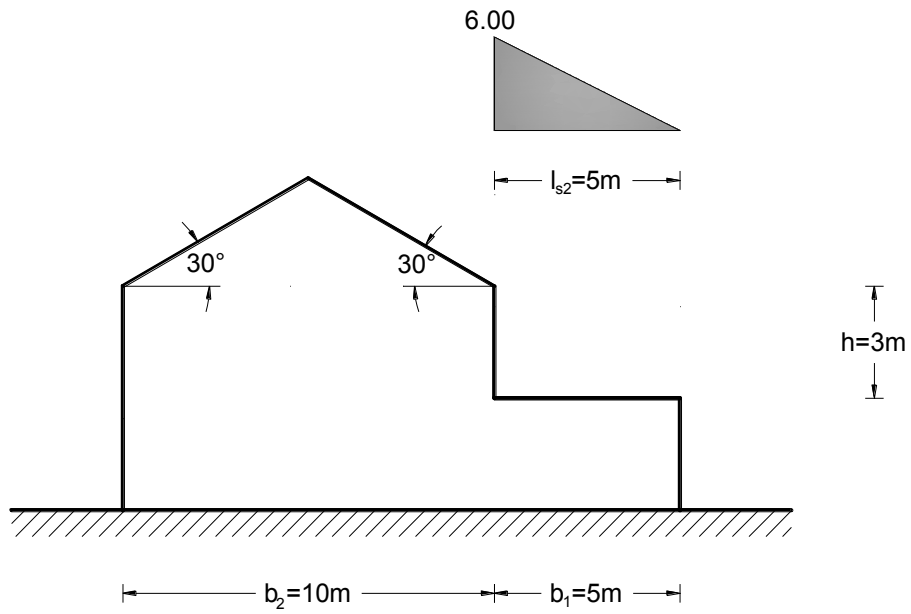
- β) $s_3 = \mu_3 * s_k = 3.19 * 1.88 = 6.00 \text{ kN/m}^2$

(5.3)

Τα φορτία που υπολογίστηκαν προηγουμένως φαίνονται στα παρακάτω σχήματα. Η «με διάρκεια / παροδική» κατάσταση σχεδιασμού παρουσιάζεται στο σχήμα Σχ.Π5.2 για παρασυρμένο [περίπτωση (i)] και μη παρασυρμένο χιόνι [περίπτωση (ii) και (iii)]. Η «τυχηματική» κατάσταση σχεδιασμού παρουσιάζεται στο σχήμα Σχ.Π5.3.



Σχήμα Π5.2 Φόρτιση στέγης για «με διάρκεια / παροδική» κατάσταση σχεδιασμού (σε kN/m^2)



Σχήμα Π5.3 Φόρτιση στέγης για τυχηματική κατάσταση σχεδιασμού (σε kN/m²)

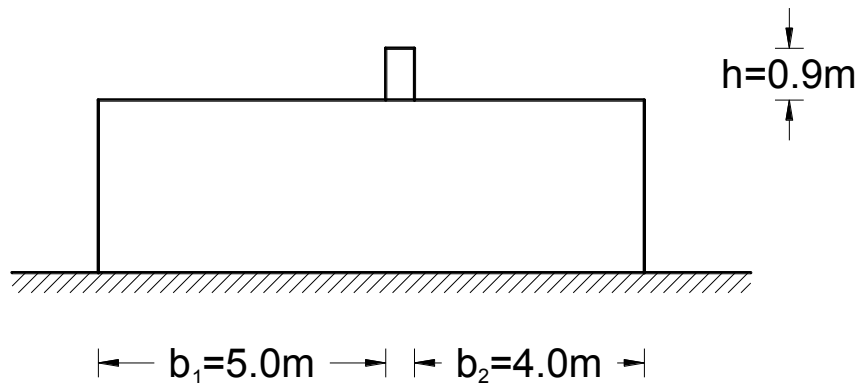
Παράδειγμα 6

Οριζόντια στέγη με προεξοχή

Δίνεται: Κατασκευή με οριζόντια στέγη στην οποία υπάρχει προεξοχή όπως φαίνεται στο σχήμα Π2.1 βρίσκεται στη Φλώρινα σε υψόμετρο 800m. Η τοπογραφία της περιοχής θεωρείται κανονική και η προεξοχή έχει εμβαδόν μεγαλύτερο του 1 m².

Ζητείται: ο υπολογισμός των φορτίων χιονιού εκατέρωθεν της προεξοχής λόγω παράσυρσης για:

- «με διάρκεια / παροδική» κατάσταση σχεδιασμού και
- τυχηματική κατάσταση σχεδιασμού κάνοντας χρήση του Παραρτήματος Β (εξαιρετική παράσυρση χιονιού).



Σχήμα Π6.1 Όψη κτηρίου

6.1 Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού στη στάθμη της θάλασσας, $s_{k,0}$:

Ο Νομός Φλώρινας ανήκει στη Ζώνη Β. Οπότε είναι $s_{k,0} = 0.8 \text{ kPa}$.

6.2 Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού επί του εδάφους, s_k :

Η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού επί του εδάφους δίνεται από τη σχέση:

$$s_k = s_{k,0} \cdot [1 + (A/917)^2] = 0.8 \cdot [1 + (800/917)^2] = 1.41 \text{ kN/m}^2$$

6.3 Μήκος συσσώρευσης χιονιού, l_s :

α) $l_s = 2h = 2 \cdot 0.9 = 1.8$

Πρέπει όμως $5 \leq l_s \leq 15\text{m}$. Οπότε $l_s = 5\text{m}$ για το τμήμα αριστερά της προεξοχής και $l_s = 4\text{m}$ για το τμήμα δεξιά της προεξοχής.

β) $l_{s1} = \min(5h, b_1) = \min(5 \cdot 0.9, 5.0) = \min(4.5, 5.0) = 4.5\text{m}$.

$l_{s2} = \min(5h, b_2) = \min(5 \cdot 0.9, 4.0) = \min(4.5, 4.0) = 4.0\text{m}$.

6.4 Συντελεστές σχήματος

α) $\mu_1 = 0.8$

$\mu_2 = \gamma h / s_k = 2 \cdot 0.9 / 0.8 = 2.25$

Πρέπει όμως $0.8 \leq \mu_2 \leq 2.0$. Οπότε $\mu_2 = 2.0$.

β) Το κατακόρυφο εμπόδιο έχει επιφάνεια $> 1 \text{ m}^2$ και έχει ύψος $h = 0.9 < 1\text{m}$.

Επομένως, μπορεί να γίνει χρήση του Παραρτήματος Β.

$\mu_1 = \min(2h_1/s_k, 5.0) = \min(2 \cdot 0.9 / 0.8, 5.0) = \min(2.25, 5.0) = 2.25$

$\mu_2 = \min(2h_2/s_k, 5.0) = \min(2 \cdot 0.9 / 0.8, 5.0) = \min(2.25, 5.0) = 2.25$

6.5 Συντελεστής έκθεσης, C_e :

Επειδή η τοπογραφία της περιοχής είναι κανονική λαμβάνουμε: $C_e = 1$.

6.6 Συντελεστής θερμότητας, C_t :

$C_t = 1$.

EN 1991-1-3

Ε.Π. 2.8

Ε.Π. 2.8

(6.3)

B4(2) δ)

(6.1)

(6.2)

B4(2) β)

B4(2) γ)

Πίν. 5.1

5.2(8)

6.7 Φορτία χιονιού, s :

$$\alpha) \quad s_1 = \mu_1 * s_k = 0.8 * 1.41 = 1.13 \text{ kN/m}^2 \quad (5.1)$$

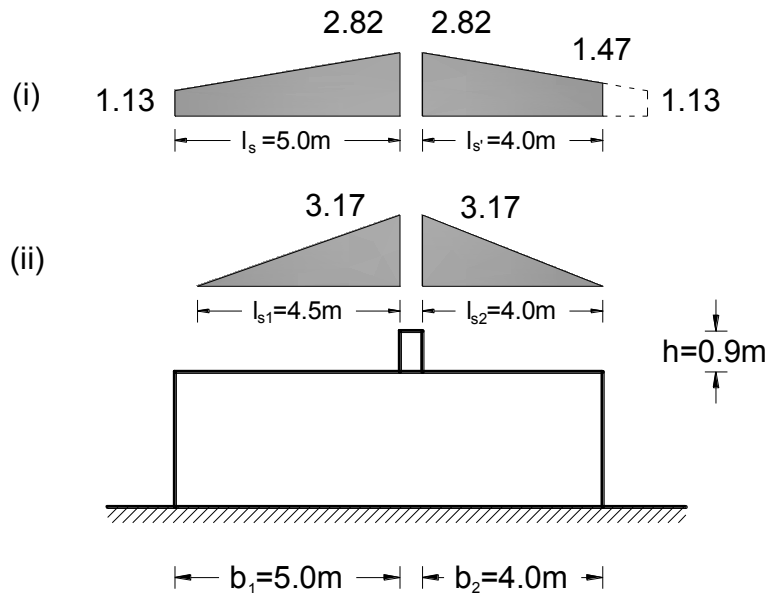
$$s_2 = \mu_2 * s_k = 2.0 * 1.41 = 2.82 \text{ kN/m}^2$$

Με γραμμική παρεμβολή υπολογίζουμε το φορτίο που ασκείται στη δεξιά άκρη της στέγης το οποίο είναι : $s_1' = 1.13 + (2.82 - 1.13) * 1/5 = 1.47$

$$\beta) \quad s_1 = \mu_1 * s_k = 2.25 * 1.41 = 3.17 \text{ kN/m}^2 \quad (5.3)$$

$$s_2 = \mu_2 * s_k = 2.25 * 1.41 = 3.17 \text{ kN/m}^2$$

Τα φορτία που υπολογίστηκαν προηγουμένως παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί. Η «με διάρκεια / παροδική» κατάσταση σχεδιασμού αντιστοιχεί στην περίπτωση (i) και η «τυχηματική» κατάσταση σχεδιασμού στην περίπτωση (ii).



Σχήμα Π6.2 Φορτία στέγης (σε kN/m^2)

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΔΡΑΣΕΩΝ ΑΝΕΜΟΥ

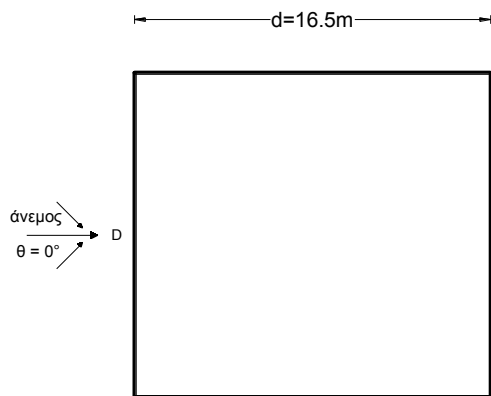
EN 1991-1-4

Παράδειγμα 1

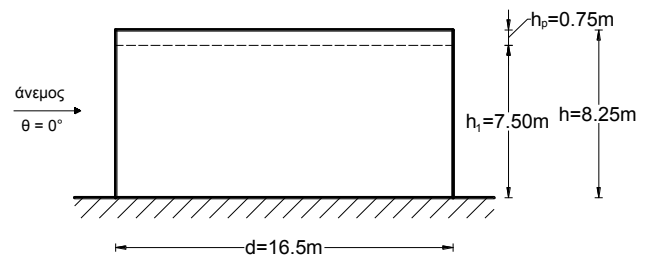
Κτήριο με οριζόντια στέγη

Δίνεται: Κλειστή άκαμπτη κατασκευή με οριζόντια στέγη που απέχει απόσταση μεγαλύτερη από 10km από την θάλασσα. Διαστάσεις: κάτοψη 16.5*15.0m, ύψος κατακόρυφου τοίχου: $h=7.5m$, ύψος στηθαίου $h_p=0.75m$, Τραχύτητα Εδάφους II, Περίοδος Επαναφοράς 50 έτη.

Ζητείται: ο υπολογισμός των πιέσεων στις εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες του κτηρίου για διεύθυνση του ανέμου όπως φαίνεται στα παρακάτω σχήματα ($\theta=0^\circ$):



Σχήμα Π1.1 Κάτοψη κτηρίου



Σχήμα Π1.2 Πλάγια όψη κτηρίου

1.1 Θεμελιώδης ταχύτητα του ανέμου, $v_{b,0}$:

Η περιοχή απέχει απόσταση μεγαλύτερη από 10km από τη θάλασσα, άρα $v_{b,0}=27m/s$.

1.2 Βασική ταχύτητα ανέμου, v_b :

συντελεστής διευθύνσεως $c_{dir} = 1.0$

εποχικός συντελεστής $c_{season} = 1.0$

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 1 * 1 * 27 = 27 \text{ m/s}$$

1.3 Τραχύτητα του εδάφους :

Η κατηγορία εδάφους είναι II, πρόκειται δηλαδή για περιοχή με χαμηλή βλάστηση και μεμονωμένα εμπόδια (δέντρα, κτήρια) με απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων.

1.4 Ύψος αναφοράς:

- Για τους εξωτερικούς τοίχους:
 $b=15.0m$ και $h = h_1+h_p = 7.50+0.75 = 8.25m$
Είναι $h < b$ άρα διακρίνουμε ένα τμήμα: $z_e = h = 8.25m$
- Για την στέγη: $z_e = h = 8.25m$
- Για τα στηθαία: $z_e = h_1+h_p = 7.50+0.75 = 8.25m$

1.5 Συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$:

Για κατηγορία εδάφους II έχουμε $z_0 = 0.05m$ και $z_{min} = 2m$.

Επειδή $z_{min} = 2m < z_e = 8.25m < z_{max} = 200m$

$$c_r(z_e) = k_r * \ln(z_e/z_0) = 0.19 * \ln(8.25/0.05) = 0.97$$

$$\text{όπου } k_r = 0.19 * (z_0/z_{0,II})^{0.07} = 0.19 * (0.05/0.05)^{0.07} = 0.19$$

1.6 Συντελεστής ανάγλυφου, $c_0(z)$:

Το έδαφος είναι επίπεδο άρα $c_0(z) = 1.0$

1.7 Μέση ταχύτητα ανέμου, v_m :

$$v_m = c_r(z_e) * c_0(z_e) * v_b$$

EN 1991-1-4

4.2 (1)P* +
ΕΠ 2.3

ΕΠ 2.5

ΕΠ 2.6

(4.1)

A1

7.2.2(1) +
Σχ. 7.4

7.2.3(3) +
Σχ. 7.6

7.4.1(2)

Πίν. 4.1

(4.4)

(4.5)

4.3.1 ΣΗΜ.1*
+ ΕΠ 2.8

(4.3)

$$v_m = 0.97 \cdot 1 \cdot 27 = 26.19 \text{ m/s}$$

1.8 Πίεση ταχύτητας αιχμής, $q_p(z)$:

$$q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I_v(z_e)] \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) / 2 \quad (4.8)$$

$$\text{όπου } I_v(z_e) = k_1 / [c_0(z_e) \cdot \ln(z_e/z_0)] = 1 / [1 \cdot \ln(8.25/0.05)] = 0.196 \quad (4.7)$$

$$\text{και } \rho = 1.25 \text{ kg/m}^3 = 0.00125 \text{ Mg/m}^3$$

ΕΠ 2.17

$$\text{Άρα } q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot 0.196] \cdot 0.00125 \cdot 26.19^2 / 2 = 1.02 \text{ kN/m}^2$$

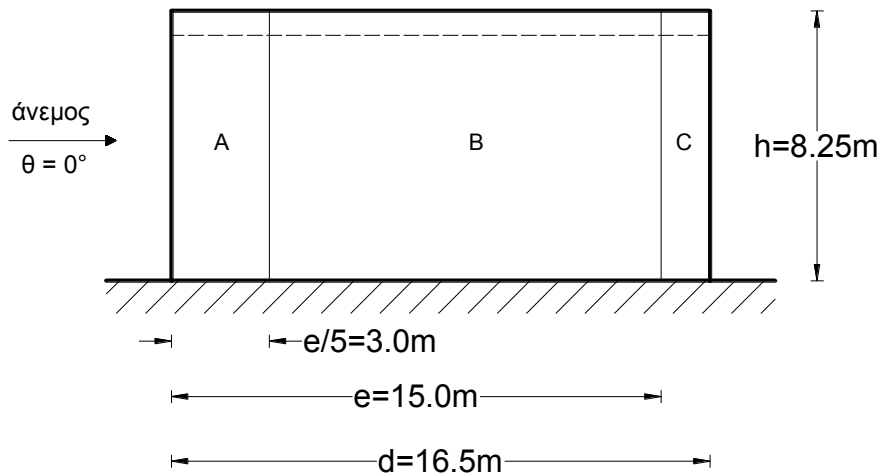
1.9 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης, c_{pe} :

1.9.1 Για τους κατακόρυφους τοίχους:

$$e = \min(b, 2h) = \min(15, 2 \cdot 8.25) = \min(15, 16.5) = 15 \text{ m}$$

Σχ. 7.5

$e < d = 16.5 \text{ m}$ κι επομένως οι πλαϊνοί τοίχοι χωρίζονται σε τρεις ζώνες με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχ. 7.5

Σχήμα Π1.3 Ζώνες πλαϊνών κατακόρυφων τοίχων

Για $h/d = 8.25/16.5 = 0.5$ οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης του προσήνεμου (D) και του υπήνεμου τοίχου (E) προκύπτουν με γραμμική παρεμβολή σύμφωνα με τον πίνακα Π1.1.

Πίνακας Π1.1 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} κατακόρυφων τοίχων

Ζώνη	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.800	+1.0	-0.500	
0.5	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.733	+1.0	-0.367	
≤0.25	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.700	+1.0	-0.300	

Πίν. 7.1

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_A = 8.25 \cdot 3 = 24.75 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_B = 8.25 \cdot 12 = 99 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_C = 8.25 \cdot 1.5 = 11.375 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_D = A_E = 7.5 \cdot 15 = 112.5 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

Άρα $c_{pe} = c_{pe,10}$.

Σχ. 7.2

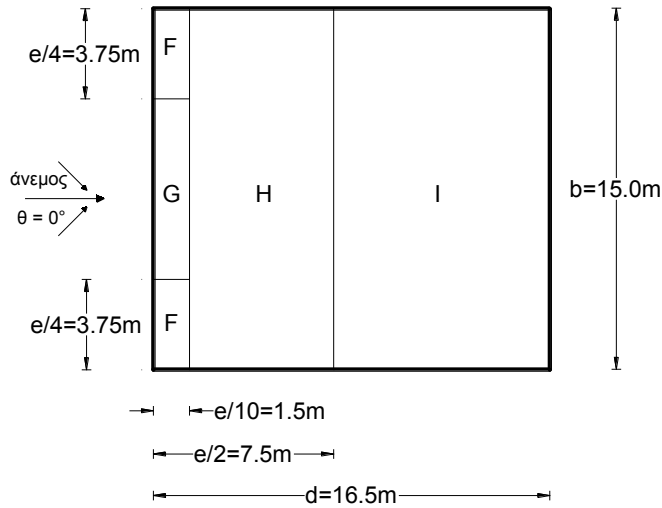
Το ύψος των ζωνών D και E λαμβάνεται ίσο με 7.5 m καθώς τα στηθαία που βρίσκονται κάθετα στη διεύθυνση του ανέμου θα επιλυθούν σύμφωνα με την παράγραφο 7.4.

7.4

1.9.2 Για τη στέγη και $\theta = 0^\circ$

Επειδή $e=15 \text{ m} < d=16.5 \text{ m}$ η στέγη χωρίζεται σε ζώνες σύμφωνα με το σχήμα Π1.5.

Σχ. 7.6



Σχ. 7.6

Σχήμα Π1.4 Ζώνες στέγης

Για $h_p/h = 0.75/7.50 = 0.10$ οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης είναι:

Πίνακας Π1.2 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} στέγης

Τύπος στέγης		Ζώνες							
		F		G		H		I	
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
με στηθαία	$h_p/h=0.10$	-1.2	-1.8	-0.8	-1.4	-0.7	-1.2	+0.2	-0.2

Πίν.7.2

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$\begin{aligned}
 A_F &= 1.5 \cdot 3.75 = 5.625 \text{ m}^2 & 1 \text{ m}^2 < A_F < 10 \text{ m}^2 \\
 A_G &= 1.5 \cdot 7.5 = 11.25 \text{ m}^2 & > 10 \text{ m}^2 \\
 A_H &= 6 \cdot 15 = 90 \text{ m}^2 & > 10 \text{ m}^2 \\
 A_I &= 7.5 \cdot 15 = 135 \text{ m}^2 & > 10 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Για τη ζώνη F ο c_{pe} προκύπτει με λογαριθμική παρεμβολή από τη σχέση:

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

ενώ για τις ζώνες G, H και I είναι $c_{pe} = c_{pe,10}$.

Οι τελικές τιμές των c_{pe} για τους κατακόρυφους τοίχους και τη στέγη δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας Π1.3 Τελικοί συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} κατακόρυφων τοίχων και στέγης

Ζώνες	A	B	C	D	E
c_{pe}	-1.20	-0.80	-0.50	+0.733	-0.367
Ζώνες	F	G	H	I	
c_{pe}	-1.35	-0.80	-0.70	± 0.200	

7.2.1(1) +
Σχ. 7.2

1.10 Συντελεστές τελικής πίεσεως προσήνεμου και υπήνεμου στηθαίου, $c_{p,net}$:

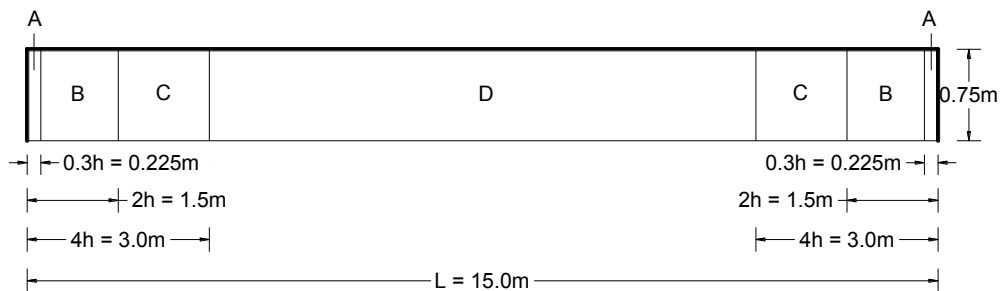
Για το προσήνεμο στηθαίο ισχύει:

$$L = 15.0\text{m} > 4 \cdot h_p = 4 \cdot 0.75 = 3.0\text{m}$$

$\varphi = 1$ και γύρισμα στις γωνίες μήκους $16.5 \text{ m} > h_p = 0.75\text{m}$

Χωρίζεται λοιπόν σε ζώνες σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα.

7.4.1



Σχ. 7.19 (a)

Σχήμα Π1.4 Ζώνες προσήνεμου και υπήνεμου στηθαίου

Οι συντελεστές τελικής πίεσης δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας Π1.4 Συντελεστές τελικής πίεσης $c_{p,net}$ εξωτερικές πιέσεις στηθαίου

Ζώνες	A	B	C	D
$c_{p,net}$	± 2.1	± 1.8	± 1.4	± 1.2

Πίν. 7.9

Οι τελικές πιέσεις ασκούνται στο στηθαίο είτε κατά τη φορά του ανέμου ή κατά την αντίθετή της.

Το στηθαίο αυτό επισκιάζει το υπήνεμο στηθαίο που είναι ίδιου υψους ($h_p = 0.75m$) κι επομένως οι συντελεστές τελικής πίεσης του δεύτερου δίνονται από τη σχέση

$$c_{p,net,s} = \psi_s * c_{p,net} \quad (7.7)$$

όπου $\psi_s = 1$ (λαμβάνεται για $x/h = 16.5/0.75 = 22$ και $\varphi = 1$).

Σχ. 7.20

Επομένως, οι συντελεστές τελικής πίεσης του επισκιαζόμενου (υπήνεμου) στηθαίου ταυτίζονται με την τιμές του πίνακα Π1.2 .

1.11 Εξωτερικές πιέσεις w_e :

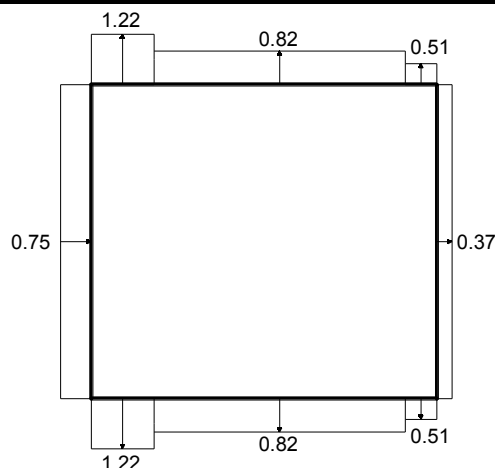
Η πίεση του ανέμου η οποία δρα κάθετα στις εξωτερικές επιφάνειες της κατασκευής προκύπτει από τη σχέση:

$$w_e = q_p(z_e) * c_{pe} = 1.02 * c_{pe} \quad (5.1)$$

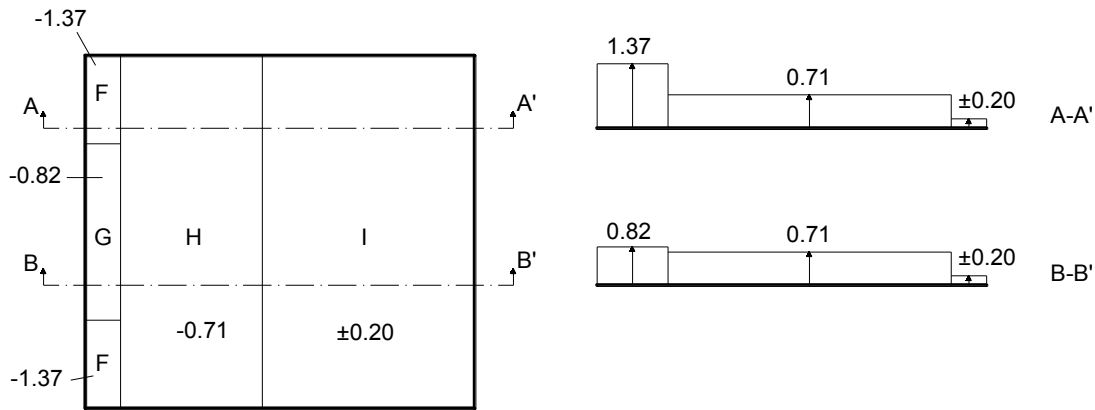
Για τους κατακόρυφους τοίχους και τη στέγη οι εξωτερικές πιέσεις δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας Π1.5 Εξωτερικές πιέσεις w_e κατακόρυφων τοίχων και στέγης (σε kPa)

Ζώνες		A	B	C	D	E
τοίχοι	w_e	-1.22	-0.82	-0.51	+0.75	-0.37
Ζώνες		F	G	H	I	
στέγη	w_e	-1.37	-0.82	-0.71	± 0.20	



Σχήμα Π1.6 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου w_e στους κατακόρυφους τοίχους (πλην στηθαίων) (σε kPa)



Σχήμα Π1.7 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου w_e στη στέγη (σε kPa)

1.12 Συντελεστές εσωτερικής πίεσης, c_{pi} :

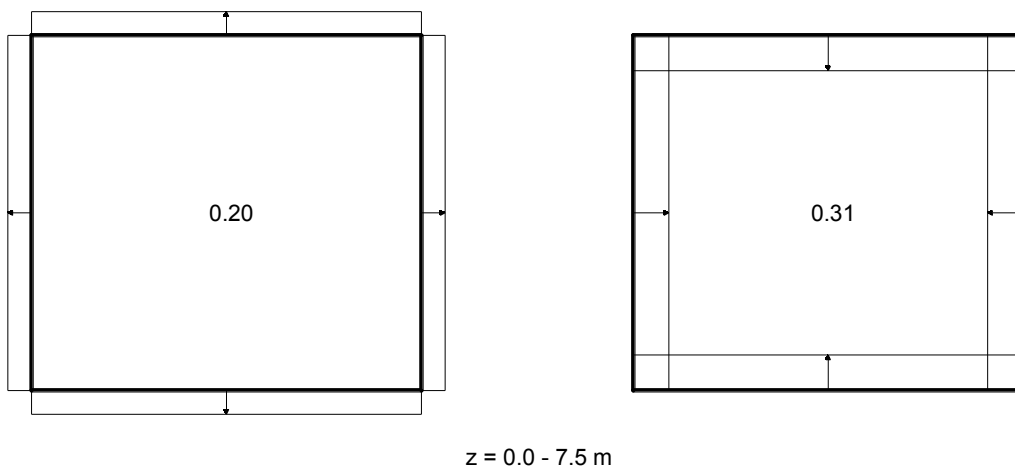
Η κατασκευή δεν έχει δεσπόζουσα πλευρά (που να έχει περισσότερα ανοίγματα από τις άλλες) και επίσης δεν είναι εύκολος ο ακριβής προσδιορισμός του ποσοστού των ανοιγμάτων (μ), γι' αυτό λαμβάνεται ως συντελεστής εσωτερικής πίεσεως, c_{pi} , η δυσμενέστερη τιμή από τις +0.2 και -0.3. Δυσμενέστερη κατάσταση είναι όταν αθροίζονται οι δυνάμεις από τις εσωτερικές και εξωτερικές πιέσεις. Έτσι, για παράδειγμα, αν ο συντελεστής εξωτερικής πίεσεως σε έναν τοίχο είναι θετικός, το δυσμενέστερο είναι να ληφθεί ο συντελεστής εσωτερικής πίεσεως αρνητικός: $c_{pi} = -0.3$. Αν αντίθετως ο συντελεστής εξωτερικής πίεσεως σε έναν τοίχο είναι αρνητικός, το δυσμενέστερο είναι να ληφθεί ο συντελεστής εσωτερικής πίεσεως θετικός: $c_{pi} = +0.2$. Προτείνεται να λαμβάνονται και οι δύο περιπτώσεις φορτίσεως και να συνδυάζονται με τις εξωτερικές πιέσεις.

7.2.9 (6)
ΣΗΜ. 2

1.13 Εσωτερικές πιέσεις w_i :

- Για $c_{pi} = +0.2$: $w_i = q_p(z_i) * c_{pi} = 1.02 * 0.2 = 0.2$
- Για $c_{pi} = -0.3$: $w_i = q_p(z_i) * c_{pi} = -1.02 * 0.3 = -0.31$
όπου $z_i = z_e = 8.25m$

(5.2)



Σχήμα Π1.8 Εσωτερικές πιέσεις ανέμου w_i (σε kPa)

1.14 Συνδυασμένος δυναμικός συντελεστής $c_s c_d$:

Επειδή $h = 8.25m < 15.0m$, $c_s c_d = 1$.

6.2(1) α)

1.15 Τελικές πιέσεις w_{tot} :

Οι εξωτερικές δυνάμεις δίνονται από τη σχέση :

$$F_{w,e} = c_s c_d * \sum w_e * A_{ref} \tag{5.5}$$

και οι εσωτερικές από τη σχέση :

$$F_{w,i} = \sum w_i * A_{ref} \tag{5.6}$$

Η συνισταμένη δύναμη σε κάθε επιφάνεια προσδιορίζεται με διανυσματική άθροιση

των προηγούμενων δυνάμεων. Εδώ επειδή είναι $c_s c_d = 1$ έχουμε :

$$F_{tot} = F_{w,e} - F_{w,i} = c_s c_d * \sum W_e * A_{ref} - \sum W_i * A_{ref} = \sum (W_e - W_i) * A_{ref} = \sum W_{tot} * A_{ref}$$

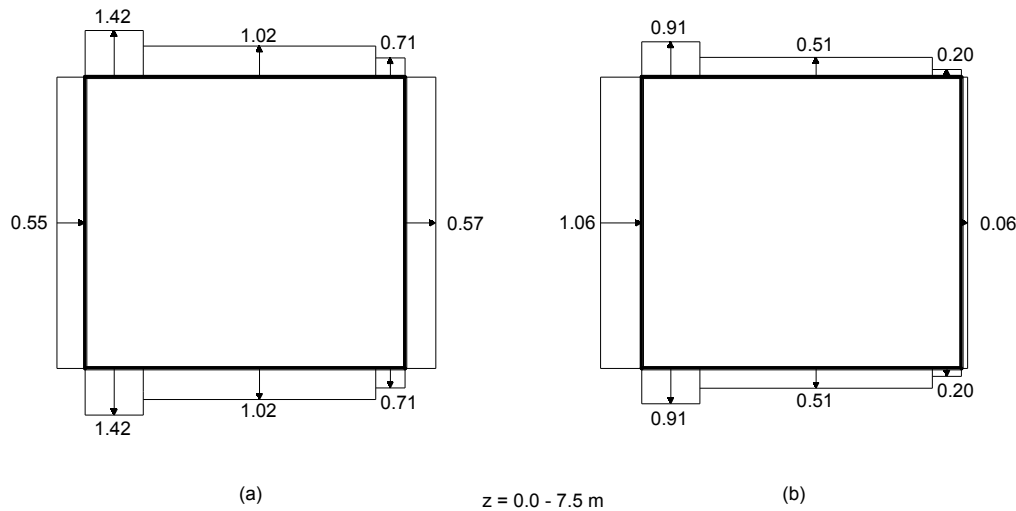
Επομένως, οι τελικές πιέσεις στους κατακόρυφους τοίχους και στη στέγη μπορούν να υπολογιστούν από επαλληλία των εξωτερικών και εσωτερικών πιέσεων και δίνονται στους παρακάτω πίνακες.

$$W_{tot} = W_e - W_i$$

Αν ήταν $c_s c_d \neq 1$ δε θα επιτρεπόταν να υπολογίσουμε τις τελικές πιέσεις αφαιρώντας τις εσωτερικές από τις εξωτερικές. Θα υπολογίζαμε τις δυνάμεις από τις παραπάνω σχέσεις και στη συνέχεια θα τις αθροίζαμε διανυσματικά.

Πίνακας Π1.6 Τελικές πιέσεις ανέμου w_{tot} στους κατακόρυφους τοίχους (σε kPa)

Ζώνες		A	B	C	D	E	
τοίχοι		W_e	-1.22	-0.82	-0.51	+0.75	-0.37
c_{pi}	+0.2	W_i	+0.20	+0.20	+0.20	+0.20	+0.20
		W_{tot}	-1.42	-1.02	-0.71	+0.55	-0.57
	-0.3	W_i	-0.31	-0.31	-0.31	-0.31	-0.31
		W_{tot}	-0.91	-0.51	-0.20	+1.06	-0.06



Σχήμα Π1.9 Τελικές πιέσεις ανέμου w_{tot} στους κατακόρυφους τοίχους

(a) για $c_{pi}=+0.2$ και (b) για $c_{pi}=-0.3$

Οι τελικές πιέσεις στα στηθαία (δηλαδή για z από 7.50m έως 8.25m) που είναι κάθετα στη διεύθυνση του ανέμου προκύπτουν από τη σχέση:

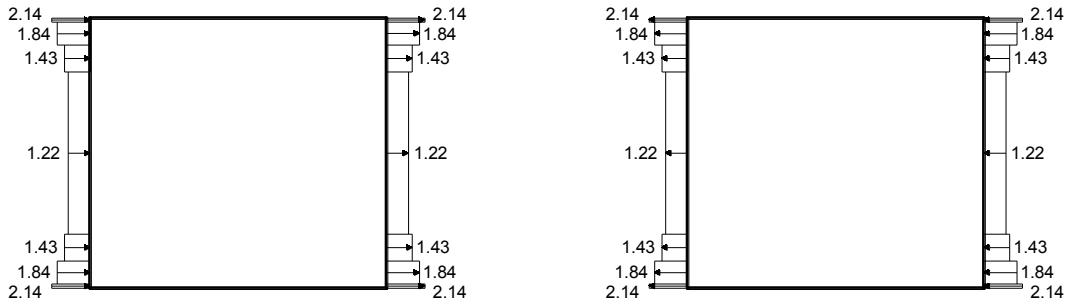
$$W_{tot} = q_p(z_e) * c_{p,net} = 1.02 * c_{p,net}$$

και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας Π1.7 Τελικές πιέσεις ανέμου $w_{p,net}$ στο προσήνεμο και υπήνεμο στηθαίο (σε kPa)

Ζώνες	A	B	C	D
$W_{p,net}$	±2.14	±1.84	±1.43	±1.22

Για τα υπόλοιπα στηθαία οι τελικές πιέσεις είναι μηδενικές.



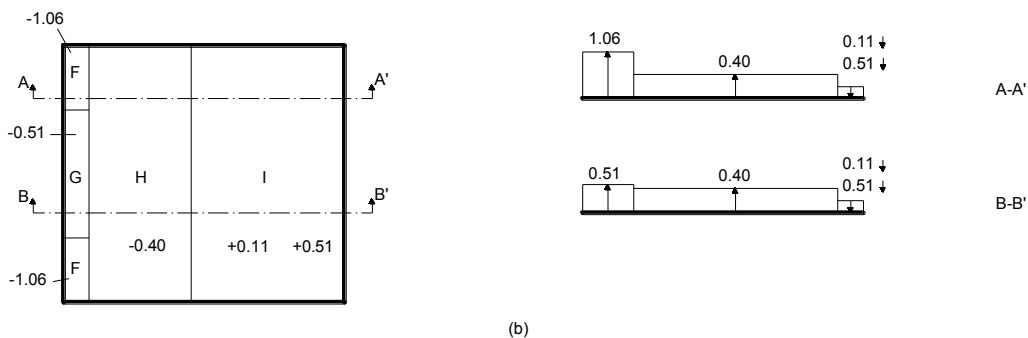
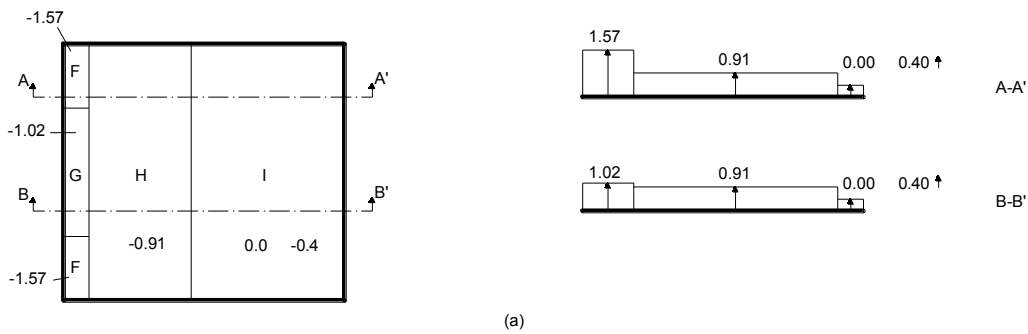
$z = 7.5 - 8.25 \text{ m}$

Σχῆμα Π1.10 Τελικές πιέσεις $w_{p,net}$ στα στηθαία (σε kPa)

Στη στέγη οι τελικές πιέσεις είναι οι εξής.

Πίνακας Π1.8 Τελικές πιέσεις ανέμου w_{tot} στη στέγη (σε kPa).

Ζώνες		F	G	H	I	
στέγη		w_e	-1.37	-0.82	-0.71	± 0.20
c_{pi}	+0.2	w_i	+0.20	+0.20	+0.20	+0.20
		w_{tot}	-1.57	-1.02	-0.91	0.00 ή -0.40
	-0.3	w_i	-0.31	-0.31	-0.31	-0.31
		w_{tot}	-1.06	-0.51	-0.40	+0.51 ή +0.11



Σχῆμα Π1.11 Τελικές πιέσεις ανέμου w_{tot} στη στέγη (σε kPa)

(a) για $c_{pi}=+0.2$ και (b) για $c_{pi}=-0.3$

1.16 Δυνάμεις τριβής δεν υπολογίζονται γιατί η συνολική έκταση όλων των επιφανειών που είναι παράλληλες με τον άνεμο είναι μικρότερη από 4 φορές τη συνολική έκταση όλων των εξωτερικών επιφανειών που είναι κάθετες στον άνεμο (προσήμενων και υπήνεμων).

$$2 \cdot 16.5 \cdot 8.25 + 16.5 \cdot 15 = 519.75 \text{ m}^2 < 4 \cdot 2 \cdot 15 \cdot 8.25 = 990 \text{ m}^2$$

5.3(4)

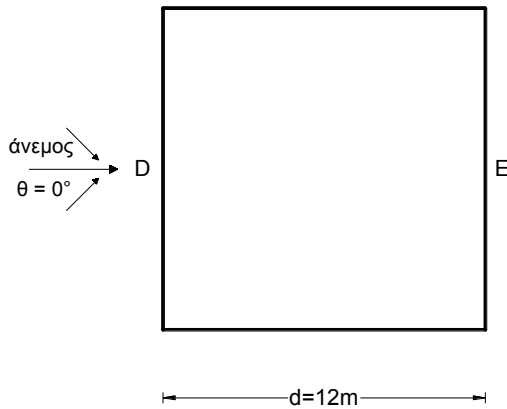
Παράδειγμα 2

Κτήριο με οριζόντια στέγη

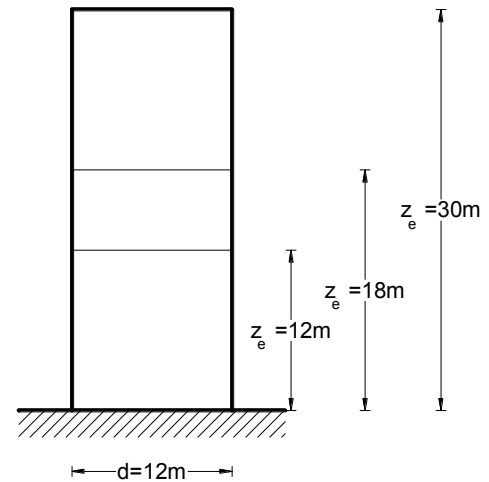
Δίνεται: Κλειστή άκαμπτη κατασκευή με οριζόντια στέγη στη Λ. Ποσειδώνος.

Διαστάσεις: κάτοψη 12.0*12.0m, ύψος κατακόρυφου τοίχου: h=30.0m, Τραχύτητα Εδάφους 0, λόγος ανοιγμάτων $\mu = 0.8$, περίοδος Επαναφοράς 50 έτη

Ζητείται: ο υπολογισμός των πιέσεων στις εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες του κτηρίου για διεύθυνση του ανέμου όπως φαίνεται στο σχήμα ($\theta=0^\circ$):



Σχήμα Π2.1 Κάτοψη κτηρίου



Σχήμα Π2.2 Πλάγια όψη κτηρίου

2.1 Θεμελιώδης ταχύτητα του ανέμου, $v_{b,0}$:

η περιοχή ότι απέχει απόσταση μικρότερη από 10km από την θάλασσα, άρα $v_{b,0}=33\text{m/s}$.

2.2 Βασική ταχύτητα ανέμου, v_b :

συντελεστής διεύθυνσεως $c_{dir} = 1.0$
εποχικός συντελεστής $c_{season} = 1.0$
 $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 33 = 33 \text{ m/s}$

2.3 Τραχύτητα του εδάφους :

Η κατηγορία εδάφους είναι 0, πρόκειται δηλαδή για παράκτια περιοχή εκτεθειμένη σε ανοικτή θάλασσα.

2.4 Ύψος αναφοράς:

- Για τους εξωτερικούς τοίχους:
 $b=12.0\text{m}$ και $h=30\text{m} > 2b$
Άρα διακρίνουμε τρία τμήματα καθ' ύψος με ύψη αναφοράς:
 - $z_e = b = 12\text{m}$
 - $z_e = h-b = 18\text{m}$
 - $z_e = h = 30\text{m}$
- Για την στέγη: $z_e = h = 30\text{m}$

2.5 Συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$:

Για κατηγορία εδάφους 0 έχουμε $z_0 = 0.003\text{m}$ και $z_{min} = 1\text{m}$.

Επειδή $z_{min} = 1\text{m} < z_e = 12 \text{ ή } 18 \text{ ή } 30\text{m} < z_{max} = 200\text{m}$

$$c_r(z_e) = k_r \cdot \ln(z_e/z_0) \quad (4.4)$$

$$\text{όπου } k_r = 0.19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0.07} = 0.19 \cdot (0.003/0.05)^{0.07} = 0.156 \quad (4.5)$$

$$c_r(12) = 0.156 \cdot \ln(12/0.05) = 1.294$$

$$c_r(18) = 0.156 \cdot \ln(18/0.05) = 1.357$$

$$c_r(30) = 0.156 \cdot \ln(30/0.05) = 1.437$$

2.6 Συντελεστής ανάγλυφου, $c_0(z)$:

Το έδαφος είναι επίπεδο άρα $c_0(z) = 1.0$

EN 1991-1-4

ΕΠ 2.3

(4.1)

Πίν. 4.1

7.2.2(1) +
Σχ. 7.4

7.2.3(3) +
Σχ. 7.6

Πίν. 4.1

ΕΠ 2.8

2.7 Μέση ταχύτητα ανέμου, v_m :

$$v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_0(z_e) \cdot v_b \quad (4.3)$$

$$v_m(12) = 1.294 \cdot 1 \cdot 33 = 42.7 \text{ m/s}$$

$$v_m(18) = 1.357 \cdot 1 \cdot 33 = 44.8 \text{ m/s}$$

$$v_m(30) = 1.437 \cdot 1 \cdot 33 = 47.4 \text{ m/s}$$

2.8 Πίεση ταχύτητας αιχμής, $q_p(z_e)$:

$$q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I_v(z_e)] \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) / 2 \quad (4.8)$$

$$\text{όπου } I_v(z_e) = k / [c_0(z_e) \cdot \ln(z_e/z_0)] \text{ και } \rho = 1.25 \text{ kg/m}^3 = 0.00125 \text{ Mg/m}^3 \quad (4.7) +$$

ΕΠ 2.17

Πίνακας Π2.1 Πιέσεις αιχμής, $q_p(z_e)$ (σε kPa)

z_e	$I_v(z_e)$	$v_m(z_e)$	$q_p(z_e)$
12	0.121	42.7	2.10
18	0.115	44.8	2.26
30	0.109	47.4	2.48

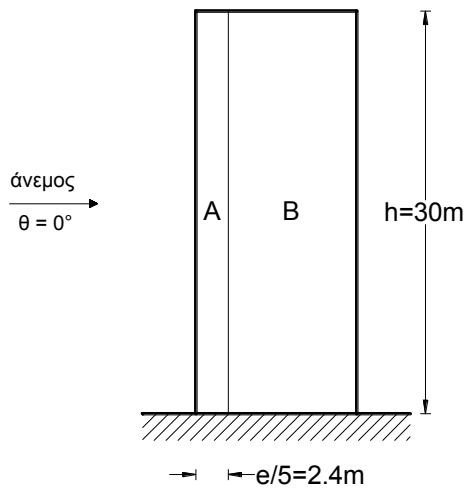
2.9 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης, c_{pe} :

2.9.1 Για τους κατακόρυφους τοίχους:

$$e = \min(b, 2h) = \min(12, 2 \cdot 30) = \min(12, 60) = 12\text{m}$$

Σχ. 7.5

$e = d = 12\text{m}$ κι επομένως οι πλαϊνοί τοίχοι χωρίζονται σε δύο ζώνες με τον τρόπο που φαίνεται στο Σχ. Π2.3 .



Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_A = 2.4 \cdot 30 = 72 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_B = 9.6 \cdot 30 = 288 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_D = 12 \cdot 30 = 360 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_E = 12 \cdot 30 = 360 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$\text{Άρα } c_{pe} = c_{pe,10}$$

Σχ. 7.2

Σχήμα Π2.3 Ζώνες κατακόρυφων τοίχων

Για $h/d = 30/12 = 2.5$ οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης του υπήνεμου τοίχου (E) προκύπτουν με γραμμική παρεμβολή σύμφωνα με τον πίνακα Π2.2 .

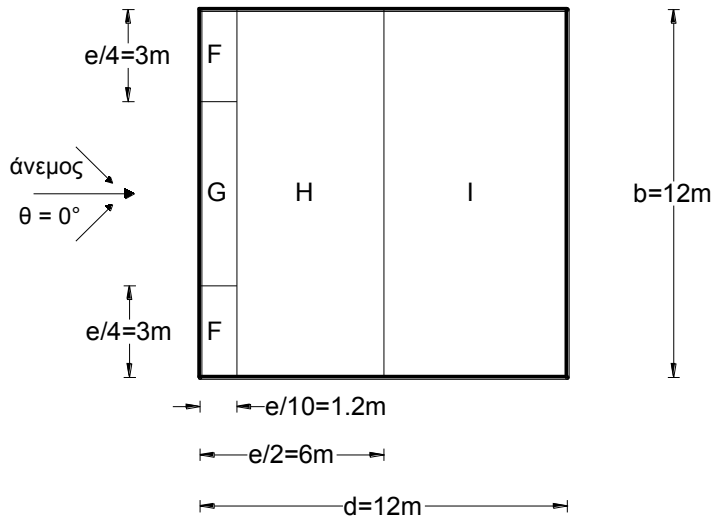
Πίν. 7.1

Πίνακας Π2.2 Τελικοί συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} κατακόρυφων τοίχων

Ζώνη		A	B	D	E
h/d	5.0	-1.2	-0.8	+0.8	-0.700
	2.5	-1.2	-0.8	+0.8	-0.575
	1.0	-1.2	-0.8	+0.8	-0.500

2.9.2 Για τη στέγη:

Επειδή $e = 12\text{m} = d$ η στέγη χωρίζεται σε ζώνες σύμφωνα με το σχήμα Π2.4 .



Σχ. 7.6

Σχήμα Π2.4 Ζώνες στέγης.

Οι τιμές των c_{pe} προκύπτουν για τύπο στέγης με αιχμηρά άκρα, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας Π2.3 Τελικοί συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} στέγης.

Τύπος στέγης	Ζώνες							
	F		G				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	

Πίν. 7.2

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$\begin{aligned}
 A_F &= 1.2 \cdot 3 = 3.6 \text{ m}^2 & 1 \text{ m}^2 < A_F < 10 \text{ m}^2 \\
 A_G &= 1.2 \cdot 6 = 7.2 \text{ m}^2 & 1 \text{ m}^2 < A_G < 10 \text{ m}^2 \\
 A_H &= 4.8 \cdot 12 = 57.6 \text{ m}^2 & > 10 \text{ m}^2 \\
 A_I &= 6 \cdot 12 = 72 \text{ m}^2 & > 10 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Για τις ζώνες F και G ο c_{pe} προκύπτει με λογαριθμική παρεμβολή από τη σχέση:

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

ενώ για τις ζώνες H και I είναι $c_{pe} = c_{pe,10}$.

Οι τελικές τιμές των c_{pe} για τους κατακόρυφους τοίχους και τη στέγη δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας Π2.4 Τελικοί συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} κατακόρυφων τοίχων και στέγης

Ζώνες	A	B	D	E
c_{pe}	-1.20	-0.80	+0.80	-0.575
Ζώνες	F	G	H	I
c_{pe}	-2.11	-1.31	-0.70	± 0.200

7.2.1(1) +
Σχ. 7.2

2.10 Εξωτερικές πιέσεις w_e :

Η πίεση του ανέμου η οποία δρα κάθετα στις εξωτερικές επιφάνειες της κατασκευής προκύπτει από τη σχέση:

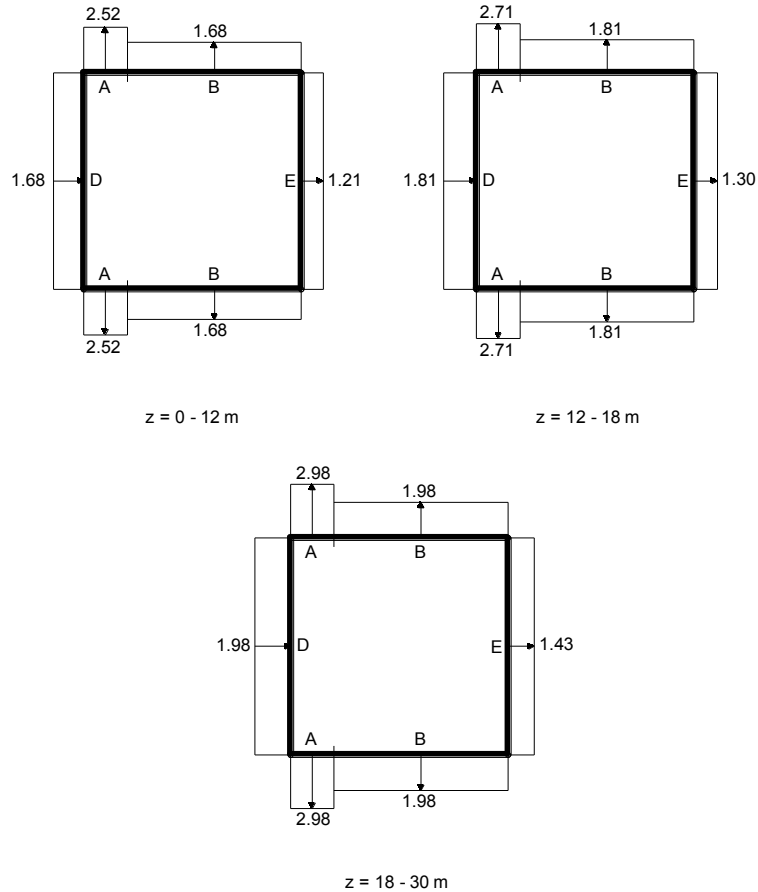
$$w_e = q_p(Z_e) \cdot c_{pe}$$

Για τους κατακόρυφους τοίχους και τη στέγη οι εξωτερικές πιέσεις δίνονται στους παρακάτω πίνακες:

(5.1)

Πίνακας Π2.5 Εξωτερικές πιέσεις w_e κατακόρυφων τοίχων (σε kPa)

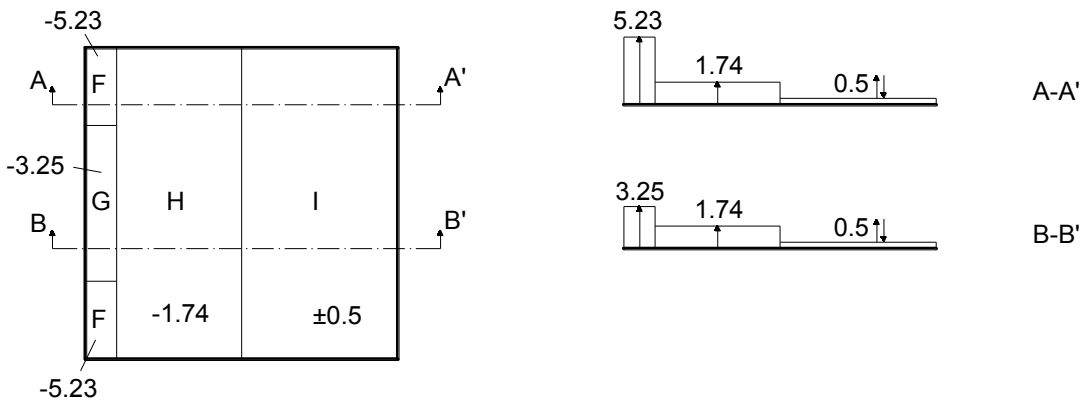
Ζώνες		A	B	D	E	
Τοίχοι		C_{pe}	-1.20	-0.80	+0.80	-0.575
Z_e	12	q_p	2.10			
		w_e	-2.52	-1.68	+1.68	-1.21
	18	q_p	2.2			
		w_e	-2.71	-1.81	+1.81	-1.30
	30	q_p	2.48			
		w_e	-2.98	-1.98	+1.98	-1.43



Σχήμα Π2.5 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου w_e στους κατακόρυφους τοίχους (σε kPa)

Πίνακας Π2.6 Εξωτερικές πιέσεις w_e στέγης (σε kPa)

Ζώνες		F	G	H	I
στέγη	C_{pe}	-2.11	-1.31	-0.70	± 0.20
	q_p	2.48			
	w_e	-5.23	-3.25	-1.74	± 0.50



Σχήμα Π2.6 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου w_e στη στέγη (σε kPa)

2.11 Συντελεστές εσωτερικής πίεσης, c_{pi} :

Για $h/d = 30/12 = 2.5 > 1.0$ και λόγο ανοιγμάτων $\mu = 0.8$ παίρνουμε $c_{pi} = -0.3$.

Σχ. 7.13

2.12 Εσωτερικές πιέσεις w_i :

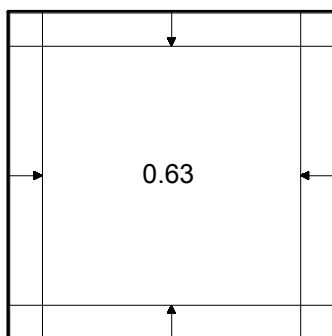
Οι εσωτερικές πιέσεις δίνονται από τη σχέση: $w_i = q_p(z_i) * c_{pi}$.

(5.2)

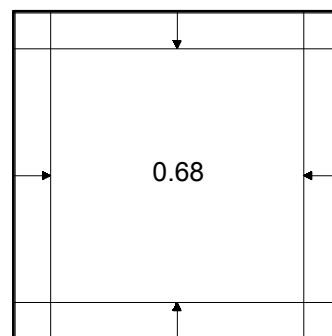
Θεωρούμε ότι $z_i = z_e$. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι εσωτερικές πιέσεις για τους κατακόρυφους τοίχους και τη στέγη.

Πίνακας Π2.7 Εσωτερικές πιέσεις ανέμου w_i στους κατακόρυφους τοίχους και τη στέγη (σε kPa)

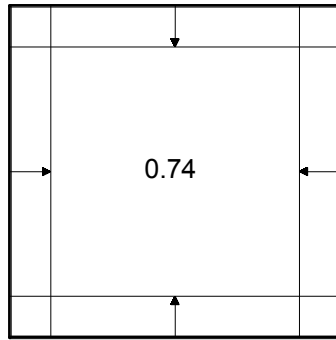
τοίχοι		c_{pi}	-0.3
z_i	12	q_p	2.10
		w_i	-0.63
	18	q_p	2.26
		w_i	-0.68
	30	q_p	2.48
		w_i	-0.74
στέγη		c_{pi}	-0.3
z_i	30	q_p	2.48
		w_i	-0.74



$z = 0 - 12 \text{ m}$



$z = 12 - 18 \text{ m}$



$z = 18 - 30 \text{ m}$

Σχήμα Π2.7 Εσωτερικές πιέσεις ανέμου στους κατακόρυφους τοίχους (σε kPa)

2.13 Συνδυασμένος δυναμικός συντελεστής $c_s c_d$:

Επειδή $h = 30\text{m} < 100\text{m}$ και $h < 4*d = 4*12 = 48\text{m}$, $c_s c_d = 1$.

6.2(1) γ)

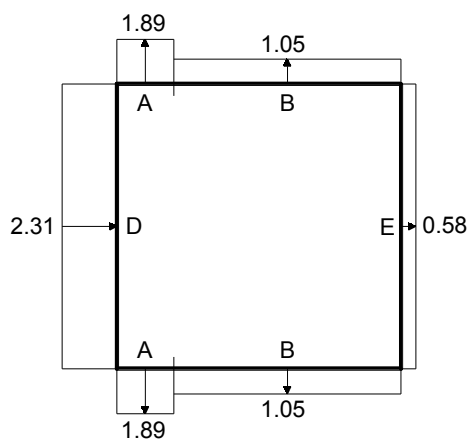
2.14 Τελικές πιέσεις w_{tot} :

Αφού $c_s c_d = 1$ οι τελικές πιέσεις στους κατακόρυφους τοίχους και στη στέγη προκύπτουν από επαλληλία των εξωτερικών και εσωτερικών πιέσεων και δίνονται στους παρακάτω πίνακες. (βλ. και 2.16)

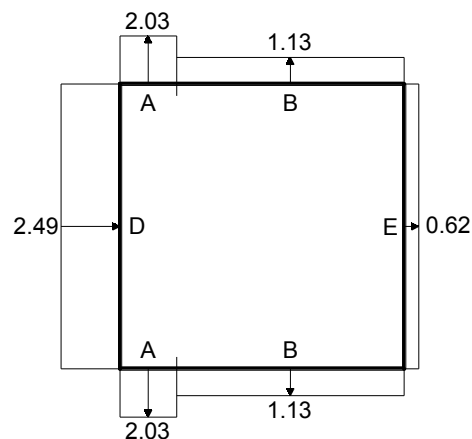
$w_{tot} = w_e - w_i$

Πίνακας Π2.8 Τελικές πιέσεις ανέμου w_{tot} στους κατακόρυφους τοίχους (σε kPa)

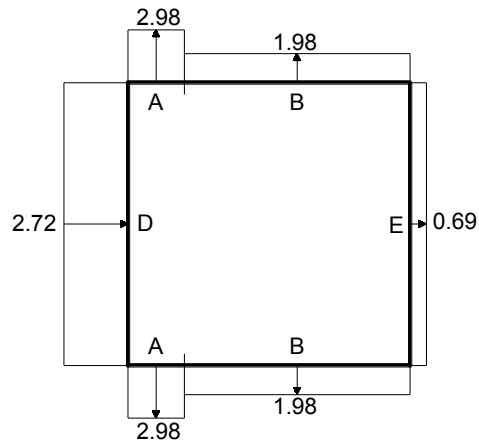
Ζώνες		A	B	D	E
0-12	w_e	-2.52	-1.68	+1.68	-1.21
	w_i	-0.63			
	w_{tot}	-1.89	-1.05	+2.31	-0.58
12-18	w_e	-2.71	-1.81	+1.81	-1.30
	w_i	-0.68			
	w_{tot}	-2.03	-1.13	+2.49	-0.62
18-30	w_e	-2.98	-1.98	+1.98	-1.43
	w_i	-0.74			
	w_{tot}	-2.24	-1.24	+2.72	-0.69



$z = 0 - 12 \text{ m}$

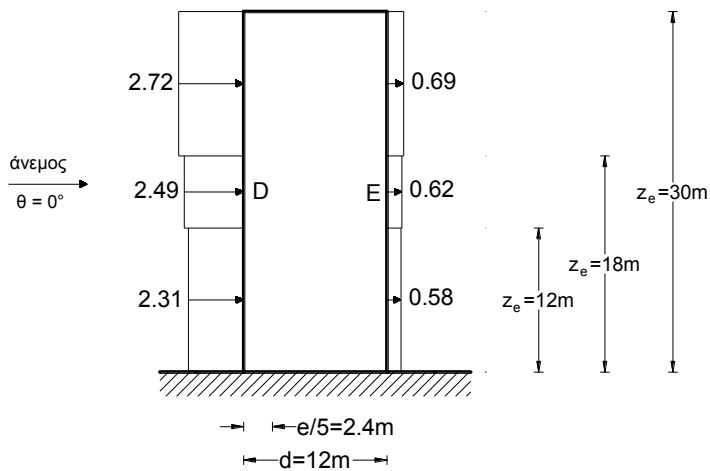


$z = 12 - 18 \text{ m}$



$z = 18 - 30 \text{ m}$

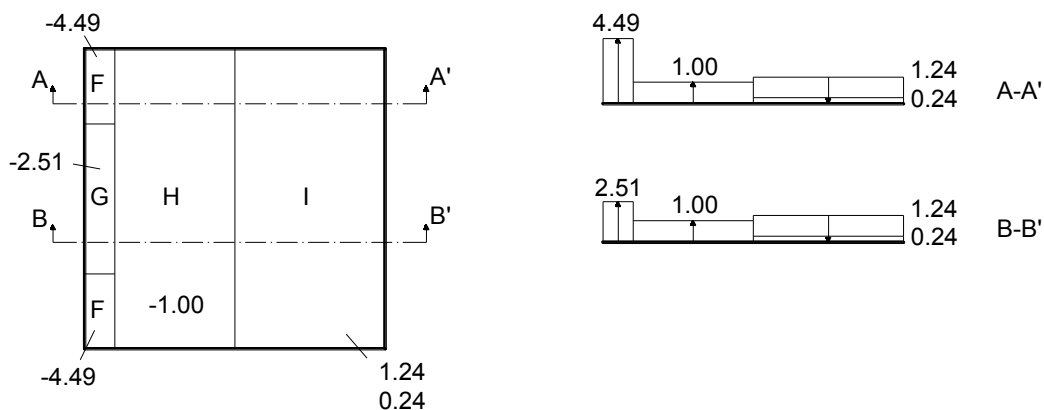
Σχήμα Π2.8 Τελικές πιέσεις ανέμου w_{tot} στους κατακόρυφους τοίχους σε kPa (κάτοψη)



Σχήμα Π2.9 Τελικές πιέσεις ανέμου w_{tot} στον προσήνεμο και υπήνεμο κατακόρυφο τοίχο σε kPa (όψη)

Πίνακας Π2.9 Τελικές πιέσεις ανέμου w_{tot} στη στέγη (σε kPa)

Ζώνες		F	G	H	I
στέγη	w_e	-5.23	-3.25	-1.74	± 0.50
	w_i	-0.74			
	w_{tot}	-4.49	-2.51	-1.00	+1.24 +0.24



Σχήμα Π2.10 Τελικές πιέσεις ανέμου w_{tot} στη στέγη (σε kPa)

2.15 Συνολική Δύναμη :

Οι εξωτερικές δυνάμεις δίνονται από τη σχέση :

$$F_{w,e} = c_s c_d * \Sigma w_e * A_{ref} \quad (5.5)$$

και οι εσωτερικές από τη σχέση :

$$F_{w,i} = \Sigma w_i * A_{ref} \quad (5.6)$$

Η συνισταμένη δύναμη σε κάθε επιφάνεια προσδιορίζεται με διανυσματική άθροιση των προηγούμενων δυνάμεων. Εδώ επειδή είναι $c_s c_d = 1$ έχουμε :

$$F_{tot} = F_{w,e} - F_{w,i} = c_s c_d * \Sigma w_e * A_{ref} - \Sigma w_i * A_{ref} = \Sigma (w_e - w_i) * A_{ref} = \Sigma w * A_{ref}$$

Τα εμβαδά των ζωνών των κατακόρυφων τοίχων είναι:

$$A_{A1} = 2.4 * 12 = 28.8 \text{ m}^2$$

$$A_{A2} = 2.4 * 6 = 14.4 \text{ m}^2$$

$$A_{A3} = 2.4 * 12 = 28.8 \text{ m}^2$$

$$A_{B1} = 9.6 * 12 = 115.2 \text{ m}^2$$

$$A_{B2} = 9.6 * 6 = 57.6 \text{ m}^2$$

$$A_{B3} = 9.6 * 12 = 115.2 \text{ m}^2$$

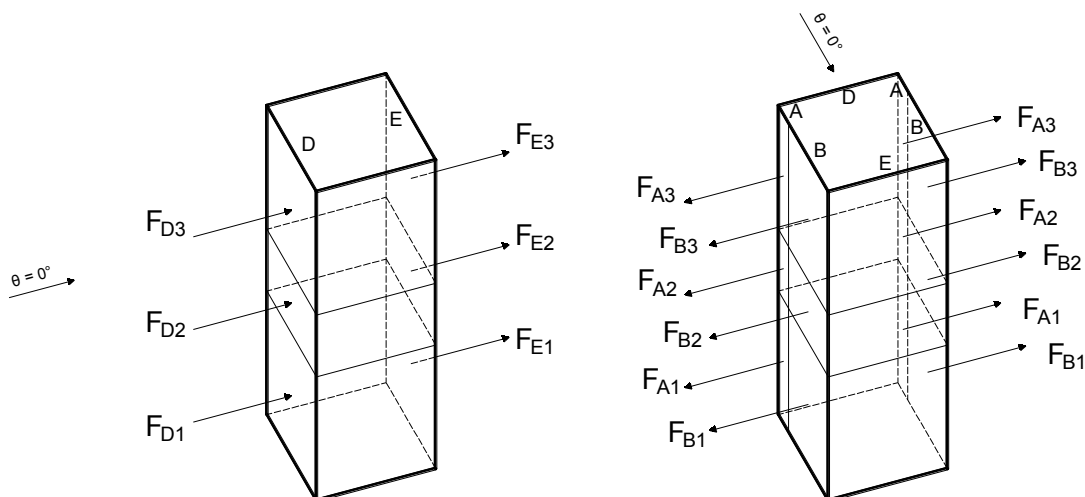
$$A_{D1} = A_{E1} = 12 * 12 = 144 \text{ m}^2$$

$$A_{D2} = A_{E2} = 12 * 6 = 72 \text{ m}^2$$

$$A_{D3} = A_{E3} = 12 * 12 = 144 \text{ m}^2$$

Πίνακας Π2.10 Τελικές δυνάμεις ανέμου F στους κατακόρυφους τοίχους (σε kN)

Ζώνες		A	B	D	E
0-12	w (kPa)	-1.89	-1.05	+2.31	-0.58
	A (m ²)	28.8	115.2	144	144
	F (kN)	-53.28	-120.96	+332.64	-83.52
12-18	w (kPa)	-2.03	-1.13	+2.49	-0.62
	A (m ²)	14.4	57.6	72	72
	F (kN)	-29.23	-65.09	+179.28	-44.64
18-30	w (kPa)	-2.24	-1.24	+2.72	-0.69
	A (m ²)	28.8	115.2	144	144
	F (kN)	-64.51	-145.85	+391.68	-99.36



Σχήμα Π2.11 Τελικές δυνάμεις ανέμου F στους κατακόρυφους τοίχους

Οι δυνάμεις που φαίνονται στα παραπάνω σκαριφήματα (Σχ. Π2.11) δεν αποτελούν δύο ανεξάρτητες φορτίσεις, αλλά προφανώς ασκούνται ταυτόχρονα. Επιλέχθηκε η σχεδίαση δύο ξεχωριστών σκαριφημάτων αντί ενός ενιαίου για λόγους ευκρίνειας και μόνο.

Τα εμβαδά των ζωνών της στέγης έχουν υπολογιστεί προηγουμένως και είναι:

$$A_F = 1.2 \cdot 3 = 3.6 \text{ m}^2$$

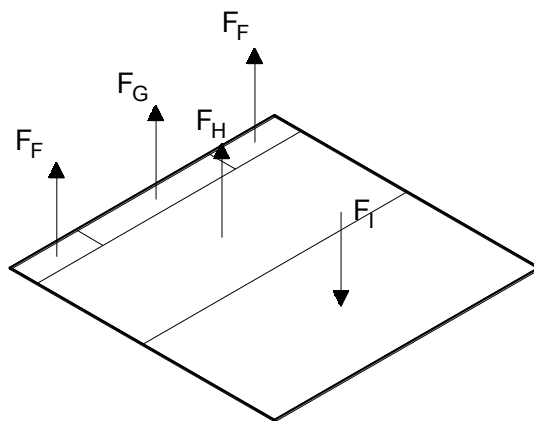
$$A_G = 1.2 \cdot 6 = 7.2 \text{ m}^2$$

$$A_H = 4.8 \cdot 12 = 57.6 \text{ m}^2$$

$$A_I = 6 \cdot 12 = 72 \text{ m}^2$$

Πίνακας Π2.11 Τελικές δυνάμεις ανέμου F στη στέγη

Ζώνες		F	G	H	I
στέγη	w (kPa)	-4.49	-2.51	-1.00	+1.24
					+0.24
	A (m ²)	3.6	7.2	57.6	72
	F (kN)	-16.16	-18.07	-57.6	+89.28
				+17.28	



Σχήμα Π2.12 Τελικές δυνάμεις ανέμου στη στέγη (σε kN)

Η συνισταμένη δύναμη κατά τη διεύθυνση του ανέμου είναι :

$$\Sigma F = 332.64 + 179.28 + 391.68 + 83.52 + 44.64 + 99.36 = 1131.12 \text{ kN}$$

και ασκείται σε απόσταση z_0 από το έδαφος,

$$\text{με } z_0 = [(332.64 + 83.52) \cdot 24 + (179.28 + 44.64) \cdot 15 + (391.68 + 99.36) \cdot 6] / 1131.12 = 14.4 \text{ m}$$

Για να ληφθεί υπόψη η έλλειψη συσχέτισης των πιέσεων του ανέμου μεταξύ προσήνεμης και υπήνεμης πλευράς η δύναμη που προέκυψε προηγουμένως πολλαπλασιάζεται με 0.906 (προκύπτει για $h/d = 2.5$ μετά από γραμμική παρεμβολή).

7.2.2(3)

Οπότε η συνισταμένη δύναμη είναι: $\Sigma F = 0.906 \cdot 1131.12 = 1024.79 \text{ kN}$

2.16 Δυνάμεις τριβής δεν υπολογίζονται γιατί η συνολική έκταση όλων των επιφανειών που είναι παράλληλες με τον άνεμο είναι μικρότερη από 4 φορές τη συνολική έκταση όλων των εξωτερικών επιφανειών που είναι κάθετες στον άνεμο (προσήνεμων και υπήνεμων).

5.3(4)

$$2 \cdot 12 \cdot 30 + 12 \cdot 12 = 864 \text{ m}^2 < 4 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 30 = 2880 \text{ m}^2$$

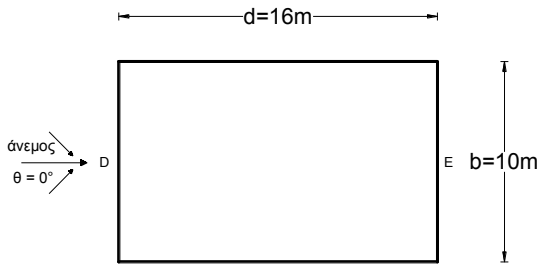
Παράδειγμα 3

Κτήριο με μονοκλινή στέγη

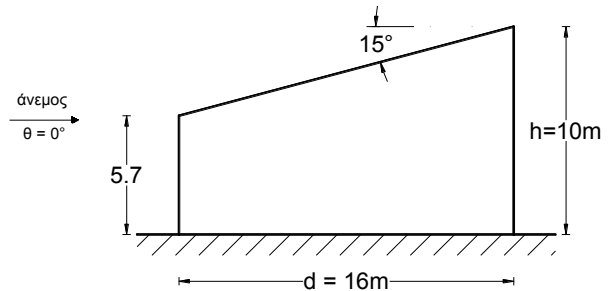
Δίνεται: Κλειστή άκαμπτη κατασκευή με μονοκλινή στέγη, η οποία απέχει 40km από τη θάλασσα. Διαστάσεις: κάτοψη 16.0*10.0m, ύψος προσήνεμου τοίχου: 5.7m, ύψος μέχρι τον κορφιά 10.0m (γωνία κλίσης της στέγης $\alpha=15^\circ$), περιοχή με τοπογραφική τομή εδάφους όπως στα σχήματα, Τραχύτητα Εδάφους III, περίοδος Επαναφοράς 50 έτη.

Ζητείται: ο υπολογισμός των εξωτερικών πιέσεων στις επιφάνειες του κτηρίου για δύο διευθύνσεις του ανέμου:

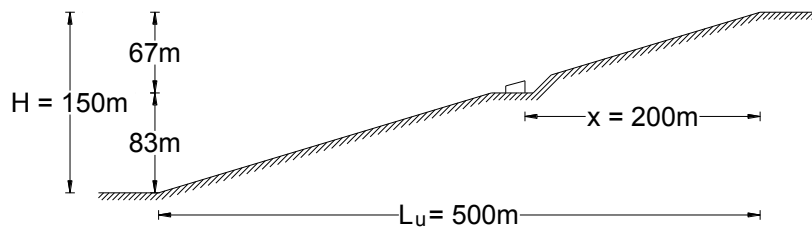
- άνεμος κάθετος προς τον κορφιά $\theta=0^\circ$
- άνεμος παράλληλος προς τον κορφιά $\theta=90^\circ$



Σχήμα Π3.1 Κάτοψη κτηρίου



Σχήμα Π3.2 Πλάγια όψη κτηρίου



Σχήμα Π3.3 Τομή εδάφους

3.1 Θεμελιώδης ταχύτητα του ανέμου, $v_{b,0}$:

η περιοχή απέχει 40km > 10km από την θάλασσα, άρα $v_{b,0}=27\text{m/s}$

3.2 Βασική ταχύτητα ανέμου, v_b :

συντελεστής διευθύνσεως $c_{dir} = 1.0$

εποχικός συντελεστής $c_{season} = 1.0$

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 1 * 1 * 27 = 27 \text{ m/s}$$

3.3 Ύψος αναφοράς:

Για την στέγη: $z_e=10.0\text{m}$

Για τους κατακόρυφους τοίχους:

- άνεμος κάθετος προς τον κορφιά $\theta=0^\circ$
 $b=10.0\text{m}$ και $h=10.0\text{m}$ είναι $h=b$ άρα διακρίνουμε ένα τμήμα: $z_e=10.0 \text{ m}$
- άνεμος παράλληλος προς τον κορφιά $\theta=90^\circ$

$b=16.0\text{m}$, και $h=10.0\text{m}$ είναι $h < b$ άρα διακρίνουμε ένα τμήμα: $z_e=10.0\text{m}$

3.4 Συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$:

Για κατηγορία εδάφους III έχουμε $z_0 = 0.3\text{m}$ και $z_{min} = 5\text{m}$.

Επειδή $z_{min} = 5\text{m} < z_e = 10$ ή $16 \text{ m} < z_{max} = 200\text{m}$

- Για $\theta = 0^\circ$:
 $z_e=10.0 \text{ m} : c_r(z_e) = k_r * \ln(z_e/z_0) = 0.215 * \ln(10/0.3) = 0.754$
- Για $\theta = 90^\circ$:
 $z_e=10.0 \text{ m} : c_r(z_e) = k_r * \ln(z_e/z_0) = 0.215 * \ln(10/0.3) = 0.754$

$$\text{όπου } k_r = 0.19 * (z_0/z_{0,II})^{0.07} = 0.19 * (0.3/0.05)^{0.07} = 0.215$$

EN 1991-1-4

ΕΠ 2.3

(4.1)

7.2.4(2)

7.2.2(1) +
Σχ.7.4

Πίν. 4.1

(4.4)

(4.5)

3.5 Συντελεστής ανάγλυφου, $c_0(z)$:

- Για $\theta = 0^\circ$:

Η προσήνεμη κλίση στη διεύθυνση του ανέμου είναι

$$\Phi = H/L_u = 150/500 = 0.3$$

Και η οριζόντια απόσταση της τοποθεσίας από την κορυφή του λόφου είναι $X = 200\text{m} < L_u/2 = 250\text{m}$.

Επειδή είναι $0.05 < \Phi \leq 0.3$ και $|x| \leq L_u/2$, το ενεργό μήκος της προσήνεμης πλαγιάς είναι $L_e = L_u = 600\text{m}$.

Είναι $x/L_u = -200/500 = -0.4$ και $z/L_e = 10/500 = 0.02$

Επειδή το σχήμα δεν δίνει τιμή του s για $z/L_e < 0.1$ υπολογίζουμε το s από τη σχέση $s = A * e^{(B * X/L_u)}$

$$\text{όπου } A = 0.1552 * (z/L_e)^4 - 0.8575 * (z/L_e)^3 + 1.8133 * (z/L_e)^2 - 1.9115 * (z/L_e) + 1.0124$$

$$A = 0.975$$

$$\text{και } B = 0.3542 * (z/L_e)^2 - 1.0577 * (z/L_e) + 2.6456 = 2.625$$

$$\text{Οπότε } s = 0.34$$

Επειδή $0.05 < \Phi \leq 0.3$ ο συντελεστής αναγλύφου είναι

$$c_0 = 1 + 2 * s * \Phi = 1 + 2 * 0.34 * 0.3 = 1.204$$

- Για $\theta = 90^\circ$:

Η προσήνεμη κλίση στη διεύθυνση του ανέμου είναι $\Phi = 0$.

Επομένως $c_0 = 1.0$

3.6 Μέση ταχύτητα ανέμου, v_m :

$$v_m = c_r(z_e) * c_0(z_e) * v_b$$

Πίνακας Π3.1 Μέση ταχύτητα ανέμου v_m (m/s)

θ	z_e	v_b	$c_r(z_e)$	$c_0(z_e)$	$v_m(z_e)$
0°	10.0	27.0	0.754	1.204	24.51
90°	10.0	27.0	0.754	1.000	20.36

3.7 Πίεση ταχύτητας αιχμής, $q_p(z)$:

$$q_p(z_e) = [1 + 7 * I_v(z_e)] * \rho * v_m(z_e) / 2$$

$$\text{όπου } I_v(z_e) = k_1 / [c_0(z_e) * \ln(z_e/z_0)] \quad , \quad \text{με } k_1 = 1.0$$

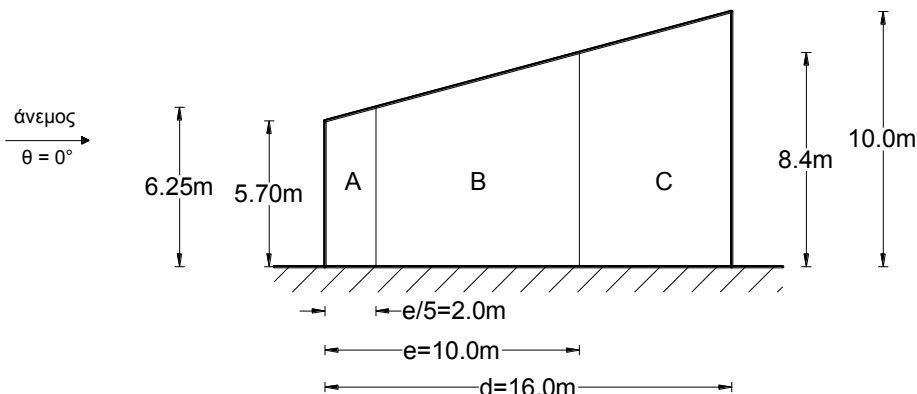
Πίνακας Π3.2 Πίεση ταχύτητας αιχμής $q_p(z_e)$ (kPa)

θ	z_e	$c_0(z_e)$	$I_v(z_e)$	$v_m(z_e)$	$q_p(z_e)$
0°	10.0	1.204	0.237	24.51	1.00
90°	10.0	1.000	0.285	20.36	0.78

3.8 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης, c_{pe} :

3.8.1 Για κατακόρυφους τοίχους και $\theta = 0^\circ$ (βλ. Σχήμα 7.5)

$e = \min(b, 2h) = \min(10, 2 * 10) = \min(10, 20) = 10\text{m} < d = 16\text{m}$ κι επομένως οι πλαϊνοί τοίχοι χωρίζονται σε τρεις ζώνες με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα Π3.4 Ζώνες κατακόρυφων τοίχων για $\theta = 0^\circ$ (όψη)

Σχ. 7.5

Για $h/d = 10/16 = 0.625$ οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης του προσήνεμου (D) και του υπήνεμου τοίχου (E) προκύπτουν με γραμμική παρεμβολή σύμφωνα με τον πίνακα Π1.1 .

Πίνακας Π3.3 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} κατακόρυφων τοίχων

Ζώνες	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.80	+1.0	-0.5	
0.625	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.75	+1.0	-0.4	
≤ 0.25	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.70	+1.0	-0.3	

Πίν. 7.1

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_A = (5.70+6.25)*2/2 = 11.96 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_B = (6.25+8.4)*8/2 = 58.6 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_C = (8.4+10)*6/2 = 55.2 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

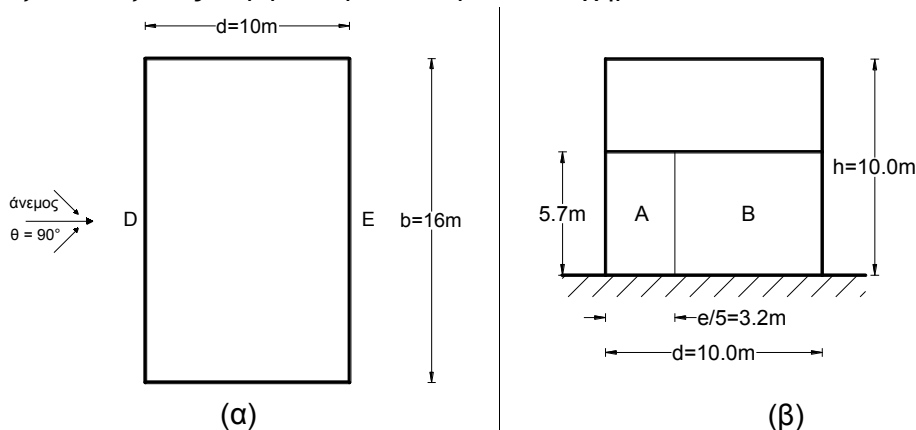
$$A_D = 5.7*10 = 57.0 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_E = 10*10 = 100 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

Άρα $c_{pe} = c_{pe,10}$.

3.9.2 Για κατακόρυφους τοίχους και $\theta = 90^\circ$ (βλ. Σχήμα 7.5)

Επειδή $e = \min(b, 2h) = \min(16, 2*10) = \min(16, 20) = 16\text{m} > d = 10\text{m}$ η στέγη χωρίζεται σε ζώνες σύμφωνα με τα παρακάτω σχήματα .



Σχ. 7.5

Σχήμα Π3.5 Ζώνες κατακόρυφων τοίχων για $\theta = 90^\circ$ (α) κάτοψη , (β) όψη

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_A = 3.2*5.7 = 18.24 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_B = 6.8*5.7 = 38.76 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_D = (5.7+10)*16/2 = 125.6 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_E = (5.7+10)*16/2 = 125.6 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

Άρα $c_{pe} = c_{pe,10}$.

Επομένως, αναλόγως της διεύθυνσης του ανέμου οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης για τους κατακόρυφους τοίχους (για $\theta = 90^\circ$, $h/d = 10/10 = 1.0$) είναι:

Πίνακας Π3.4 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} κατακόρυφων τοίχων

Ζώνη		A	B	C	D	E
θ	h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$
0°	0.625	-1.2	-0.8	-0.5	+0.75	-0.4
90°	1	-1.2	-0.8	-	+0.80	-0.5

Σχ. 7.2

3.9.3 Για τη στέγη και $\theta = 0^\circ$

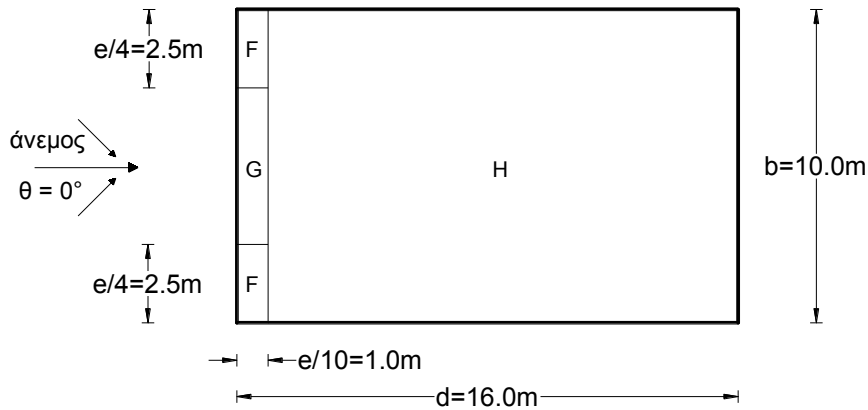
Επειδή $e=10\text{m} < d=16\text{m}$ η στέγη χωρίζεται σε ζώνες σύμφωνα με το σχήμα Π3.6

Οι τιμές των c_{pe} φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας Π3.5 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} στέγης ($\theta = 0^\circ$).

Ζώνη	F		G		H	
α	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
15°	-0.9	-2.0	-0.8	-1.5	-0.3	
	+0.2		+0.2		+0.2	

Πίν. 7.3α



Σχ. 7.7

Σχήμα Π3.6 Ζώνες στέγης ($\theta = 0^\circ$)

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_F = 1 \cdot 2.5 / \cos 15^\circ = 2.59 \text{ m}^2 \quad 1 \text{ m}^2 < A_F < 10 \text{ m}^2$$

$$A_G = 1 \cdot 5 / \cos 15^\circ = 5.18 \text{ m}^2 \quad 1 \text{ m}^2 < A_G < 10 \text{ m}^2$$

$$A_H = 15 \cdot 10 / \cos 15^\circ = 155.3 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

Για τις ζώνες F και G ο c_{pe} προκύπτει με λογαριθμική παρεμβολή από τη σχέση:

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

ενώ για τη ζώνη H είναι $c_{pe} = c_{pe,10}$.

Οι τιμές των c_{pe} δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας Π3.6 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} στέγης ($\theta = 0^\circ$).

Ζώνη	F	G	H
c_{pe}	-1.54	-1.21	-0.3
	+0.2	+0.2	+0.2

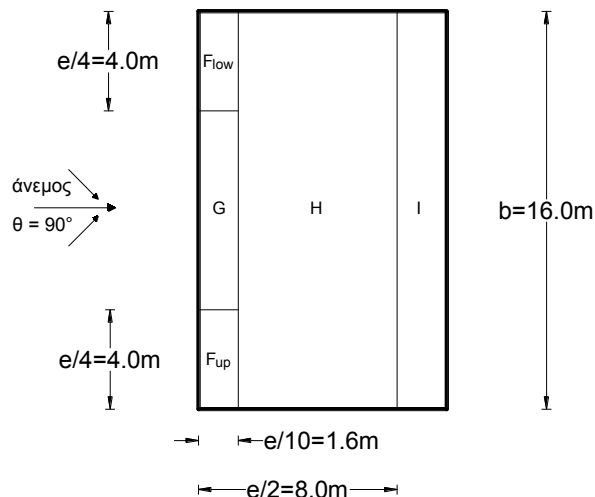
7.2.1(1) +

Σχ. 7.2

3.9.4 Για τη στέγη και $\theta = 90^\circ$

Για τη στέγη και $\theta = 0^\circ$

Επειδή $e=16\text{m} > d=10\text{m}$ η στέγη χωρίζεται σε ζώνες σύμφωνα με το σχήμα Π3.7.



Σχ. 7.2

Σχήμα Π3.7 Ζώνες στέγης ($\theta = 90^\circ$)

Οι τιμές των c_{pe} φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας Π3.7 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} στέγης ($\theta = 90^\circ$).

Ζώνη	F_{up}		F_{low}		G		H		I	
α	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
$\square 5^\circ$	-2.4	-2.9	-1.6	-2.4	\square 1.9	-2.5	-0.5	-1.2	-0.7	-1.2

Πίν.7.3β

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_{F_{UP}} = 1.60 \cdot 4.00 / \cos 15^\circ = 6.63 \text{ m}^2 \quad 1 \text{ m}^2 < A_{F_{UP}} < 10 \text{ m}^2$$

$$A_{F_{LOW}} = 1.60 \cdot 4.00 / \cos 15^\circ = 6.63 \text{ m}^2 \quad 1 \text{ m}^2 < A_{F_{LOW}} < 10 \text{ m}^2$$

$$A_G = 1.60 \cdot 8.00 / \cos 15^\circ = 13.3 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_H = 6.40 \cdot 16.00 / \cos 15^\circ = 106 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_I = 2.00 \cdot 16.00 / \cos 15^\circ = 33.13 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

Για τις ζώνες F_{UP} και F_{LOW} ο c_{pe} προκύπτει από τη σχέση:

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

ενώ για τις ζώνες G, H και I είναι $c_{pe} = c_{pe,10}$.

Οι τιμές των c_{pe} δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας Π3.8 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} στέγης ($\theta = 90^\circ$).

Ζώνη	F_{up}	F_{low}	G	H	I
c_{pe}	-2.49	-1.74	-1.90	-0.50	-0.70

7.2.1(1) +
Σχ. 7.2

3.10 Εξωτερικές πιέσεις w_e :

Η πίεση του ανέμου η οποία δρα κάθετα στις εξωτερικές επιφάνειες της κατασκευής προκύπτει από τη σχέση:

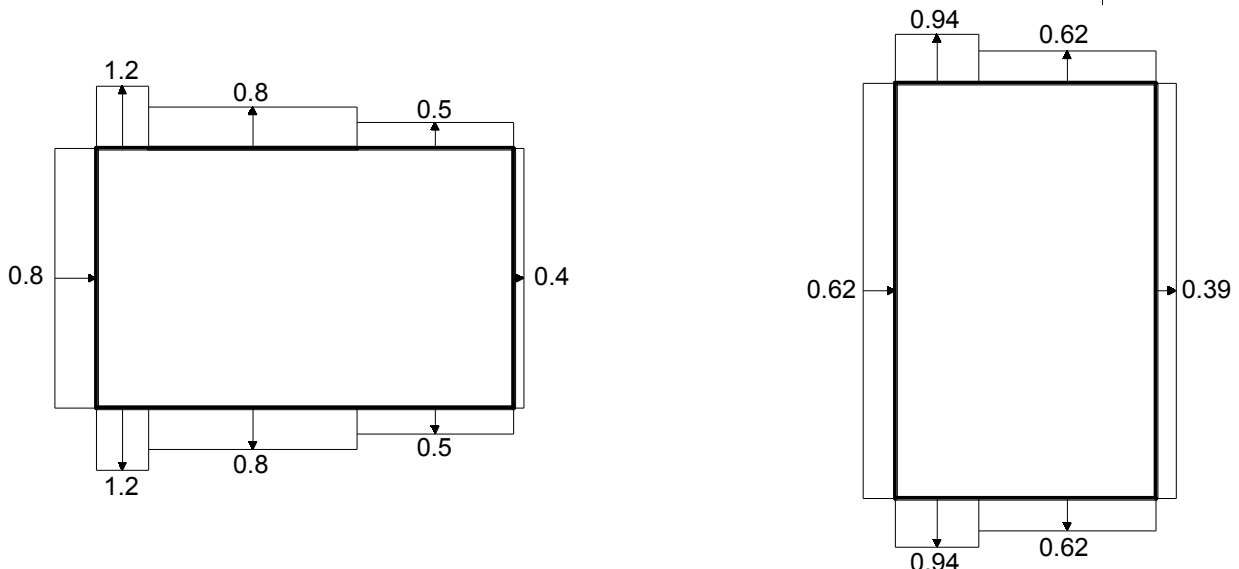
$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

Για τους κατακόρυφους τοίχους οι εξωτερικές πιέσεις δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας Π3.9 Εξωτερικές πιέσεις w_e κατακόρυφων τοίχων ($\theta = 0^\circ$ και 90° , σε kPa)

Ζώνη		A	B	C	D	E	
θ	0°	c_{pe}	-1.20	-0.80	-0.50	+0.80	-0.40
		$q_p(z_e)$	1.00				
		w_e	-1.20	-0.80	-0.50	+0.80	-0.40
	90°	c_{pe}	-1.20	-0.80	-	+0.80	-0.50
		$q_p(z_e)$	0.78				
		w_e	-0.94	-0.62	-	+0.63	-0.30

(5.1)

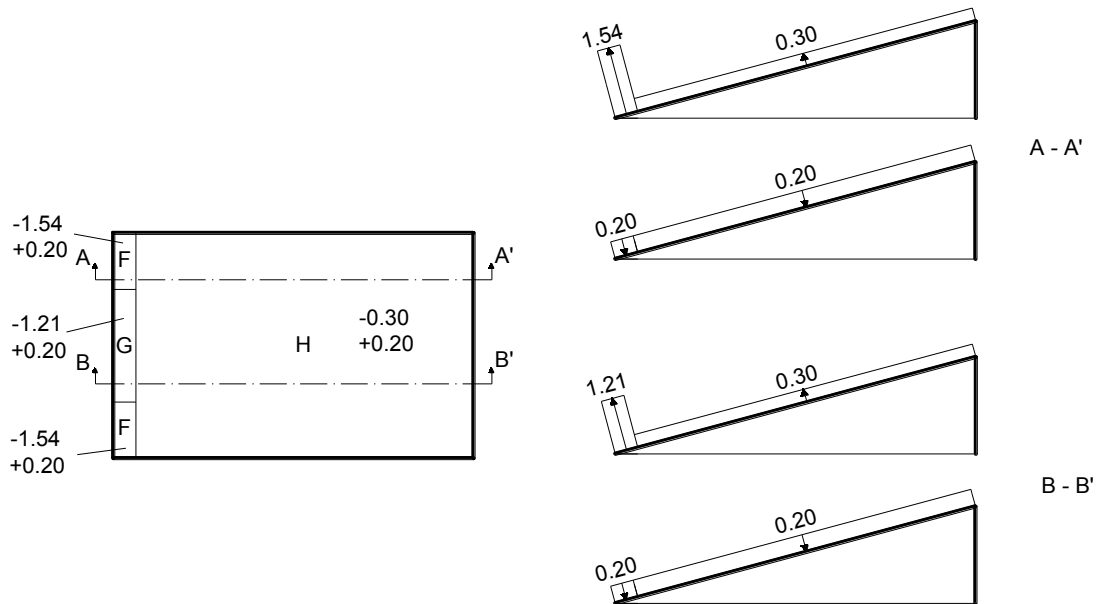


Σχήμα Π3.8 Εξωτερικές πιέσεις w_e κατακόρυφων τοίχων ($\theta = 0^\circ$ και 90° , σε kPa)

Για τις στέγες οι εξωτερικές πιέσεις για $\theta = 0^\circ$ είναι:

Πίνακας Π3.10 Εξωτερικές πιέσεις w_e στέγης ($\theta = 0^\circ$, σε kPa).

Ζώνη	F	G	H
C_{pe}	-1.54	-1.21	-0.30
$q_p(z_e)$	+0.20	+0.20	+0.20
w_e	-1.54	-1.21	-0.30
	+0.20	+0.20	+0.20

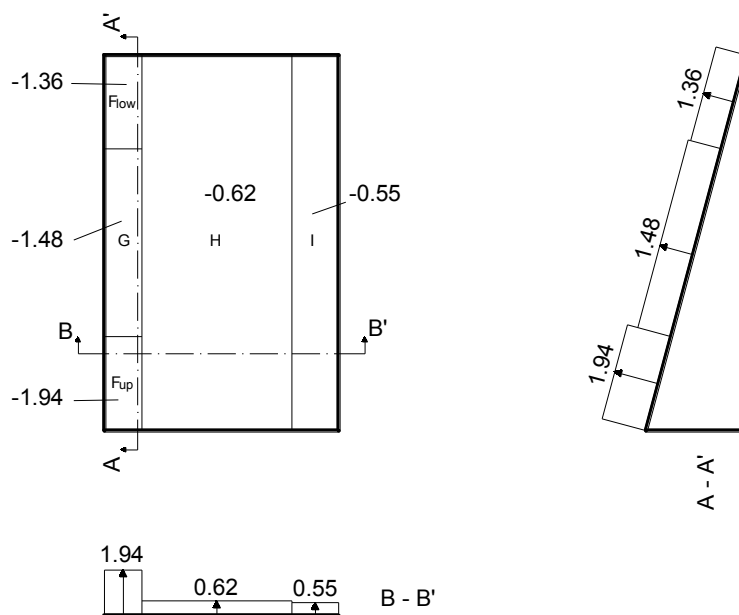


Σχήμα Π3.9 Εξωτερικές πιέσεις w_e στέγης για $\theta = 0^\circ$ (σε kPa)

Για τις στέγες οι εξωτερικές πιέσεις για $\theta = 90^\circ$ δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας Π3.11 Εξωτερικές πιέσεις w_e στέγης ($\theta = 90^\circ$, σε kPa).

Ζώνη	F_{up}	F_{low}	G	H	I
C_{pe}	-2.49	-1.74	-1.90	-0.80	-0.70
$q_p(z_e)$	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
w_e	-1.94	-1.36	-1.48	-0.62	-0.55



Σχήμα Π3.10 Εξωτερικές πιέσεις w_e στέγης ($\theta = 90^\circ$, σε kPa)

Παράδειγμα 4

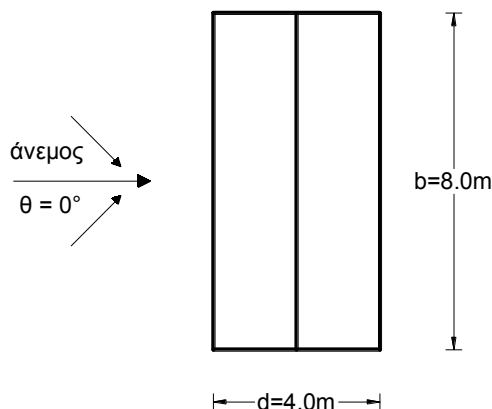
Βιομηχανικό κτήριο με αμφικλινή στέγη

Δίνεται: Κλειστή άκαμπτη κατασκευή με δικλινή στέγη σε παραθαλάσσια περιοχή.

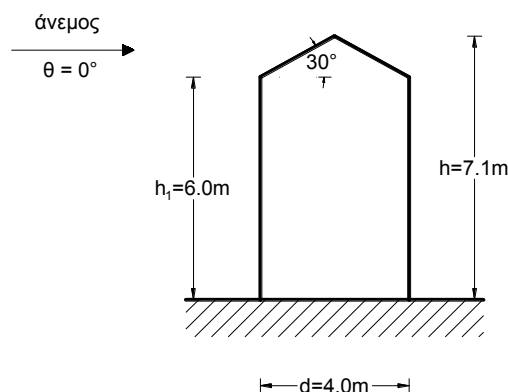
Διαστάσεις: κάτοψη 4.00*8.00m, ύψος κατακόρυφου τοίχου: 6.00m, ύψος μέχρι τον κορφιά 7.10m, (γωνία κλίσης της στέγης α : $\tan\alpha=1.1/2.0=0.55$, $\alpha=28.8^\circ \approx 30^\circ$.) Έδαφος επίπεδο, Τραχύτητα II, λόγος ανοιγμάτων $\mu=0.8$, Περίοδος επαναφοράς 50 έτη.

Ζητείται: ο υπολογισμός των πιέσεων στις εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου για δύο διευθύνσεις του ανέμου:

- άνεμος κάθετος προς τον κορφιά $\theta=0^\circ$
- άνεμος παράλληλος προς τον κορφιά $\theta=90^\circ$



Σχήμα Π4.1 Κάτοψη κτηρίου



Σχήμα Π4.2 Όψη κτηρίου

4.1 Θεμελιώδης ταχύτητα του ανέμου, $v_{b,0}$:

η περιοχή θεωρείται ότι απέχει απόσταση μικρότερη από 10km από την θάλασσα, άρα $v_{b,0}=33\text{m/s}$.

4.2 Βασική ταχύτητα ανέμου, v_b :

συντελεστής διευθύνσεως $c_{dir} = 1.0$

εποχικός συντελεστής $c_{season} = 1.0$

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 1 * 1 * 33 = 33 \text{ m/s}$$

4.3 Τραχύτητα του εδάφους :

Η κατηγορία εδάφους είναι II, πρόκειται δηλαδή για παράκτια περιοχή με χαμηλή βλάστηση και εμπόδια σε απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων.

4.4 Ύψος αναφοράς:

Για την στέγη: $z_e=h=7.1\text{m}$

Για τους εξωτερικούς τοίχους:

- άνεμος κάθετος προς τον κορφιά $\theta=0$, $b=8.0\text{m}$, και $h=7.1\text{m}$ είναι $h < b$ άρα διακρίνουμε ένα τμήμα: $z_e=h=7.1\text{m}$
- άνεμος παράλληλος προς τον κορφιά $\theta=90$, $b=4.0\text{m}$, και $h=7.1\text{m}$ είναι $b < h < 2b$ άρα διακρίνουμε δύο τμήματα:
 - το κατώτερο ύψους 4.0m για το οποίο $z_e=b=4.0\text{m}$
 - το ανώτερο ύψους 3.1m με $z_e=h=7.1\text{m}$

4.5 Συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$:

Για κατηγορία εδάφους II έχουμε $z_0 = 0.05\text{m}$ και $z_{min} = 2\text{m}$.

Επειδή $z_{min} = 2\text{m} < z_e = 4.0 \text{ ή } 7.1 \text{ m} < z_{max} = 200\text{m}$

$$c_r(z_e) = k_r * \ln(z_e/z_0)$$

$$\text{όπου } k_r = 0.19 * (z_0/z_{0,II})^{0.07} = 0.19 * (0.05/0.05)^{0.07} = 0.19$$

$$c_r(4.0) = k_r * \ln(z_e/z_0) = 0.19 * \ln(4/0.05) = 0.833$$

$$c_r(7.1) = k_r * \ln(z_e/z_0) = 0.19 * \ln(7.1/0.05) = 0.942$$

EN 1991-1-4

ΕΠ 2.3

(4.1)

Πίν. 4.1

7.2.5(2)

7.2.2(1) +
Σχ. 7.4

Πίν. 4.1

(4.4)

(4.5)

4.6 Συντελεστής ανάγλυφου, $c_0(z)$:

Το έδαφος είναι επίπεδο άρα $c_0(z)=1.0$

4.7 Μέση ταχύτητα ανέμου, v_m :

$$v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_0(z_e) \cdot v_b \quad (4.3)$$

$$v_m(4.0) = 0.833 \cdot 1 \cdot 33 = 27.49 \text{ m/s}$$

$$v_m(7.1) = 0.942 \cdot 1 \cdot 33 = 31.09 \text{ m/s}$$

4.8 Πίεση ταχύτητας αιχμής, $q_p(z)$:

$$q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I_v(z_e)] \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) / 2 \quad (4.8)$$

$$\text{όπου } I_v(z_e) = k_1 / [c_0(z_e) \cdot \ln(z_e/z_0)] \text{ και } \rho = 1.25 \text{ kg/m}^3 = 0.00125 \text{ Mg/m}^3 \quad (4.7)$$

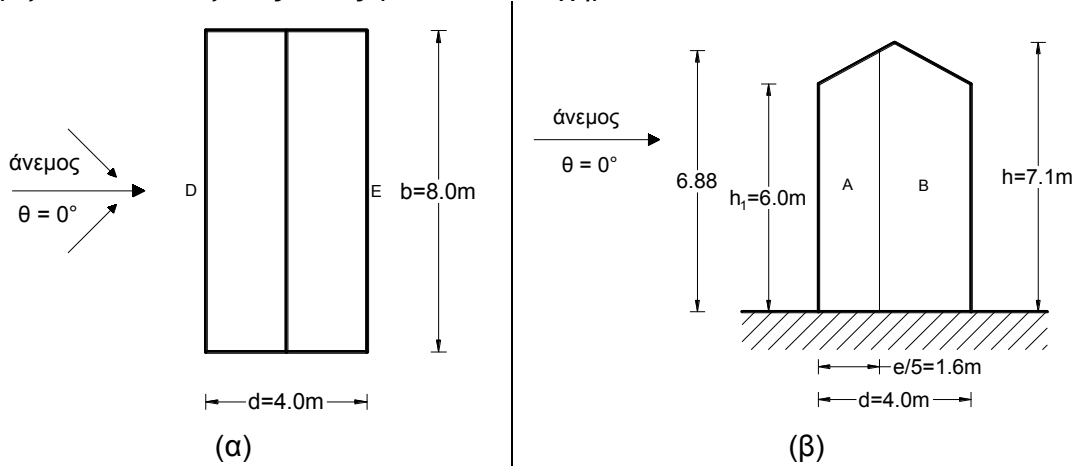
Πίνακας Π4.1 Πιέσεις ταχύτητας αιχμής $q_p(z_e)$ (kPa)

z_e	$I_v(z_e)$	$v_m(z_e)$	$q_p(z_e)$
4.0	0.228	27.49	1.23
7.1	0.202	31.09	1.46

4.9 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης, c_{pe} :

4.9.1 Για κατακόρυφους τοίχους και $\theta = 0^\circ$

Επειδή $e = \min(b, 2h) = \min(8, 2 \cdot 7.1) = \min(8, 14.2) = 8\text{m} > d = 4\text{m}$ οι πλαϊνοί τοίχοι χωρίζονται σε δύο ζώνες όπως φαίνεται στο σχήμα Π4.4 .



Σχήμα Π4.3 Ζώνες κατακόρυφων τοίχων για $\theta = 0^\circ$ (α) κάτοψη, (β) όψη

Για $h/d = 7.1/4 = 1.775$ οι τιμές των c_{pe} για τον υπήνεμο τοίχο (E) προκύπτουν από γραμμική παρεμβολή όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.

Πίνακας Π4.2 Αρχικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης για κατακόρυφους τοίχους ($\theta = 0^\circ$).

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	-0.70	
1.775	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.8	+1.0	-0.54	
1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.8	+1.0	-0.50	

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_A = (6+6.88) \cdot 1.6/2 = 10.30 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_B = (6+7.1) \cdot 2/2 + (7.1+6.88) \cdot 0.4/2 = 16.90 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_D = 6 \cdot 8 = 48 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_E = 6 \cdot 8 = 48 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

Άρα είναι $c_{pe} = c_{pe,10}$.

Οι τιμές των c_{pe} δίνονται στον επόμενο πίνακα.

ΕΠ 2.8

(4.3)

(4.8)

(4.7)

Σχ. 7.5

Πίν. 7.1

Σχ. 7.2

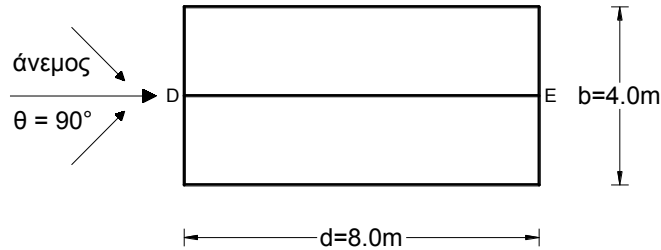
Πίνακας Π4.3 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} για κατακόρυφους τοίχους($\theta = 0^\circ$).

Ζώνες	A	B	D	E
c_{pe}	-1.2	-0.8	+0.8	-0.54

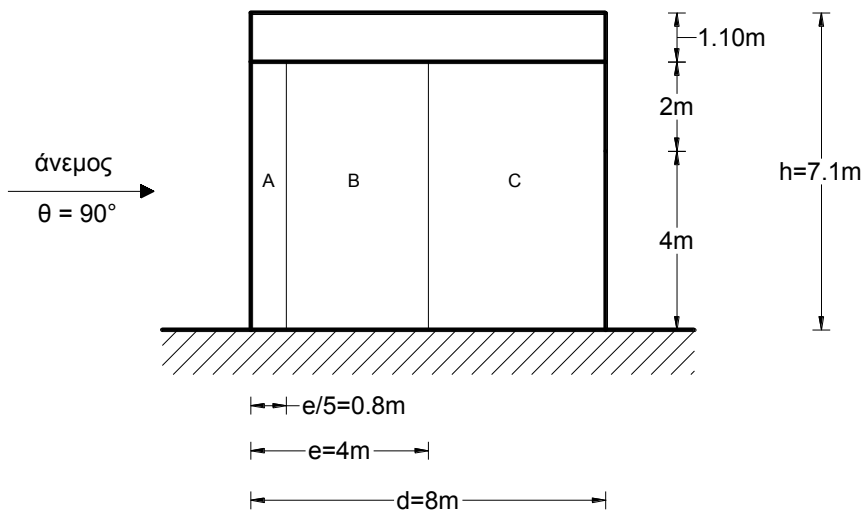
Σχ. 7.5

4.9.2 Για κατακόρυφους τοίχους και $\theta = 90^\circ$

Επειδή $e = \min(b, 2h) = \min(4, 2 \cdot 7.1) = \min(4, 14.2) = 4\text{m} < d = 8\text{m}$ οι πλαϊνοί τοίχοι χωρίζονται σε τρεις ζώνες όπως φαίνεται στο σχήμα Π4.6 .



Σχήμα Π4.5 Ζώνες κατακόρυφων τοίχων (κάτοψη , $\theta = 90^\circ$)



Σχήμα Π4.6 Ζώνες κατακόρυφων τοίχων (όψη , $\theta = 90^\circ$)

Για $h/d = 7.1/8 = 0.89$ οι τιμές των c_{pe} για τον προσήνεμο (D) και τον υπήνεμο τοίχο (E) προκύπτουν από γραμμική παρεμβολή όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Πίνακας Π4.4 Αρχικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης για κατακόρυφους τοίχους ($\theta = 90^\circ$).

Ζώνη	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.80	+1.0	-0.70	
0.89	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.78	+1.0	-0.67	
<0.25	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.70	+1.0	-0.50	

Πίν. 7.1

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_A = 0.8 \cdot 6 = 4.8 \text{ m}^2$$

$$A_B = 3.2 \cdot 6 = 19.2 \text{ m}^2$$

$$A_C = 4 \cdot 6 = 24 \text{ m}^2$$

$$A_D = 6 \cdot 4 + 4 \cdot 1.1/2 = 26.2 \text{ m}^2$$

$$A_E = 6 \cdot 4 + 4 \cdot 1.1/2 = 26.2 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 < A_{A1} < 10 \text{ m}^2$$

$$> 10 \text{ m}^2$$

$$> 10 \text{ m}^2$$

$$> 10 \text{ m}^2$$

$$> 10 \text{ m}^2$$

Για τη ζώνη A ο c_{pe} προκύπτει με λογαριθμική παρεμβολή από τη σχέση:

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

ενώ για τις ζώνες B, D και E είναι $c_{pe} = c_{pe,10}$.

7.2.1(1) +

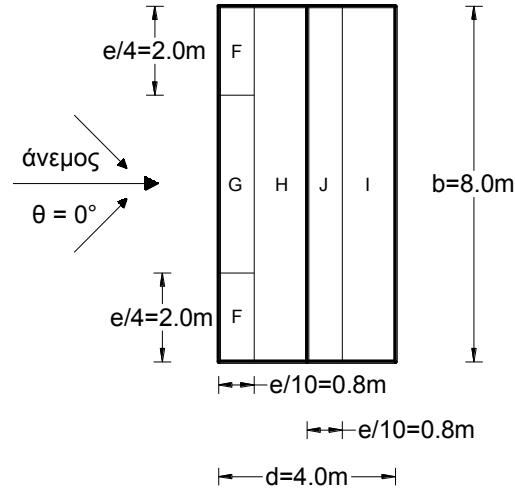
Σχ. 7.2

Οι τιμές των c_{pe} δίνονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας Π4.5 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} για κατακόρυφους τοίχους ($\theta = 90^\circ$).

Ζώνες	A	B	C	D	E
c_{pe}	-1.26	-0.80	-0.50	+0.78	-0.67

4.9.3 Για τη στέγη και για $\theta = 0^\circ$



Σχ. 7.8

Σχήμα Π4.7 Ζώνες στέγης ($\theta = 0^\circ$)

Πίνακας Π4.6 Αρχικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} για στέγες ($\theta = 0^\circ$).

Ζώνες	F		G		H		J		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
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	

Σχ. 7.4α

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_F = 0.8 \cdot 2 / \cos 30^\circ = 1.85 \text{ m}^2 \quad 1 \text{ m}^2 < A_F < 10 \text{ m}^2$$

$$A_G = 0.8 \cdot 4 / \cos 30^\circ = 3.70 \text{ m}^2 \quad 1 \text{ m}^2 < A_G < 10 \text{ m}^2$$

$$A_H = 1.2 \cdot 8 / \cos 30^\circ = 11.08 \text{ m}^2 \quad > 10 \text{ m}^2$$

$$A_J = 0.8 \cdot 8 / \cos 30^\circ = 7.39 \text{ m}^2 \quad 1 \text{ m}^2 < A_J < 10 \text{ m}^2$$

$$A_I = 1.2 \cdot 8 / \cos 30^\circ = 11.08 \text{ m}^2 \quad > 10 \text{ m}^2$$

Για τις ζώνες F, G και J ο c_{pe} προκύπτει με λογαριθμική παρεμβολή από τη σχέση:

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

ενώ για τις ζώνες H και I είναι $c_{pe} = c_{pe,10}$.

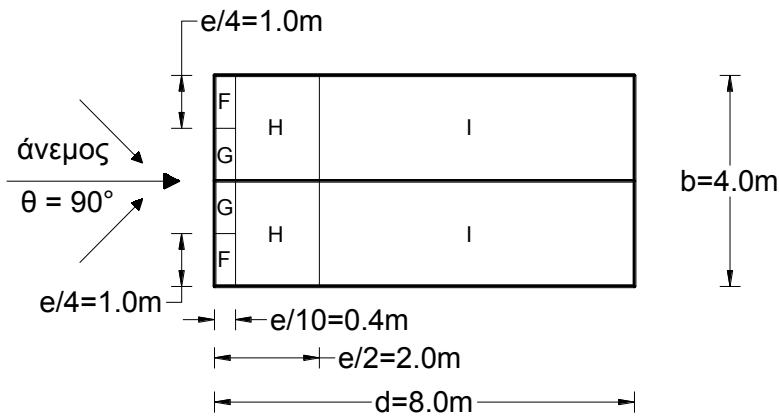
Οι τιμές των c_{pe} δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

7.2.1(1) +
Σχ. 7.2

Πίνακας Π4.7 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} για στέγες ($\theta = 0^\circ$).

Ζώνες	F	G	H	J	I
c_{pe}	-1.23	-0.93	-0.2	-0.4	-0.5
	+0.70	+0.70	+0.4	+0.0	+0.0

4.9.4 Για τη στέγη και $\theta = 90^\circ$



Σχ. 7.8

Σχήμα Π4.8 Ζώνες στέγης ($\theta = 90^\circ$)

Πίνακας Π4.8 Αρχικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} για στέγες ($\theta = 90^\circ$).

Ζώνες	F		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
30°	-1.1	-1.5	-1.4	-2.0	-0.8	-1.2	-0.5	

Σχ. 7.4β

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_F = 0.4 \cdot 1 / \cos 30^\circ = 0.46 \text{ m}^2 < 1 \text{ m}^2$$

$$A_G = 0.4 \cdot 1 / \cos 30^\circ = 0.46 \text{ m}^2 < 1 \text{ m}^2$$

$$A_H = 1.6 \cdot 2 / \cos 30^\circ = 3.70 \text{ m}^2 \quad 1 \text{ m}^2 < A_H < 10 \text{ m}^2$$

$$A_I = 6 \cdot 2 / \cos 30^\circ = 13.86 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

Για τις ζώνες F και G είναι $c_{pe} = c_{pe,1}$,

για τη ζώνη I ο c_{pe} προκύπτει με λογαριθμική παρεμβολή από τη σχέση:

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

ενώ για τη ζώνη I είναι $c_{pe} = c_{pe,10}$.

Οι τελικές τιμές των c_{pe} δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας Π4.9 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} για στέγες ($\theta = 90^\circ$).

Ζώνη	F	G	H	I
c_{pe}	-1.50	-2.00	-0.97	-0.50

7.2.1(1) +
Σχ. 7.2

4.10 Εξωτερικές πιέσεις w_e :

Η πίεση του ανέμου η οποία δρα κάθετα στις εξωτερικές επιφάνειες της κατασκευής προκύπτει από τη σχέση:

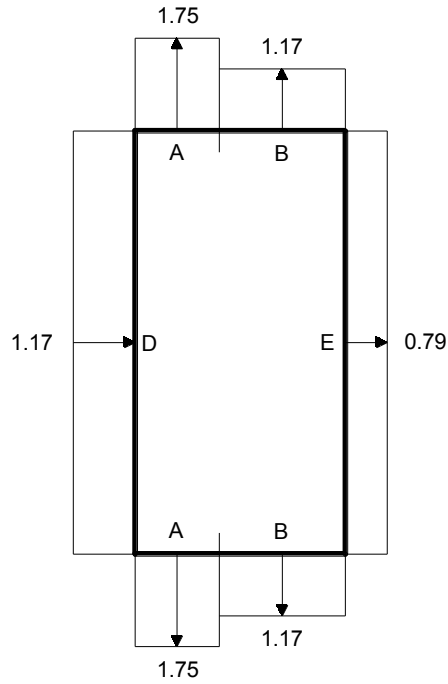
$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

Για τους κατακόρυφους τοίχους οι εξωτερικές πιέσεις δίνονται στους παρακάτω πίνακες:

(5.1)

Πίνακας Π4.10 Εξωτερικές πιέσεις w_e κατακόρυφων τοίχων για $\theta = 0^\circ$ (σε kPa)

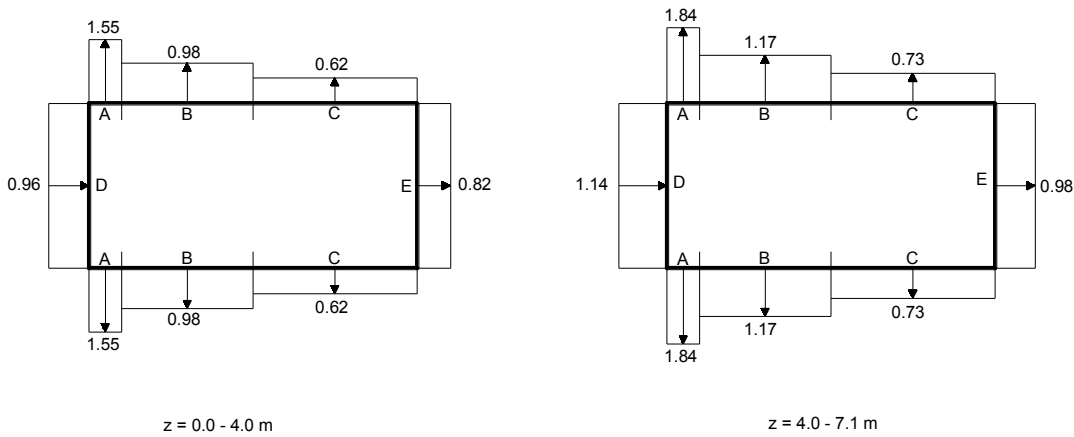
Ζώνες				A	B	C	D	E	
θ	0°	z_e	7.1	c_{pe}	-1.20	-0.80	-	+0.80	-0.54
			$q_p(z_e)$	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	
			w_e	-1.75	-1.17	-	+1.17	-0.79	



Σχήμα Π4.9 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου w_e στους κατακόρυφους τοίχους για $\theta = 0^\circ$ (σε kPa)

Πίνακας Π4.11 Εξωτερικές πιέσεις w_e κατακόρυφων τοίχων για $\theta = 90^\circ$ (σε kPa)

Ζώνες			A	B	C	D	E		
θ	90°	z_e	4.0	C_{pe}	-1.26	-0.8	-0.5	+0.78	-0.67
			$q_p(z_e)$	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	
			w_e	-1.55	-0.98	-0.62	+0.96	-0.82	
		z_e	7.1	C_{pe}	-1.26	-0.8	-0.5	+0.78	-0.67
			$q_p(z_e)$	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	
			w_e	-1.84	-1.17	-0.73	+1.14	-0.98	



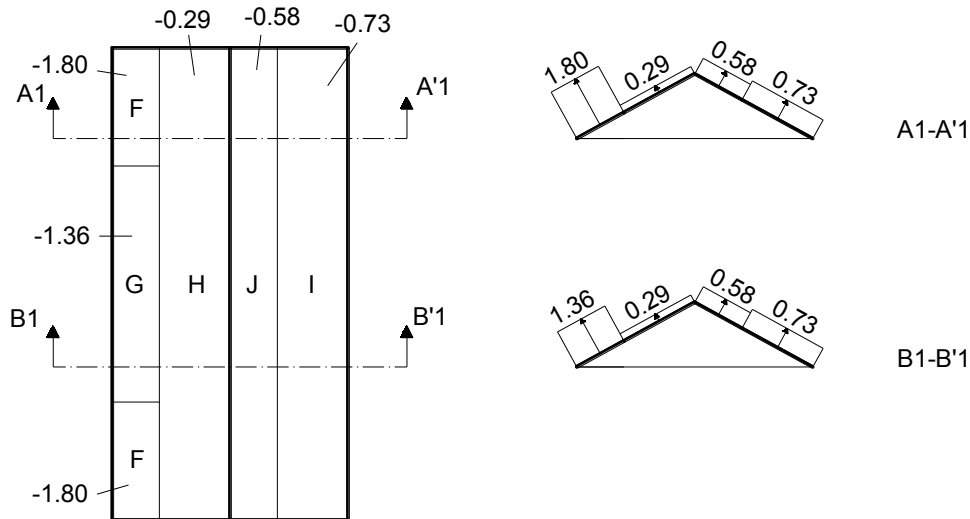
Σχήμα Π4.10 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου w_e στους κατακόρυφους τοίχους για $\theta = 90^\circ$ (σε kPa)

Πίνακας Π4.12 Εξωτερικές πιέσεις w_e στεγών $\theta = 0^\circ$ και 90° (σε kPa)

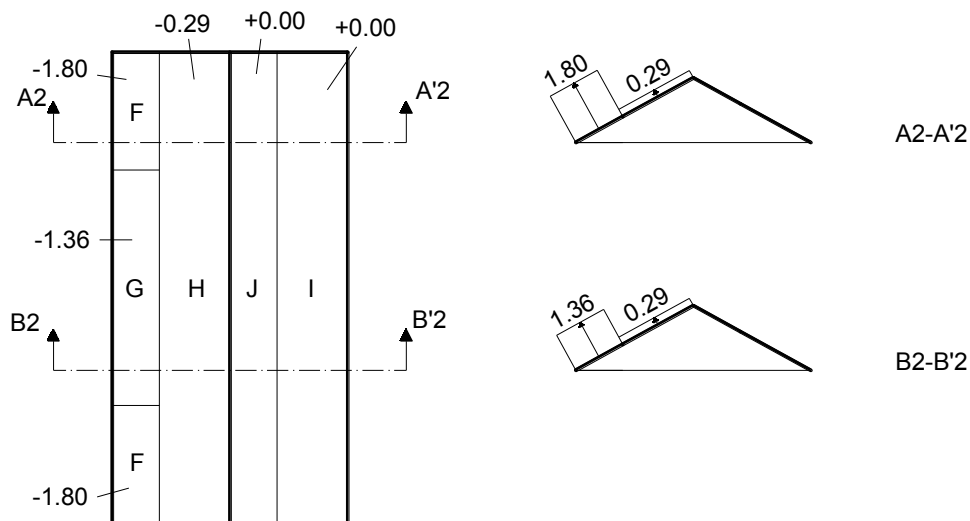
Ζώνες		F	G	H	J	I	
θ	0°	C_{pe}	-1.23	-0.93	-0.20	-0.40	-0.50
		$q_p(Z_e)$	+0.70	+0.70	+0.40	+0.00	+0.00
		w_e	-1.80	-1.36	-0.29	-0.58	-0.73
			+1.02	+1.02	+0.58	+0.00	+0.00
	90°	C_{pe}	-1.50	-2.00	-0.97	-	-0.50
		$q_p(Z_e)$	1.46	1.46	1.46	-	1.46
w_e		-2.19	-2.92	-1.42	-	-0.73	

Για $\theta = 0^\circ$ θα ληφθούν υπόψη τέσσερις περιπτώσεις. Οι μεγαλύτερες ή οι μικρότερες τιμές των επιφανειών F, G και H συνδυάζονται με τις μεγαλύτερες ή τις μικρότερες τιμές των επιφανειών I και J. Δεν επιτρέπεται ανάμιξη θετικών και αρνητικών τιμών στην ίδια πλευρά. Αυτές οι περιπτώσεις φόρτισεων καθώς και η φόρτιση για $\theta = 90^\circ$ δίνονται στα επόμενα σχήματα.

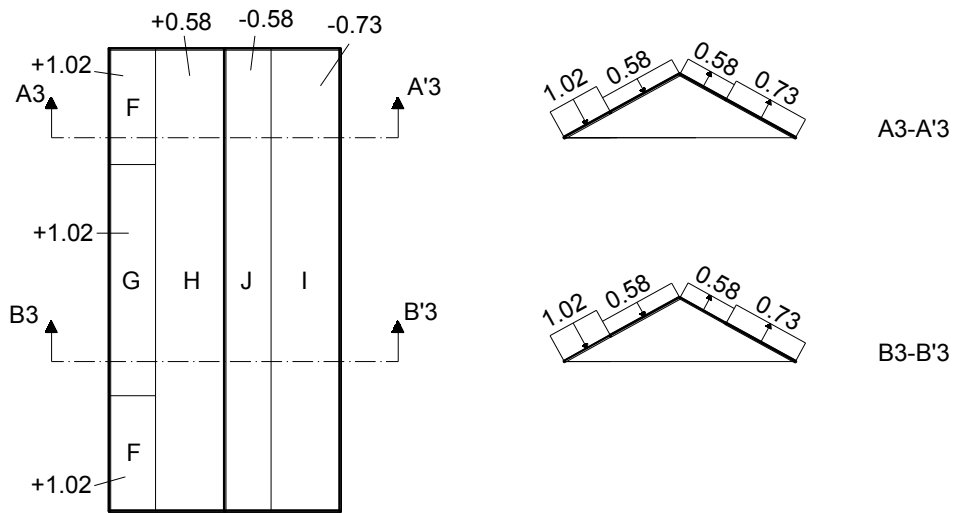
Πίν. 7.4α
ΣΗΜ.1



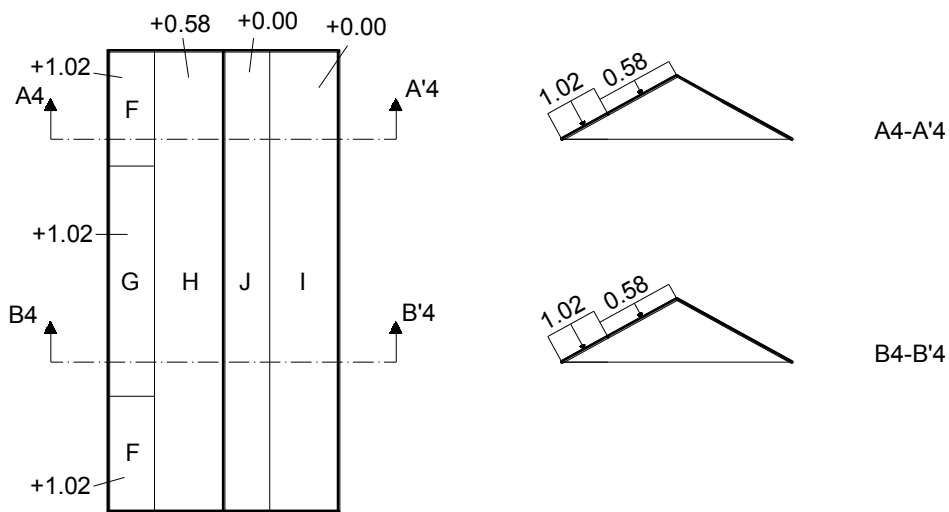
Σχήμα Π4.11 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου w_e στη στέγη για $\theta = 0^\circ$ (σε kPa)
1^η περίπτωση φόρτισης



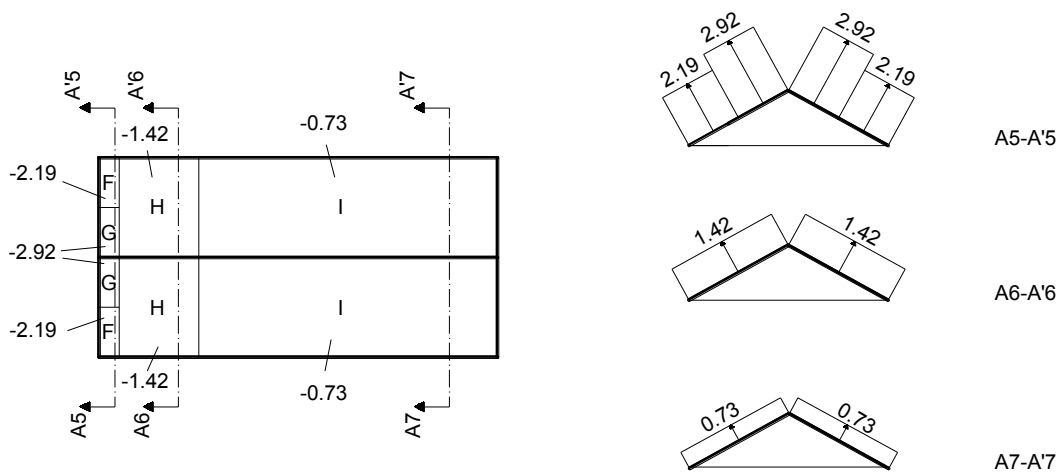
Σχήμα Π4.12 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου w_e στη στέγη για $\theta = 0^\circ$ (σε kPa)
2^η περίπτωση φόρτισης



Σχήμα Π4.13 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου w_e στη στέγη για $\theta = 0^\circ$ (σε kPa)
3^η περίπτωση φόρτισης



Σχήμα Π4.14 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου w_e στη στέγη για $\theta = 0^\circ$ (σε kPa)
4^η περίπτωση φόρτισης



Σχήμα Π4.15 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου w_e στη στέγη για $\theta = 90^\circ$ (σε kPa)

Παράδειγμα 5

Βιομηχανικό κτήριο με αμφικλινή στέγη και μία πλευρά ανοιχτή.

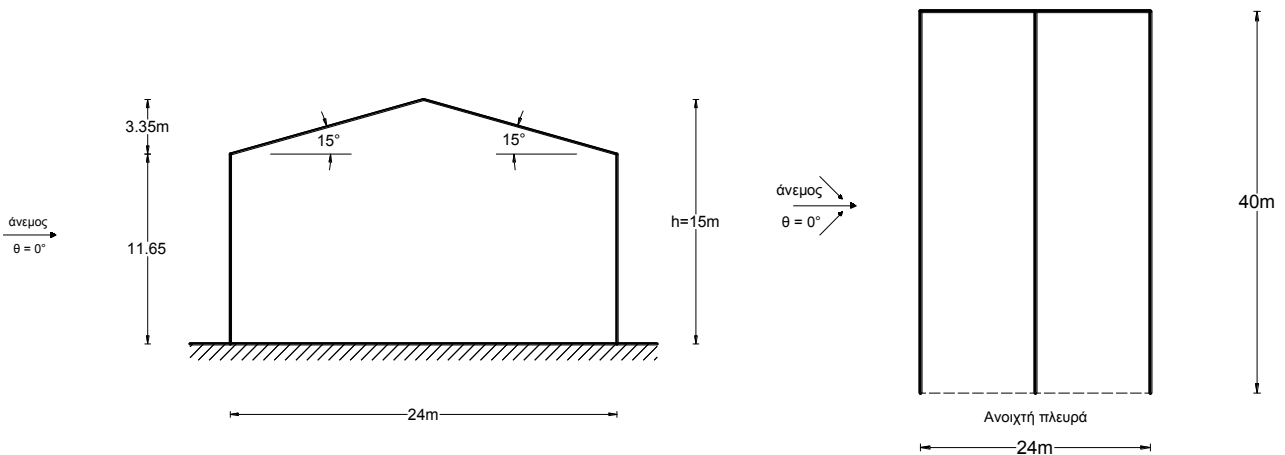
Δίνεται: Άκαμπτη κατασκευή με δικλινή στέγη ανοιχτή στη μία της πλευρά, 5km από τη θάλασσα. Διαστάσεις: κάτοψη 24.0*40.0m, ύψος κατακόρυφου τοίχου: 11.65m, ύψος μέχρι τον κορφιά 15.0m, (γωνία κλίσης της στέγης α : $\tan\alpha=3.35/12.00=0.28$, $\alpha=15.6^\circ \approx 15^\circ$)

Έδαφος επίπεδο, Τραχύτητα εδάφους I, Περίοδος επαναφοράς 50 έτη.

Για τον υπολογισμό της εσωτερικής πίεσης να θεωρηθεί ότι η επιφάνεια των ανοιγμάτων της ανοιχτής πλευράς είναι διπλάσια της επιφάνειας των ανοιγμάτων και σημείων διαρροής στις υπόλοιπες πλευρές του κτηρίου.

Ζητείται: ο υπολογισμός των πιέσεων στις εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες του κτηρίου για δύο διευθύνσεις του ανέμου:

- άνεμος κάθετος προς τον κορφιά $\theta=0^\circ$
- άνεμος παράλληλος προς τον κορφιά $\theta=90^\circ$



Σχήμα Π5.1 Όψη κτηρίου

Σχήμα Π5.2 Κάτοψη κτηρίου

5.1 Θεμελιώδης ταχύτητα του ανέμου, $v_{b,0}$:

η περιοχή απέχει απόσταση μικρότερη από 10km από την θάλασσα, άρα $v_{b,0}=33\text{m/s}$.

5.2 Βασική ταχύτητα ανέμου, v_b :

συντελεστής διευθύνσεως $c_{dir} = 1.0$

εποχικός συντελεστής $c_{season} = 1.0$

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 1 * 1 * 33 = 33 \text{ m/s}$$

5.3 Τραχύτητα του εδάφους :

Η κατηγορία εδάφους είναι I, πρόκειται δηλαδή για οριζόντια περιοχή με αμελητέα βλάστηση και χωρίς εμπόδια.

5.4 Ύψος αναφοράς:

Για την στέγη: $z_e=h=15\text{m}$

Για τους εξωτερικούς τοίχους:

- άνεμος κάθετος προς τον κορφιά $\theta=0^\circ$, $b=40.0\text{m}$, και $h=15\text{m}$ είναι $h<b$ άρα διακρίνουμε ένα τμήμα: $z_e=h=15\text{m}$
- άνεμος παράλληλος προς τον κορφιά $\theta=90^\circ$, $b=24.0\text{m}$, και $h=15\text{m}$ είναι $h<b$ άρα διακρίνουμε ένα τμήμα: $z_e=h=15\text{m}$

5.5 Συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$:

Για κατηγορία εδάφους I έχουμε $z_0 = 0.01\text{m}$ και $z_{min} = 1\text{m}$.

Επειδή $z_{min} = 1\text{m} < z_e = 15\text{m} < z_{max} = 200\text{m}$

$$c_r(z_e) = k_r * \ln(z_e/z_0)$$

$$\text{όπου } k_r = 0.19 * (z_0/z_{0,II})^{0.07} = 0.19 * (0.01/0.05)^{0.07} = 0.17$$

EN 1991-1-4

ΕΠ 2.3

(4.1)

Πίν. 4.1

7.2.5(2)

7.2.2(1) +
Σχ. 7.4

(4.4)

$$c_r(15) = k_r * \ln(z_e/z_0) = 0.17 * \ln(15/0.01) = 1.243$$

(4.5)

5.6 Συντελεστής ανάγλυφου, $c_0(z)$:

Το έδαφος είναι επίπεδο άρα $c_0(z)=1.0$

4.3.1 ΣΗΜ.1*
+ ΕΠ 2.8

5.7 Βασική ταχύτητα ανέμου, v_m :

$$v_m(z_e) = c_r(z_e) * c_0(z_e) * v_b$$

(4.3)

$$v_m(15) = 1.243 * 1 * 33 = 41.02 \text{ m/s}$$

5.8 Πίεση αιχμής, $q_p(z)$:

$$q_p(z_e) = [1 + 7 * I_v(z_e)] * \rho * v_m^2(z_e) / 2 = [1 + 7 * 0.138] * 0.00125 * 41.02^2 / 2 = 2.07 \text{ kN/m}^2$$

(4.8)

όπου $I_v(z_e) = k_f / [c_0(z_e) * \ln(z_e/z_0)] = 1 / \ln(15/0.01) = 0.138$ και

(4.7)

$$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3 = 0.00125 \text{ Mg/m}^3$$

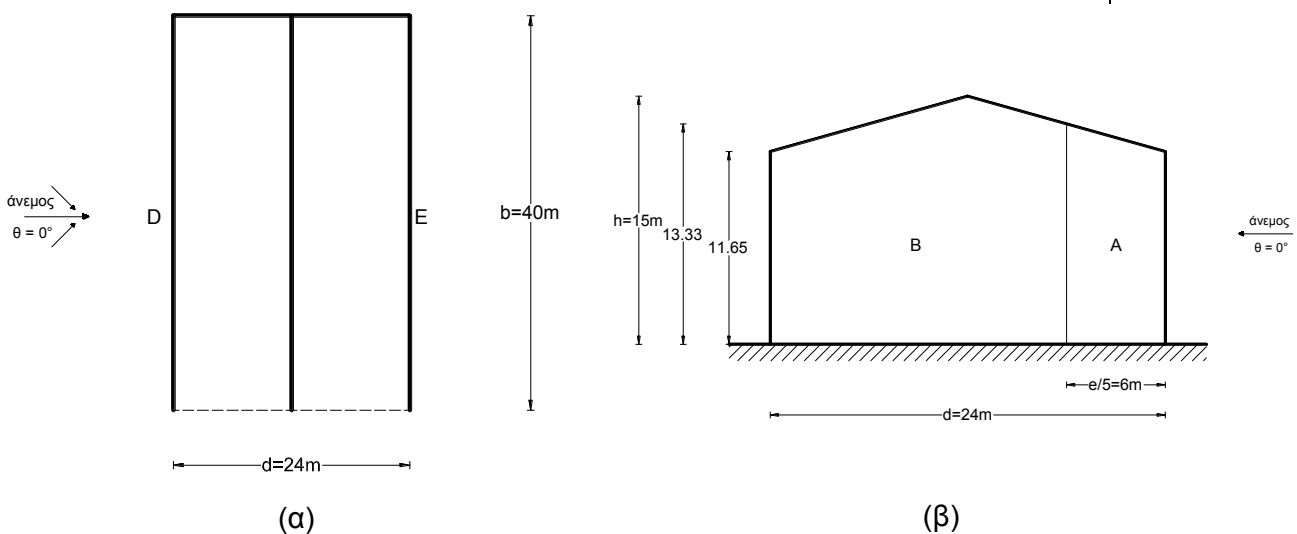
ΕΠ 2.17

5.9 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης, c_{pe} :

5.9.1 Για κατακόρυφους τοίχους και $\theta = 0^\circ$

Σχ. 7.5

Επειδή $e = \min(b, 2h) = \min(40, 2 * 15) = \min(40, 30) = 30 \text{ m} > d = 24 \text{ m}$ οι πλαϊνοί τοίχοι χωρίζονται σε δύο ζώνες όπως φαίνεται στο Σχ. Π5.3(β).



Σχήμα Π5.3 Ζώνες κατακόρυφων τοίχων για $\theta = 0^\circ$: α) κάτοψη, β) όψη

Για $h/d = 15/24 = 0.625$ οι τιμές του προσήνεμου (D) και του υπήνεμου (E) τοίχου προκύπτουν με γραμμική παρεμβολή όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας Π5.1 Αρχικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} για κατακόρυφους τοίχους ($\theta = 0^\circ$).

Πίν. 7.1

Ζώνες	A		B		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	+0.80	+1.0	-0.5	
0.625	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	+0.75	+1.0	-0.4	
≤ 0.25	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	+0.70	+1.0	-0.3	

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_A = (11.65 + 13.33) * 6 / 2 = 74.94 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_B = (11.65 + 15) * 12 / 2 + (15 + 13.33) * 6 / 2 = 214.89 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_D = 11.65 * 40 = 466 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_E = 11.65 * 40 = 466 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

Άρα είναι $c_{pe} = c_{pe,10}$.

Οι τιμές των c_{pe} δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

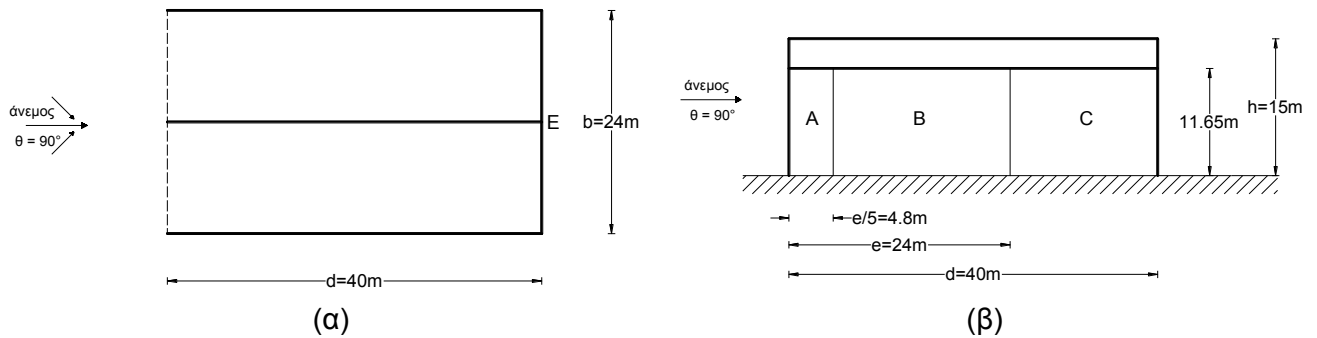
Πίνακας Π5.2 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} για κατακόρυφους τοίχους ($\theta = 0^\circ$).

Ζώνες	A	B	D	E
-------	---	---	---	---

c_{pe}	-1.2	-0.8	+0.75	-0.4
----------	------	------	-------	------

5.9.2 Για κατακόρυφους τοίχους και $\theta = 90^\circ$

Επειδή $e = \min(b, 2h) = \min(24, 2 \cdot 15) = \min(24, 30) = 24\text{m} < d = 40\text{m}$ οι πλαϊνοί τοίχοι χωρίζονται σε τρεις ζώνες όπως φαίνεται στο Σχ. Π5.4(β).



Σχήμα Π5.4 Ζώνες κατακόρυφων τοίχων για $\theta = 90^\circ$: α) κάτοψη , β) όψη

Για $h/d = 15/40 = 0.375$ οι τιμές του προσήνεμου (D) και του υπήνεμου (E) τοίχου προκύπτουν με γραμμική παρεμβολή όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας Π5.3 Αρχικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} για κατακόρυφους τοίχους ($\theta = 90^\circ$).

Ζώνες	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.800	+1.0	-0.500	
0.375	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.717	+1.0	-0.333	
≤ 0.25	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.700	+1.0	-0.300	

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_A = 4.8 \cdot 11.65 = 55.92 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_B = 19.2 \cdot 11.65 = 223.68 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_C = 16 \cdot 11.65 = 186.4 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_E = 16 \cdot 11.65 = 186.4 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

Άρα είναι $c_{pe} = c_{pe,10}$.

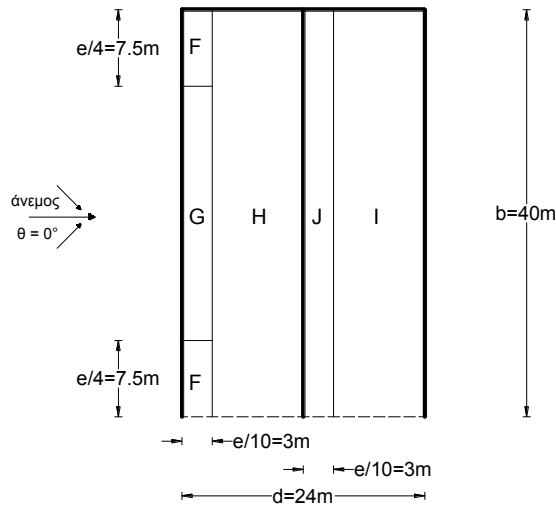
Οι τιμές των c_{pe} δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας Π5.4 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} για κατακόρυφους τοίχους ($\theta = 90^\circ$).

Ζώνες	A	B	C	D	E
c_{pe}	-1.2	-0.8	-0.5	+0.717	-0.333

Πίν. 7.1

5.9.3 Για τη στέγη και για $\theta = 0^\circ$



Σχήμα Π5.5 Κάτοψη ζωνών στέγης για $\theta = 0^\circ$

Πίνακας Π5.5 Αρχικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} για στέγη ($\theta = 0^\circ$).

Ζώνες	F		G		H		J		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
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	

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_F = 3 \cdot 3.75 / \cos 15^\circ = 11.65 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_G = 3 \cdot 7.5 / \cos 15^\circ = 23.29 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_H = A_I = 9 \cdot 40 / \cos 15^\circ = 373 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_J = 3 \cdot 40 / \cos 15^\circ = 124.23 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

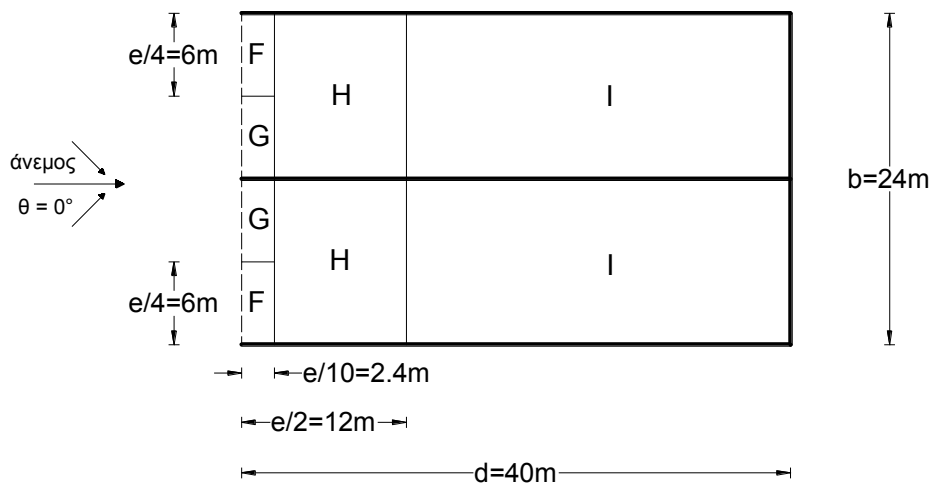
Άρα είναι $c_{pe} = c_{pe,10}$.

Οι τιμές των c_{pe} δίνονται στον παρακάτω πίνακα

Πίνακας Π5.6 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} για στέγες ($\theta = 0^\circ$).

Ζώνες	F	G	H	J	I
c_{pe}	-0.9	-0.8	-0.3	-0.4	-1.0
	+0.2	+0.2	+0.2	+0.0	+0.0

5.9.4 Για τη στέγη και $\theta = 90^\circ$



Σχήμα Π5.6 Κάτοψη ζωνών στέγης για $\theta = 90^\circ$

Πίνακας Π5.7 Αρχικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} για στέγη ($\theta = 90^\circ$).

Ζώνες	F		G		H		I	
α	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
15°	-1.3	-2.0	-1.3	-2.0	-0.6	-1.2	-0.5	

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_F = 2.4 \cdot 6 / \cos 15^\circ = 14.91 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_G = 2.4 \cdot 6 / \cos 15^\circ = 14.91 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_H = 9.6 \cdot 12 / \cos 15^\circ = 119.26 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_I = 28 \cdot 12 / \cos 15^\circ = 347.85 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

Άρα είναι $c_{pe} = c_{pe,10}$.

Οι τιμές των c_{pe} δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας Π5.8 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} για στέγη ($\theta = 90^\circ$).

Ζώνες	F	G	H	I
c_{pe}	-1.3	-1.3	-0.6	-0.5

5.10 Εξωτερικές πιέσεις, w_e

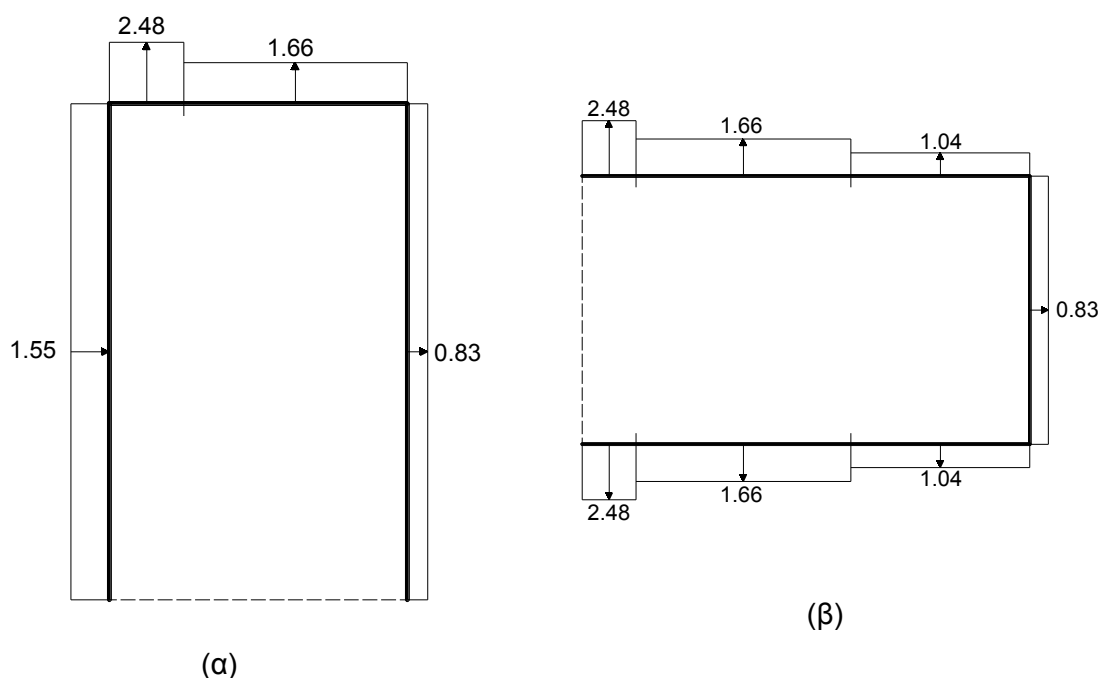
Η πίεση του ανέμου η οποία δρα κάθετα στις εξωτερικές επιφάνειες της κατασκευής προκύπτει από τη σχέση:

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

Για τους κατακόρυφους τοίχους οι εξωτερικές πιέσεις δίνονται στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας Π5.9 Εξωτερικές πιέσεις w_e κατακόρυφων τοίχων (σε kPa)

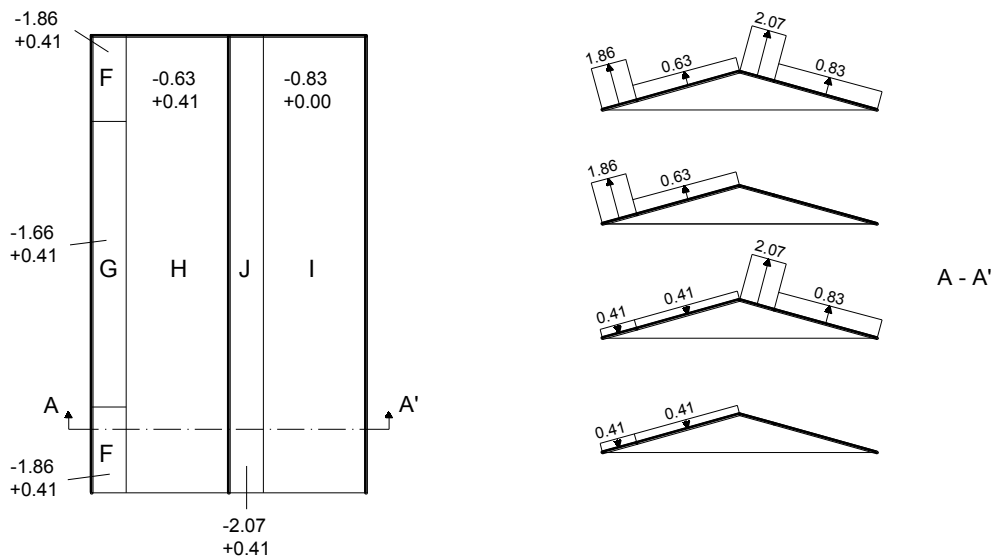
Ζώνες		A	B	C	D	E	
θ	0°	c_{pe}	-1.2	-0.8	---	+0.75	-0.4
		$q_p(z_e)$	2.07	2.07	---	2.07	2.07
		w_e	-2.48	-1.66	---	+1.55	-0.83
	90°	c_{pe}	-1.2	-0.8	-0.5	---	-0.4
		$q_p(z_e)$	2.07	2.07	2.07	---	2.07
		w_e	-2.48	-1.66	-1.04	---	-0.83



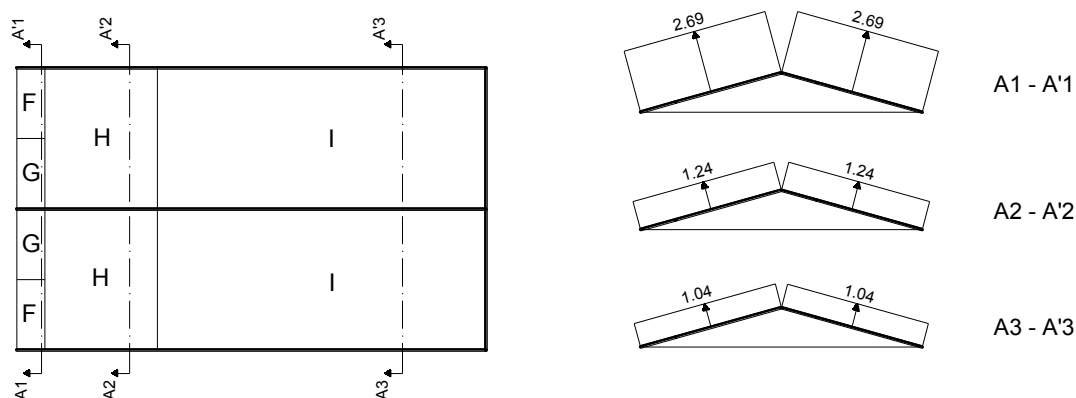
Σχήμα Π5.7 Εξωτερικές πιέσεις w_e κατακόρυφων τοίχων για α) $\theta = 0^\circ$ και β) $\theta = 90^\circ$ (σε kPa)

Πίνακας Π5.10 Εξωτερικές πιέσεις w_e στέγης (σε kPa)

Ζώνες		F	G	H	I	J	
θ	0°	C_{pe}	-0.9	-0.8	-0.3	-0.4	-1.0
			+0.2	+0.2	+0.2	+0.0	+0.0
		$q_p(z_e)$	2.07				
	90°	w_e	-1.86	-1.66	-0.63	-0.83	-2.07
			+0.41	+0.41	+0.41	+0.0	+0.0
		C_{pe}	-1.3	-1.3	-0.6	-0.5	---
	$q_p(z_e)$	2.07					
	w_e	-2.69	-2.69	-1.24	-1.04	---	



Σχήμα Π5.8 Εξωτερικές πιέσεις w_e στέγης για $\theta = 0^\circ$ (σε kPa)



Σχήμα Π5.9 Εξωτερικές πιέσεις w_e στέγης για $\theta = 90^\circ$ (σε kPa)

5.11 Συντελεστές εσωτερικής πίεσης, c_{pi} :

5.11.1 Για $\theta = 0^\circ$:

Επειδή η μία πλευρά του κτηρίου είναι ανοιχτή και η επιφάνεια των ανοιγμάτων της είναι διπλάσια της επιφάνειας των ανοιγμάτων και σημείων διαρροής στις υπόλοιπες πλευρές του κτηρίου, η πλευρά αυτή θεωρείται δεσπόζουσα. Ισχύει $c_{pi} = 0.75 \cdot c_{pe}$, όπου c_{pe} είναι η τιμή του συντελεστή εξωτερικής πίεσης στα ανοίγματα της δεσπόζουσας πλευράς και εξαρτάται από το λόγο των εμβαδών των ζωνών.

7.2.9(4)

(7.1)

7.2.9(5)

$$c_{pe} = c_{pe,A} \cdot A_A / (A_A + A_B) + c_{pe,B} \cdot A_B / (A_A + A_B) = -1.2 \cdot 74.94 / (74.94 + 214.89) - 0.8 \cdot 214.89 / (74.94 + 214.89) = -0.31 - 0.59 = -0.9$$

$$\text{Άρα } c_{pi} = 0.75 \cdot c_{pe} = 0.75 \cdot (-0.9) = -0.675$$

5.11.2 Για $\theta = 90^\circ$

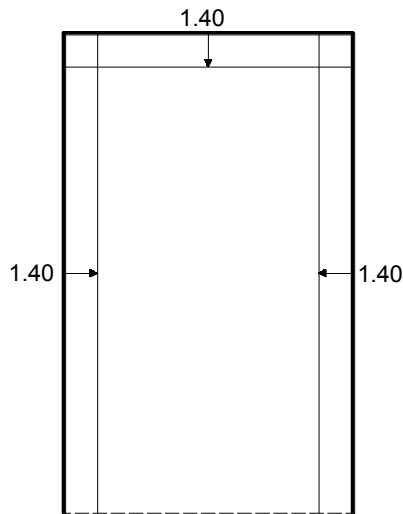
$$c_{pe} = c_{pe,D} = +0.717 \quad \text{Άρα } c_{pi} = 0.75 \cdot c_{pe} = 0.75 \cdot 0.717 = +0.538$$

Οι εσωτερικές πιέσεις δίνονται από τη σχέση: $w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$.

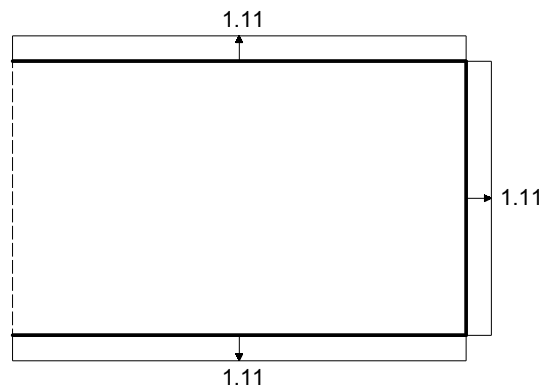
Θεωρούμε ότι $z_i = z_e$. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι εσωτερικές πιέσεις για τους κατακόρυφους τοίχους και τη στέγη.

Πίνακας Π5.11 Εσωτερικές πιέσεις w_i για $\theta = 0^\circ$ και 90° (σε kPa)

θ	0°	90°
c_{pi}	-0.675	+0.538
$q_p(z_i)$	2.070	2.070
w_i	-1.400	+1.110

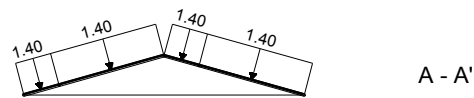
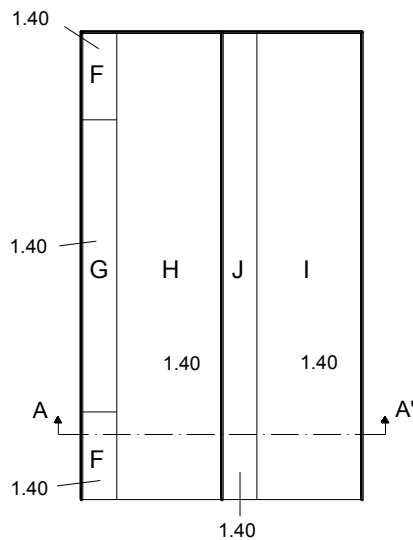


(α)

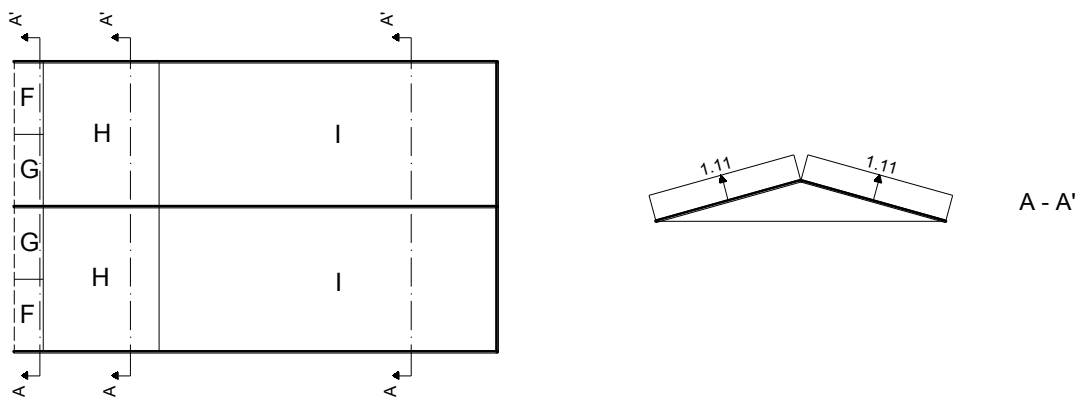


(β)

Σχήμα Π5.10 Εσωτερικές πιέσεις w_i κατακόρυφων τοίχων για α) $\theta = 0^\circ$ και β) $\theta = 90^\circ$ (σε kPa)



Σχήμα Π5.11 Εσωτερικές πιέσεις w_i στέγης για $\theta = 0^\circ$ (σε kPa)



Σχήμα Π5.12 Εσωτερικές πιέσεις w_i στέγης για $\theta = 90^\circ$ (σε kPa)

5.12 Συνδυασμένος δυναμικός συντελεστής $c_s c_d$:

Επειδή $h = 15\text{m} < 100\text{m}$ και $h < 4*b = 4*40 = 160\text{m}$, $c_s c_d = 1$ για $\theta = 0^\circ$

6.2(1) γ)

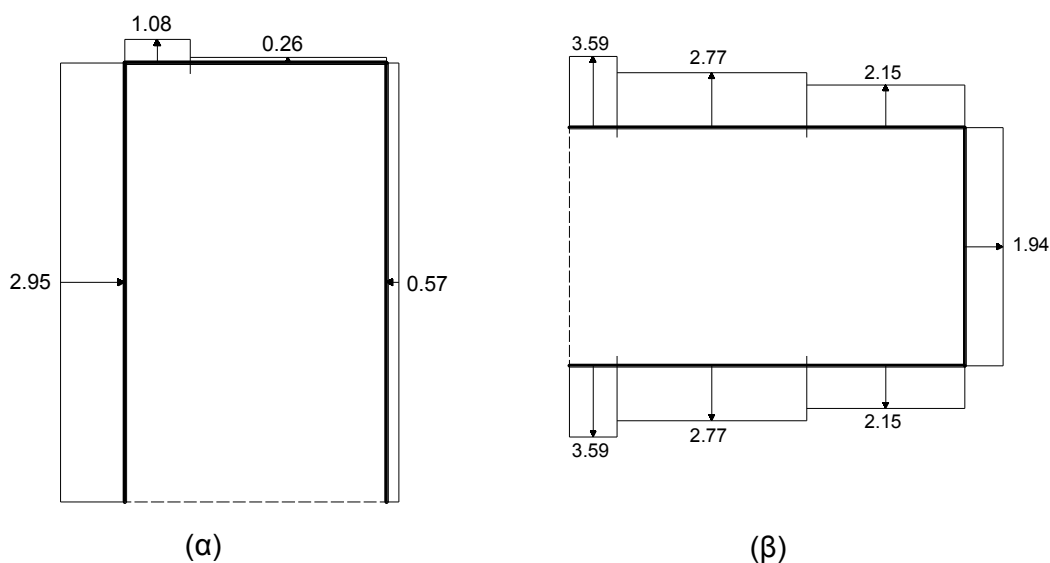
Επειδή $h = 15\text{m} < 100\text{m}$ και $h < 4*b = 4*24 = 96\text{m}$, $c_s c_d = 1$ για $\theta = 90^\circ$

5.13 Τελικές πιέσεις, w_{tot}

Επειδή σε κάθε περίπτωση είναι $c_s c_d = 1$ οι τελικές πιέσεις προκύπτουν από τη σχέση: $w_{tot} = w_e - w_i$ υπολογίζονται στον Πίνακα Π5.12 (κατακόρυφοι τοίχοι) και στον Πίνακα Π5.13 (στέγη) και παρουσιάζονται στο Σχήμα Π5. (κατακόρυφοι τοίχοι) και στο Σχήμα Π5. (στέγη).

Πίνακας Π5.12 Τελικές πιέσεις w_{tot} κατακόρυφων τοίχων για $\theta = 0^\circ$ και 90° (σε kPa)

Ζώνες		A	B	C	D	E	
θ	0°	w_e	-2.48	-1.66	---	+1.55	-0.83
		w_i	-1.40		---	-1.40	
		w_{tot}	-1.08	-0.26	---	+2.95	+0.57
	90°	w_e	-2.48	-1.66	-1.04	---	-0.83
		w_i	+1.11			---	+1.11
		w_{tot}	-3.59	-2.77	-2.15	---	-1.94

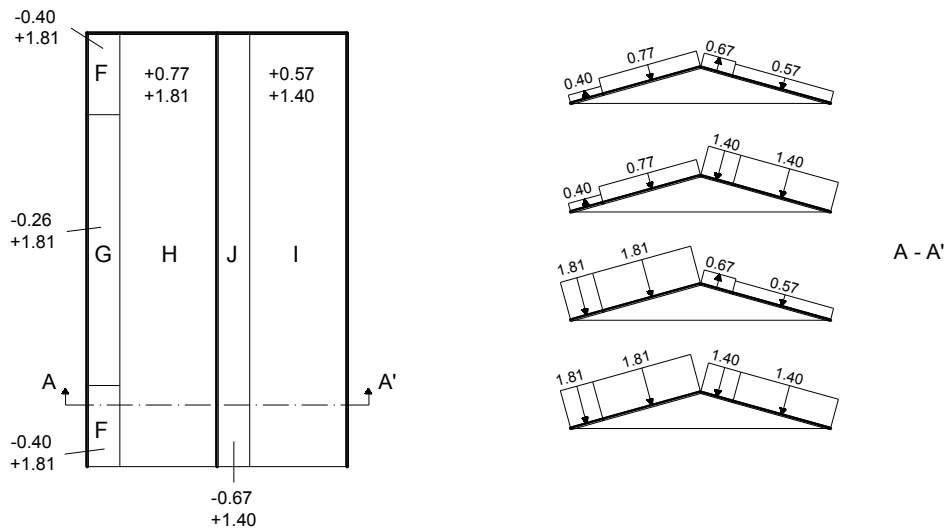


Σχήμα Π5.13 Τελικές πιέσεις w_{tot} κατακόρυφων τοίχων για α) $\theta = 0^\circ$ και β) $\theta = 90^\circ$ (σε kPa)

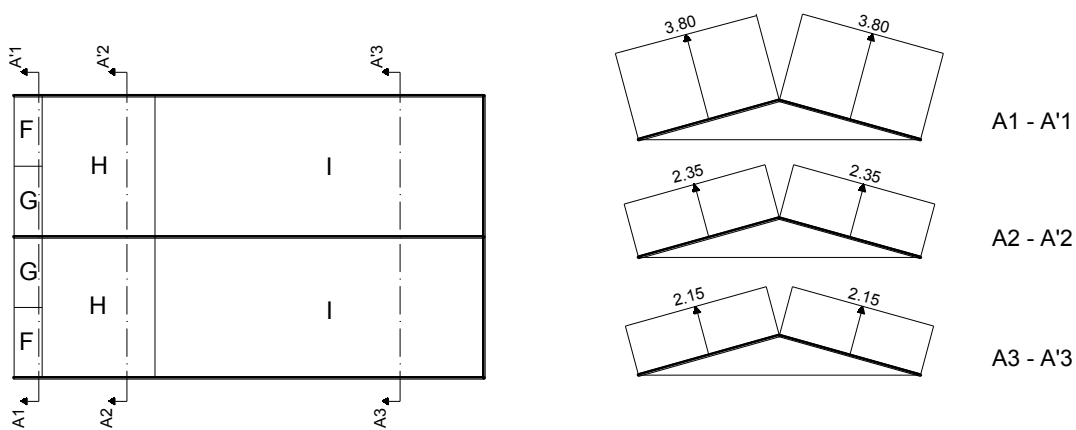
Πίνακας Π5.13 Τελικές πιέσεις w_{tot} στέγης για $\theta = 0^\circ$ και 90° (σε kPa)

Ζώνες		F	G	H	I	J	
θ	0°	w_e	-1.86	-1.66	-0.63	-0.83	-2.07
			+0.41	+0.41	+0.41	+0.00	+0.00
		w_i	-1.40				
		w_{tot}	-0.40	-0.26	+0.77	+0.57	-0.67
	+1.81		+1.81	+1.81	+1.40	+1.40	
	90°	w_e	-2.69	-2.69	-1.24	-1.04	---
w_i		+1.11					
w_{tot}		-3.80	-3.80	-2.35	-2.15	---	

Οι θετικές τιμές των εξωτερικών πιέσεων συνδυάζονται μόνο με τις θετικές τιμές των εσωτερικών πιέσεων. Το ίδιο συμβαίνει και με τις αρνητικές τιμές.



Σχήμα Π5.14 Τελικές πιέσεις w_{tot} στέγης για $\theta = 0^\circ$ (σε kPa)



Σχήμα Π5.15 Τελικές πιέσεις w_{tot} στέγης για $\theta = 90^\circ$ (σε kPa)

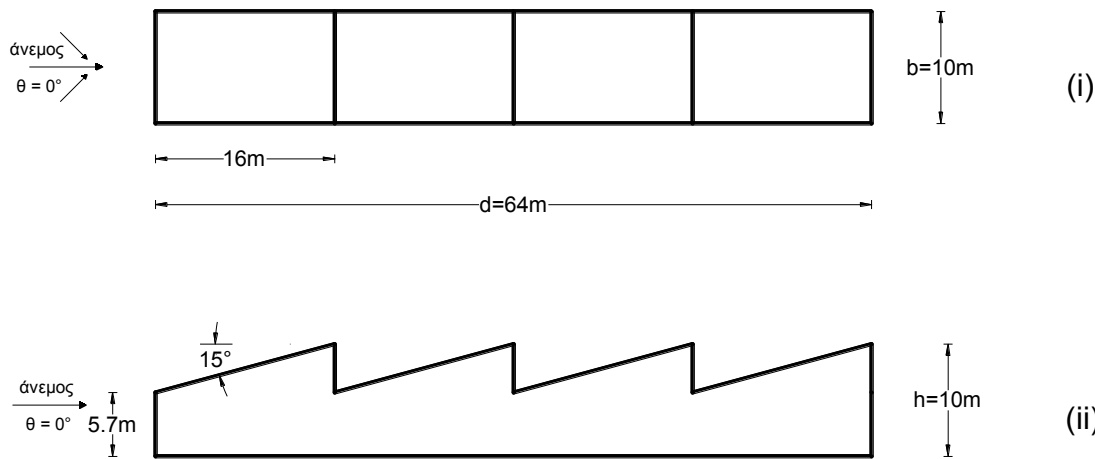
Παράδειγμα 6

Κτήριο με μονοκλινή επαναλαμβανόμενη στέγη

Δίνεται: Κλειστή κατασκευή με επαναλαμβανόμενη στέγη τεσσάρων ανοιγμάτων. Το κάθε άνοιγμα έχει τις διαστάσεις της κατασκευής του παραδείγματος 3, οι οποίες είναι: κάτοψη $4 \times 16.00 \times 10.00\text{m}$, ύψος προσήνεμου τοίχου: 5.70m , ύψος μέχρι τον κορφιά 10.00m (γωνία κλίσης της στέγης $\alpha=15^\circ$), Τραχύτητα Εδάφους III, περίοδος επαναφοράς 50 έτη

Ζητείται: ο υπολογισμός των πιέσεων στις εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου για $\theta=0^\circ$.

EN 1991-1-4



Σχήμα Π6.1 (i) Κάτοψη και (ii) όψη κατασκευής ($\theta=0^\circ$)

6.1 Γενικά

Από το παράδειγμα 3 για $\theta = 0^\circ$ παίρνουμε τις τιμές:

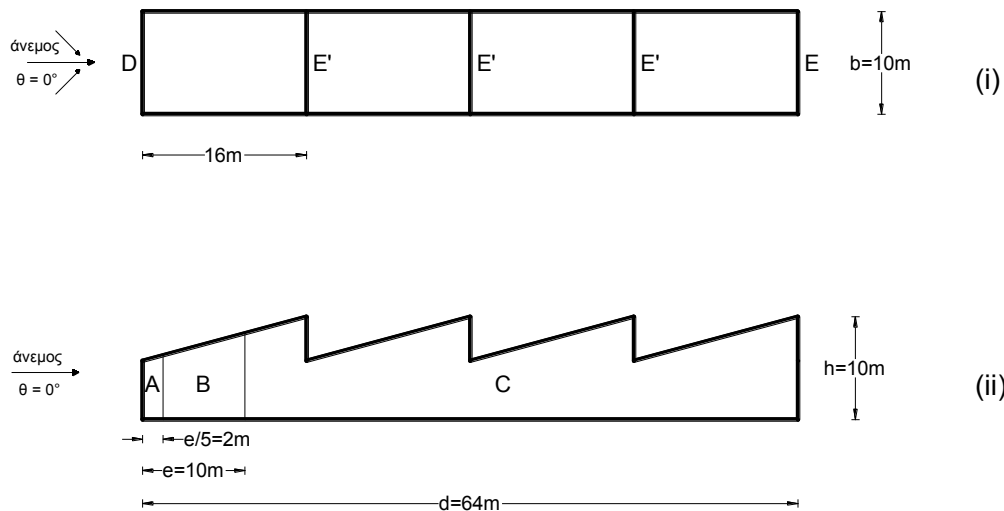
Πίνακας Π6.1 Τιμές παραμέτρων και συντελεστών υπολογισμένων από το Π3.

z_e	v_b	$c_r(z_e)$	$c_0(z_e)$	$v_m(z_e)$	$q_p(z_e)$
10.0	27.0	0.754	1.204	24.51	1.00

6.2 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης, c_{pe} :

6.2.1 Για κατακόρυφους τοίχους και $\theta = 0^\circ$ (βλ. Σχήμα 7.5)

Επειδή $e = \min(b, 2h) = \min(10, 2 \times 10) = \min(10, 20) = 10\text{m} < d = 64\text{m}$ οι πλαϊνοί τοίχοι χωρίζονται σε τρεις όπως στο Σχήμα Π6.2 (ii).



Σχήμα Π6.2 (i) Κάτοψη και (ii) όψη ζωνών κατακόρυφων τοίχων

Σχ. 7.5

Πίνακας Π6.2 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} κατακόρυφων τοίχων

Ζώνες	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
≤ 0.25	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.7	+1.0	-0.3	

Πίν. 7.1

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$$A_A = (5.71+6.25)*2/2 = 11.96 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_B = (6.25+8.4)*8/2 = 58.6 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_C = (8.4+10)*6/2 = 55.2 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

$$A_D = 5.71*10 = 57.1 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

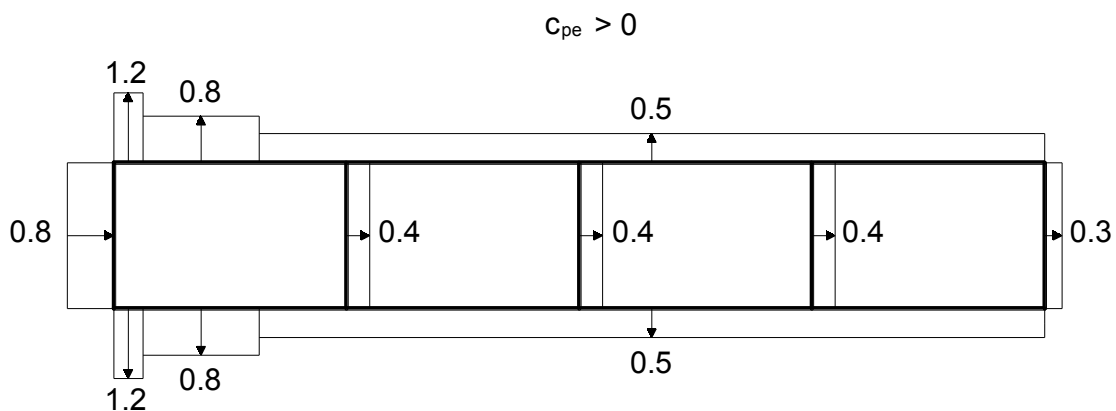
$$A_E = 10*10 = 100 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$$

Άρα $c_{pe} = c_{pe,10}$.

Για $h/d = 10/64 = 0.156 < 0.25$ οι τελικές τιμές των c_{pe} είναι:

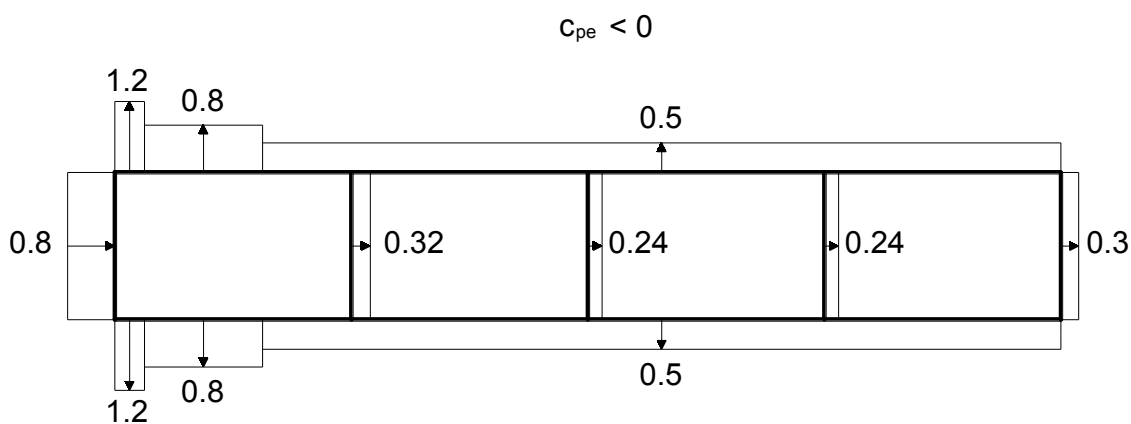
Πίνακας Π6.3 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} κατακόρυφων τοίχων όπου E' είναι η ζώνη E της μονοκλινούς στέγης και ο $c_{pe,10}$ της ζώνης αυτής δίνεται στον Πίνακα Π3.4.

Ζώνη		A	B	C	D	E	E'	$0.8 * E'$	$0.6 * E'$
θ	h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$
0°	0.156	-1.2	-0.8	-0.5	+0.7	-0.3	0.4	0.32	0.24



Σχ.7.10 (α)

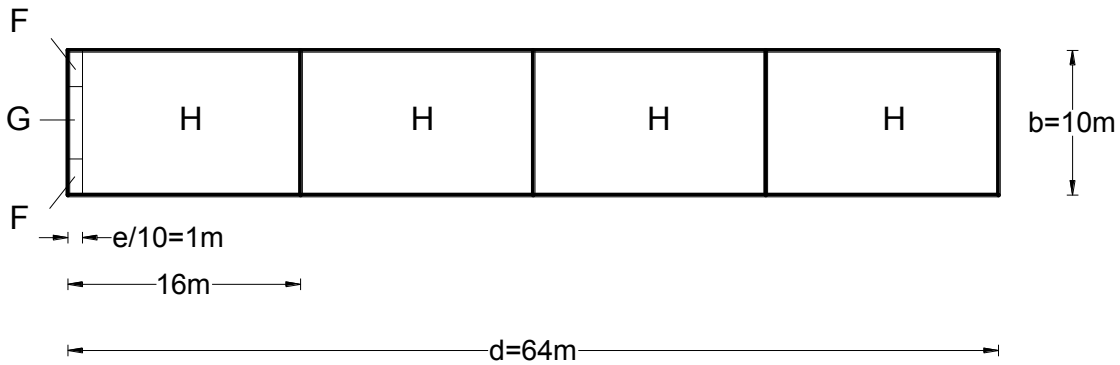
Σχήμα Π6.3 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} κατακόρυφων τοίχων ($c_{pe} > 0$)



Σχήμα Π6.4 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} κατακόρυφων τοίχων ($c_{pe} < 0$)

6.2.2 Για τη στέγη

Επειδή $e = 10 \text{ m} < d = 64 \text{ m}$ η στέγη χωρίζεται σε ζώνες όπως δείχνει το Σχήμα Π6.5 .



Σχήμα Π6.5 Κάτοψη ζωνών στέγης

Οι τιμές των c_{pe} παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας Π6.4 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης c_{pe} στέγης ($\theta = 0^\circ$).

Ζώνη	F	G	H
c_{pe}	-1.54	-1.21	-0.30
	+0.20	+0.20	+0.20

6.3 Εξωτερικές πιέσεις w_e :

Η πίεση του ανέμου η οποία δρα κάθετα στις εξωτερικές επιφάνειες της κατασκευής προκύπτει από τη σχέση:

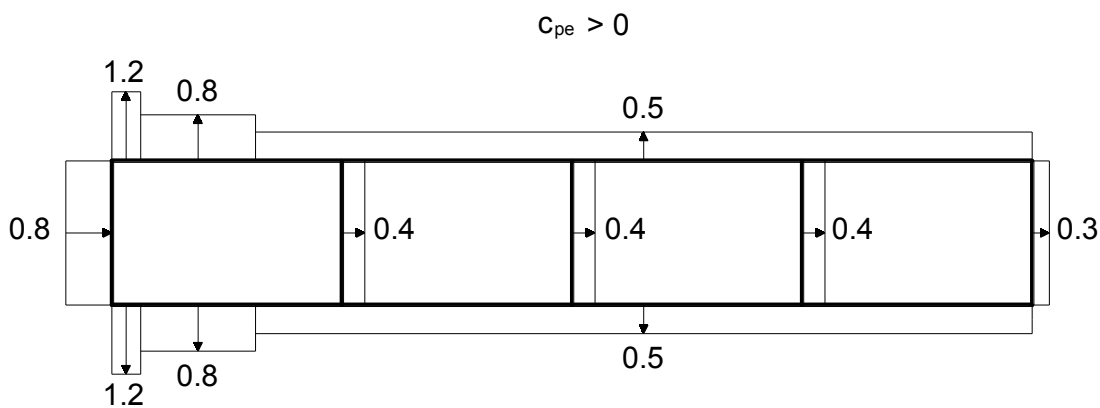
$$w_e = q_p(z_e) * c_{pe}$$

Για τους κατακόρυφους τοίχους οι εξωτερικές πιέσεις δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

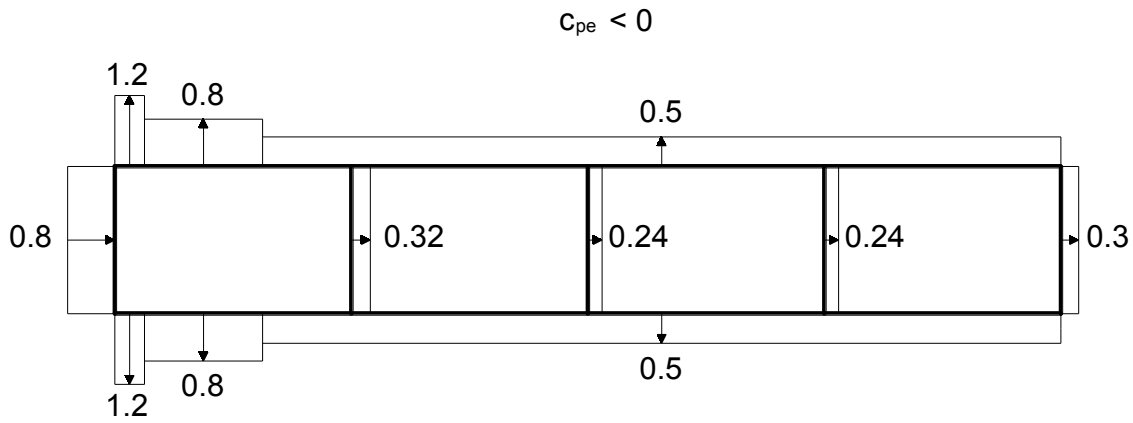
Πίνακας Π6.5 Εξωτερικές πιέσεις w_e κατακόρυφων τοίχων (σε kPa)

Ζώνη	A	B	C	D	E	E'	0.8*E'	0.6*E'	
c_{pe}	-1.2	-0.8	-0.5	+0.7	-0.3	-0.4	-0.32	-0.24	-0.40
$q_p(z_e)$	1.00								
w_e	-1.2	-0.8	-0.5	+0.7	-0.3	-0.4	-0.32	-0.24	-0.40

(5.1)



Σχήμα Π6.6 Εξωτερικές πιέσεις w_e κατακόρυφων τοίχων για $c_{pe} > 0$ (σε kPa)

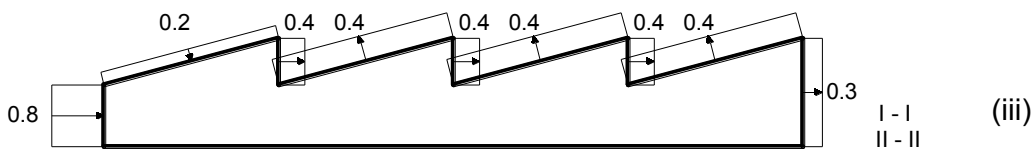
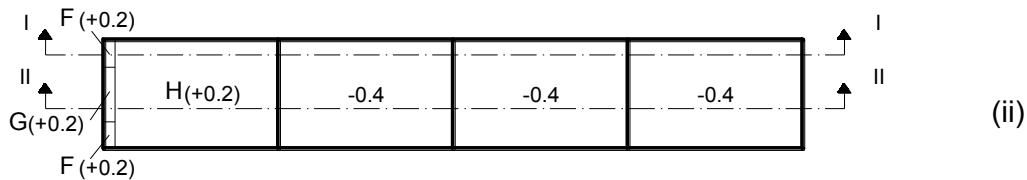
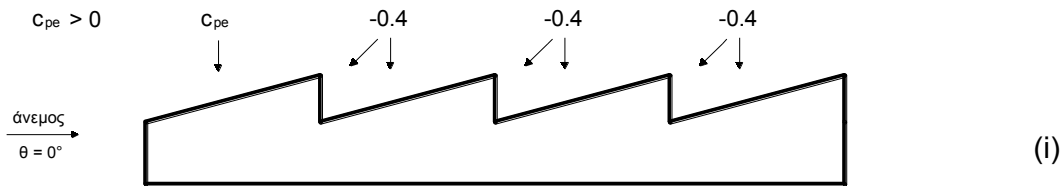


Σχήμα Π6.7 Εξωτερικές πιέσεις w_e κατακόρυφων τοίχων για $c_{pe} < 0$ (σε kPa)

Για τις στέγες και για $c_{pe} > 0$ οι εξωτερικές πιέσεις είναι:

Πίνακας Π6.6 Εξωτερικές πιέσεις w_e στέγης για $c_{pe} > 0$ (σε kPa)

Ζώνη	F	G	H	
c_{pe}	+0.20	+0.20	+0.20	-0.40
$q_p(z_e)$	1.00			
w_e	+0.20	+0.20	+0.20	-0.40

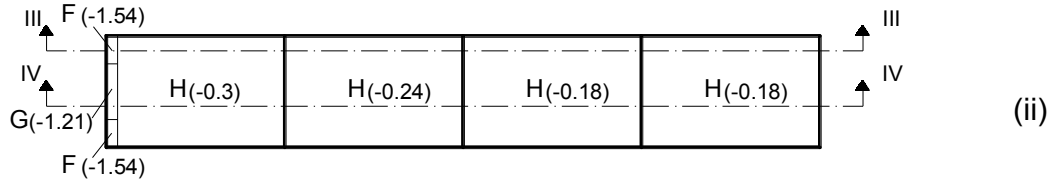
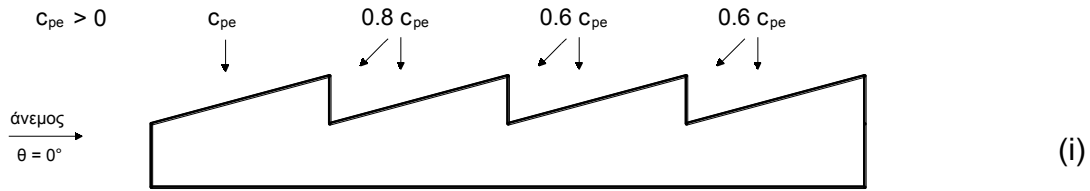


Σχήμα Π6.8 Εξωτερικές πιέσεις w_e στέγης για $c_{pe} > 0$ (σε kPa)

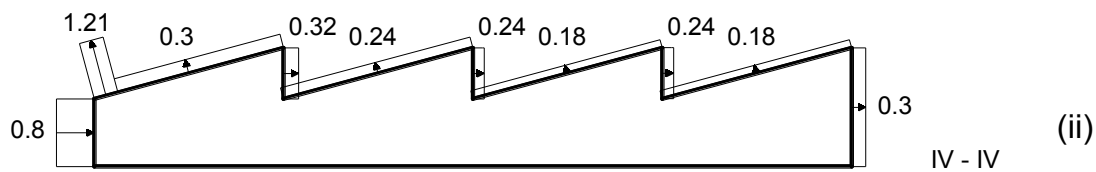
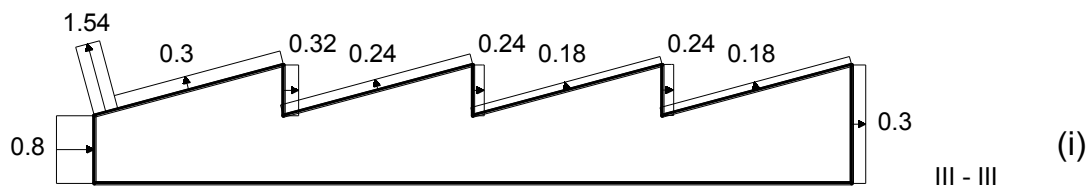
Για τις στέγες και για $c_{pe} < 0$ οι εξωτερικές πιέσεις είναι:

Πίνακας Π6.7 Εξωτερικές πιέσεις w_e στέγης για $c_{pe} < 0$ (σε kPa)

Ζώνη	F	G	H	$0.8 \cdot H$	$0.6 \cdot H$
c_{pe}	-1.54	-1.21	-0.30	-0.24	-0.18
$q_p(z_e)$	1.00				
w_e	-1.54	-1.21	-0.30	-0.24	-0.18



Σχήμα Π6.9 (i) Όψη και (ii) κάτοψη εξωτερικών πιέσεων στέγης για $c_{pe} < 0$ (σε kPa)



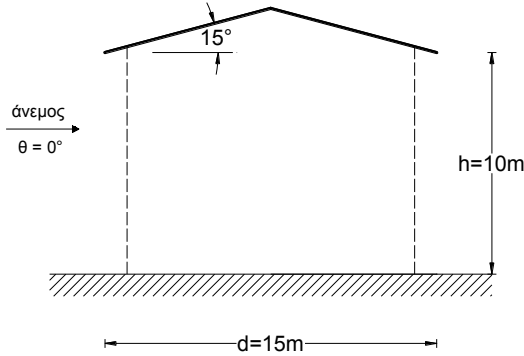
Σχήμα Π6.10 Τομές εξωτερικών πιέσεων w_e στέγης για $c_{pe} < 0$ (σε kPa)

Παράδειγμα 7

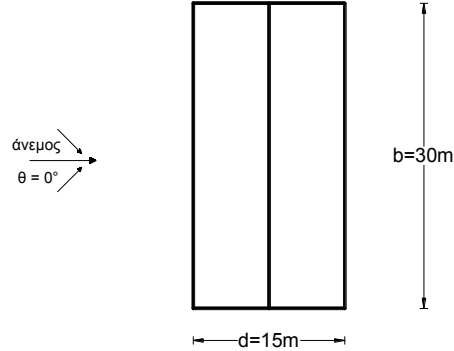
Ανοικτό δικλινές στέγαστρο

Δίνεται: Ανοικτό δικλινές στέγαστρο, χωρίς εμπόδια ($\varphi = 0$). Διαστάσεις: κάτοψη 15.0*30.0m, ύψος στέγης $h=10$ m, ύψος μέχρι τον κορυφιά 12m (γωνία κλίσης της στέγης $\alpha=15^\circ$), Τραχύτητα Εδάφους II, περίοδος επαναφοράς 50 έτη, $v_{b,0} = 27$ m/s.

Ζητείται: ο υπολογισμός των πιέσεων στις εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου για $\theta=0^\circ$.



Σχήμα Π7.1 Όψη κτηρίου



Σχήμα Π7.2 Κάτοψη κτηρίου

7.1 Θεμελιώδης ταχύτητα του ανέμου, $v_{b,0}$:

η περιοχή θεωρείται ότι απέχει απόσταση μεγαλύτερη από 10km από την θάλασσα, γι'αυτό και $v_{b,0}=27$ m/s .

7.2 Βασική ταχύτητα ανέμου, v_b :

συντελεστής διευθύνσεως $c_{dir} = 1.0$
εποχικός συντελεστής $c_{season} = 1.0$

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 1 * 1 * 27 = 27 \text{ m/s}$$

7.3 Ύψος αναφοράς:

Για το στέγαστρο: $z_e = h = 10$ m

7.4 Συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$:

Για κατηγορία εδάφους II έχουμε $z_0 = 0.05$ m και $z_{min} = 2$ m.

Επειδή $z_{min} = 2$ m $< z_e = 10$ m $< z_{max} = 200$ m

$$c_r(z_e) = k_r * \ln(z_e/z_0) = 0.19 * \ln(10/0.05) = 1.007$$

$$\text{όπου } k_r = 0.19 * (z_0/z_{0,II})^{0.07} = 0.19 * (0.05/0.05)^{0.07} = 0.19$$

7.5 Συντελεστής ανάγλυφου, $c_0(z)$:

Το έδαφος είναι επίπεδο άρα $c_0(z) = 1.0$

7.6 Μέση ταχύτητα ανέμου, v_m :

$$v_m = c_r(z_e) * c_0(z_e) * v_b$$

$$v_m = 1.007 * 1 * 27 = 27.21 \text{ m/s}$$

7.7 Πίεση ταχύτητας αιχμής, $q_p(z)$:

$$q_p(z_e) = [1 + 7 * I_v(z_e)] * \rho * v_m^2(z_e) / 2$$

$$\text{όπου } I_v(z_e) = k_v / [c_0(z_e) * \ln(z_e/z_0)] = 1 / [1 * \ln(10/0.05)] = 0.19$$

$$\text{και } \rho = 1.25 \text{ kg/m}^3 = 0.00125 \text{ Mg/m}^3$$

$$\text{Άρα } q_p(z_e) = [1 + 7 * 0.19] * 0.00125 * 27.21^2 / 2 = 1.08 \text{ kN/m}^2$$

7.8 Καθολικοί συντελεστές δύναμης

Για $\alpha=15^\circ$ και $\varphi=0$ δικλινούς στεγαστρου έχουμε $\max c_f = +0.4$ και $\min c_f = -0.8$.

7.9 Συνολικές δυνάμεις

$$F^+ = q_p(z_e) * \max c_f * d / 2 * b / \cos \alpha = 1.08 * 0.40 * 15.0 / 2 * 30.0 / \cos 15^\circ = +100.6 \text{ kN}$$

EN 1991-1-4

4.2 (1)P* +
ΕΠ 2.3

(4.1)

7.2.3(3) +
Σχ. 7.6

Πίν. 4.1

(4.4)

(4.5)

4.3.1

ΣΗΜ.1* +
ΕΠ 2.8

(4.3)

(4.8)

(4.7)

ΕΠ 2.17

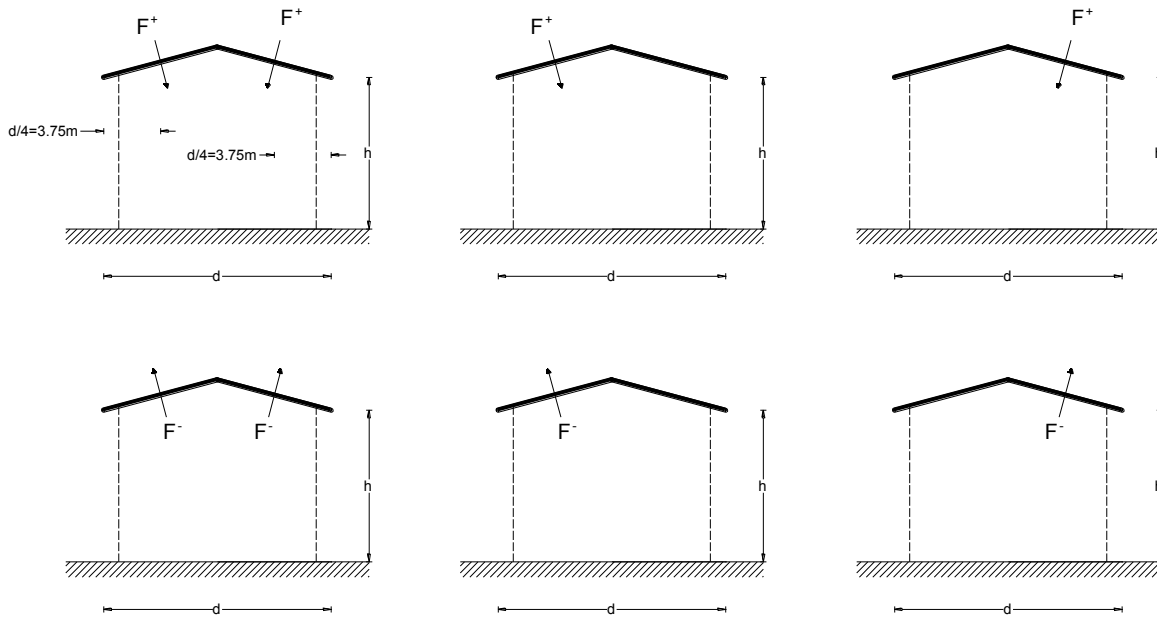
4.5.1

Πίν. 7.7

$$F^- = q_p(z_e) * \text{min} c_f * d / 2 * b / \cos \alpha = -1.08 * 0.80 * 15.0 / 2 * 30.0 / \cos 15^\circ = -201.2 \text{ kN}$$

Πρέπει να εφαρμόζονται έξι διαφορετικές περιπτώσεις φορτίσεων των δυνάμεων αυτών οι οποίες ασκούνται στο κέντρο κάθε κεκλιμένης επιφάνειας όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.

7.3(6)
Σχ. 7.17



Σχήμα Π7.3 Περιπτώσεις φορτίσεως στεγάστρου

7.10 Συντελεστές τελικής πίεσης και τελικές πιέσεις

Για $\alpha=15^\circ$ και $\varphi=0$ δικλινούς στεγάστρου έχουμε:

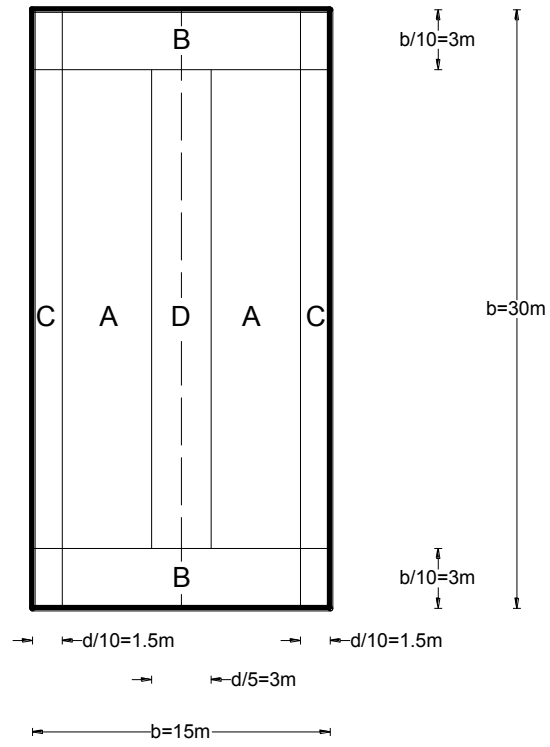
Πίνακας Π7.1 Συντελεστές τελικής πίεσης και τελικές πιέσεις (σε kPa)

Ζώνες		A	B	C	D
$C_{p,net}$	max	+0.9	+1.9	+1.4	+0.4
	min	-0.9	-1.7	-1.4	-1.8
$q_p(z_e)$		1.08			
$W_{p,net}$	max	+0.97	+2.05	+1.51	+0.43
	min	-0.97	-1.84	-1.51	-1.94

Πίν. 7.7

Οι τελικές πιέσεις προέκυψαν από τον τύπο : $W_{p,net} = C_{p,net} * q_p(z_e)$ και ασκούνται στις αντίστοιχες ζώνες οι οποίες παρουσιάζονται στο Σχ. Π7.4 . Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό στοιχείων στέγης και στερεώσεων.

7.3(5)



Σχήμα Π7.4 Ζώνες στεγάστρου

Παράδειγμα 8

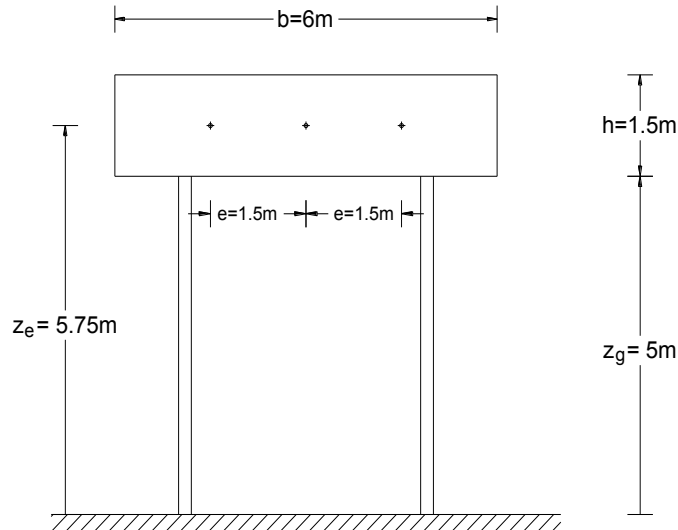
Πινακίδα σήμανσης

Δίδεται: Πινακίδα σήμανσης, διαστάσεων 6.0*1.5m, σε ύψος $z_g = 5.0\text{m}$ πάνω από την επιφάνεια του εδάφους και απέχει απόσταση μεγαλύτερη από 10km από την θάλασσα.

Τραχύτητα Εδάφους II, περίοδος επαναφοράς 50 έτη.

Ο άνεμος ασκείται κάθετα στο επίπεδο της σελίδας.

Ζητείται: ο υπολογισμός της συνισταμένης δύναμης που ασκείται στην πινακίδα και το σημείο εφαρμογής της.



Σχήμα Π8.1 Όψη πινακίδας σήμανσης

8.1 Θεμελιώδης ταχύτητα του ανέμου, $v_{b,0}$:

η περιοχή θεωρείται ότι απέχει απόσταση μεγαλύτερη από 10km από την θάλασσα, άρα $v_{b,0} = 27 \text{ m/s}$.

8.2 Βασική ταχύτητα ανέμου, v_b :

συντελεστής διευθύνσεως $c_{dir} = 1.0$

εποχικός συντελεστής $c_{season} = 1.0$

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 1 * 1 * 27 = 27 \text{ m/s}$$

8.3 Ύψος αναφοράς:

$$z_e = z_g + h/2 = 5 + 0.75 = 5.75\text{m}$$

8.4 Συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$:

Για κατηγορία εδάφους II έχουμε $z_0 = 0.05\text{m}$ και $z_{min} = 2\text{m}$.

Επειδή $z_{min} = 2\text{m} < z_e = 5.75\text{m} < z_{max} = 200\text{m}$

$$c_r(z_e) = k_r * \ln(z_e/z_0) = 0.19 * \ln(5.75/0.05) = 0.9$$

$$\text{όπου } k_r = 0.19 * (z_0/z_{0,II})^{0.07} = 0.19 * (0.05/0.05)^{0.07} = 0.19$$

8.5 Συντελεστής ανάγλυφου, $c_0(z)$:

Το έδαφος είναι επίπεδο άρα $c_0(z) = 1.0$

8.6 Μέση ταχύτητα ανέμου, v_m :

$$v_m = c_r(z_e) * c_0(z_e) * v_b$$

$$v_m = 0.9 * 1 * 27 = 24.3\text{m/s}$$

EN 1991-1-4

4.2 (1)P* +
ΕΠ 2.3

(4.1)

Σχ.7.21
ΣΗΜ.1

Πίν. 4.1

(4.4)

(4.5)

4.3.1
ΣΗΜ.1* +
ΕΠ 2.8

(4.3)

8.7 Πίεση ταχύτητας αιχμής, $q_p(z)$:

$$q_p(z_e) = [1+7 \cdot I_v(z_e)] \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) / 2 \quad (4.8)$$

$$\text{όπου } I_v(z_e) = k_f / [c_0(z_e) \cdot \ln(z_e/z_0)] = 1 / [1 \cdot \ln(5.75/0.05)] = 0.21 \quad (4.7)$$

$$\text{και } \rho = 1.25 \text{ kg/m}^3 = 0.00125 \text{ Mg/m}^3$$

ΕΠ 2.17

$$\text{Άρα } q_p(z_e) = [1+7 \cdot 0.21] \cdot 0.00125 \cdot 24.3^2 / 2 = 0.91 \text{ kN/m}^2$$

4.5.1

8.8 Συντελεστής δύναμης, c_f

Επειδή η πινακίδα απέχει από το έδαφος $z_g = 5\text{m} > h/4 = 0.375\text{m}$, ο συντελεστής

7.4.3(1)

δύναμης είναι : $c_f = 1.80$

(7.7)

8.9 Συνισταμένη δύναμη, F_w

Σχ.7.21

Η επιφάνεια αναφοράς της πινακίδας είναι $A_{ref} = b \cdot h = 6 \cdot 1.5 = 9\text{m}$

ΣΗΜ.2

Η συνισταμένη δύναμη λοιπόν είναι:

$$F_w = q_p(z_e) \cdot c_f \cdot A_{ref} = 0.91 \cdot 1.80 \cdot 9 = 14.74 \text{ kN}$$

8.10 Κέντρο πίεσης

Το κέντρο πίεσης λαμβάνεται σε απόσταση οριζόντιας εκκεντρότητας e η οποία δίνεται από την εξίσωση:

7.4.3(4)

$$e = 0.25 \cdot b = 0.25 \cdot 6 = 1.5\text{m}$$

Η F_w ασκείται κάθετα στο επίπεδο της σελίδας.

(7.8)

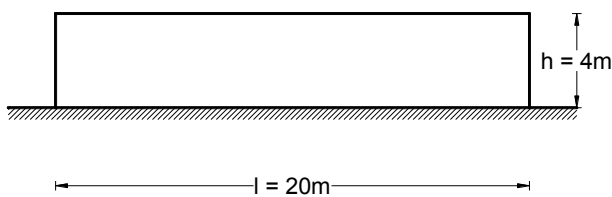
Παράδειγμα 9

Ελεύθερα ιστάμενος τοίχος

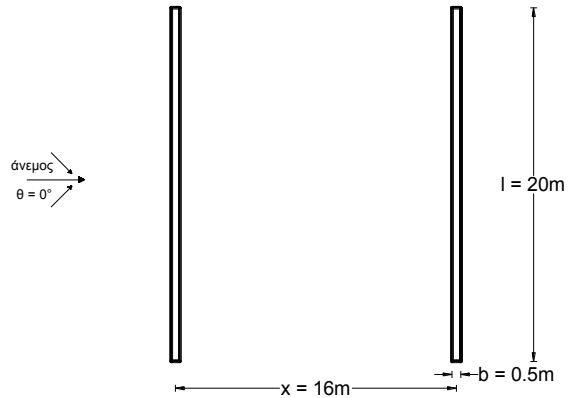
Δίνεται: Ελεύθερα ιστάμενος τοίχος από τοιχοποιία, μήκους $l = 20\text{m}$, ύψους $h = 4\text{m}$, πλάτους $b = 0.5\text{m}$ ο οποίος προστατεύει παρόμοιο τοίχο που βρίσκεται σε απόσταση $x = 16\text{m}$.

Τραχύτητα Εδάφους II, απόσταση από τη θάλασσα μεγαλύτερη από 10 km , περίοδος επαναφοράς 50 έτη

Ζητείται: ο υπολογισμός των πιέσεων που ασκούνται στους δύο τοίχους.



Σχήμα Π9.1 Όψη τοίχου



Σχήμα Π9.2 Κάτοψη τοίχων

9.1 Θεμελιώδης ταχύτητα του ανέμου, $v_{b,0}$:

η περιοχή θεωρείται ότι απέχει απόσταση μεγαλύτερη από 10km από την θάλασσα, άρα $v_{b,0} = 27\text{ m/s}$.

9.2 Βασική ταχύτητα ανέμου, v_b :

συντελεστής διεύθυνσεως $c_{dir} = 1.0$

εποχικός συντελεστής $c_{season} = 1.0$

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 27 = 27\text{ m/s}$$

9.3 Ύψος αναφοράς:

$$z_e = h = 4\text{m}$$

9.4 Συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$:

Για κατηγορία εδάφους II έχουμε $z_0 = 0.05\text{m}$ και $z_{min} = 2\text{m}$.

Επειδή $z_{min} = 2\text{m} < z_e = 4\text{m} < z_{max} = 200\text{m}$

$$c_r(z_e) = k_r \cdot \ln(z_e/z_0) = 0.19 \cdot \ln(4/0.05) = 0.83$$

$$\text{όπου } k_r = 0.19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0.07} = 0.19 \cdot (0.05/0.05)^{0.07} = 0.19$$

9.5 Συντελεστής ανάγλυφου, $c_0(z)$:

Το έδαφος είναι επίπεδο άρα $c_0(z) = 1.0$

9.6 Μέση ταχύτητα ανέμου, v_m :

$$v_m = c_r(z_e) \cdot c_0(z_e) \cdot v_b$$

$$v_m = 0.83 \cdot 1 \cdot 27 = 22.41\text{ m/s}$$

9.7 Πίεση ταχύτητας αιχμής, $q_p(z)$:

$$q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I_v(z_e)] \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) / 2$$

$$\text{όπου } I_v(z_e) = k_v / [c_0(z_e) \cdot \ln(z_e/z_0)] = 1 / [1 \cdot \ln(4/0.05)] = 0.23$$

$$\text{και } \rho = 1.25\text{ kg/m}^3 = 0.00125\text{ Mg/m}^3$$

$$\text{Άρα } q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot 0.23] \cdot 0.00125 \cdot 22.41^2 / 2 = 0.82\text{ kN/m}^2$$

9.8 Συντελεστές τελικής πίεσης, $c_{p,net}$

Και για τους δύο τοίχους είναι $l = 20\text{m} > 4h = 16\text{m}$

Επομένως, χωρίζονται σε ζώνες σύμφωνα με το σχήμα που ακολουθεί:

EN 1991-1-4

4.2 (1)P* +
ΕΠ 2.3

(4.1)

7.4.1(2)

Πίν. 4.1

(4.4)

(4.5)

4.3.1 ΣΗΜ.1*
+ ΕΠ 2.8

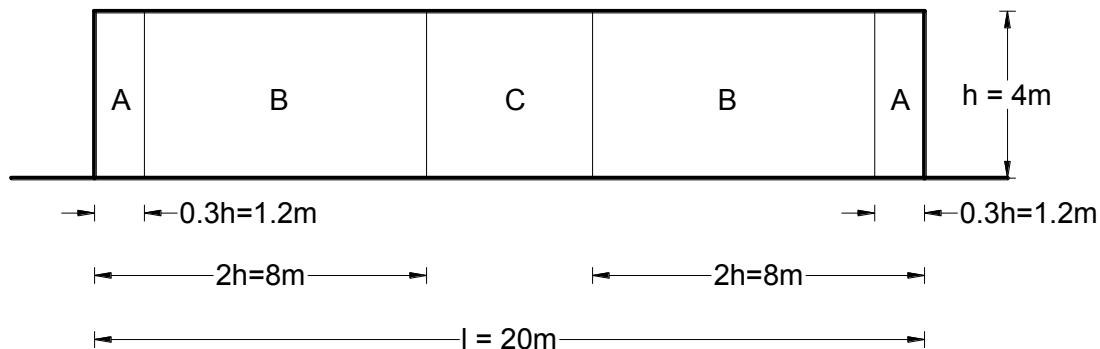
(4.3)

(4.8)

(4.7)

ΕΠ 2.17

4.5.1



Σχ .7.19 (a)

Σχήμα Π9.3 Ζώνες τοίχων (όψη)

Οι συντελεστές τελικής πίεσης για τον ανάντι τοίχο δίνονται για $\phi=1$ και για $l/h=20/4=5$ χωρίς γύρισμα στις γωνίες στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας Π9.1 Συντελεστές τελικής πίεσης $c_{p,net}$ ανάντι τοίχου

Ζώνες	A	B	C
$c_{p,net}$	2.9	1.8	1.4

Πίν 7.9

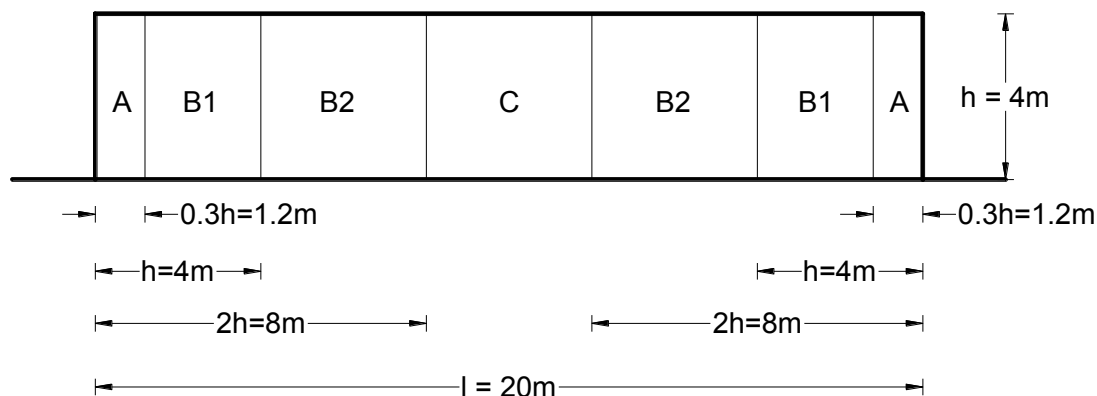
Για τον κατάντι τοίχο είναι: $x/h = 16/4 = 4$ και $\phi=1$

Οπότε ο συντελεστής επισκίασης είναι $\psi_s = 0.3$.

Ο συντελεστής επισκίασης δε θα εφαρμόζεται στις ακραίες ζώνες σε απόσταση $h=4m$ μετρούμενη από το άκρο του τοίχου. Λόγω αυτής της ιδιαιτερότητας χωρίζουμε τον κατάντι τοίχο σε ζώνες ως εξής:

Σχ 7.20

7.4.2(2)



Σχήμα Π9.4 Ζώνες κατάντι-επισκιαζόμενου τοίχου (όψη)

Οι συντελεστές τελικής πίεσης για τον κατάντι τοίχο πλην των άκρων μήκους h δίνονται από τη σχέση: $c_{p,net,s} = \psi_s * c_{p,net}$ και φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

(7.6)

Πίνακας Π9.2 Συντελεστές τελικής πίεσης $c_{p,net}$ κατάντι τοίχου

Ζώνες	A	B1	B2	C
$c_{p,net,s}$	2.9	1.80	0.54	0.42

9.9 Λυγηρότητα, λ , και συντελεστής επίδρασης άκρων, ψ_λ

Από τη λυγηρότητα των τοίχων προκύπτει ο συντελεστής επίδρασης άκρων ο οποίος λαμβάνει υπόψη τη μειωμένη αντίσταση της κατασκευής λόγω της ροής του αέρα γύρω από τα άκρα (επίδραση άκρων).

7.13(1)

ΣΗΜ.

Για $l \geq 50m$ είναι $\lambda = \min(1.4 * l/b, 70) = \min(1.4 * 20/4, 70) = \min(7, 70) = 7$

Για $l < 15m$ είναι $\lambda = \min(2 * l/b, 70) = \min(2 * 20/4, 70) = \min(10, 70) = 10$

Πίν.7.16 No.3

όπου b το ύψος της κατασκευής, εδώ δηλαδή $b = h = 4m$.

Από γραμμική παρεμβολή για $l=20m$ προκύπτει $\lambda = 9.57$.

Για $\lambda=9.57$ και $\phi=1$ λαμβάνεται $\psi_\lambda = 0.69$.

Σχ. 7.36

9.10 Τελικές πιέσεις

Οι σχέσεις από τις οποίες προκύπτουν οι τελικές πιέσεις είναι

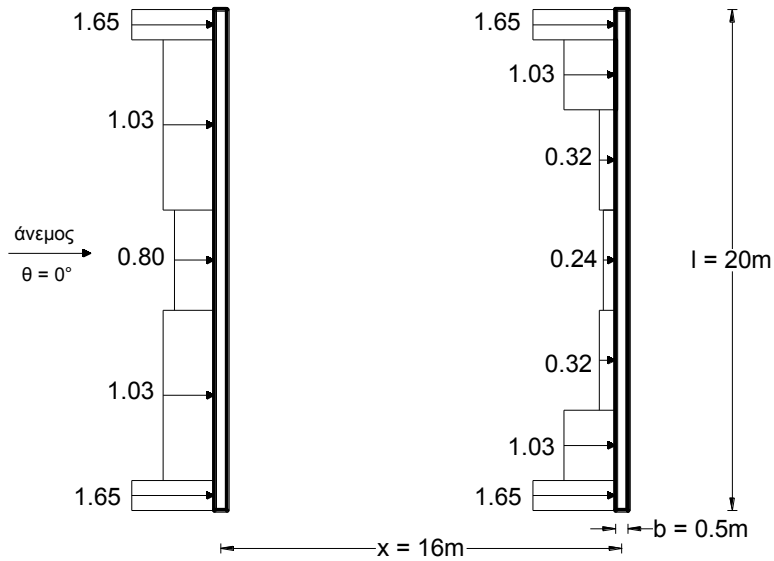
για τον ανάντι τοίχο : $w_{p,net} = \psi_{\lambda} * c_{p,net} * q_p(z_e) = 0.69 * 0.82 * c_{p,net} = 0.57 * c_{p,net}$ και

για τον κατάντι τοίχο : $w_{p,net,s} = \psi_{\lambda} * c_{p,net,s} * q_p(z_e) = 0.57 * c_{p,net,s}$

Πίνακας Π9.3 Τελικές πιέσεις ανάντι και κατάντι τοίχου (σε kPa)

Ζώνες	A	B		C
$w_{p,net}$	1.65	1.03		0.80
Ζώνες	A	B1	B2	C
$w_{p,net,s}$	1.65	1.03	0.32	0.24

Οι τελικές πιέσεις των δύο τοίχων δίνονται στον πίνακα Π9.3 και φαίνονται στο σχήμα Π9.5 .



Σχήμα Π9.5 Τελικές πιέσεις ανάντι και κατάντι τοίχου (σε kPa)

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ

EN 1991-1-5

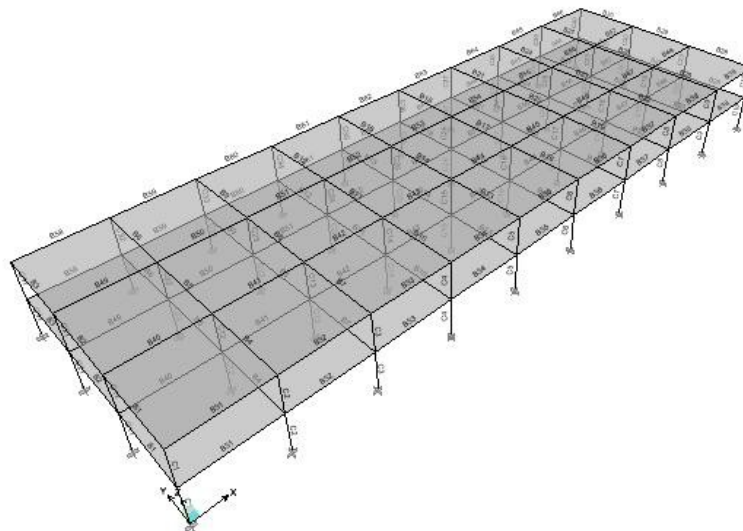
Παράδειγμα 1

Διώροφο κτήριο

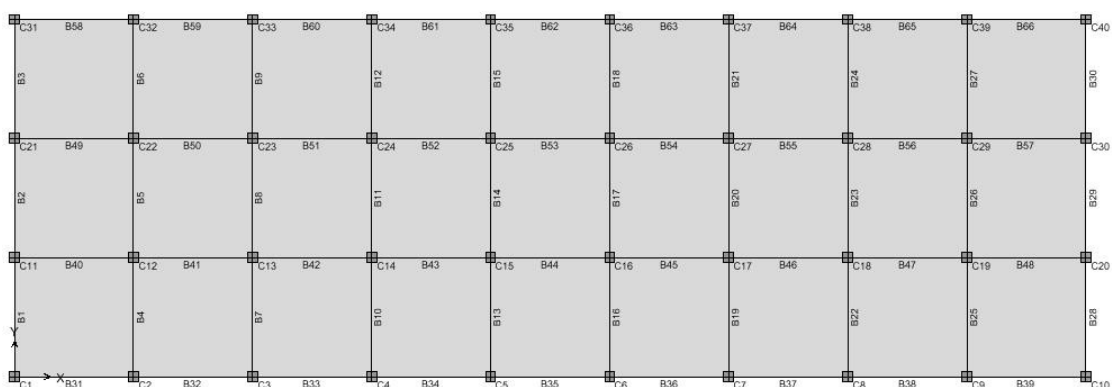
Δίδεται: Διώροφο κτήριο διαστάσεων 54*18m όπως φαίνεται και στο σχήμα Π1.1. Κάθε άνοιγμα κατά x και κατά y είναι 6m. Η κάτω πλευρά της κάτοψης έχει ΝΔ προσανατολισμό. Οι επιφάνειες του κτηρίου είναι ελαφρά χρωματισμένες. Το ύψος των πλακών είναι $h=20\text{cm}$, τα δοκάρια 25/50, τα υποστυλώματα 50/50 και τα τοιχεία 30/200. Επίσης, είναι $g_{\text{επ}} = 1 \text{ kN/m}^2$ και $q = 2 \text{ kN/m}^2$. Η κατασκευή βρίσκεται στο Νομό Θεσσαλονίκης σε υψόμετρο πολύ μικρότερο των 100m.

Ζητείται: ο υπολογισμός των αξονικών δυνάμεων και των ροπών του ΝΔ πλαισίου της κατασκευής λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και του χειμώνα. Να γίνουν τρεις επιλύσεις αναλόγως της θέσης των τοιχείων ως εξής:

- στην πρώτη επίλυση δε θα υπάρχουν καθόλου τοιχεία
- στη δεύτερη τα τοιχεία θα είναι τοποθετημένα στις άκρες των εξωτερικών πλαισίων κατά x (συνολικά 4 τοιχεία)
- και στην τρίτη τα τοιχεία θα είναι τοποθετημένα στο μέσον των εξωτερικών πλαισίων κατά x (συνολικά 4 τοιχεία)



Σχήμα Π1.1 Τρισδιάστατη απεικόνιση κτηρίου
1^η Επίλυση (χωρίς τοιχεία)



Σχήμα Π1.2 Κάτοψη κτηρίου

Για το Νομό Θεσσαλονίκης η μέγιστη και η ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος υπό σκιά είναι $T_{max} = 45^{\circ}\text{C}$ και $T_{min} = -20^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα.

Η αρχική θερμοκρασία (θερμοκρασία κατασκευής) του κτηρίου θεωρείται $T_0 = 10^{\circ}\text{C}$.

Για περίοδο καλοκαιριού:

Για ελαφρά χρωματισμένες επιφάνειες είναι $T_4 = 30^{\circ}\text{C}$ για ΝΔ προσανατολισμό $T_4 = 2^{\circ}\text{C}$ για ΒΑ προσανατολισμό και $T_4 = 16^{\circ}\text{C}$ για ΒΔ ή ΝΑ προσανατολισμό (προκύπτει από γραμμική παρεμβολή μεταξύ των άλλων δύο τιμών) όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.

Η εσωτερική θερμοκρασία είναι $T_{in} = 20^{\circ}\text{C}$.

Η εξωτερική δίνεται από τη σχέση $T_{out} = T_{max} + T_4$ για τα εξωτερικά στοιχεία (εξωτερικά πλαίσια (1), (2), (3) και (4) που παρουσιάζονται στο σχήμα Π1.3) ενώ για τα εσωτερικά στοιχεία ισχύει $T_{out} = T_{in} = 20^{\circ}\text{C}$.

Η μέση θερμοκρασία κάθε στοιχείου προκύπτει από τον τύπο $T = (T_{in} + T_{out})/2$ και η συνιστώσα ομοιόμορφης θερμοκρασίας από τη σχέση $\Delta T_u = T - T_0$.

Για τα στοιχεία της στέγης ισχύει ό,τι ισχύει για το ΝΔ πλαίσιο (1).

Σε περίπτωση που το ΔT_u ενός στοιχείου μπορεί να πάρει δύο τιμές (π.χ. γωνιακά υποστυλώματα), τότε λαμβάνεται η μεγαλύτερη τιμή.

Το ΔT_u για κάθε στοιχείο δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας Π1.1 ΔT_u στοιχείων για περίοδο καλοκαιριού (σε $^{\circ}\text{C}$)

		T_{max}	T_4	T_{out}	T_{in}	T	T_0	ΔT_u
Εξωτερικά στοιχεία	πλαίσιο 1 (ΝΔ)	45	30	75	20	47.5	10	37.5
	πλαίσιο 2 (ΝΑ)	45	16	61	20	40.5	10	30.5
	πλαίσιο 3 (ΒΔ)	45	16	61	20	40.5	10	30.5
	πλαίσιο 4 (ΒΑ)	45	2	47	20	33.5	10	23.5
Εσωτερικά στοιχεία		45	-	20	20	20	10	10

Για περίοδο χειμώνα:

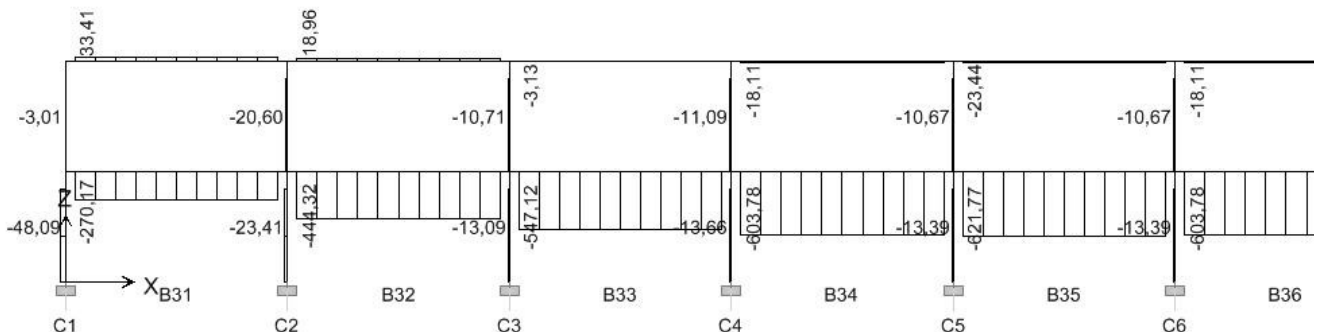
Για όλα τα στοιχεία είναι $T_{in} = 25^{\circ}\text{C}$ και $T_{out} = T_{min} = -20^{\circ}\text{C}$.

Άρα $T = (T_{in} + T_{out})/2 = (25 - 20)/2 = 2.5^{\circ}\text{C}$

και $\Delta T_u = T - T_0 = 2.5 - 10 = -7.5^{\circ}\text{C}$.

Ακολουθούν διαγράμματα αξονικών δυνάμεων, ροπών και τεμνουσών δυνάμεων του πλαισίου 1 (ΝΔ) για την ΔT_u και για το συνδυασμό $S_{d1} = 1.35(g+g_{επ}) + 1.50q$.

Λόγω συμμετρίας αλλά και για λόγους ευκρίνειας παρουσιάζονται τα εντατικά μεγέθη του μισού σχεδόν πλαισίου. Οι επιλύσεις έχουν γίνει με το πρόγραμμα Etabs.



Σχ. Π1.3 Αξονική Δύναμη για ΔT_u το καλοκαίρι

Ε.Π. 2.21

Πίν. 5.2

Πίν. 5.1

Πίν. 5.2

5.3(1) ΣΗΜ.2

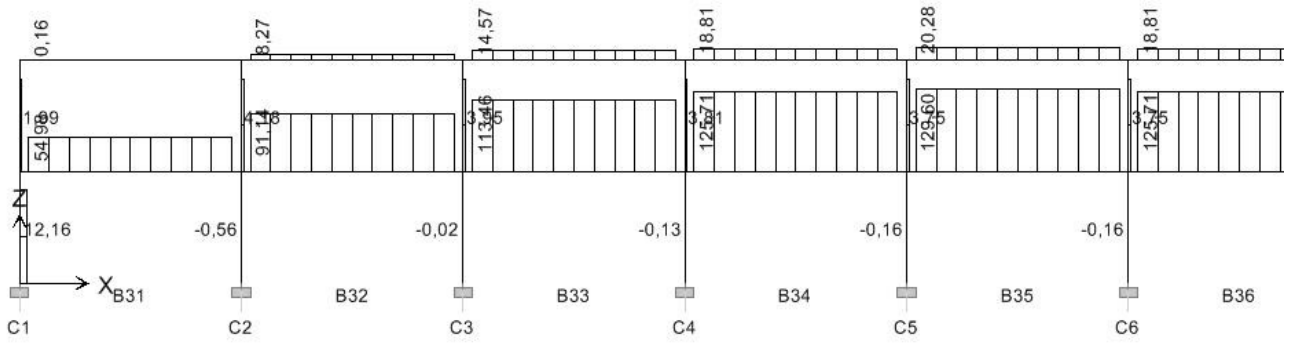
(5.1)

5.3(2) ΣΗΜ.

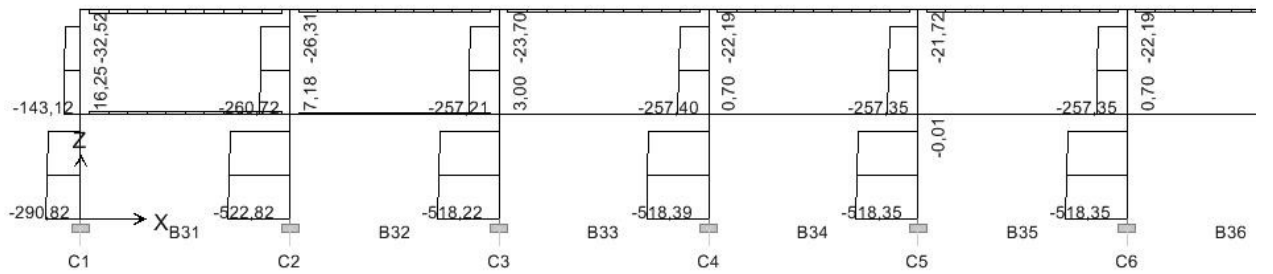
Πίν. 5.1

5.3(1) ΣΗΜ.2

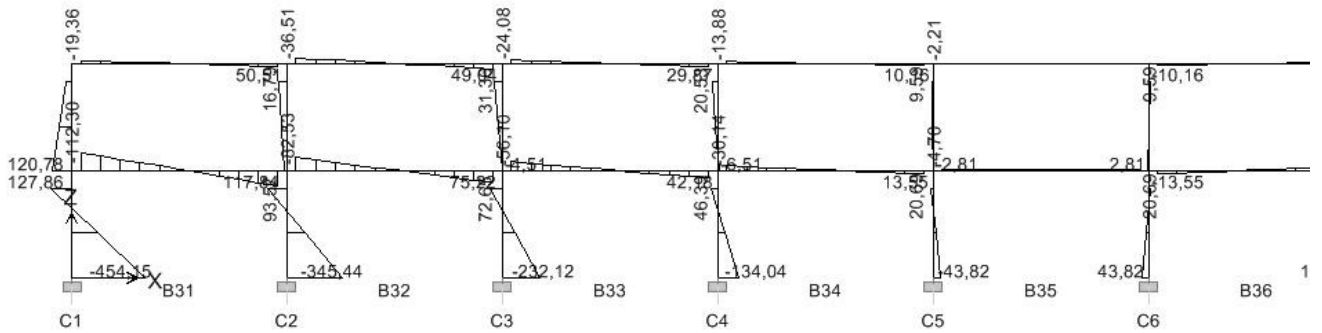
(5.1)



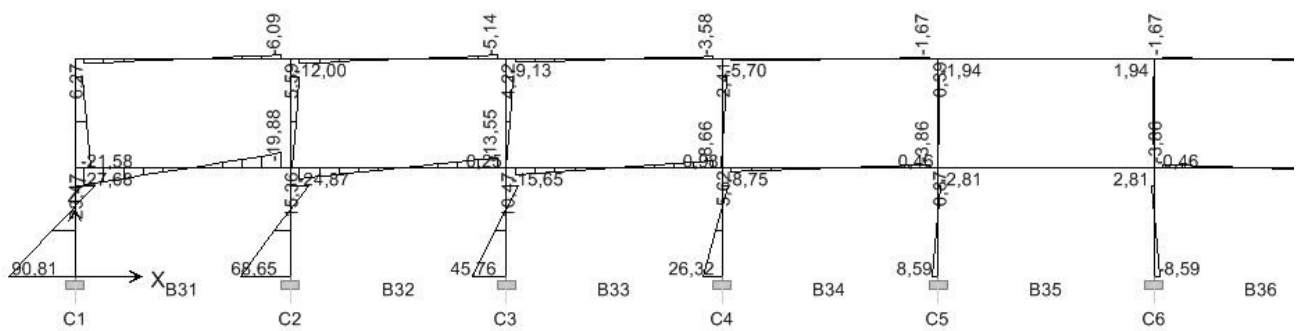
Σχ. Π1.4 Αξονική Δύναμη για ΔT_u το χειμώνα



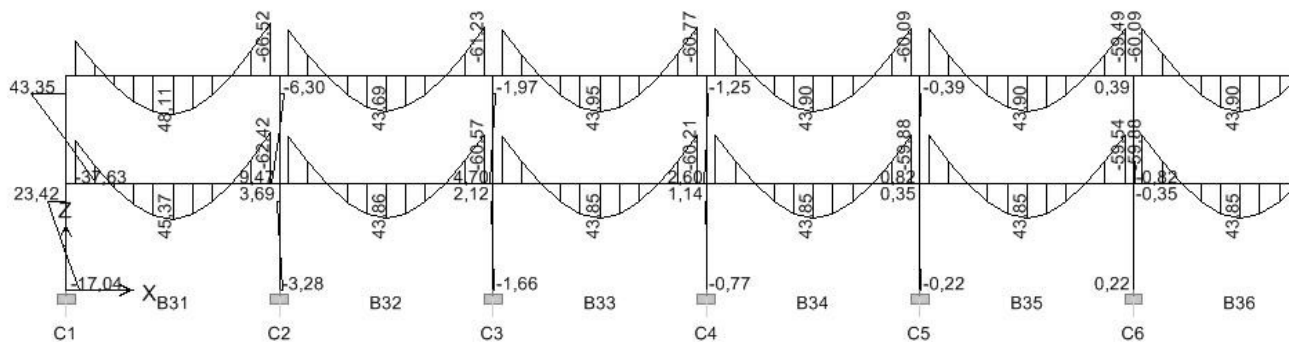
Σχ. Π1.5 Αξονική Δύναμη για Sd1



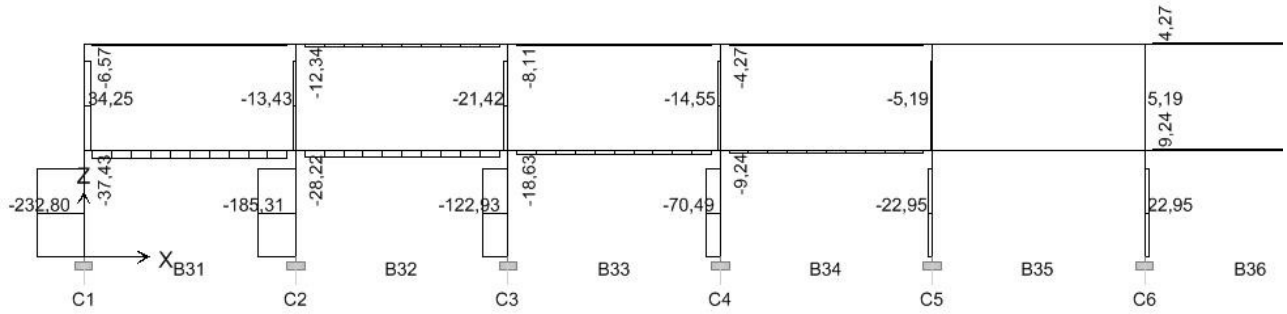
Σχ. Π1.6 Ροπή για ΔT_u το καλοκαίρι



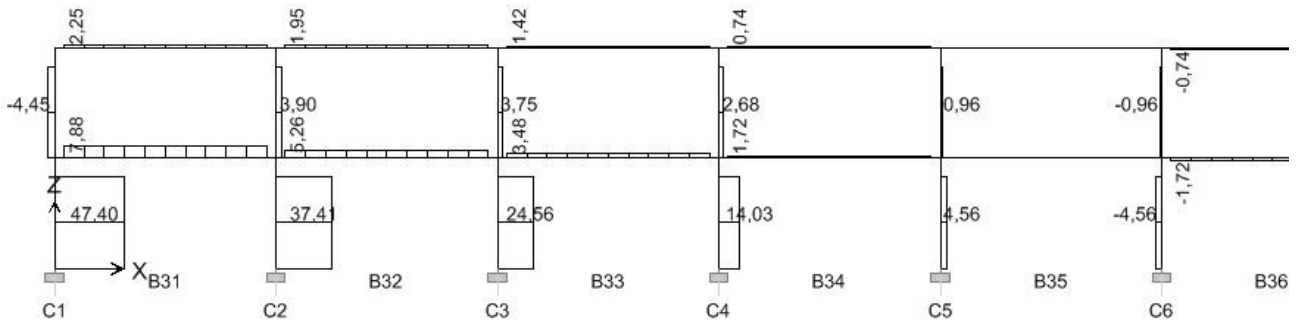
Σχ. Π1.7 Ροπή για ΔT_u το χειμώνα



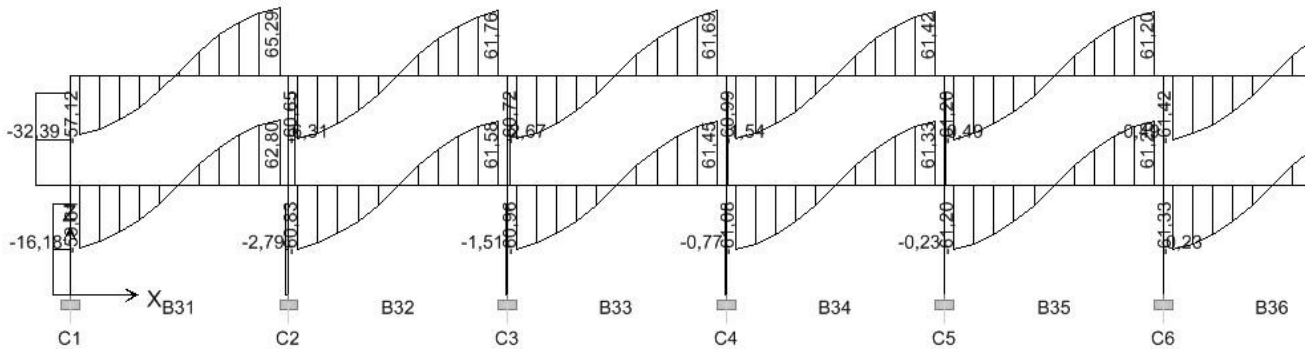
Σχ. Π1.8 Ροπή για Sd1



Σχ. Π1.9 Τέμνουσα δύναμη για ΔT_u το καλοκαίρι

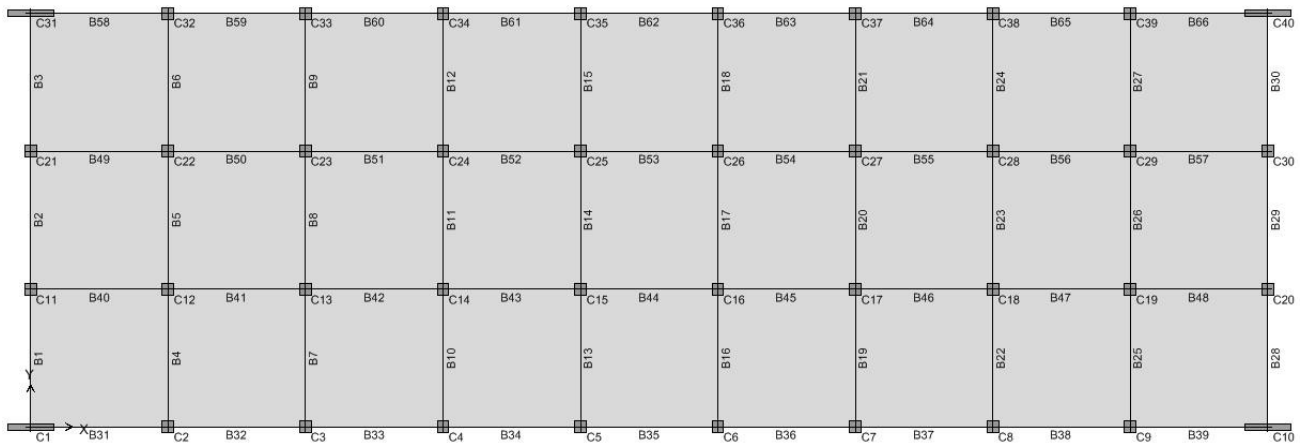


Σχ. Π1.10 Τέμνουσα δύναμη για ΔT_u το χειμώνα



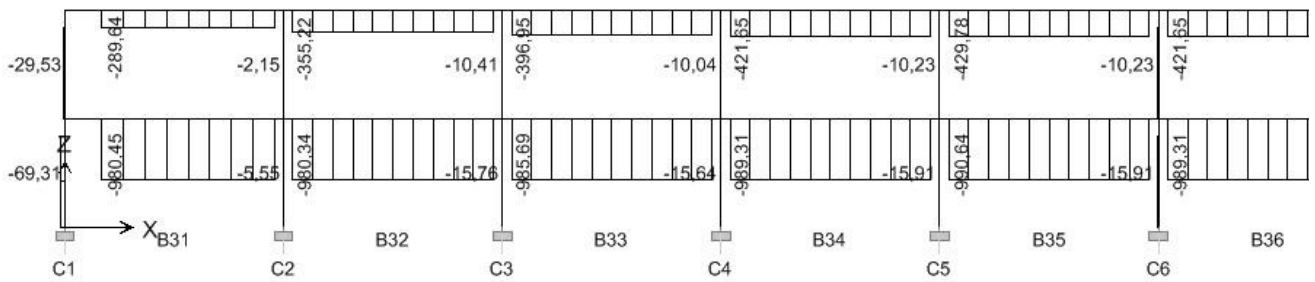
Σχ. Π1.11 Τέμνουσα δύναμη για S_{d1}

2^η Επίλυση (τοιχεία τοποθετημένα στις άκρες των εξωτερικών πλαισίων κατά x)

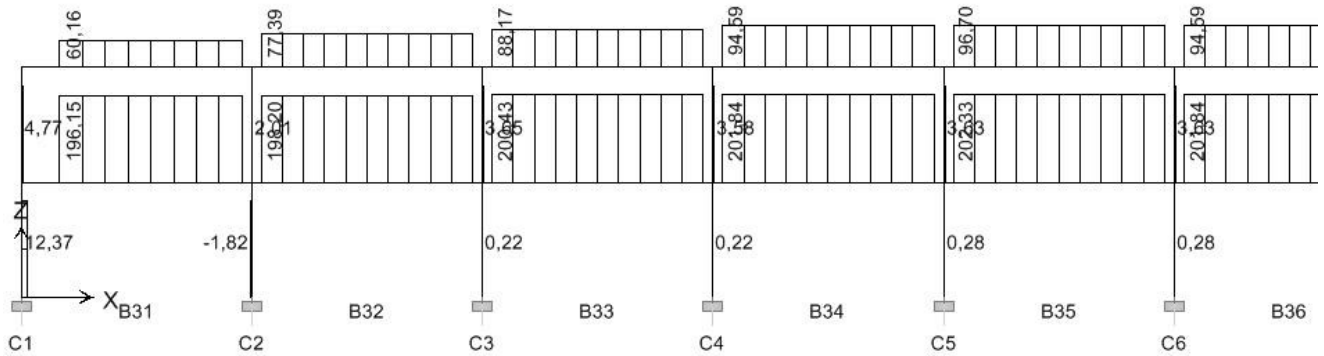


Σχ. Π1.12 Κάτοψη κτηρίου (2^{ης} Επίλυσης)

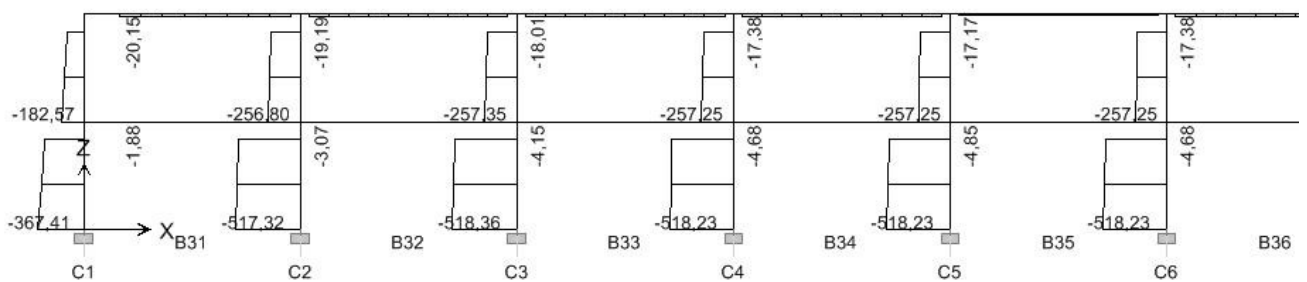
Για τις θερμοκρασίες ισχύει ό,τι ακριβώς ισχύει και στην 1^η Επίλυση.



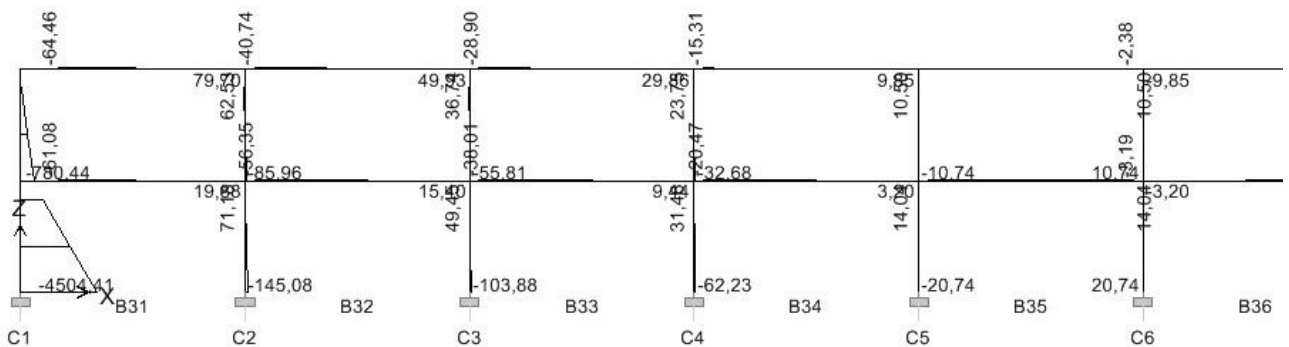
Σχ. Π1.13 Αξονική Δύναμη για ΔT_u το καλοκαίρι



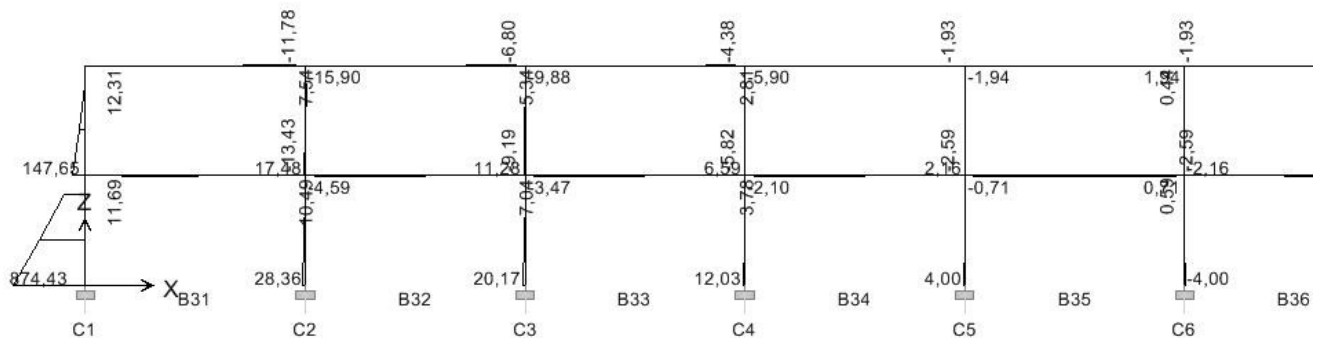
Σχ. Π1.14 Αξονική Δύναμη για ΔT_u το χειμώνα



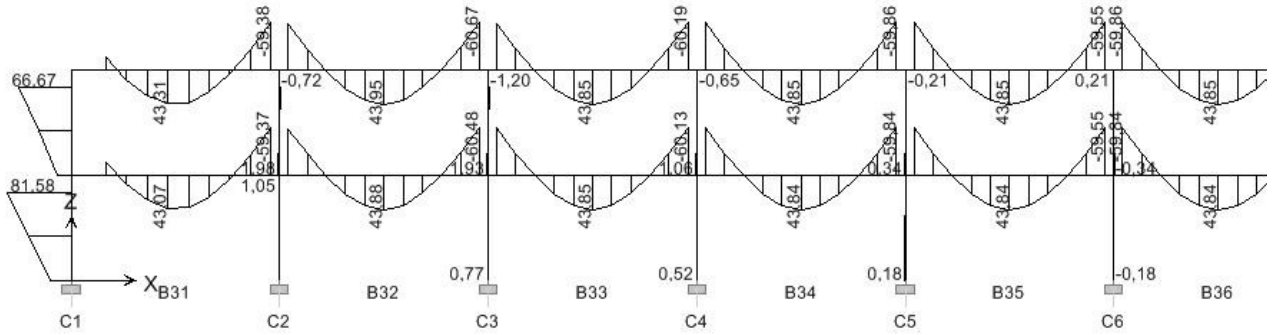
Σχ. Π1.15 Αξονική Δύναμη για $Sd1$



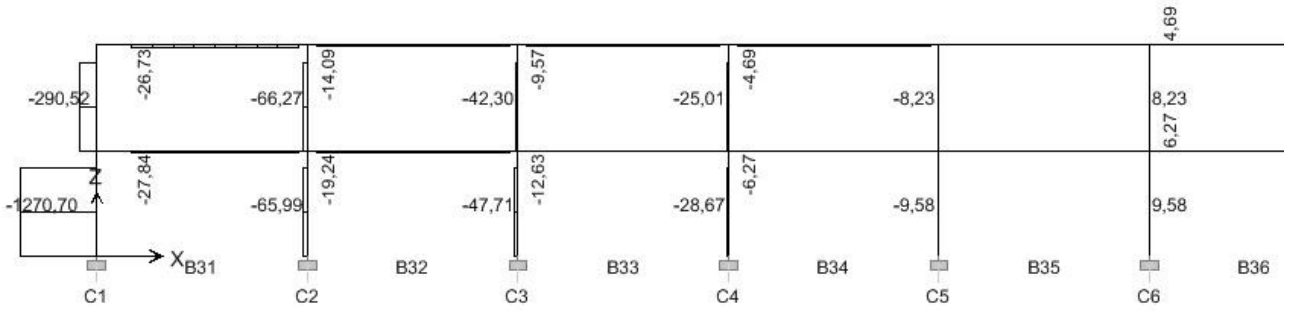
Σχ. Π1.16 Ροπή για ΔT_u το καλοκαίρι



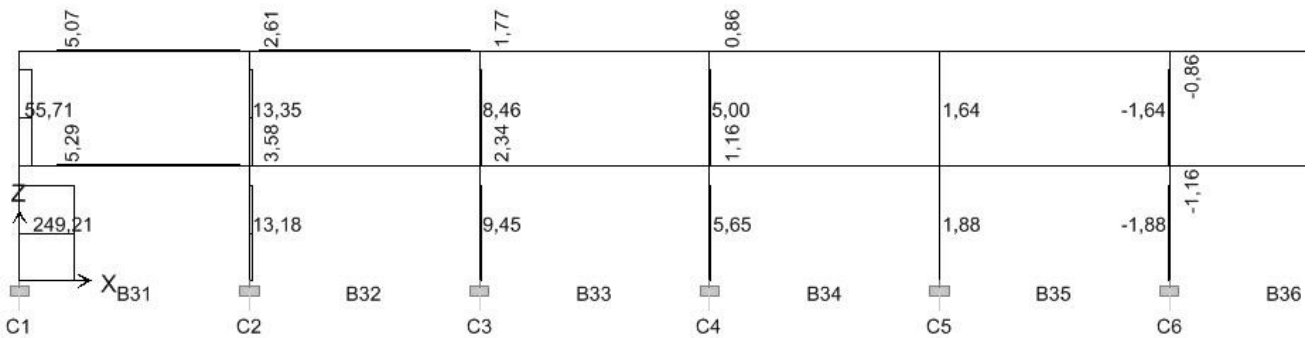
Σχ. Π1.17 Ροπή για ΔT_u το χειμώνα



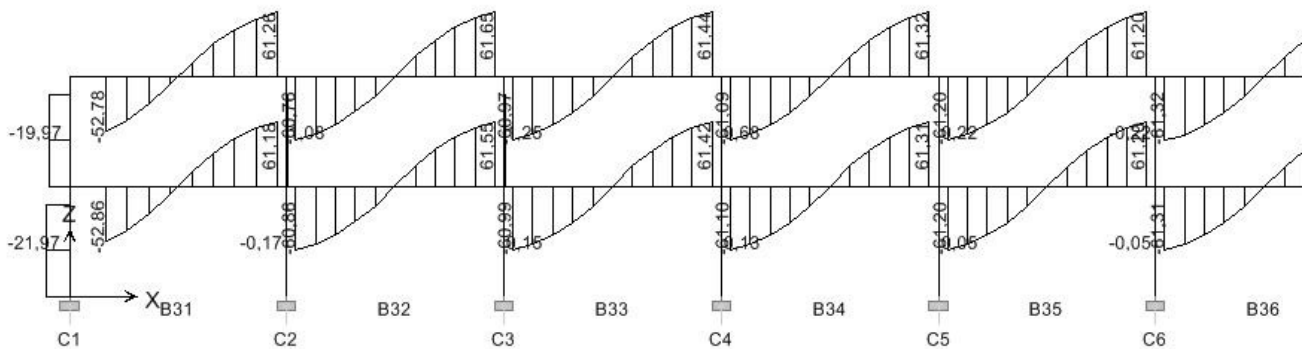
Σχ. Π1.18 Ροπή για Sd1



Σχ. Π1.19 Τέμνουσα δύναμη για ΔT_u το καλοκαίρι

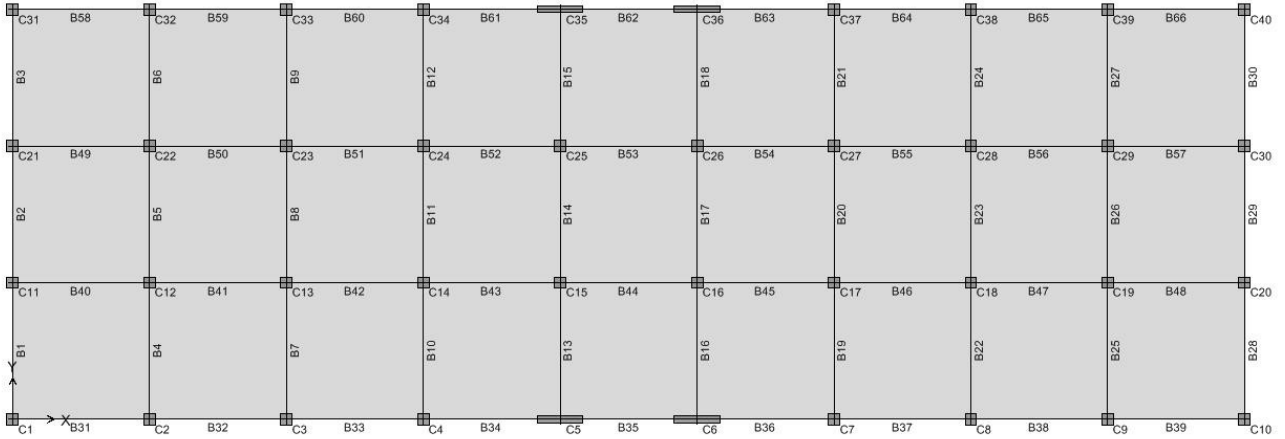


Σχ. Π1.20 Τέμνουσα δύναμη για ΔT_u το χειμώνα



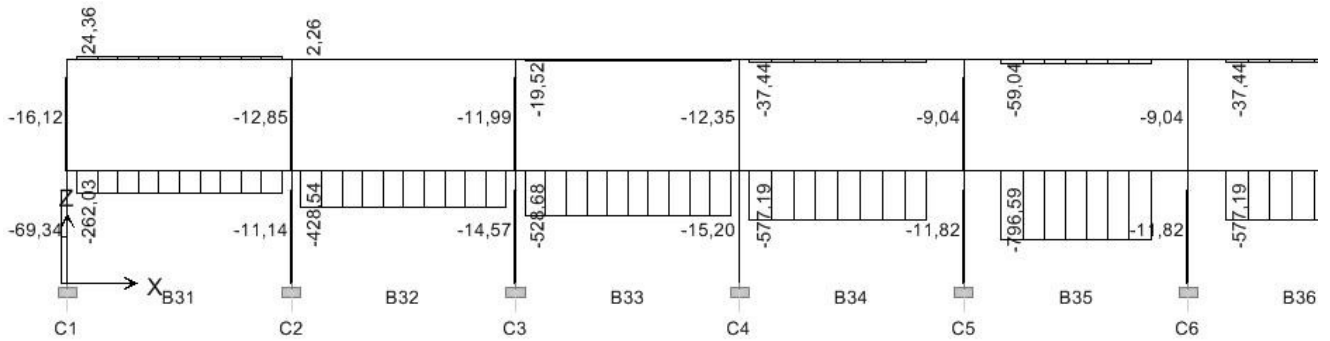
Σχ. Π1.21 Τέμνουσα δύναμη για Sd1

3^η Επίλυση (τοιχεία τοποθετημένα στο μέσον των εξωτερικών πλαισίων κατά χ)

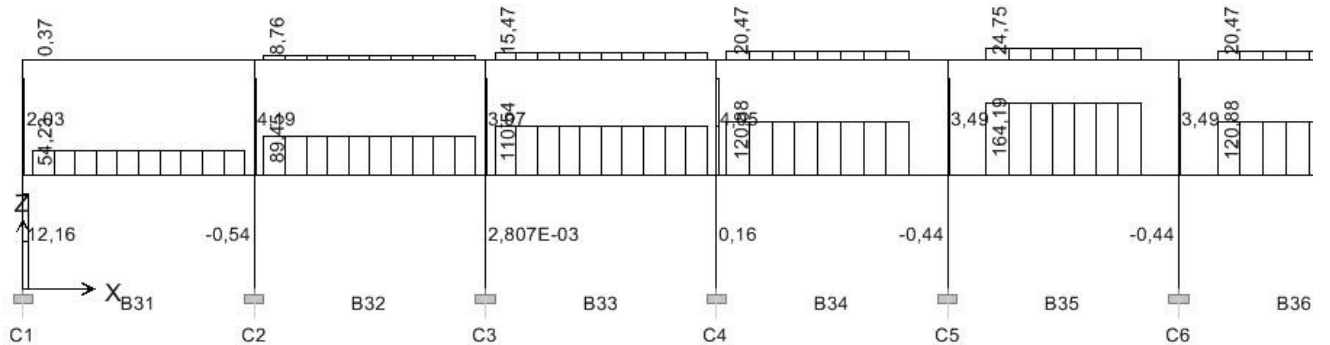


Σχ. Π1.22 Κάτοψη κτηρίου (3^{ης} Επίλυσης)

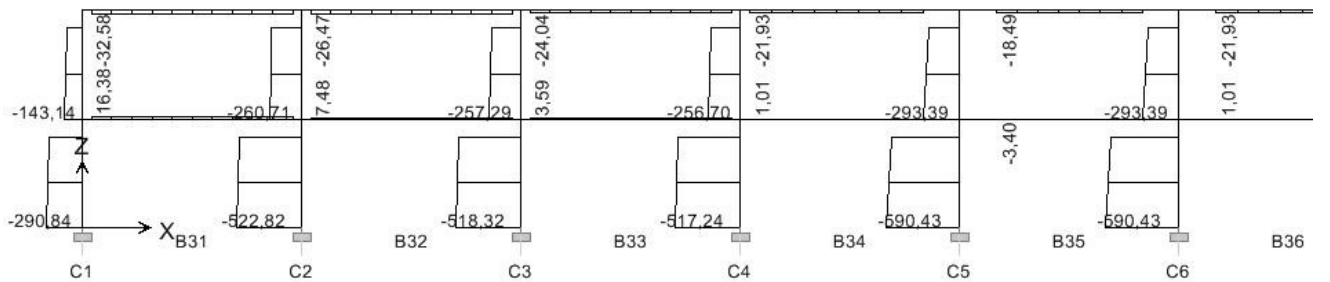
Για τις θερμοκρασίες ισχύει ό,τι ακριβώς ισχύει και στην 1^η Επίλυση.



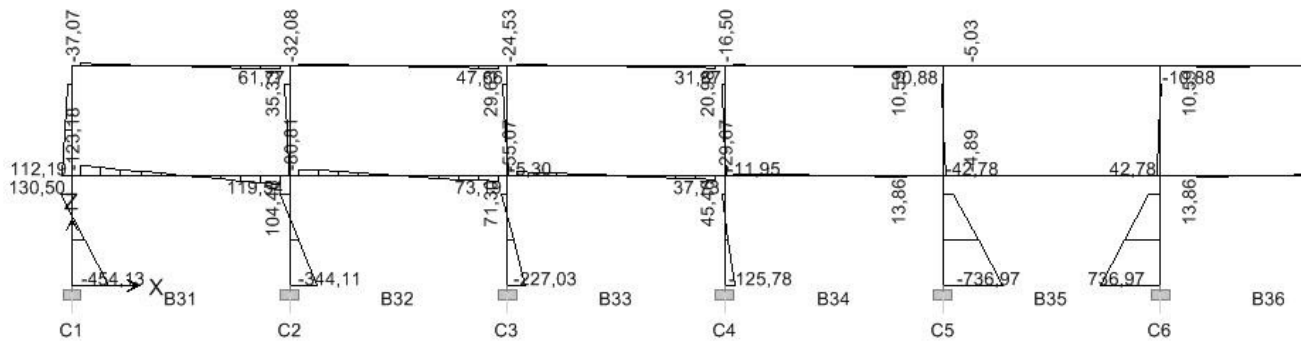
Σχ. Π1.23 Αξονική Δύναμη για ΔT_u το καλοκαίρι



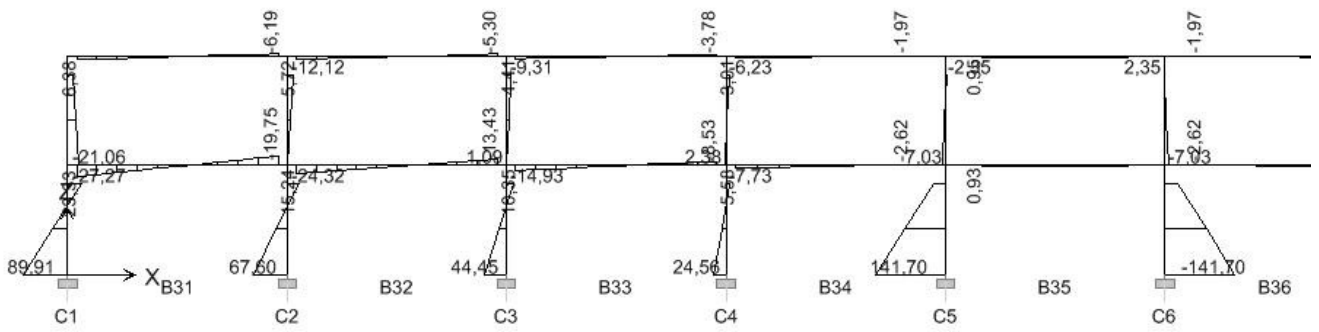
Σχ. Π1.24 Αξονική Δύναμη για ΔT_u το χειμώνα



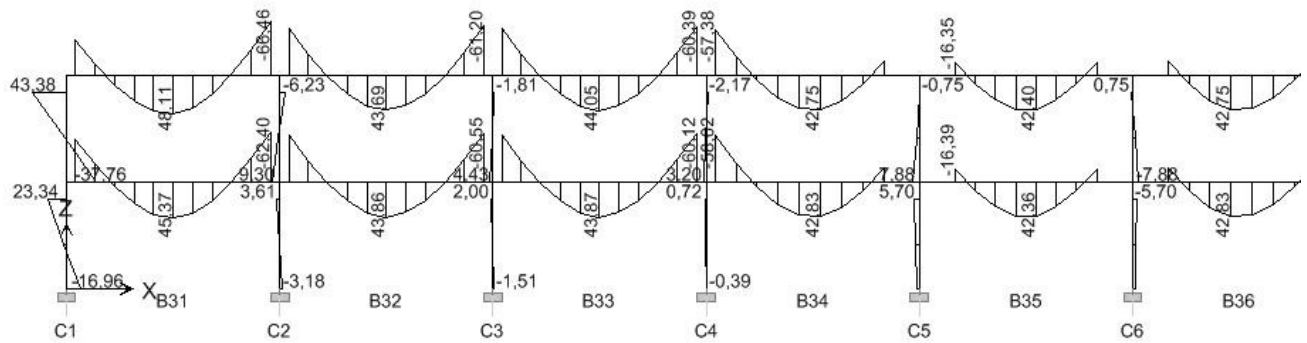
Σχ. Π1.25 Αξονική Δύναμη για Sd1



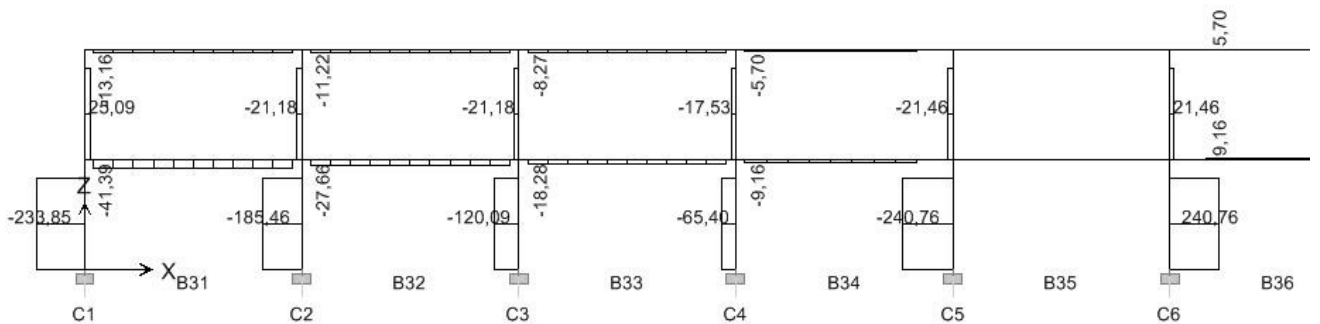
Σχ. Π1.26 Ροπή για ΔT_u το καλοκαίρι



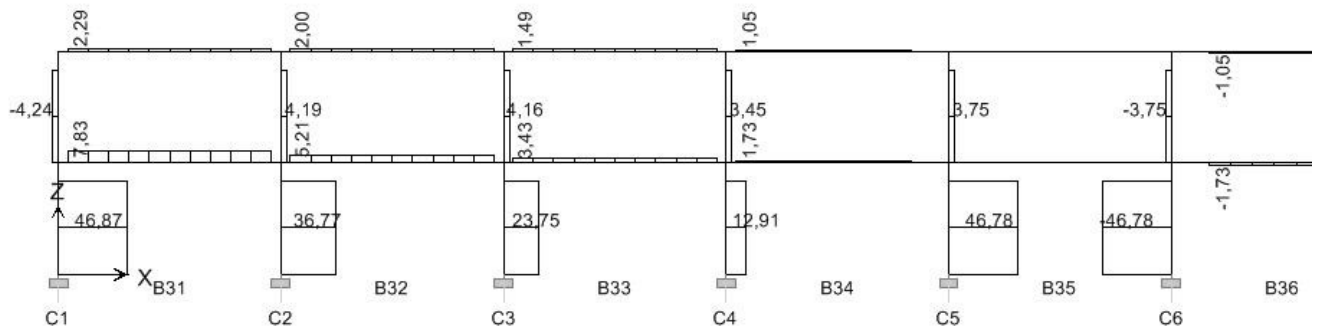
Σχ. Π1.27 Ροπή για ΔT_u το χειμώνα



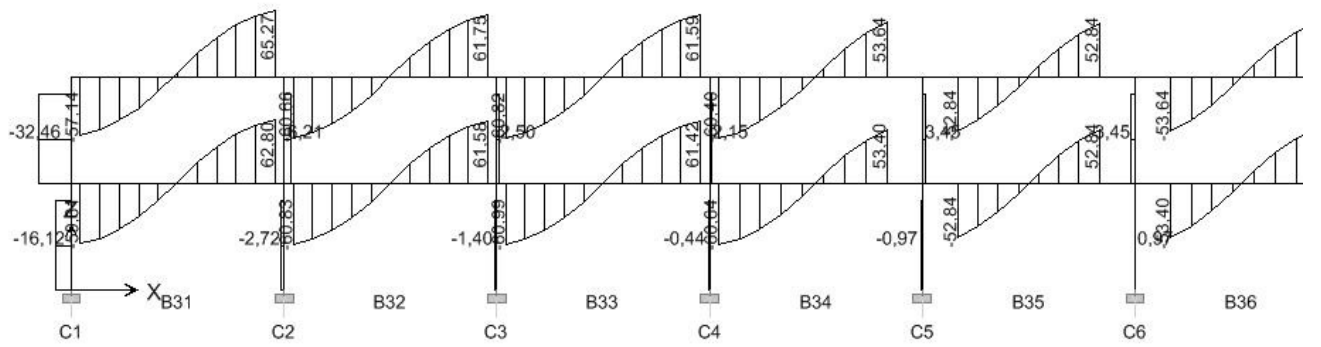
Σχ. Π1.28 Ροπή για S_{d1}



Σχ. Π1.29 Τέμνουσα δύναμη για ΔT_u το καλοκαίρι



Σχ. Π1.30 Τέμνουσα δύναμη για ΔT_u το χειμώνα



Σχ. Π1.30 Τέμνουσα δύναμη για Sd1

ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

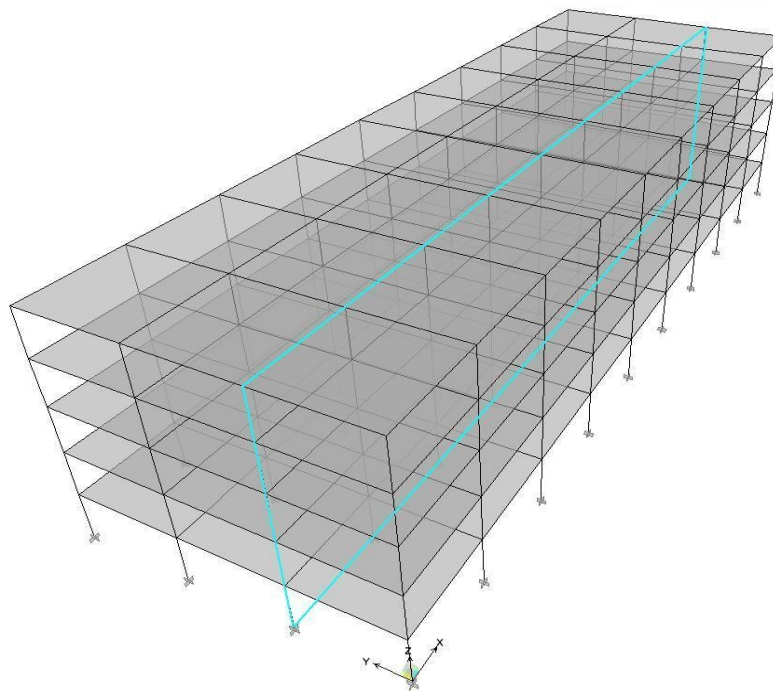
EN 1990 , EN 1991

Παράδειγμα 1

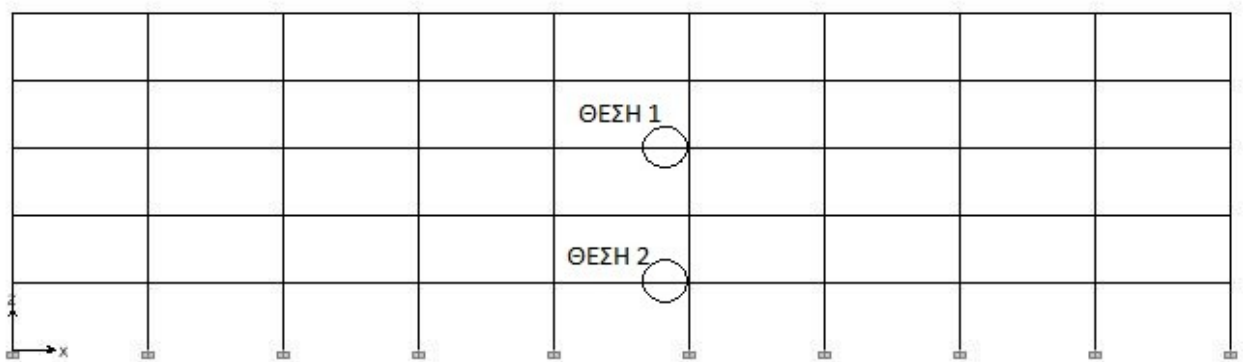
Πενταώροφο κτήριο

Δίδεται: Πενταώροφο κτήριο κατοικιών διαστάσεων $54 \times 18\text{m}$ όπως φαίνεται και στο σχήμα Π1.1. Κάθε άνοιγμα κατά x και κατά y είναι 6m . Το ύψος των πλακών είναι $h=20\text{cm}$, τα δοκάρια $25/50$, τα υποστυλώματα $50/50$. Επίσης, είναι $g_{\text{επ}} = 1 \text{ kN/m}^2$ και $q = 2 \text{ kN/m}^2$. Η κατασκευή βρίσκεται στο Νομό Θεσσαλονίκης σε υψόμετρο πολύ μικρότερο των 100m , 50km μακριά από τη θάλασσα.

Ζητείται: ο υπολογισμός της μέγιστης (κατ' απόλυτη τιμή) ροπής στη ΘΕΣΗ 1 (τρίτος όροφος) και στη ΘΕΣΗ 2 (πρώτος όροφος) του πλαισίου κατά x όπως φαίνεται στα σχήματα Π1.1 και Π1.2 στην οριακή κατάσταση αστοχίας (STR) για κατάσταση σχεδιασμού με διάρκεια. Να γίνουν όλοι οι απαραίτητοι συνδυασμοί δράσεων .



Σχήμα Π1.1 Τρισδιάστατη απεικόνιση κτηρίου



Σχήμα Π1.2 Εξεταζόμενες θέσεις 2^{ου} πλαισίου κατά x .

Για να ληφθεί υπόψη η δυσμενής/ευμενής επιρροή των φορτίων στα εντατικά μεγέθη που εξετάζονται, γίνεται η παραδοχή ότι τα ομοιόμορφα καταναμημένα φορτία των πλακών μεταφέρονται στα δοκάρια από τις ζώνες επιρροής (παραδοχή 45° για όλους τους τύπους στηρίξεως των πλακών στα δοκάρια).

Δράσεις Ανέμου (W)

EN 1991-1-4

W.1 Θεμελιώδης ταχύτητα του ανέμου, $v_{b,0}$

ΕΠ 2.3

Η περιοχή απέχει 50km > 10km από τη θάλασσα, άρα $v_{b,0} = 27\text{m/s}$

W.2 Βασική ταχύτητα ανέμου, v_b

συντελεστής διεύθυνσεως $c_{dir} = 1.0$

εποχικός συντελεστής $c_{season} = 1.0$

$$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0} = 1 * 1 * 27 = 27\text{m/s}$$

(4.1)

W.3 Ύψη αναφοράς:

- Για τους εξωτερικούς τοίχους:

$$b=54.0\text{m και } h = 15.0\text{m}$$

Είναι $h < b$ άρα διακρίνουμε ένα τμήμα: $z_e = h = 15.0\text{m}$

- Για την στέγη: $z_e = h = 8.25\text{m}$

7.2.2(1) +
Σχ. 7.4

7.2.3(3) +
Σχ. 7.6

W.4 Συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$:

Για κατηγορία εδάφους II έχουμε $z_0 = 0.05\text{m}$ και $z_{min} = 2\text{m}$.

Πίν. 4.1

Επειδή $z_{min} = 2\text{m} < z_e = 15.0\text{m} < z_{max} = 200\text{m}$

$$c_r(z_e) = k_r * \ln(z_e/z_0) = 0.19 * \ln(15/0.05) = 1.08$$

(4.4)

$$\text{όπου } k_r = 0.19 * (z_0/z_{0,II})^{0.07} = 0.19 * (0.05/0.05)^{0.07} = 0.19$$

(4.5)

W.5 Συντελεστής ανάγλυφου, $c_0(z)$:

Το έδαφος είναι επίπεδο άρα $c_0(z) = 1.0$

ΕΠ 2.8

W.6 Μέση ταχύτητα ανέμου, v_m :

$$v_m = c_r(z_e) * c_0(z_e) * v_b = 1.08 * 1 * 27 = 29.16\text{m/s}$$

(4.3)

W.7 Πίεση ταχύτητας αιχμής, $q_p(z)$:

$$q_p(z_e) = [1 + 7 * I_v(z_e)] * \rho * v_m^2(z_e) / 2$$

(4.8)

$$\text{όπου } I_v(z_e) = k_r / [c_0(z_e) * \ln(z_e/z_0)] = 1 / [1 * \ln(15/0.05)] = 0.175$$

(4.7) +

$$\text{και } \rho = 1.25 \text{ kg/m}^3 = 0.00125 \text{ Mg/m}^3$$

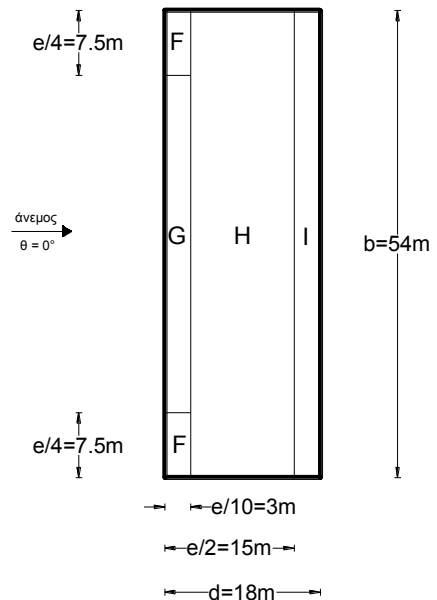
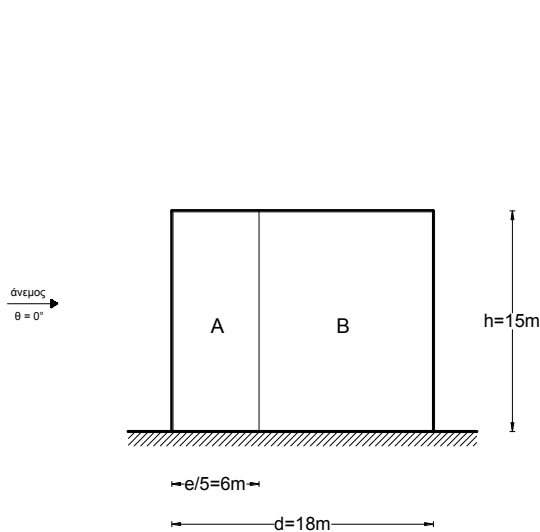
ΕΠ 2.17

$$\text{Άρα } q_p(z_e) = [1 + 7 * 0.175] * 0.00125 * 29.16^2 / 2 = 1.18 \text{ kN/m}^2$$

W.8 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης, c_{pe} , και εξωτερικές πιέσεις, w_e :

Σχ. 7.5

Για $e = \min(b, 2h) = \min(54, 2 * 15) = \min(54, 30) = 30\text{m} > d = 18\text{m}$ οι κατακόρυφοι τοίχοι που είναι παράλληλοι στη διεύθυνση του ανέμου χωρίζονται σε ζώνες όπως στο σχήμα Π1.3 και η στέγη όπως στο σχήμα Π1.4 .



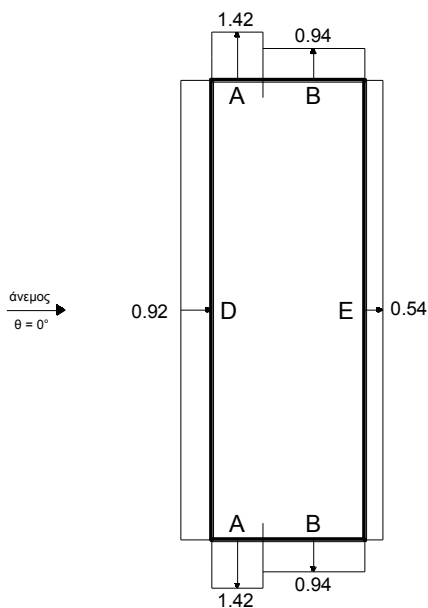
Σχήμα Π1.3 Ζώνες πλαϊνών κατακόρυφων τοίχων

Σχήμα Π1.4 Ζώνες στέγης

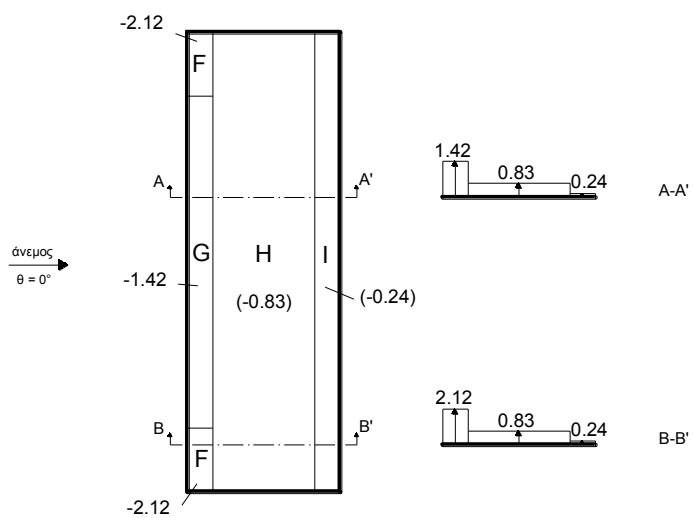
Οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης και οι εξωτερικές πιέσεις δίνονται στο πίνακα Π1.1. Οι εξωτερικές πιέσεις προκύπτουν από τη σχέση $w_e = q_p(z_e) * c_{pe} = 1.18 * c_{pe}$. Οι τιμές των ζωνών D και E λαμβάνονται από γραμμική παρεμβολή για $h/d=15/18=0.833$. Χάρην απλότητας δεν έχουν υπολογιστεί οι εσωτερικές πιέσεις κι έχει ληφθεί υπόψη μόνο η τιμή $c_{pe} = -0.24$ για τη ζώνη I της στέγης.

Πίνακας Π1.1 συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} και οι εξωτερικές πιέσεις w_e (σε kPa) κατακόρυφων τοίχων και στέγης

Ζώνες		A	B	D	E
Τοίχοι	c_{pe}	-1.20	-0.80	+0.78	-0.46
	$q_p(z_e)$	1.18			
	w_e	-1.42	-0.94	+0.92	±0.54
Ζώνες		F	G	H	I
Τοίχοι	c_{pe}	-1.80	-1.20	-0.70	-0.2
	$q_p(z_e)$	1.18			
	w_e	-2.12	-1.42	-0.83	±0.24



(i)



(ii)

Σχήμα Π1.5 Εξωτερικές πιέσεις w_e (i) κατακόρυφων τοίχων και (ii) στέγης (σε kPa)

Δράσεις Χιονιού (S)

EN 1991-1-3

S.1 Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού στη στάθμη της θάλασσας, $s_{k,0}$:

Ο Νομός Θεσσαλονίκης ανήκει στη Ζώνη Β. Οπότε είναι $s_{k,0} = 0.8 \text{ kPa}$

Ε.Π. 2.8

S.2 Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού επί του εδάφους, s_k :

Το υψόμετρο της περιοχής μετριέται με ακρίβεια 100m και στρογγυλεύεται στην επόμενη εκατοντάδα. Επομένως, εδώ θεωρούμε $A=100\text{m}$.

Η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού επί του εδάφους δίνεται από τη σχέση:

$$s_k = s_{k,0} \cdot [1 + (A/917)^2] = 0.8 \cdot [1 + (100/917)^2] = 0.81 \text{ kN/m}^2$$

Ε.Π. 2.8

S.3 Συντελεστές σχήματος

Για οριζόντια στέγη έχουμε $\mu_1 = 0.8$

Σχ. 5.1

S.4 Συντελεστής έκθεσης, C_e :

Επειδή η τοπογραφία της περιοχής είναι κανονική λαμβάνουμε: $C_e = 1$.

Πίν. 5.1

S.5 Συντελεστής θερμότητας, C_t :

$C_t = 1$.

5.2(8)

S.6 Φορτία χιονιού, s :

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0.8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.81 = 0.65 \text{ kN/m}^2$$

5.2(3)P a)

Θερμικές Δράσεις (T)

Ισχύει ό,τι ισχύει και στο παράδειγμα 1 των θερμικών δράσεων, σ.71 για περίοδο καλοκαιριού. Ισχύει δηλαδή ο Πίν.Π1.1 της σ.71, ο οποίος είναι ο εξής:

Πίνακας Π1.2 ΔT_u στοιχείων για περίοδο καλοκαιριού (σε °C)

		T_{max}	T_4	T_{out}	T_{in}	T	T_0	ΔT_u
Εξωτερικά στοιχεία	πλαίσιο 1 (ΝΔ)	45	30	75	20	47.5	10	37.5
	πλαίσιο 2 (ΝΑ)	45	16	61	20	40.5	10	30.5
	πλαίσιο 3 (ΒΔ)	45	16	61	20	40.5	10	30.5
	πλαίσιο 4 (ΒΑ)	45	2	47	20	33.5	10	23.5
Εσωτερικά στοιχεία		45	-	20	20	20	10	10

EN 1990

Συνδυασμοί δράσεων στην οριακή κατάσταση αστοχίας (Ο.Κ.Α)

Για κατάσταση σχεδιασμού με διάρκεια ή παροδική θα γίνει χρήση του συνδυασμού:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10)$$

όπου οι τιμές συνδυασμού ψ δίνονται στον πίνακα Π1.2 και οι επιμέρους συντελεστές των δράσεων στον πίνακα Π1.3:

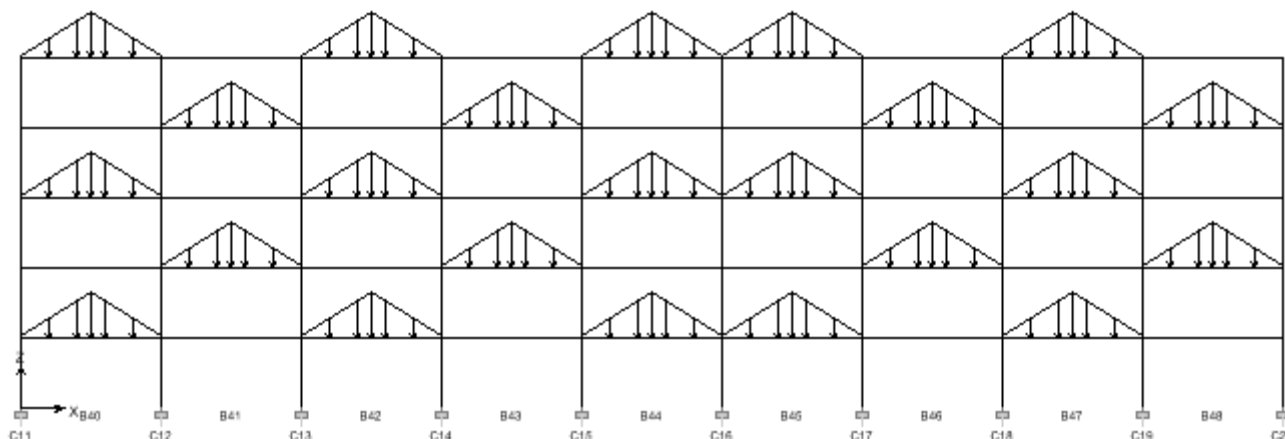
Πίνακας Π1.3 Συντελεστές μεταβλητών δράσεων ψ

Δράσεις	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Επιβαλλόμενα φορτία σε κτήρια (EN 1991-1-1)			
Κατηγορία Α: κατοικίες, συνήθη κτήρια κατοικιών	0.7	0.5	0.3
Κατηγορία Η: στέγες	0	0	0
Φορτία χιονιού επάνω σε κτήρια (EN1991-1-3)			
Υπόλοιπα κράτη του CEN (π.χ. Ελλάδα) για τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο $H \leq 1000\text{m}$	0.5	0.2	0
Φορτία ανέμου σε κτήρια (EN 1991-1-4)	0.6	0.5	0
Θερμοκρασία (μη πυρκαϊάς) σε κτήρια (EN 1991-1-5)	0.6	0.2	0

Πίν. Α1.1

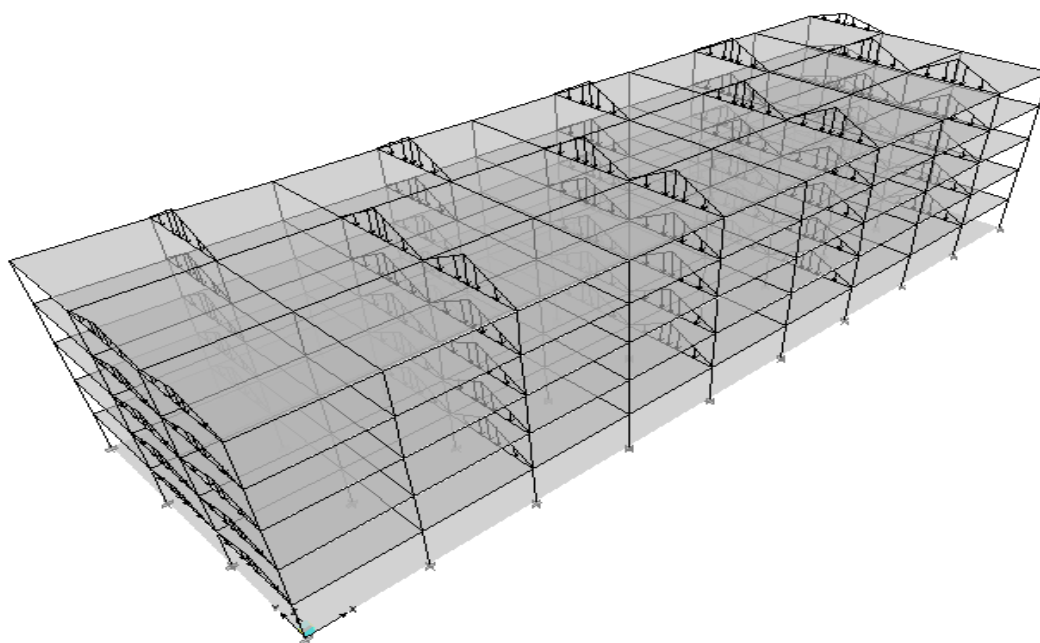
Επίλυση Α : Εντατικά μεγέθη και όπλισμος Θέσης 1 (καλοκαίρι)

Στα πλαίσια κατά x οι μόνιμες και μεταβλητές δράσεις που είναι δυσμενείς έχουν την ακόλουθη μορφή:



Σχήμα Π1.6 Δυσμενής φόρτιση πλαισίων παράλληλων στην εξεταζόμενη δοκό

Στα πλαίσια κατά y οι μόνιμες και μεταβλητές δράσεις που είναι δυσμενείς έχουν την ακόλουθη μορφή, αν και η επιρροή τους είναι πολύ μικρή. (Προσοχή: η συγκεκριμένη δυσμενής φόρτιση ισχύει μόνο για αυτό το φορέα και δεν μπορεί να εφαρμοστεί ως κανόνας και σε άλλους φορείς με διαφορετική γεωμετρία, όπως συμβαίνει με τη μορφή της φόρτισης των πλαισίων κατά x που προηγήθηκε).



Σχήμα Π1.7 Δυσμενής φόρτιση πλαισίων κάθετων στην εξεταζόμενη δοκό

Οι συνδυασμοί δράσεων που εξετάζονται παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας Π1.4 Συνδυασμοί δράσεων

Συνδυασμός	G	Q	Q _{roof}	W	S	T
γ	[1.35/1.00]	[1.50/0.00]	[1.50/0.00]	[1.50/0.00]	[1.50/0.00]	[1.50/0.00]
6.10-1	1	1	1	-	-	-
6.10-2 (Q)	1	1	-	0.6	0.5	0.6
6.10-3 (W)	1	0.7	-	1	0.5	0.6
6.10-4 (S)	1	0.7	-	0.6	1	0.6
6.10-5 (T)	1	0.7	-	0.6	0.5	1

Παρατηρήσεις:

- Το [1.35/1.00] σημαίνει ότι οι τα δυσμενή μόνιμα φορτία πολλαπλασιάζονται με το 1.35 και τα ευμενή με το 1.00 . Αντίστοιχα και με το [1.50/1.00] για τις μεταβλητές δράσεις .
- Οι μεταβλητές δράσεις στην οροφή (Q_{roof}) δεν λαμβάνονται υπόψη όταν υπάρχουν φορτία ανέμου, χιονιού ή θερμοκρασιακές μεταβολές.
- Ο συνδυασμός 6.10-3 (W) έχει κυρίαρχη μεταβλητή δράση τον άνεμο (W). Με ανάλογο τρόπο υποδεικνύονται οι κυρίαρχες μεταβλητές δράσεις και στους υπόλοιπους συνδυασμούς.
- Οι επιλύσεις έχουν γίνει με το πρόγραμμα Etabs.

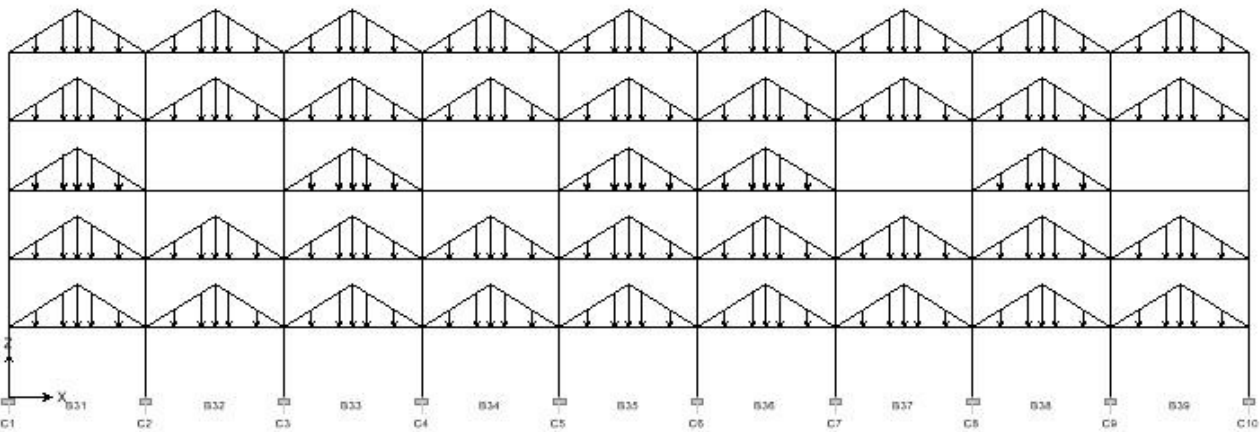
Ακολουθεί πίνακας για τη ροπή και την αξονική δύναμη στη θέση 1 καθώς και ο απαιτούμενος διαμήκης οπλισμός για κάθε συνδυασμό φορτίσεως. Στη θέση 1 (στήριξη) εφελκύνονται οι άνω ίνες κι έτσι η διατομή λύνεται ως ορθογωνική. Οι αξονικές δυνάμεις είναι θετικές για όλους τους συνδυασμούς.

Πίνακας Π1.5 Εντατικά μεγέθη και απαιτούμενος οπλισμός Θέσης 1

Συνδυασμός	M_d (kNm)	N_d (kN)	μ_{sd} (kNm)	ω	A_s (cm ²)
6.10-1	-114.72	3.03	0.169	0.191	6.66
6.10-2 (Q)	-114.33	46.44	0.156	0.173	7.04
6.10-3 (W)	-104.81	59.17	0.138	0.152	6.60
6.10-4 (S)	-104.81	46.79	0.141	0.157	6.49
6.10-5 (T)	-104.82	62.83	0.137	0.139	6.24

Ο EN 1991-1-1 επιτρέπει να υποθεθεί ότι τα επιβαλλόμενα φορτία σε άλλους ορόφους αποτελούν σταθερές δράσεις, ενώ στον όροφο του εξεταζόμενου στοιχείου παραμένουν ελεύθερες ως δράσεις όπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί. Φορτίζουμε λοιπόν τα παράλληλα στη δοκό πλαίσια σύμφωνα με το Σχ. Π1.8. Κάτι αντίστοιχο κάνουμε και με τα κάθετα πλαίσια σύμφωνα και με το Σχ. Π1.7 .

EN 1991-1-1
6.2.1(2)



Σχήμα Π1.8 Νέα δυσμενής φόρτιση πλαισίων παράλληλων στην εξεταζόμενη δοκό

Οι απαιτούμενοι οπλισμοί που προκύπτουν δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας Π1.6 Εντατικά μεγέθη και απαιτούμενος οπλισμός Θέσης 1

Συνδυασμός	M_d (kNm)	N_d (kN)	μ_{sd} (kNm)	ω	A_s (cm ²)
6.10-1	-107.90	4.43	0.159	0.178	6.24
6.10-2 (Q)	-107.54	46.40	0.146	0.162	6.66
6.10-3 (W)	-98.02	59.12	0.128	0.140	6.19
6.10-4 (S)	-98.02	46.74	0.131	0.144	6.04
6.10-5 (T)	-98.03	62.79	0.127	0.139	6.24

Επιπλέον επιτρέπεται η περαιτέρω μείωση των επιβαλλόμενων φορτίων πολλαπλασιάζοντάς τα με το μειωτικό συντελεστή $a_A = \frac{5}{7}\psi_0 + \frac{A_0}{A} \leq 1,0$,

6.2.2(1)

6.3.1.2(10)

(6.1)

όπου ψ_0 είναι ο συντελεστής σύμφωνα με τον πίνακα

$$A_0 = 10.0\text{m}^2$$

$$A = 6 \cdot 6 = 36 \text{ m}^2 \text{ είναι η φορτιζόμενη επιφάνεια}$$

Έτσι λοιπόν έχουμε:

- για τη στέγη : $\alpha_A = 10/36 \approx 0.28$ και
- για τους υπόλοιπους ορόφους : $\alpha_A = 5 \cdot 0.7/7 + 0.28 \approx 0.78$

Εδώ όμως θα γίνει η ευμενής παραδοχή ότι $\alpha_A = 0$ για τη στέγη και 0.5 για τους υπόλοιπους ορόφους ώστε να υπολογιστεί η μέγιστη δυνατή μείωση του οπλισμού.

Τα αποτελέσματα που παίρνουμε από την ανάλυση της κατασκευής είναι:

Πίνακας Π1.7 Εντατικά μεγέθη και απαιτούμενος οπλισμό Θέσης 1

Συνδυασμός	M_d (kNm)	N_d (kN)	μ_{sd} (kNm)	ω	A_s (cm ²)
6.10-1	-97.07	3.54	0.143	0.159	5.57
6.10-2 (Q)	-96.71	45.51	0.130	0.143	5.98
6.10-3 (W)	-87.19	58.24	0.112	0.121	5.51
6.10-4 (S)	-87.20	45.86	0.116	0.126	5.40
6.10-5 (T)	-87.20	61.09	0.111	0.120	5.56

Λόγω των μειώσεων των επιβαλλόμενων φορτίων η μείωση των διαμήκων οπλισμών είναι περίπου 15% , από 7.04 cm² σε 5.98 cm².

Επίλυση Β : Εντατικά μεγέθη και όπλισμος Θέσης 2 (χειμώνας)

Εκτός από τις θερμοκρασιακές μεταβολές που προτείνει ο EN 1991-1-5 έχει ενδιαφέρον να εξετάσουμε και την εξής ακραία περίπτωση. Υποθέτουμε ότι το κτήριο έχει κατασκευαστεί το καλοκαίρι ($T_0 = 30^\circ\text{C}$), ότι η εξωτερική θερμοκρασία είναι $T_{\text{out}} = -20^\circ\text{C}$ και η εσωτερική $T_{\text{in}} = 0^\circ\text{C}$ λόγω έλλειψης θέρμανσης. Οπότε στα στοιχεία του κτηρίου επιβάλλονται θερμοκρασιακές ΔT_u μεταβολές σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας Π1.8 ΔT_u στοιχείων για περίοδο χειμώνα (σε $^\circ\text{C}$)

Χειμώνας	T_{in}	T_{out}	T	T_0	ΔT_u
Εξωτερικά στοιχεία	0	-20	-10	30	-40
Εσωτερικά στοιχεία	0	0	0	30	-30

Στη θέση 2 του πλαισίου του σχήματος Π1.2 οι συνδυασμοί φορτίσεων του πίνακα Π1.4 οι οποίοι λαμβάνουν υπόψη τη δυσμενή/ευμενή επιρροή των δράσεων δίνουν τα ακόλουθα αποτελέσματα.

Πίνακας Π1.9 Εντατικά μεγέθη και απαιτούμενος οπλισμό Θέσης 2

Συνδυασμός	M_d (kNm)	N_d (kN)	μ_{sd}	ω	A_s (cm ²)
6.10-1	-111.30	-2.09	0.166	0.186	6.38
6.10-2 (Q)	-108.02	432.92	0.032	0.033	11.10
6.10-3 (W)	-99.03	441.09	0.016	0.017	10.73
6.10-4 (S)	-98.99	433.92	0.018	0.019	10.64
6.10-5 (T)	-96.82	716.97	-0.069 (!)	-	-

Η αξονική δύναμη της δοκού λόγω της επίδρασης της θερμοκρασίας είναι 471.41kN, γι' αυτό και στους συνδυασμούς που λαμβάνεται υπόψη οι οπλισμοί που προκύπτουν είναι πολύ μεγαλύτεροι (σχεδόν διπλάσιοι !) από εκείνους που οφείλονται στα μόνιμα και επιβαλλόμενα φορτία (6.10-1).

Μάλιστα ο τελευταίος συνδυασμός όπου οι θερμοκρασιακές μεταβολές αποτελούν κυρίαρχη μεταβλητή δράση υποβάλλει τη δοκό σε προέχοντα εφελκυσμό!

Σε αυτή την περίπτωση για :

$$\mu_d = \frac{96.82}{0.25 \times 0.50^2 \frac{20000}{1.5}} = 0.116 \quad \text{και} \quad \nu_d = \frac{716.97}{0.25 \times 0.50 \frac{20000}{1.5}} = 0.430$$

προκύπτει $\omega_{\text{tot}} = 0.72$. Επομένως, ο συνολικός οπλισμός που απαιτείται είναι $A_{s,\text{tot}} = 27.6 \text{ cm}^2$ (13.8 cm² ανά παρειά)!

Για το άνοιγμα της δοκού που εξετάζουμε και για το συνδυασμό 6.10-1 ισχύει: $M_d = 80.87 \text{ kNm}$ και $N_d = -2.09 \text{ kN}$, οπότε έχουμε:

$$\mu_{sd} = \frac{80.87 - (-2.09 \times 0.45)}{0.25 \times 0.45^2 \frac{20000}{1.5}} = 0.121 \quad \rightarrow \quad \omega = 0.063 \quad \rightarrow$$

$$A_s = 0.132 \times 25 \times 45 \frac{20/1.5}{500/1.15} = 4.55 \text{ cm}^2$$

Παρατηρούμε ότι ενώ για το συνδυασμό 6.10-1 χρειάζονται 6.38 cm² στη στήριξη και 4.55 cm² στο άνοιγμα, για το συνδυασμό 6.10-5 στον οποίο κύρια μεταβλητή δράση είναι η θερμοκρασία τοποθετείται συμμετρικός οπλισμός 27.6 cm²!

Τελειώνοντας θα γίνει μια σύγκριση εντατικών μεγεθών της θέσης 2 μεταξύ των φορτίσεων από θερμικές δράσεις που προτείνει ο EN 1991-1-5 και κάποιων παραλλαγών (ακραίων περιπτώσεων) των φορτίσεων αυτών.

Έτσι λοιπόν, για περίοδο καλοκαιριού θεωρούμε τη Φόρτιση 1 που προτείνει ο EN 1991-1-5 (αντιστοιχεί στη φόρτιση του Παραδείγματος 1 των Θερμικών Δράσεων, σ. 163) και μια δυσμενή παραλλαγή αυτής την οποία ονομάζουμε Φόρτιση 2. Τα θερμοκρασιακά μεγέθη των Φορτίσεων 1 και 2 παρουσιάζονται στον

παρακάτω πίνακα. Ουσιαστικά το μέγεθος που διαφοροποιείται είναι η θερμοκρασία κατασκευής T_0 , η οποία από 10°C που επιβάλλει ο Ευρωκώδικας αυξάνεται σε 30°C .

Πίνακας Π1.10 ΔT_u στοιχείων Φορτίσεων 1 και 2 (σε $^{\circ}\text{C}$)

Καλοκαίρι		T_{\max}	T_4	T_{out}	T_{in}	T	Φόρτιση 1		Φόρτιση 2	
							T_0	ΔT_u	T_0	ΔT_u
Εξωτερικά στοιχεία	πλαίσιο 1 (ΝΔ)	45	30	75	20	47.5	10	37.5	30	17.5
	πλαίσιο 2 (ΝΑ)	45	16	61	20	40.5	10	30.5	30	10.5
	πλαίσιο 3 (ΒΔ)	45	16	61	20	40.5	10	30.5	30	10.5
	πλαίσιο 4 (ΒΑ)	45	2	47	20	33.5	10	23.5	30	3.5
Εσωτερικά στοιχεία		45	-	20	20	20	10	10	30	-10

Τα εντατικά μεγέθη που παίρνουμε για τους συνδυασμούς του πίνακα Π1.4 δίνονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας Π1.11 Εντατικά μεγέθη Φορτίσεων 1 και 2

	Συνδυασμός	M_d (kNm)	N_d (kN)	μ_{sd}	ω	A_s (cm ²)
Φόρτιση 1	6.10-1	-111.30	-2.09	0.166	0.186	6.38
	6.10-2 (Q)	-112.39	-127.03	0.204	0.238	5.29
	6.10-3 (W)	-103.41	-118.86	0.188	0.217	4.75
	6.10-4 (S)	-103.37	-126.62	0.191	0.220	4.68
	6.10-5 (T)	-104.12	-216.48	0.218	0.259	3.96
Φόρτιση 2	6.10-1	-111.30	-2.09	0.166	0.186	6.38
	6.10-2 (Q)	-110.24	157.51	0.117	0.127	8.00
	6.10-3 (W)	-101.25	165.68	0.101	0.109	7.57
	6.10-4 (S)	-101.21	158.51	0.103	0.111	7.48
	6.10-5 (T)	-100.52	257.75	0.073	0.077	8.58

Είναι εμφανές ότι αν και οι ροπές παραμένουν στα ίδια επίπεδα, οι αξονικές αλλάζουν πρόσημο και γίνονται εφελκυστικές κάτι που είναι πολύ δυσμενές για τη δοκό.

Για περίοδο χειμώνα θα εξεταστούν τρεις περιπτώσεις. Η Φόρτιση 3 αντιστοιχεί στις τιμές που προτείνει ο Ευρωκώδικας, η Φόρτιση 4 λαμβάνει υπόψη δυσμενέστερη εξωτερική και εσωτερική θερμοκρασία και η Φόρτιση 5 θεωρεί θερμοκρασία κατασκευής $T_0 = 30^{\circ}\text{C}$ (αντιστοιχεί στην επίλυση Β της προηγούμενης σελίδας). Τα θερμοκρασιακά μεγέθη των Φορτίσεων 3 έως 5 φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας Π1.12 ΔT_u στοιχείων Φορτίσεων 3, 4 και 5 (σε $^{\circ}\text{C}$)

Χειμώνας	Φόρτιση	T_{in}	T_{out}	T	T_0	ΔT_u
Εξωτερικά Στοιχεία	3	25	-20	2.5	10	-7.5
	4	0	-20	-10	10	-20
	5	0	-20	-10	30	-40
Εσωτερικά Στοιχεία	3	25	25	25	10	15
	4	0	0	0	10	-10
	5	0	0	0	30	30

Τα εντατικά μεγέθη που παίρνουμε για τους συνδυασμούς του πίνακα Π1.4 και η σύγκρισή τους δίνονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας Π1.13 Εντατικά μεγέθη Φορτίσεων 3, 4 και 5

	Συνδυασμός	M _d (kNm)	N _d (kN)	μ _{sd}	ω	A _s (cm ²)
Φόρτιση 3	6.10-1	-111.30	-2.09	0.166	0.186	6.38
	6.10-2 (Q)	-112.85	-210.45	0.230	0.276	4.68
	6.10-3 (W)	-103.87	-202.28	0.214	0.252	4.04
	6.10-4 (S)	-103.83	-209.44	0.216	0.255	3.98
	6.10-5 (T)	-104.88	-355.51	0.261	0.324	3.00
Φόρτιση 4	6.10-1	-111.30	-2.09	0.166	0.186	6.38
	6.10-2 (Q)	-110.17	148.38	0.119	0.130	7.90
	6.10-3 (W)	-101.19	156.55	0.104	0.112	7.46
	6.10-4 (S)	-101.15	149.38	0.106	0.115	7.40
	6.10-5 (T)	-100.42	242.53	0.077	0.081	8.37
Φόρτιση 5	6.10-1	-111.30	-2.09	0.166	0.186	6.38
	6.10-2 (Q)	-108.02	432.92	0.032	0.033	11.08
	6.10-3 (W)	-99.03	441.09	0.016	0.016	11.70
	6.10-4 (S)	-98.99	433.92	0.018	0.018	10.60
	6.10-5 (T)	-96.82	716.97	-0.069(!)	0.720	27.60

Είναι εμφανές κι εδώ ότι αν και οι ροπές παραμένουν στα επίπεδα, οι αξονικές αλλάζουν πρόσημο και γίνονται εφελκυστικές και μάλιστα πολύ μεγάλες κάτι που είναι πολύ δυσμενές για τη δοκό. Στις φορτίσεις 4 και 5 μάλιστα όπου η δοκός εφελκύεται, ο συνδυασμός με κυρίαρχη μεταβλητή δράση τη θερμοκρασία είναι ο δυσμενέστερος. Να σημειωθεί ότι στη φόρτιση 5 για το συνδυασμό 6.10-5 (T) τοποθετείται διπλός οπλισμός 27.6 cm², 13.8 cm² ανά παρειά (βλ. σ.182).

Είναι προφανές ότι ο ρόλος της θερμοκρασίας μπορεί να αποτελέσει κρίσιμο παράγοντα στη διαστασιολόγηση των στοιχείων μιας κατασκευής. Επιβάλλεται λοιπόν, να λαμβάνονται υπόψη οι δράσεις λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών κυρίως σε μεγάλες κατασκευές καθώς το αντίθετο ίσως μας οδηγήσει σε ανεπιθύμητες καταστάσεις. Συνιστάται μάλιστα να υπολογίζονται τα μεγέθη και για ακραίες θερμικές δράσεις, διαφορετικές από αυτές που προτείνει ο EN 1991-1-5, καθώς μπορούν να ασκηθούν σε στοιχεία της κατασκευής πολύ μεγάλες εφελκυστικές δυνάμεις όπως δείχθηκε προηγουμένως.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] EN 1990 Eurocode – Basis of structural design, CEN, April 2002.
- [2] EN 1991-1-1 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-1: General actions – Densities, self-weight, imposed loads for buildings, CEN, April 2002.
- [3] EN 1991-1-3 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-3: General actions – Snow loads, CEN, July 2003.
- [4] EN 1991-1-4 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-4: General actions – Wind actions, CEN, April 2005.
- [5] EN 1991-1-5 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-5: General actions – Thermal actions, CEN, November 2003.
- [6] EN 1992-1-1 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings, CEN, December 2004.
- [7] H. Gulvanessian, J.-A. Calgaro and M. Holicky, Designers' Guide to EN 1990, Eurocode: Basis of structural design, Thomas Telford, 2002.
- [8] Haig Gulvanessian, Paolo Formichi and Jean-Armand Calgaro, Designers' guide to Eurocode 1: Actions on buildings, EN 1991-1-1 and -1-3 to -1-7, Thomas Telford, 2009.
- [9] HANDBOOK 3: Implementation of Eurocodes – Action effects on buildings, 2005.
- [10] Κ.Τρέζος, Ν.Μαλακάτας, Εκπαιδευτικές Σημειώσεις Ευρωκωδίκων ΤΕΕ, Νοέμβριος 2009.
- [11] Ι. Ερμόπουλος, Ευρωκώδικας 1, εκδ. ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ, 2005.
- [12] Θ.Τάσιος, Π.Γιαννόπουλος, Κ.Τρέζος, Σ.Τσουκαντάς, Ωπλισμένο Σκυρόδεμα με βάση το Νέο Ελληνικό Κανονισμό Σκυροδέματος, ΕΜΠ, 2005.