ΙΕΚΕΜ-ΤΕΕ

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

για τη χρήση των Ευρωκωδίκων

ΕΝ 1990 : Βάσεις Σχεδιασμού των Φερουσών Κατασκευών
ΕΝ 1991: Δράσεις επί των κατασκευών

Συντακτική Ομάδα

Νίκος Μαλακάτας, Δρ ΠΜ, Πρόεδρος CEN/TC250/SC1
Κώστας Τρέζος, Δρ ΠΜ, Επίκ. Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2011

ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Το παρόν κείμενο βασίζεται σε ένα μεγάλο μέρος στις Εκπαιδευτικές Σημειώσεις που είχαν συνταχθεί από τους Ν. Μαλακάτα και Κ. Τρέζο στο πλαίσιο Σεμιναρίων που διοργάνωσε το ΤΕΕ και έχει εμπλουτισθεί με παραδείγματα. Εκτός από όπου αναφέρεται διαφορετικά, τα παραδείγματα συντάχθηκαν από τον Ζ. Χαβδούλα στο πλαίσιο της Διπλωματικής του Εργασίας. Την επιμέλεια του παρόντος κειμένου είχε ο Κ. Τρέζος.

Στις σελίδες που ακολουθούν παρουσιάζονται επιλεκτικά και με συνοπτικό τρόπο οι κυριότερες διατάξεις των Ευρωκωδίκων συνοδευόμενες κατά περίπτωση από διευκρινιστικές προσθήκες/σχόλια ή παραδείγματα. Γίνονται επίσης παραπομπές στα αντίστοιχα Εθνικά Προσαρτήματα.

Το παρόν κείμενο σε καμία περίπτωση δεν υποκαθιστά τα κείμενα των Ευρωκωδίκων και των αντίστοιχων Εθνικών Προσαρτημάτων ή και άλλων συναφών κανονιστικών κειμένων. Το ΤΕΕ και οι συντάκτες δεν φέρουν ευθύνη για τον τρόπο χρήσης του παρόντος κειμένου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πίνακας περιεχομένων **3**
ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝ1990, ... **6**
ΕΝ1990, Εισαγωγή 6
ΕΝ1990 Κεφάλαιο 1^0 Γενικά 7
Πεδίο εφαρμογής *7*
Διάκριση μεταξύ Αρχών και Κανόνων Εφαρμογής *7*
Παραδοχές *7*
Ορολογία και ορισμοί *8*
ΕΝ1990 Κεφάλαιο 2^0 Απαιτήσεις 8
Βασικές απαιτήσεις *8*
Αντίσταση και λειτουργικότητα *9*
Ακεραιότητα σε περίπτωση πυρκαγιάς *9*
Ευρωστία *9*
Διαχείριση αξιοπιστίας *11*
Διάρκεια ζωής σχεδιασμού *14*
Ανθεκτικότητα *16*
ΕΝ1990 Κεφάλαιο 3^0: Αρχές του σχεδιασμού με βάση τις ορισακές καταστάσεις 16
Καταστάσεις σχεδιασμού *16*
Οριακές καταστάσεις αστοχίας *16*
Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας *17*
ΕΝ1990 Κεφάλαιο 4^0: Βασικές μεταβλητές 17
Κατηγοριοποίηση δράσεων *17*
Χαρακτηριστικές τιμές δράσεων *18*
Άλλες αντιπροσωπευτικές τιμές μεταβλητών δράσεων *19*
Ιδιότητες υλικών και προϊόντων *20*
Γεωμετρικά δεδομένα *21*
ΕΝ1990 Κεφάλαιο 5^0: Ανάλυση και σχεδιασμός με την βοήθεια δοκιμών 21
ΕΝ1990 Κεφάλαιο 6° Ελεγχοι με την μέθοδο των επιμέρους συντελεστών 21
*Ο.Κ. «Ισορροπίας» (**EQU**)* *21*
*Ο.Κ. «Θραύσης/Αστοχίας διαρροής» (**STR** ή **GEO**)* *21*
Αριστερή πλευρά της ανίσωσης (δράσεις) *23*
Δεξιά πλευρά της ανίσωσης (αντιστάσεις) *24*
Συνδυασμοί δράσεων Ο.Κ.Α. (εξαιρουμένης της κόπωσης) *26*
Καταστάσεις σχεδιασμού με διάρκεια ή παροδικές (θεμελιώδεις συνδυασμοί ... *28*
Τυχηματικές καταστάσεις σχεδιασμού *28*
Καταστάσεις σεισμικού σχεδιασμού *29*
Επιμέρους συντελεστές για δράσεις και υλικά *29*
Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας *29*
Συνδυασμοί δράσεων Ο.Κ.Λ. *29*
ΕΝ1990 Παράρτημα Α: Για εφαρμογή σε κτήρια 30
Οριακές καταστάσεις αστοχίας *31*
Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας *34*
ΕΝ1990 Παράρτημα Β: Διαχείριση της δομικής αξιοπιστίας στις κατασκευές 34
ΕΝ1990 Παράρτημα Γ: Βάσεις για τον σχεδιασμό με την μέθοδο των επιμέρους συντελεστών και για την ανάλυση της αξιοπιστίας 34
Αντικείμενο και πεδίο εφαρμογών *34*
Συσχέτιση ελέγχου Ο.Κ.Α. και επιπέδου αξιοπιστίας *36*
ΕΝ1990 Παράρτημα Δ: Σχεδιασμός με την βοήθεια δοκιμών 40
ΕΝ1990 Παραδείγματα 41
Μονοπροέχουσα δοκός *41*

Συνεχής δοκός 3 ανοιγμάτων *43*
ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝ1991: ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΡΟΣ 1-1: ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ – ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ, ΙΔΙΟΝ ΒΑΡΟΣ, ΕΠΙΒΑΛΛΟΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ 44
ΕΝ1991-1-1: Κεφάλαιο 1^{O}: Γενικά 45
Πεδίο εφαρμογής *45*
Διάκριση μεταξύ Αρχών και Κανόνων Εφαρμογής *45*
ΕΝ1991-1-1: Κεφάλαιο 2^{O}: Κατηγοριοποίση των δράσεων 45
Ίδιον βάρος *45*
Επιβαλλόμενα φορτία *45*
ΕΝ1991-1-1: Κεφάλαιο 3°: Κατάστάσεις σχεδιασμού 46
Μόνιμα φορτία *46*
Επιβαλλόμενα φορτία *46*
Πιθανοτικές θεωρήσεις *47*
ΕΝ1991-1-1: Κεφάλαιο 4°: Πυκνότητες υλικών 47
ΕΝ1991-1-1: Κεφάλαιο 5°: Ιδιον βάριος των κατασκευών 47
Δομητικά προσομοιώματα *47*
Χαρακτηριστικές τιμές ίδιου βάρους *47*
ΕΝ1991-1-1: Κεφάλαιο 6°: Επιβαλλόμενα φορτία σε κτήρια 48
Κύριες κατηγορίες χρήσης *48*
Διατάξεις φορτίων *49*
Οριζόντια στοιχεία (πλάκες δαπέδων και στεγών, δοκοί) *49*
Κατακόρυφα στοιχεία (υποστυλώματα και τοιχία) *51*
Χώροι για αποθήκευση και βιομηχανικές δραστηριότητες *51*
Κτήρια στάθμευσης και χώροι οδικής κυκλοφορίας (πλην των γεφυρών] *53*
Στέγες *54*
Οριζόντια φορτία σε στηθαία και διαχωριστικούς τοίχους *55*
ΕΝ1991-1-3: Εισαγωγή 57
ΕΝ1991-1-3: Κεφάλαιο 1^{O}: Γενικά 57
1.1 Σκοπός. *57*
1.2 Πεδίο εφαρμογής. *57*
1.3 Κατάταξη της δράσεως του χιονιού *57*
1.4 Εθνικά δεδομένα. *57*
ΕΝ1991-1-3: Κεφάλαιο 2^{O}: Βασικές έννοιες, ορισμοί 57
2.1 Χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού επί του εδάφους. *57*
2.2 Εξαιρετικό φορτίο χιονιού επί του εδάφους. *57*
2.3 Φορτίο χιονιού στην στέγη. *58*
2.4 Μή παρασυρμένο φορτίο χιονιού επί της στέγης. *58*
2.5 Παρασυρμένο φορτίο χιονιού επί της στέγης. *58*
2.6 Εξαιρετική παράσυρση-συσσώρευση φορτίου χιονιού επί της στέγης. *58*
ΕΝ1991-1-3: Κεφάλαιο 3°: Η φύση της δράσεως του χιονιού 59
3.1 Καθορισμός της δράσεως του χιονιού *59*
3.2 Καταστάσεις σχεδιασμού. *59*
3.3 Χάρτες χαρακτηριστικού φορτίου χιονιού στο έδαφος. *60*
3.4 Συντελεστής έκθεσης και θερμικός συντελεστής. *62*
3.5 Συντελεστές σχήματος *63*
3.6 Τοπικά φαινόμενα. *66*
ΕΝ1991-1-3: Κεφάλαιο 4°: Εφαρμογές 66
4.1 Παράδειγμα 1° Δικλής στέγη δύο ανοιγμάτων *66*
4.2 Παράδειγμα 2° Στέγη σε επαφή με υψηλότερη κατασκευή *68*
4.3 Παράδειγμα 3° Οριζόντια στέγη με προεξοχή *70*
ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝ1991: ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΡΟΣ 1-4: ΑΝΕΜΟΣ 72
ΕΝ1991-1-4: Κεφάλαιο 1°: Εισαγωγή 72

1.1 Σκοπός *72*
1.2 Πεδίο εφαρμογής *72*
1.3 Εθνικά δεδομένα *72*
1.4 Σχεδιασμός βάσει δοκιμών, πειραμάτων και μετρήσεων *72*
ΕΝ1991-1-4: Κεφάλαιο 2^{O}: Η φύση της δράσεως του ανέμου 72
ΕΝ1991-1-4: Κεφάλαιο 3°: Βασικές έννοιες, ορισμοί 72
3.1 Θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου, $v_{b,0}$. *72*
3.2 Βασική ταχύτητα ανέμου, v_b. *74*
3.3 Τραχύτητα του εδάφους *74*
3.4 Μέση ταχύτητα ανέμου *74*
3.6 Υψος αναφοράς *79*
3.7 Συντελεστές πίεσης *79*
3.8 Συντελεστές δύναμης *80*
3.9 Φαινόμενα κλίμακας και δυναμικά φαινόμενα *80*
ΕΝ1991-1-4: Κεφάλαιο 4°: Διαδικασία υπολογισμού. 81
ΕΝ1991-1-4: Κεφάλαιο 5°: Εφαρμογές 84
5.1 Παράδειγμα 1° Χαμηλό κτήριο με οριζόντια στέγη *84*
5.2 Παράδειγμα 2° Υψηλό κτήριο με οριζόντια στέγη *91*
5.3 Παράδειγμα 3° Κτήριο με μονοκλινή στέγη *100*
5.4 Παράδειγμα 4° Βιομηχανικό κτήριο με αμφικλινή στέγη *106*
5.5 Παράδειγμα 5° Κτήριο με μονοκλινή επαναλαμβανόμενη στέγη *117*
5.6 Παράδειγμα 6° Θεμελίωση ιστού ηλεκτροφωτισμού ύψους 30m *123*
5.7 Παράδειγμα 7° Δικλινές ανοικτό στέγαστρο *132*
ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝ1991: ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΡΟΣ 1-5: ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ..135
ΕΝ1991-1-5: Κεφάλαιο 1°: Εισαγωγή 135
ΕΝ1991-1-5: Κεφάλαιο 2°: Βασικές έννοιες, ορισμοί 135
ΕΝ1991-1-5: Κεφάλαιο 3°: Η φύση της θερμικής δράσεως 138
ΕΝ1991-1-5: Κεφάλαιο 4°: Διαδικασία υπολογισμού των θερμικών δράσεων 142
ΕΝ1991-1-5: Κεφάλαιο 5°: Διαδικασία υπολογισμού σε κτήρια. 142
5.1 Προσδιορισμός των θερμοκρασιών *142*
5.2 Προσδιορισμός των θερμοκρασιακών κατατομών *143*
ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝ1991: ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΡΟΣ 1-6: ΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ 145
ΕΝ1991-1-6: Κεφάλαιο 1°: Εισαγωγή 145
ΕΝ1991-1-6: Κεφάλαιο 2°: Κατάταξη δράσεων 146
ΕΝ1991-1-6: Κεφάλαιο 3°: Καταστάσεις σχεδιασμού 147
ΕΝ1991-1-6: Κεφάλαιο 4°: Οριακές καταστάσεις 149
ΕΝ1991-1-6: Κεφάλαιο 5°: Απεικόνιση των δράσεων 149
Κατασκευαστικά φορτία *151*
Τυχηματικές δράσεις *154*
Σεισμικές δράσεις *154*

ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝ1990,

ΕΝ1990, Εισαγωγή

Οι Ευρωκώδικες είναι ένα σύμπλεγμα κανονισμών για τον σχεδιασμό έργων πολιτικού μηχανικού. Συντάχθηκαν και αναπτύχθηκαν από την CEN (=30 ευρωπαϊκές χώρες) στο πλαίσιο της Οδηγίας 89/106/ΕΟΚ «Προϊόντα Δομικών Έργων». Προβλέπεται να γίνουν υποχρεωτικοί εντός της CEN. Εκτός όμως από τις χώρες της CEN, και μη ευρωπαϊκές χώρες όπως Σιγκαπούρη, Βιετνάμ, Μαλαισία, Ινδία, Ρωσία, καθώς και ορισμένες χώρες της Β. Αφρικής ενδιαφέρονται να υιοθετήσουν τους Ευρωκώδικες.

Σήμερα υπάρχουν συνολικά 10 Ευρωκώδικες. Από αυτούς τέσσερις (ΕΝ1990 Βάσεις Σχεδιασμού, ΕΝ1991 Δράσεις, ΕΝ1997 Γεωτεχνικός Σχεδιασμός και ΕΝ1998 Αντισεισμικός Σχεδιασμός) είναι γενικής φύσεως και απαιτούνται για την εφαρμογή των υπολοίπων έξι Ευρωκωδίκων (ΕΝ1992 έως ΕΝ1996 και ΕΝ1999) οι οποίοι αναφέρονται στα επιμέρους υλικά κατασκευής των φορέων (φορείς από σκυρόδεμα, χάλυβα, σύμμεικτοι, ξύλο, τοιχοποιία και αλουμίνιο αντιστοίχως). Μελλοντικώς μπορεί να συνταχθούν Ευρωκώδικες και για άλλα υλικά όπως ανθρακονήματα, οπλισμένα πολυμερή, γυαλί, μεμβράνες κλπ. Κάθε Ευρωκώδικας αποτελείται από διάφορα «Μέρη» καθένα από τα οποία έχει ισχύ Προτύπου (ΕΝ). Σήμερα υπάρχουν συνολικά 58 Μέρη.

Ο ΕΝ 1990 (αλλά και γενικότερα όλοι οι Ευρωκώδικες) βασίζονται αφενός μεν στις έννοιες των **οριακών καταστάσεων** και **των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας** (έννοιες γνωστές που υπήρχαν και στον ΕΚΩΣ) αφετέρου δε στις έννοιες των **βασικών απαιτήσεων (basic requirements)**, των **αρχών (principles)**, των **κανόνων εφαρμογής (application rules)** και των **σημειώσεων**[1] **(notes)** (έννοιες η οποίες για πρώτη φορά αναφέρονται ρητώς σε κείμενα προτύπων αλλά ενυπήρχαν και στον ΕΚΩΣ).

Μια ιδιαιτερότητα των Ευρωκωδίκων είναι ότι σε αρκετές περιπτώσεις επιτρέπουν να γίνει Εθνική Επιλογή ορισμένων παραμέτρων (Εθνικώς προσδιοριζόμενες παράμετροι, Nationally Determined Parameters – NDP). Οι παράμετροι αυτές είναι σαφώς ορισμένες σε κάθε Ευρωκώδικα και μόνον τις αριθμητικές τιμές αυτών των παραμέτρων δικαιούται να τροποποιήσει κάθε χώρα. Συνήθως, αν δεν υπάρχει άλλος, λόγος υιοθετούνται οι προτεινόμενες από τον Ευρωκώδικα τιμές. Για να είναι δυνατή η εφαρμογή των Ευρωκωδίκων είναι υποχρεωτικό κάθε χώρα να εκδώσει για κάθε ένα Μέρος του κάθε Ευρωκώδικα το αντίστοιχο Εθνικό Προσάρτημα (ή Εθνικό Κείμενο Εφαρμογής, National Application Document) χωρίς το οποίο δεν είναι δυνατή η εφαρμογή του Ευρωκώδικα.

Ο Ευρωκώδικας[2] ΕΝ 1990 «Βάσεις Σχεδιασμού των Φερουσών Κατασκευών» είναι ο Ευρωκώδικας-κεφαλή του συνόλου των Ευρωκωδίκων, δεδομένου ότι σ' αυτόν καθορίζονται οι γενικές αρχές και οι απαιτήσεις για την ασφάλεια, τη λειτουργικότητα και την ανθεκτικότητα (στη διάρκεια του χρόνου) των φερουσών κατασκευών ανεξαρτήτως του υλικού κατασκευής. Επίσης στον Ευρωκώδικα ΕΝ 1990 καθορίζονται τα επίπεδα ασφαλείας και δίδονται οι βάσεις καθορισμού και ελέγχου της αξιοπιστίας τους (δηλαδή, κατ΄ ουσίαν, αυτό που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί απλούστερα ως στάθμη ή επίπεδο ασφαλείας).

[1] Οι Σημειώσεις είναι ενσωματωμένες μέσα στο κείμενο του κανονισμού, είναι γραμμένες με μικρότερη γραμματοσειρά και επεξηγούν το κείμενο του κανονισμού. Οι "Σημειώσεις" στους Ευρωκώδικες είναι κατά κάποιο τρόπο το αντίστοιχο των "Σχολίων" που υπήρχαν στον ΕΚΩΣ.

[2] Οι Ευρωκώδικες τυπικώς θεωρούνται «Πρότυπα», άρα θα έπρεπε να γράφουμε «… **το** ΕΝ 1990..» (εννοώντας το **πρότυπο** ΕΝ 1990), ωστόσο έχει επικρατήσει η χρήση του όρου «Ευρωκώδικας» και άρα πολλές φορές γράφουμε «… **ο** ΕΝ 1990…». Ενίοτε επίσης χρησιμοποιείται και η έκφραση «… ο EC0 ή ο EC1 κλπ…» όπου το EC είναι η συντομογραφία για το EuroCode, ενώ ο αριθμός 0, 1 κλπ είναι η συντομογραφία για το 1990, 1991 κλπ.

EN1990 Κεφάλαιο 1^0 Γενικά

Πεδίο εφαρμογής

Το EN 1990, αλλά και γενικότερα το σύνολο σχεδόν των Ευρωκωδίκων, αναφέρεται καταρχήν στο σχεδιασμό **νέων φερουσών κατασκευών.** Μπορεί (εξαίρεση 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 τοποποιητικές διατάξεις. Σημειωτέον πάντως ότι προγραμματίζεται για την επόμενη φάση εξέλιξης των Ευρωκωδίκων η (συστηματική) επέκτασή τους προς εφαρμογή σε υφιστάμενες φέρουσες κατασκευές.

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 κτιριακές 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.

Διάκριση μεταξύ Αρχών και Κανόνων Εφαρμογής

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 κατουσίαν διατάξεις **απολύτως υποχρεωτικές**, δηλαδή 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 την ασφάλεια, τη λειτουργικότητα και την ανθεκτικότητα. Σε αυτή την περίπτωση όμως ο αντίστοιχος σχεδιασμός δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι «απόλυτα σύμφωνος με το EN 1990», με ό,τι αυτό μπορεί να συνεπάγεται.

Παραδοχές

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 (π.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 ποότητας της όλης διαδικασίας με κατάλληλη επίβλεψη και ελέγχους.

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

Ορολογία και ορισμοί

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]*.

EN1990 Κεφάλαιο 2^0 Απαιτήσεις

Βασικές απαιτήσεις

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 τέσσερεις βασικές απαιτήσεις : **αντίσταση (resistance), λειτουργικότητα (servicibility), ανθεκτικότητα στη διάρκεια του χρόνου (durability), ευρωστία (robustness).** Οι απαιτήσεις αυτές αποτελούν τις συνιστώσες της **αξιοπιστίας (reliability)** της φέρουσας κατασκευής.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: *Εχει από καιρό υιοθετηθεί ο όρος «αντίσταση» (resistance), αντί του χρησιμοποιούμενου παλιότερα «αντοχή» (strength), δεδομένου ότι πολλοί έλεγχοι της οριακής κατάστασης αστοχίας (Ο.Κ.Α.), 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 κλπ. 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 λυγηρότερα 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

  <u>ΣΗΜΕΙΩΣΗ:</u> *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 (υπερστατικότητα, πλαστιμότητα, ανακατανομή).

  <u>ΣΗΜΕΙΩΣΗ:</u> *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 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

  <u>ΣΗΜΕΙΩΣΗ:</u> *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**

  <u>ΣΗΜΕΙΩΣΗ:</u> *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.

Διαχείριση αξιοπιστίας

Στο πολύ σημαντικό ζήτημα της διαχείρισης της αξιοπιστίας στις φέρουσες κατασκευές είναι αφιερωμένο το **Παράρτημα Β** του ΕΝ 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 διάρκειας 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 ΕΝ 1990 ορίζονται τρεις **κατηγορίες αξιοπιστίας (reliability classes)** RC1, RC2 και RC3, οι οποίες εξ ορισμού συναρτώνται με διαφορετικό επίπεδο συνεπειών σε περίπτωση υπέρβασης της εξεταζόμενης οριακής κατάστασης 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 ΕΝ 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 δικλείδες ασφαλείας, ενεργά και παθητικά προστατευτικά μέτρα έναντι πυρκαϊάς, προστασία έναντι του κίνδυνου 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 :

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 αν οι Ευρωκώδικες κάλυπταν αυτού του τύπου τους φορείς.*

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 της **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 γίνεται 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.

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

Κατηγορία Αξιοπιστίας	**Ελάχιστες Τιμές για το *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 Α1 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 αντιστοίχηση 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 :

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 $\boldsymbol{K_{FI}}$ του επόμενου πίνακα, προς εφαρμογήν 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

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

<u>ΣΗΜΕΙΩΣΗ:</u> *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 τα επίπεδα επίβλεψης του σχεδιασμού (Design Supervision Level - DSL), συνοψίζονται στον επόμενο πίνακα. Αυτά μπορούν να συνδεθούν με την κατηγορία αξιοπιστίας η οποία επιλέγεται.

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

<u>ΣΗΜΕΙΩΣΗ:</u> *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 σκπό 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.

Επίπεδα εποπτείας (IL) *[Πίν. Β5]*

Επίπεδα εποπτείας (IL)	**Χαρακτηριστικά**	**Απαιτήσεις**
IL3 Σε σχέση με την RC3	Εκτεταμένη επιθεώρηση	Έλέγχος 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

<u>Διάρκεια ζωής σχεδιασμού</u>

Ενδεικτικές τιμές για τη σκοπούμενη διάρκεια ζωής σχεδιασμού δίδονται στον επόμενο πίνακα (*[Πιν. 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 επανα-χρησιμοποίησής τους δεν θα πρέπει να θεωρούνται προσωρινά.		

Ανθεκτικότητα

Στο ΕΝ 1990 προβλέπετςι ότι η φέρουσα κατασκευή θα σχεδιάζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε η φθορά του κατά τη διάρκειας ζωής σχεδιασμού της να μην εξασθενεί την επιτελεστικότητά 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.

ΕΝ1990 Κεφάλαιο 3^0: Αρχές του σχεδιασμού με βάση τις ορισακές καταστάσεις

Σύμφωνα με το ΕΝ 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 παραλειφθεί ο έλεγχος μιας οριακής κατάστασης, εφόσον όμως μπορεί να τεκμηριωθεί ότι κρίσιμη για το σχεδιασμό 9διαστασιολόγηση 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)]*.

Καταστάσεις σχεδιασμού

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. πυρκαϊά, 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**.

Οριακές καταστάσεις αστοχίας

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: **equ**ilibrium), 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, θραύσης, απώλειας ευστάθειας του φορέα ή οποιουδήποτε μέρους του, συμπεριλαμβανομένων των στηρίξεων και των θεμελίων (συμβολικά **STR**, από το: **str**uctural ή **GEO**, από το: **geo**technical), 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: **fat**igue).

Στις προαναφερόμενες Ο.Κ.Α. θα πρέπει να προστεθούν και δύο ακόμη, οι 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: **up**lift)
- αστοχία υδραυλικού τύπου, όπως εσωτερική διάβρωση ή διασωλήνωση του εδάφους λόγω ροής υδάτων με μεγάλη υδραυλική κλίση (συμβολικά **HYD**, από το: **hyd**raulic).

Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

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.Α. θα λαμβάνοναι φυσικά υπόψη και για τον έλεγχο ανθεκτικότητας της φέρουσας κατασκευής (στη διάρκεια του χρόνου).

EN1990 Κεφάλαιο 4^0: Βασικές μεταβλητές

Κατηγοριοποίηση δράσεων

Ανάλογα με ορισμένα κριτήρια οι δράσεις θα διακρίνονται ως εξής :

Με βάση τη **χρονική** τους **διακύμανση**:

- Μόνιμες δράσεις (***G***), 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 (***Q***), π.χ. επιβαλλόμενα φορτία σε πατώματα, δοκάρια και στέγες κτηρίων, δράσεις ανέμου ή φορτία χιονιού, *έμμεσες δράσεις λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών.*
- Τυχηματικές δράσεις (***A***), 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.

Χαρακτηριστικές τιμές δράσεων

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 **(ψF_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 $G_{k,sup}(t)$ και μία κατώτερη τιμή $G_{k,inf}(t)$. 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)]*..

Άλλες αντιπροσωπευτικές τιμές μεταβλητών δράσεων

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**

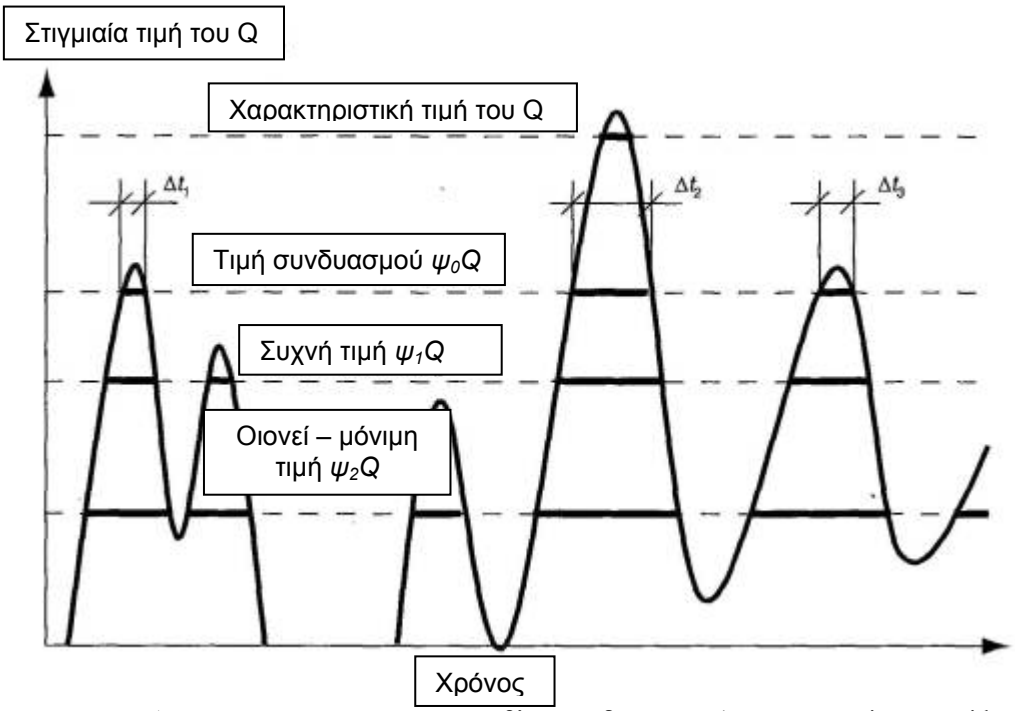
Η συχνή τιμή προσδιορίζεται (στο βαθμό που μπορεί να καθορισθεί βάσει της στατιστικής) έτσι, ώστε είτε ο συνολικός χρόνος, κατά τη διάρκεια της οποίας παρατηρείται η υπέρβαση, να αποτελεί μικρό μέρος της περιόδου αναφοράς είτε η συχνότητα υπέρβασής της να περιορίζεται σε μία δεδομένη τιμή *[1.5.3.17]*. 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 κτηρίων 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 κτηρίων, 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 … Αντιπροσωπευτικές τιμές μεταβλητών δράσεων (από το Designer guide to EN 1990, των H. Gulvnanesssian, J-A Calgaro και M Holicky)

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

Σημείωση : *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 :* $\psi_1 \leq \psi_{1,inf} \leq \psi_0$).

<u>Ιδιότητες υλικών και προϊόντων</u>

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 συντελεστής 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)]*.

Γεωμετρικά δεδομένα

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

EN1990 Κεφάλαιο 5^0: Ανάλυση και σχεδιασμός με την βοήθεια δοκιμών

Στο 5° Κεφάλαιο 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 ουσαστικά πραγματεύεται το Παράρτημα Δ.

EN1990 Κεφάλαιο 6° Ελεγχοι με την μέθοδο των επιμέρους συντελεστών

Το 6° Κεφάλαιο 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**.

Σημειωτέον ότι 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 ή δυναμική, αλλά οιονεί-στατική φόρτιση με ενδεχόμενη χρήση συντελεστών 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]*.

Οι βασικοί έλεγχοι (της Ο.Κ.Α.) αφορούν πρακτικά τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των δράσεων σε σχέση με τις αντιστάσεις. Πιο συγκεκριμένα *[6.4.2]*:

Ο.Κ. «Ισορροπίας» (**EQU**)

Θα ελέγχεται ότι:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb} \qquad [Εξ.\ (6.7)]$$

όπου:

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

$E_{d,stb}$ 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.

Ο.Κ. «Θραύσης/Αστοχίας διαρροής» (**STR** ή **GEO**)

Θα ελέγχεται ότι:

$$E_d \leq R_d \qquad [Εξ.\ (6.8)]$$

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.

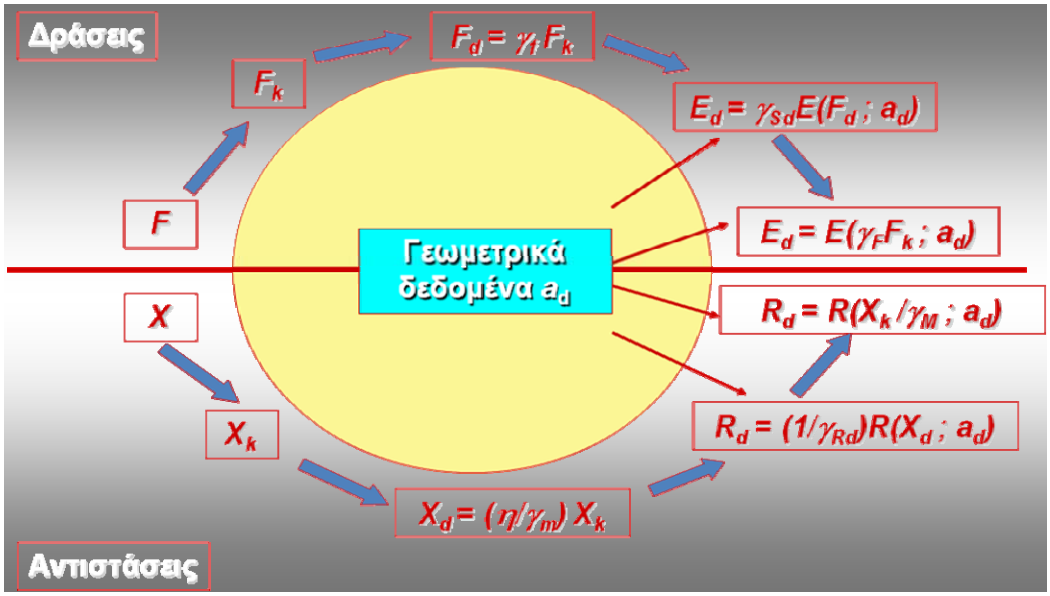
R_d είναι η τιμή σχεδιασμού της αντίστοιχης αντίστασης.

Σημείωση: *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.*

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» : $\boldsymbol{F} \rightarrow \boldsymbol{F_k} \rightarrow \boldsymbol{F_d} \rightarrow \boldsymbol{E_k}$ από την πλευρά των δράσεων και των αποτελεσμάτων τους και : $\boldsymbol{X} \rightarrow \boldsymbol{X_k} \rightarrow \boldsymbol{X_d} \rightarrow \boldsymbol{R_k}$ από την πλευρά των μηχανικών και γεωμετρικών ιδιοτήτων και των αντιστάσεων και η μεταξύ τους σύγκριση $\boldsymbol{E_d} \leq \boldsymbol{R_d}$ δίδεται στο επόμενο σχήμα (από τις διαφάνειες του J-A Calgaro, EN 1990 "Eurocode :Basis of Structural Design, Βρυξέλλες Φεβρουάριος 2008):



Αριστερή πλευρά της ανίσωσης (δράσεις)

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

$$F_d = \gamma_f F_{rep} \quad \text{με} \quad F_{rep} = \psi F_k \qquad [Εξ.\ (6.1)]$$

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

Σημείωση: *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.

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 εκφρασθούν ως εξής:

$$E_d = \gamma_{Sd} E\{\gamma_{f,i} F_{rep,i}; a_d\} i \geq 1 \qquad [Εξ.\ (6.2)]$$

όπου:

α_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**

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

Στις περισσότερες περιπτώσεις μπορεί να γίνει η ακόλουθη απλοποίηση:

$$E_d = E\{\gamma_{F,i} F_{rep,i}; a_d\} i \geq 1 \quad \text{με} \quad \gamma_{F,i} = \gamma_{Sd} x \gamma_{f,i}$$

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

Σημείωση: *Με εξαίρεση τις καλωδιωτές και τις μεβρανικές φέρουσες κατασκευές οι περισσότεροι φορείς ή δομικά στοιχεία εμπίπτουν στην πρώτη περίπτωση*

Δεξιά πλευρά της ανίσωσης (αντιστάσεις)

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

$$X_d = \eta \frac{X_k}{\gamma_m} \qquad [Εξ. (6.3)]$$

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 οποιεσδήποτε 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.

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

$$\alpha_d = \alpha_{nom} \qquad [Εξ. (6.4)]$$

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:

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

όπου το *Δα* 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

Ακολούθως, 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:

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

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.

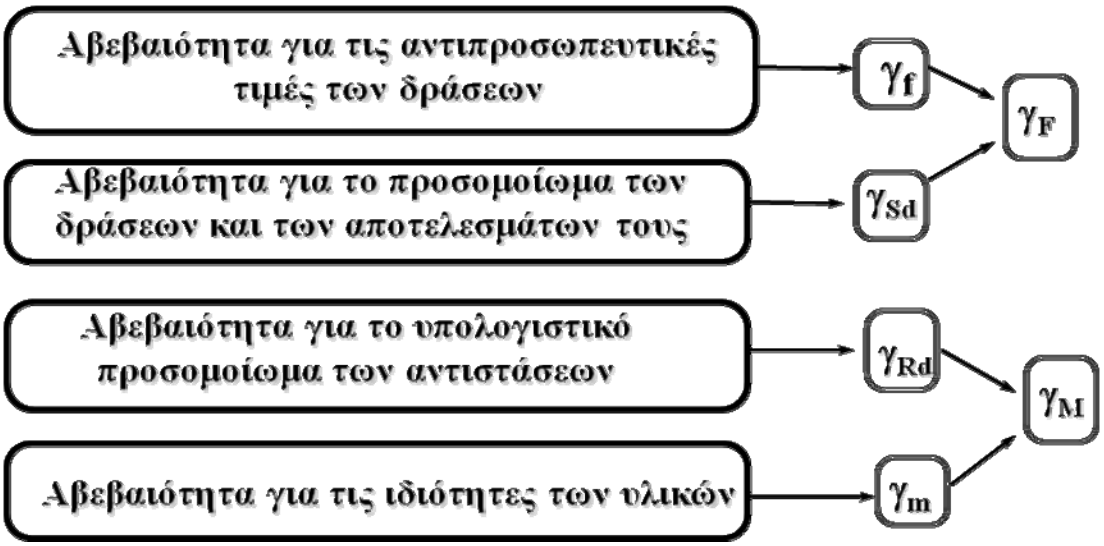
<u>ΣΗΜΕΙΩΣΗ :</u> *Στους Ευρωκώδικες (EN 1991 έως EN 1999) μπορεί να συναντήσει κανείς διαφορετικές μορφές της παραπάνω έκφρασης , δεδομένου ότι η χαρακτηριστική τιμή της αντίστασης R_k μπορεί να εκφρασθεί με διαφορετικό τρόπο, ανάλογα με το υλικό ή τον τρόπο κατασκευής, λ.χ.:*

- *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:

$$R_d = R\left\{\eta_i \frac{X_{k,i}}{\gamma_{M,i}};\alpha_d\right\} \quad i \geq 1 \qquad \text{με} \qquad \gamma_{M,i} = \gamma_{Rd}\, x\, \gamma_{m,\,i}$$

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



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 :

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_{\mathrm{M}}}$$

(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:

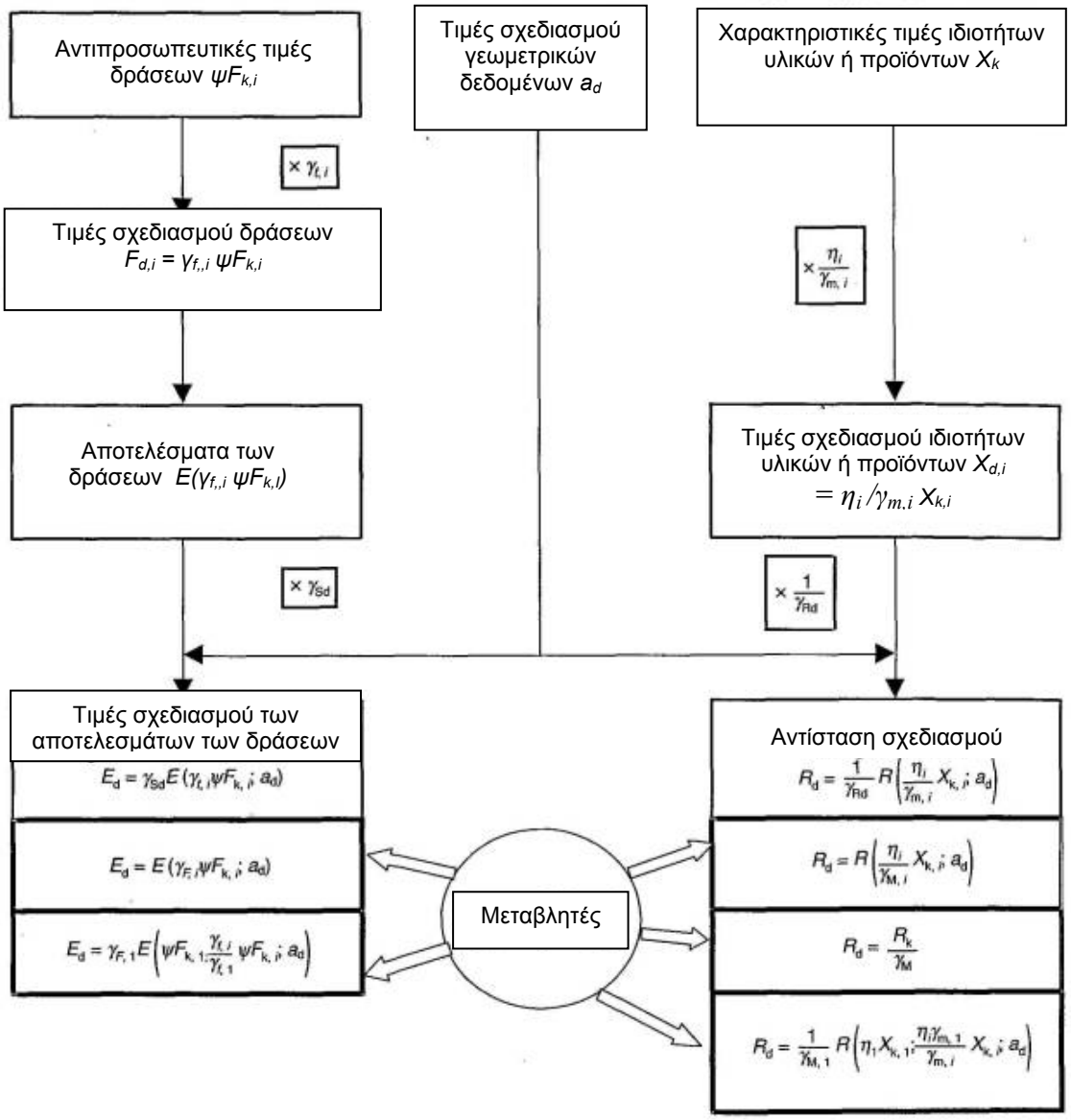
$$R_d = \frac{1}{\gamma_{\mathrm{M},1}} R\left\{\eta_1 X_{k,1}; \eta_i X_{k,i(i\geq 1)} \frac{\gamma_{m,1}}{\gamma_{m,i}}; \alpha_d\right\}$$

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

Συνδυασμοί δράσεων Ο.Κ.Α. (εξαιρουμένης της κόπωσης)

Οπως 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 (δεσπόζουσα) 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 εξετασθούν ως ξεχωριστές δράσεις *[6.4.3(3)]*.



Σχήμα … Η μέθοδος των επιμέρους συντελεστών ασφαλείας στο πλαίσιο των Ευρωκωδίκων (από το Designer guide to EN 1990, των H. Gulvnanesssian, J-A Calgaro και M Holicky)

Καταστάσεις σχεδιασμού με διάρκεια ή παροδικές (θεμελιώδεις συνδυασμοί

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

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

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

$$\begin{cases}\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}G_{k,j}\text{"+"}\gamma_P P\text{"+"}\gamma_{Q,1}\psi_{0,1}Q_{k,1}\text{"+"}\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\psi_{0,i}Q_{k,i} & (6.10a)\\ \sum_{j\geq 1}\xi_j\gamma_{G,j}G_{k,j}\text{"+"}\gamma_P P\text{"+"}\gamma_{Q,1}Q_{k,1}\text{"+"}\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\psi_{0,i}Q_{k,i} & (6.10b)\end{cases}$$

όπου:

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

Σημείωση : *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 μονίμων φορτίων απομειώνονται μέσω της χρήσης ενός συντελεστή ξ, με 0,85 ≤ ξ ≤1,00. Ακριβέστερη εικόνα αποκτά κανείς από τους πίνακες [Α1.2(Α)] και [Α1.2(Β)] που παρατίθενται στα επόμενα. Ενας 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. 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 που καλύπτει τις περιπτώσεις της πράξης- σε μεγαλύτερα επίπεδα αξιοπιστίας από τα (ελάχιστα) απαιτούμενα για το σχεδιασμό, μη διευκολύνοντας έτσι τη δυνατότητα ο σχεδιασμός κυρίως των φερουσών κατασκευών με σχετικά μικρό ίδιο βάρος να γίνει οικονομικότερος (δηλαδή σε συνήθεις περιπτώσεις οδηγεί σε τιμές β μεταξύ 3,8 και 4,4 περίπου, ενώ με την χρήση των δύο εξισώσεων η αύξηση του β μπορεί να περιοριστεί μεταξύ 3,8 και 4,1 περίπου, για τιμές του ξ μεταξύ 0,85 και 0,95). Υπό το πρίσμα αυτό, η χρήση των εναλλακτικών συνδυασμών αντιμετωπίζει «πιο ισότιμα» τα φέροντα δομικά υλικά.*

Τυχηματικές καταστάσεις σχεδιασμού

Ο συνδυασμός των δράσεων στις περιπτώσεις αυτές μπορεί να εκφρασθεί ως:

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

<u>Σημείωση :</u> *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.*

<u>Καταστάσεις σεισμικού σχεδιασμού</u>

Ο συνδυασμός των δράσεων στις περιπτώσεις αυτές μπορεί να εκφρασθεί ως:

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

<u>Επιμέρους συντελεστές για δράσεις και υλικά</u>

Οι επιμέρους συντελεστές ασφαλείας για τις δράσεις (γ) και οι συντελεστές συνδυασμού (ψ) δίδονται στο Παράρτημα Α (που παρατίθεται στη συνέχεια) καθώς και στα επιμέρους τμήματα του ΕΝ 1991. Οι επιμέρους συντελεστές για τις ιδιότητες των υλικών και των προϊόντων λαμβάνονται από τους αντίστοιχους Ευρωκώδικες των υλικών (ΕΝ 1992 έως ΕΝ 1999).

<u>Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας</u>

Θα ελέγχεται ότι:

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

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 ΕΝ 1991 έως ΕΝ 1999.

<u>Συνδυασμοί δράσεων Ο.Κ.Λ.</u>

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:

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

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

- **Συχνός** συνδυασμός:

$$\Sigma G_{k,j} \text{"+"} P \text{"+"} \psi_{1,1} Q_{k,1} \text{"+"} \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i} \qquad [(6,15b)]$$

$j \geq 1 \qquad i > 1$

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

- **Οιονεί – μόνιμος** συνδυασμός:

$$\Sigma G_{k,j} \text{"+"} P \text{"+"} \Sigma \psi_{2,i} Q_{k,i} \qquad [(6.16b)]$$

$j \geq 1 \qquad i > 1$

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

Σ' ότι αφορά τους επιμέρους συντελεστές γ_M για υλικά, αυτοί θα λαμβάνονται ως 1,0 εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά στα ΕΝ 1992 έως ΕΝ 1999. *[6.5.4]*

ΕΝ1990 Παράρτημα Α: Για εφαρμογή σε κτήρια

Το πρώτο μέρος του Παραρτήμαος Α (**Α1**), 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)

Πίνακας Α1.1 – Προτεινόμενες τιμές των συντελεστών ψ για κτήρια *[A1.2.2]*

Δράσεις	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Επιβαλλόμενα φορτία σε κτήρια, κατηγορία (βλέπε ΕΝ 1991-1-1)			
Κατηγορία Α: κατοικίες, συνήθη κτήρια κατοικιών	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία Β: 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 Ε: 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 Η: στέγες	0	0	0
Φορτία χιονιού επάνω σε κτήρια (βλέπε ΕΝ 1991-1-3)*			
Φιλανδία, Ισλανδία, Νορβηγία, Σουηδία	0,70	0,50	0,20
Υπόλοιπα Κράτη Μέλη του CEN για τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο Η > 1000 m	0,70	0,50	0,20
Υπόλοιπα Κράτη Μέλη του CEN για τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο Η ≤ 1000 m	0,50	0,20	0
Φορτία ανέμου σε κτήρια (βλέπε ΕΝ 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Θερμοκρασία (μη-πυρκαϊάς) σε κτήρια (βλέπε ΕΝ 1991-1-5)	0,6	0,5	0
ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι τιμές ψ μπορούν να καθορισθούν από το Εθνικό Προσάρτημα. * Για χώρες οι οποίες δεν αναφέρονται παρακάτω, βλέπε συναφείς τοπικές συνθήκες.			

Σημείωση : *Δεν υπάρχει διαφοροποίηση στο ΕΠ ως προς το ΕΝ 1990*

Οριακές καταστάσεις αστοχίας

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 Α1.2(Α) (**EQU– Ομάδα Α**) , Α1.2(Β) (**STR/GEO – Ομάδα Β**) και Α1.2(Γ) (**STR/GEO – Ομάδα Γ**).
- Για τυχηματικές και σεισμικές καταστάσεις σχεδιασμού : Πίνακας Α1.3

Κατά την εφαρμογή των Πινάκων Α1.2(Α) έως Α1.2(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 Α1.2(Α).

Ο σχεδιασμός δομικών μελών (STR) που δεν περιλαμβάνει γεωτεχνικές δράσεις θα πρέπει να ελέγχεται χρησιμοποιώντας τις τιμές σχεδιασμού δράσεων από τον πίνακα Α1.2(Β).

Ο σχεδιασμός δομικών μελών (πεδίλων 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 ΕΝ 1997:

- Προσέγγιση 1: Εφαρμόζοντας σε ξεχωριστούς υπολογισμούς τιμές σχεδιασμού από τον Πίνακα Α1.2(Γ) και τον Πίνακα Α1.2(Β) στις γεωτεχνικές δράσεις καθώς και τις άλλες δράσεις που εξασκούνται στον ή από τον φορέα. Στις συνήθεις περιπτώσεις, η διαστασιολόγιση των θεμελιώσεων εξαρτάται από τον Πίνακα Α1.2(Γ) και η αντίσταση του φορέα από τον Πίνακα Α1.2(Β).

- Προσέγγιση 2: Εφαρμόζοντας τιμές σχεδιασμού από τον Πίνακα Α1.2(Β) στις γεωτεχνικές δράσεις καθώς και στις άλλες δράσεις που εξασκούνται επάνω στον ή από τον φορέα.

- Προσέγγιση 3: Εφαρμόζοντας τιμές σχεδιασμού από τον Πίνακα Α1.2(Γ) στις γεωτεχνικές δράσεις και ταυτοχρόνως, εφαρμόζοντας επιμέρους συντελεστές από τον Πίνακα Α1.2(Β) 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 ΕΝ 1997 (και στις αντίστοιχες εκπαιδευτικές σημειώσεις).

Πίνακας Α1.2(Α) Τιμές σχεδιασμού δράσεων (EQU) (Ομάδα Α)
(δεν τροποποιείται στο ΕΠ και παραμένει ως έχει).

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 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: Ως εναλλακτική περίπτωση για τους δύο ξεχωριστούς ελέγχους βάσει των Πινάκων Α1.2(Α) και Α1.2(Β), σε περιπτώσεις στις οποίες ο έλεγχος της στατικής ισορροπίας αφορά την αντίσταση των δομικών μελών, μπορεί να υιοθετηθεί ένας συνδυασμένος έλεγχος, βάσει του Πίνακα Α1.2(Α), 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 Α1.2(Β) Τιμές σχεδιασμού δράσεων (STR/GEO) (Ομάδα Β)

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

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

(*) 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 όπου δυσμενής (0 όπου ευνοϊκή)
$\gamma_{Q,i}$ = 1,50 όπου δυσμενής (0 όπου ευνοϊκή)
ξ = 0,925
Βλέπε επίσης ΕΝ 1991 έως ΕΝ 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 ίδιον 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 στον συντελεστή αβεβαιότητας του προσομοιώματος γ_{SD}. Στις πλέον συνήθεις περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί τιμή του γ_{SD} μεταξύ 1,05 και 1,15 .

<u>Σημείωση:</u> *Εχει επιλεγεί ως τιμή του συντελεστή ξ η ενδιάμεση μεταξύ των προτεινομένων ορίων 1,00 και 0,85, δηλ. ξ = 0,925 (πρβλ. προηγούμενα σχετικά σχόλια)*

Πίνακας Α1.2(Γ) Τιμές σχεδιασμού δράσεων (STR/GEO) (Ομάδα Γ)
(δεν τροποποιείται στο ΕΠ και παραμένει ως έχει)

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

Πίνακας Α1.3 Τιμές σχεδιασμού δράσεων στους συνδυασμούς τυχηματικών και σεισμικών δράσεων

Στο ΕΠ : Για την κύρια συνοδευτική μεταβλητή δράση στον τυχηματικό συνδυασμό, θα χρησιμοποιείται ο συντελεστής ψ_2. Ως εκ τούτου θα έχουμε $\psi_{2,1}Q_{\kappa,1}$ και όχι $\psi_{1,1}Q_{\kappa,1}$. Κατά τα άλλα ο Πίνακας Α1.3 παραμένει ως έχει.

Καταστάσεις σχεδιασμού	Μόνιμες Δράσεις		Κυρίαρχη τυχηματική ή σεισμική δράση	Συνοδευτικές μεταβλητές δράσεις (**)	
	Δυσμενείς	Ευνοϊκές		Κύρια (εάν υφίσταται)	Άλλες
Τυχηματικές (*) (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 ΕΝ 1991-1-2.
(**) Μεταβλητές δράσεις είναι αυτές που εξετάζονται στον Πίνακα Α1.1.

Οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας

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 A1.4 – Τιμές Σχεδιασμού δράσεων για χρήση κατά τον συνδυασμό δράσεων

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

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 Α2 του Παραρτήματος Α περιέχονται αντίστοιχοι πίνακες για γέφυρες.

EN1990 Παράρτημα Β: Διαχείριση της δομικής αξιοπιστίας στις κατασκευές

Σ' ότι αφορά το **Παράρτημα Β** έχει γίνει ήδη εκτενής αναφορά στην *[2.2]* για τη διαχείριση αξιοπιστίας. Η επεξήγηση των βάσεων ανάλυσης αξιοπιστίας για την εφαρμογή της μεθόδου των επιμέρους συντελεστών περιέχονται στο **Παράρτημα Γ**, χαρακτηριστικά αποσπάσματα του οποίου παρατίθενται στα επόμενα.

EN1990 Παράρτημα Γ: Βάσεις για τον σχεδιασμό με την μέθοδο των επιμέρους συντελεστών και για την ανάλυση της αξιοπιστίας

Αντικείμενο και πεδίο εφαρμογών

Το παράρτημα αυτό παρέχει πληροφορίες καθώς και το θεωρητικό υπόβαθρο για την μέθοδο των επιμέρους συντελεστών, η οποία περιγράφεται στο 6° 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

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)]*:

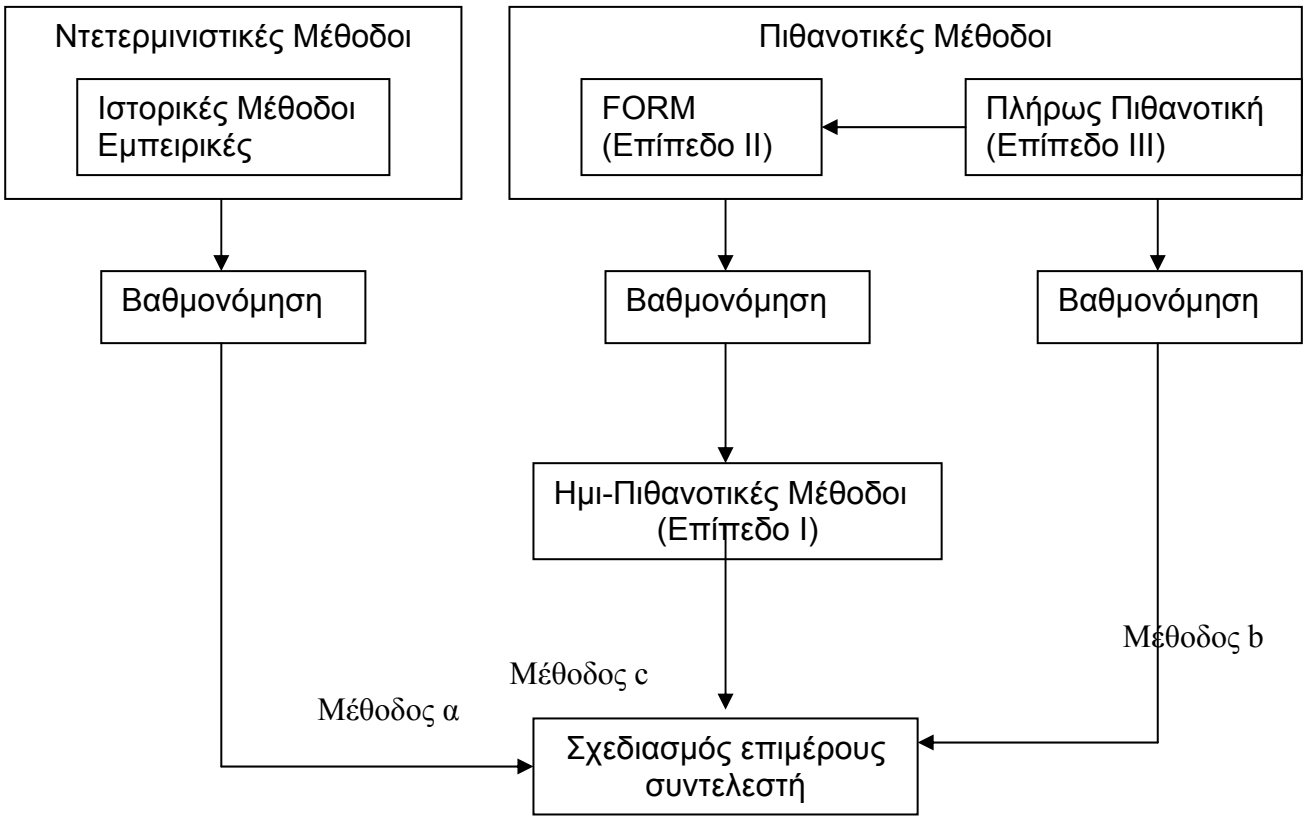
i) Με βάση βαθμονόμηση μιας μακροχρόνιας εμπειρίας και παράδοσης στον τομέα των κατασκευών.

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.

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 (**F**irst **O**rder **R**eliablity **M**ethods - FORM), οι οποίες δεν είναι τόσο πολύπλοκες και μπορούν να οδηγήσουν στην πλειονότητα των περιπτώσεων σε επαρκώς ακριβή αποτελέσματα



Και στις δύο μεθόδους Επιπέδου ΙΙ και Επιπέδου ΙΙΙ 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 προ-καθορισμένη επιδιωκόμενη τιμή P_0, τότε ο φορέας θα πρέπει να θεωρηθεί μη-ασφαλής.

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

$$P_f = \Phi(-\beta)$$

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

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:

$$P_f = \Pr ob(g \le 0)$$

όπου $g = R - E$, 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.

Στην περίπτωση αυτή ο δείκτης β μπορεί να εκφραστεί από τη σχέση :

$$\beta = \frac{\mu_g}{\sigma_g}$$

όπου:

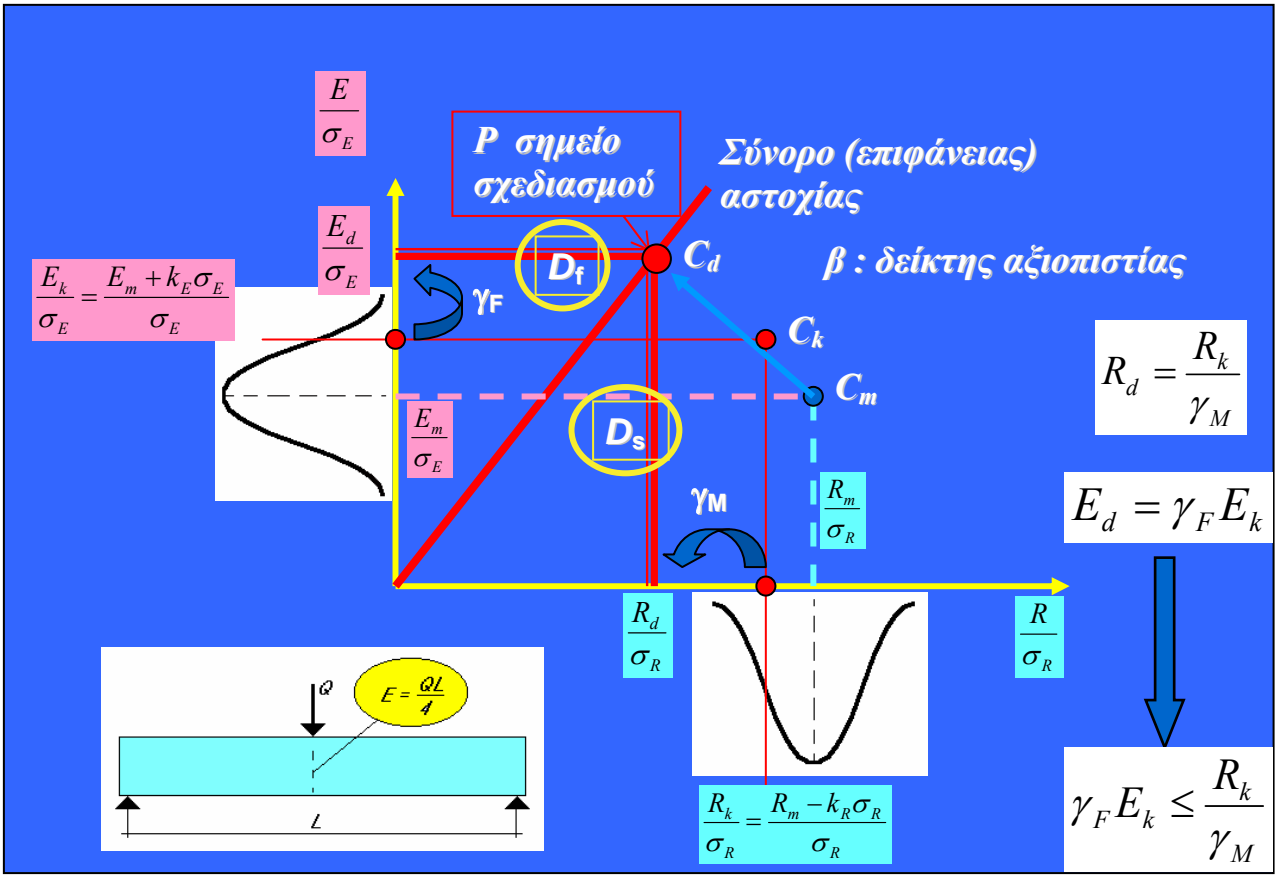
μ_g είναι η μέση τιμή του g, και

σ_g είναι η τυπική απόκλισή του,

έτσι ώστε: $\mu_g - \beta\sigma_g = 0$

και: $P_f = \Pr ob(g \le 0) = \Pr ob(g \le \mu_g - \beta\sigma_g)$

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



Σχήμα … Αντιπροσωπευτικές τιμές μεταβλητών δράσεων (από το Designer guide to EN 1990, των H. Gulvnanesssian, J-A Calgaro και M Holicky)

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 ανηγμένων (αδιάστατων) μεγεθών, διαιρώντας 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,(**D**omain **s**afe) και την ανασφαλή (περιοχή αστοχίας, πάνω και αριστερά), συμβολικά D_f. (**D**omain of **f**ailure).

Στο παρελθόν τόσον 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 εκφρασθεί από τη σχέση :

$\bar{\gamma} = \frac{\mu_R}{\mu_E}$ (> 1, 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 – τόσον 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 :

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

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 :

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

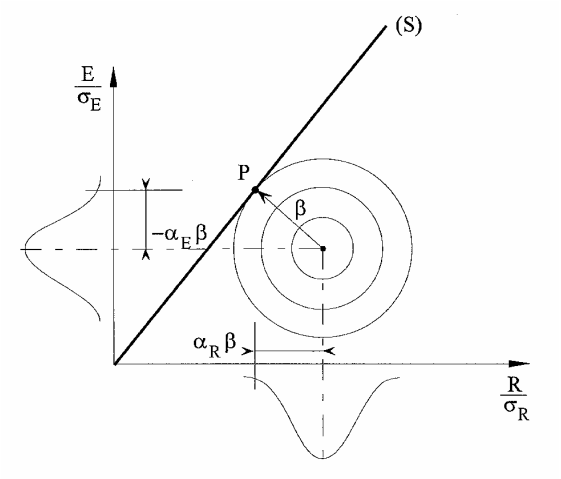
όπου $-k_R\,\sigma_R$ και $+k_E\,\sigma_E$, αντίστοιχα, οι αποστάσεις των χαρακτηριστικών τιμών από τις μέσες τιμές. Ο σχετικός έλεγχος θα περιοριζόταν στην απευθείας σύγκριση των χαρακτηριστικών τιμών που θα οδηγούσε στο σημείο $\boldsymbol{C_k}$, θα είχε δε τη μορφή :

$E_k \leq R_k$

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

$E_d \leq R_d$, ήτοι $\quad \gamma_F E_k \leq \frac{R_k}{\gamma_M} \quad \Rightarrow \quad \gamma_F \times \gamma_M \leq \gamma_k$

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 ορισθεί 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

Σημείο σχεδιασμού και δείκτης αξιοπιστίας *β* σύμφωνα με την μέθοδο αξιοπιστίας 1ης τάξης (FORM) για κανονικά κατανεμημένες 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:

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

$$P(R \le R_d) = \Phi(-\alpha_R \beta)$$ *[(Εξ.Γ.6β)]*

όπου:

β	είναι ο δείκτης της επιδιωκόμενης αξιοπιστίας (βλέπε Γ6)
α_E και α_R με $\lvert\alpha\rvert\le 1$	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:

$$0{,}16 < \sigma_E / \sigma_R < 7{,}6$$ *[(Εξ.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:

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

$$P(R \le R_d) = \Phi(-0{,}8\beta)$$ *[Εξ.(Γ.8β)]*

Για περιπτώσεις όπου δεν ικανοποιείται η *[Εξ.(Γ.7)]*, για τη μεταβλητή με την μεγαλύτερη τυπική απόκλιση το 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 *[Εξ.(Γ.8α)]* θα πρέπει να χρησιμοποιείται <u>μόνο για την κύρια μεταβλητή</u>. Για τις συνοδευτικές δράσεις οι τιμές σχεδιασμού μπορούν να ορίζονται από:

$$P(E > E_d) = \Phi(-0{,}4x0{,}7x\beta) = \Phi(-0{,}28\beta) \qquad \textit{[Εξ. (Γ.9)]}$$

<u>ΣΗΜΕΙΩΣΗ:</u> *Για β=3,8 οι τιμές οι οποίες ορίζονται από την [Εξ. (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]*.

EN1990 Παράρτημα Δ: Σχεδιασμός με την 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.

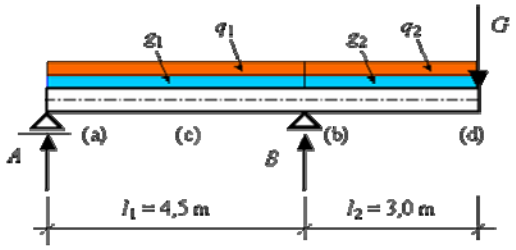
EN1990 Παραδείγματα

Παρουσιάζονται στη συνέχεια δύο ενδεικτικά παραδείγματα που αφορούν τους συνδυασμούς φορτίσεων για τους ελέγχους ριακών καταστάσεων. *Τα παραδείγματα αυτά είναι από το «HANDBOOK 1, BASIS OF STRUCTURAL DESIGN, Guide to Interpretative Documents for Essentaial Requirements to EN 1990 and to application and use of Eurocodes», Leonardo da Vinci Pilot Project CZ/02/B/F/PP-134007, Garston, Watford, UK, 2004*

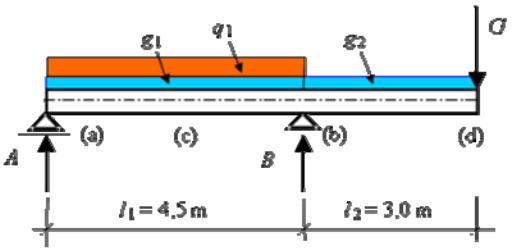
<u>Μονοπροέχουσα δοκός</u>

Δράσεις : g_1, g_2 = 15 kN m , q_1, q_2 = 9 kN m, G = 6 kN

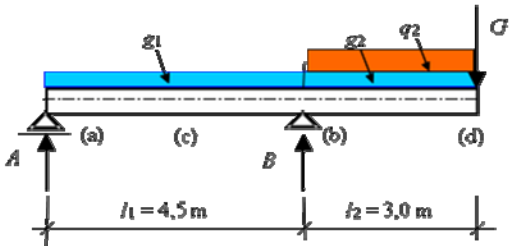
Ελάχιστη καμπτική ροπή στο (b) και αντίδραση στήριξης B



Μέγιστη καμπτική ροπή στο (c)



Στατική ισορροπία (ελάχιστη αντίδραση στο A)

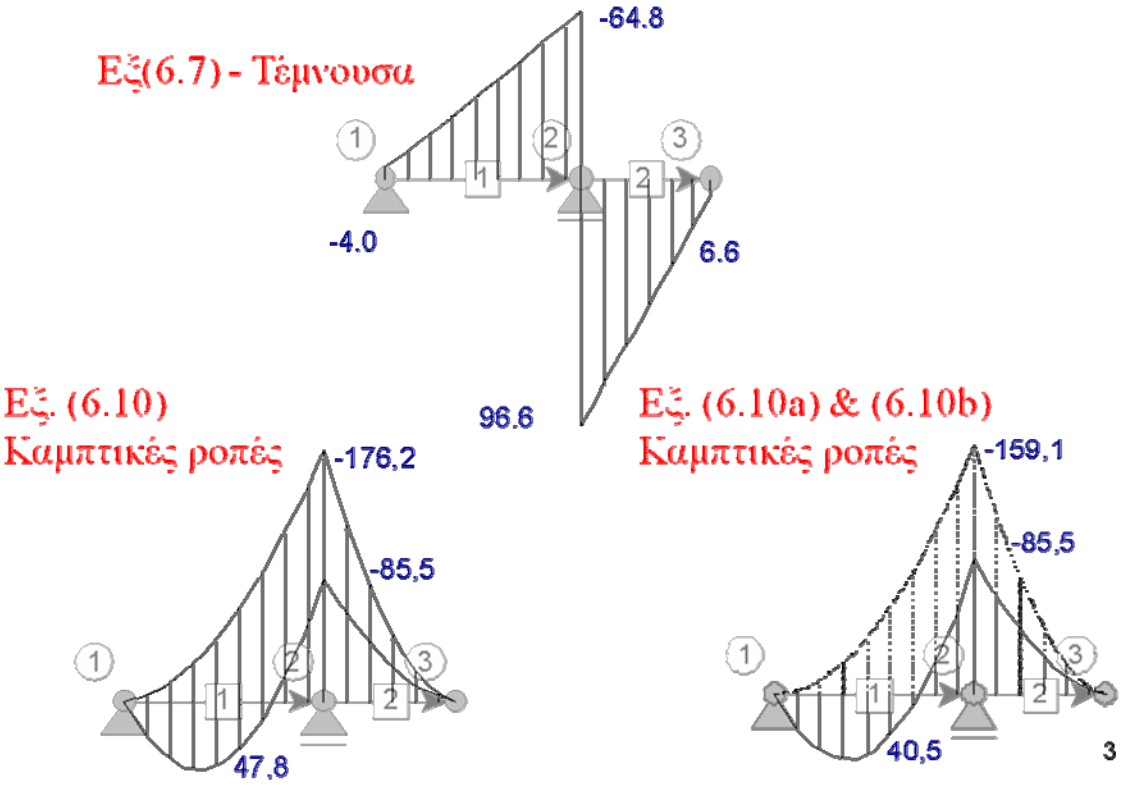


Περίπτωση Φόρτισης	Διατομή Ακρότατου	Οριακή Κατάσταση	Συντελεστές δράσεων ($\gamma \times \psi$)				
			g_1	g_2	q_1	q_2	G
1	A	EQU (6.7)	0.9 1.00	1.1 1.00	-	1.50	1.1 1.00
2	A	EQU (6.7)	0.85 1.35	1.35	-	1.50	1.35
3	A	EQU (6.7)	1.00	1.00	-	1.50	1.00
4	(c)	STR (6.10)	1.35	1.00	1.50	-	1.00
6	(c)	STR (6.10a)	1.35	1.00	0.7 - 1.50	-	1.00
7	(c)	STR (6.10b)	0.85 1.35	1.00	1.50	-	1.00
10	(c)	STR (6.10a) φοπ.)	1.35	1.00	-	-	1.00
12	-	ΟΚΛ μη-ανωστρ. (6.14)	1.00	1.00	1.00	-	1.00
14	-	ΟΚΛ μακροχρ. (6.16)	1.00	1.00	0.3 - 1.00	-	1.00

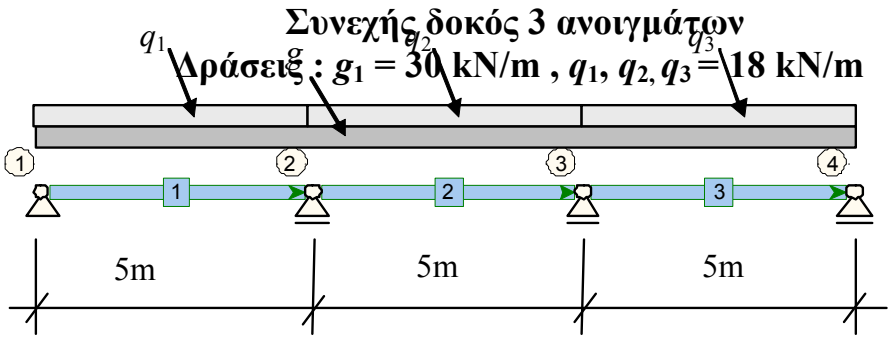
<u>Σημείωση :</u> *Σκόπιμα έχει χρησιμοποιηθεί στις εξισώσεις (6.10b)η ελάχιστη τιμή ξ = 0,85 που είναι και η συνιστώμενη από τον Ευρωκώδικα, αντί της υιοθετηθείσας στο ΕΠ τιμής ξ=0,925, προκειμένου*

να καταδειχθεί η μέγιστη δυνατή απόκλιση μεταξύ της εξ. (6.10) και του ζεύγους των εξισώσεων (6.10a) και 6.10b).

Αποτελέσματα Δράσεων

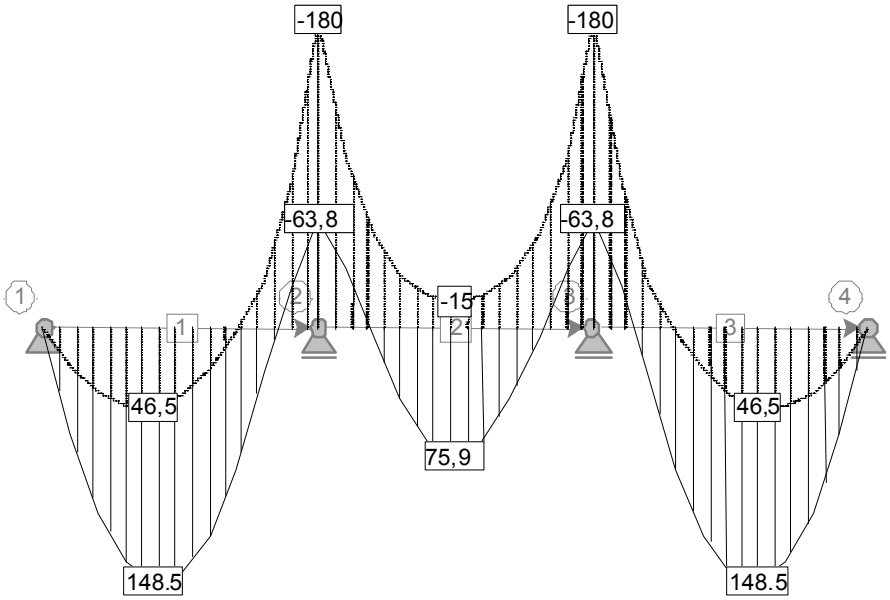


Συνεχής δοκός 3 ανοιγμάτων



Περίπτ Φόρτ	Διατομή Ακροτ.	Οριακή Κατάσταση		Συντελεστές Δράσεων (γεφ ή γεν)			
				g	q_1	q_2	q_3
1	(e)	ΟΚΑ	(6 10)	1.35	1.50	-	1.50
2	(f)	ΟΚΑ	(6 10)	1.35	-	1.50	-
3	(b)	ΟΚΑ	(6.10)	1.35	1.50	1.50	-
5	(b)	ΟΚΑ	(6 10a)	1.35	0.7 1.50	0.7 1.50	-
6	(b)	ΟΚΑ	(6.10b)	0.85 1.35	1.50	1.50	-
11	(f)	ΟΚΑ	(6.10a)	1.35	-	0.7 1.50	-
12	(f)	ΟΚΑ	(6 10b)	0.85 1.35	-	1.50	-
13	-	ΟΚΑ	τροπ (6.10a)	1.35	-	-	-
14	-	ΟΚΑ	(6.14)	1.00	1.00	-	1.00
15	-	ΟΚΑ	(6.14)	1.00			

Καμπτικές ροπές – Εξ. (6.10)



ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝ1991: ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΡΟΣ 1-1: ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ – ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ, ΙΔΙΟΝ ΒΑΡΟΣ, ΕΠΙΒΑΛΛΟΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ ΣΕ ΚΤΗΡΙΑ

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

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

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 (φορτιζομένων 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 ελικοπτέρων
- Σε παραρτήματα, εκτεταμένος κατάλογος για τις ονομαστικές πυκνότητες υλικών και αποθηκευόμενων προϊόντων και τις γωνίες εσωτερικής τριβής, κατά περίπτωση

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

Εθνικό Προσάρτημα για το ΕΝ 1991-1-1

Εθνικές επιλογές επιτρέπονται μέσα από τις ακόλουθες παραπομπές στο ΕΝ 1991-1-1:

- 2.2(3),
- 5.2.3(1) έως 5.2.3(5),
- 6.3.1.1 (Πίνακας 6.1),
- 6.3.1.2(1)P (Πίνακας 6.2),
- 6.3.1.2(10) & (11),
- 6.3.2.2(3),
- 6.3.2.2(1) (Πίνακας 6.8),
- 6.3.4.2 (Πίνακας 6.10) και
- 6.4(1)P (Πίνακας 6.12)

EN1991-1-1: Κεφάλαιο 1^{O}: Γενικά

Πεδίο εφαρμογής

Ηδη στην Εισαγωγή έγινε κατ' ουσίαν μνεία του πεδίου εφαρμογής του EN 1991-1-1, όπως εξάλλου προκύπτει και από τον Πίνακα Περιεχομένων. Ειδικότερες αναφορές γίνονται στα επόμενα.

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.

Διάκριση μεταξύ Αρχών και Κανόνων Εφαρμογής

Η διάκριση αυτή επεξηγείται στην οικεία παράγραφο *[1.3]* του EN 1990 και δεν επαναλαμβάνεται εδώ.

Οι ορισμοί που αφορούν ειδικά το EN 1991-1-1 δίδονται στην παρ. *[1.4]* τα δε σύμβολα στην παρ. *[1.5]*.

EN1991-1-1: Κεφάλαιο 2^{O}: Κατηγοριοποίση των δράσεων

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.

Ίδιον βάρος

Το ίδιον 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 ιδίου βάρους θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι **ανώτατες και κατώτατες χαρακτηριστικές τιμές**.

ΠΡΟΣΟΧΗ όμως, αν υπάρχει ενδεχόμενο **χωρικής διακύμανσης**, 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.

Επιβαλλόμενα φορτία

Τα επιβαλλόμενα φορτία (σε κτήρια) 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 ΕΝ 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)]*.

ΕΝ1991-1-1: Κεφάλαιο 3°: Κατάστάσεις σχεδιασμού

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

Μόνιμα φορτία

Το **συνολικό** ίδιον βάρος των φερόντων και μη-φερόντων στοιχείων θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ως **μία μόνο δράση** στους συνδυασμούς δράσεων (πρβλ. ΕΝ 1990, *[Πίνακας 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.

Επιβαλλόμενα φορτία

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 κτήρια 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 ΕΝ 1990, θα εφαρμόζεται **μόνο ένας** από τους δύο συντελεστές ψ *[ΕΝ 1990, Πίνακας Α.1.1]* και α_n *[6.3.1.2(11)]*.

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.

EN1991-1-1: Κεφάλαιο 4°: Πυκνότητες υλικών

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)]*.

EN1991-1-1: Κεφάλαιο 5°: Ιδιον βάριος των κατασκευών

Δομητικά προσομοιώματα

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 (Η/Μ εγκαταστάσεις), όπως λ.χ. εξοπλισμό για ανελκυστήρες και κυλιόμενες σκάλες, εξοπλισμό θέρμανσης-εξαερισμού-κλιματισμού, ηλεκτρικό εξοπλισμό, σωλήνες χωρίς το περιεχόμενού 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)]*.

Χαρακτηριστικές τιμές ίδιου βάρους

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

EN1991-1-1: Κεφάλαιο 6°: Επιβαλλόμενα φορτία σε κτήρια

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]*.

<u>Κύριες κατηγορίες χρήσης</u>

- 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 (εκτός από γέφυρες, 2 κατηγορίες : F και G)
- Στέγες (3 κατηγορίες : H, I και K)

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

Κατηγορία	Συγκεκριμένη Χρήση	Παράδειγμα
A	**Χώροι διαμονής**	Δωμάτια σε κτήρια κατοικιών και σπίτια. Θάλαμοι και πτέρυγες σε νοσοκομεία. Υπνοδωμάτια σε ξενοδοχεία και ξενώνες, κουζίνες και τουαλέτες.
B	**Χώροι γραφείων**	
C	**Χώροι στους οποίους οι άνθρωποι μπορεί να συναθροισθούν** (με εξαίρεση τους χώρους που κατατάσσονται στις κατηγορίες A,B, και D[1)])	**C1**: Χώροι με τραπέζια κλπ. Π.χ. σχολικοί χώροι, νηπιαγωγεία, καφενεία, εστιατόρια, αίθουσες φαγητού, αναγνωστήρια, 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, εκθεσιακοί 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, βλέπε 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]*

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 ίδιον 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 ίδιον βάρος των χωρισμάτων κατά τον ακόλουθο τρόπο:

- για μετακινήσιμα χωρίσματα με ίδιον βάρος ≤1,0 kN/m μήκους τοίχου: q_k=0,5 kN/m^2
- για μετακινήσιμα χωρίσματα με ίδιον βάρος >1,0 kN/m και ≤2,0 kN/m μήκους τοίχου: q_k=0,8 kN/m^2
- για μετακινήσιμα χωρίσματα με ίδιον βάρος >2,0 kN/m και ≤3,0 kN/m μήκους τοίχου: q_k=1,2 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)]*.

Διατάξεις φορτίων

Οριζόντια στοιχεία (πλάκες δαπέδων και στεγών, δοκοί)

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: $\alpha_A \geq 0{,}6$:

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

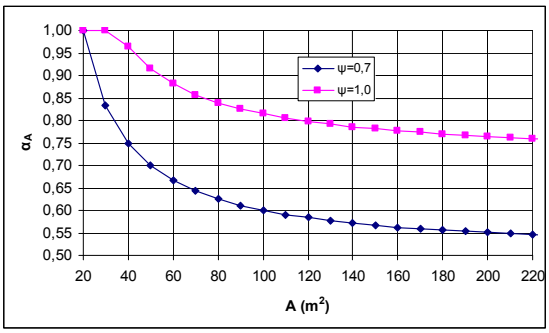
όπου:

ψ_0 είναι ο συντελεστής σύμφωνα με το *[EN 1990, Παράρτημα A1, Πίνακας A1.1]*
A_0 = 10,0m^2
A είναι η φορτιζόμενη επιφάνεια
Σημείωση : *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. A.1*

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			
Κατηγορία C: χώροι συνάθροισης	0,7	0,5	0,3
Κατηγορία D: χώροι καταστημάτων	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία E: χώροι αποθήκευσης	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία F: χώροι κυκλοφορίας οχημάτων βάρος οχημάτων ≤ 30kN	1,0	0,9	0,8
Κατηγορία G: χώροι κυκλοφορίας οχημάτων 30kN < βάρος οχημάτων ≤ 160kN	0,7	0,7	0,6
Κατηγορία H: στέγες	0,7 0	0,5 0	0,3 0
Φορτία χιονιού επάνω σε κτήρια (βλέπε EN 1991-1-3)*			
Φιλανδία, Ισλανδία, Νορβηγία, Σουηδία	0,70	0,50	0,20
Υπόλοιπα Κράτη Μέλη της CEN για τοποθεσίες που βρίσκονται σε υψόμετρο H > 1000 m	0,70	0,50	0,20
Υπόλοιπα Κράτη Μέλη της 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-πυρκαγιάς) σε κτήρια (βλέπε EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

Αμέσως στη συνέχεια παρουσιάζονται σε πινακοποιημένη μορφή σε διάγραμμα οι τιμές του α_A για διάφορα εμβαδά φορτιζόμενης επιφάνειας, τόσο για τη συνήθη τιμή ψ_0 = =0,7, όσο και για τη σπανιότερη περίπτωση με ψ_0 = 1,0.

A (m^2)	α_A (EN 1991-1-1 με ψ_0 = 0,7)	α_A (EN 1991-1-1 με ψ_0 = 1,0)
40	0,75	0,96
80	0,63	0,84
120	0,59	0,80
160	0,56	0,78
240	0,54	0,76



Κατακόρυφα στοιχεία (υποστυλώματα και τοιχία)

Γενικά για το σχεδιασμό υποστυλωμάτων και τοιχίων 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 *[εξ. (6.2)]*:

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

όπου:

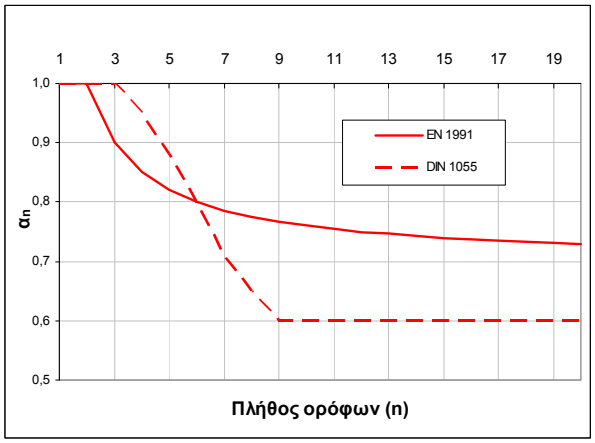
n είναι ο αριθμός των ορόφων (>2), της ίδιας κατηγορίας, που βρίσκονται πάνω από τα εξεταζόμενα φέροντα δομικά στοιχεία.

ψ_0 είναι ο συντελεστής σύμφωνα με το *[EN 1990, Παράρτημα A1, Πίνακας A1.1]*

Σημείωση : *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 ψ_0 = 0,7) τιμές του α_n συναρτήσει του πλήθους των ορόφων. Παραπλεύρως φαίνεται η σύγκριση με το αντίστοιχο DIN.

n	α_n (με ψ_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



Χώροι για αποθήκευση και βιομηχανικές δραστηριότητες

Οι χώροι αυτοί σύμφωνα με το ΕΠ που δεν αφίσταται του Ευρωκώδικα θα διαιρούνται σε δύο κατηγορίες *[Πίν. 6.3* και *6.4]*:

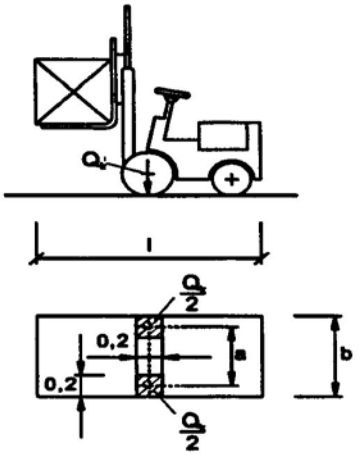
Κατηγορία	Συγκεκριμένη χρήση	Παράδειγμα
E1	**Χώροι κατάλληλοι για συγκέντρωση αγαθών, συμπεριλαμβανομένων των χώρων πρόσβασης** *Με τις ακόλουθες τιμές δράσεων:* ***q_k = 7,5 kN/m^2*** *και* ***Q_k= 7,0 kN***	Χώροι για αποθηκευτική χρήση συμπεριλαμβανομένης της αποθήκευσης βιβλίων και άλλων εγγράφων.
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 **περονοφόρα 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 :

Κατηγορία περονοφόρου ανυψωτικού μηχανήματος	Καθαρό Βάρος [kN]	Φόρτιση ανύψω-σης [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



Φυσικά τα υπόψη συγκεντρωμένα φορτία θα συνδυάζονται κατάλληλα με τα λοιπά επιβαλλόμενα κατανεμημένα φορτία. Στην περίπτωση πάντως περονοφόρων 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)]*:

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

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 :

φ= 1,40 για ελαστικά με κενό αέρος
φ= 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).

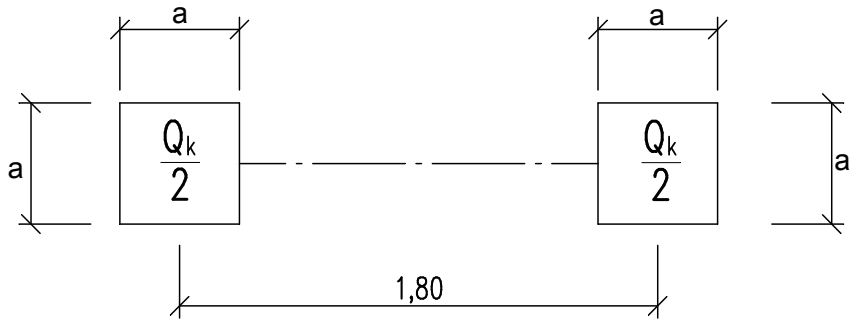
Σ' ότι αφορά **οχήματα μεταφοράς** που κινούνται ελεύθερα πάνω σε δάπεδα ή καθοδηγούνται πάνω σε ράγες, οι δράσεις τους θα πρέπει να προσδιορίζονται με χρήση κατάλληλου προσομοιώματος για τα φορτία τροχών (τιμές, διάταξη κλπ.). Ανάλογη αντιμετώπιση θα γίνεται για τα **οχήματα** ή τον ειδικό εξοπλισμό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

Κτήρια στάθμευσης και χώροι οδικής κυκλοφορίας (πλην των γεφυρών]

Στο ΕΝ 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:*

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, στεγασμένοι και υπαίθριοι
(G)	**Χώροι οδικής κυκλοφορίας και στάθμευσης για μέτρια οχήματα (>30kN, ≤ 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:



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.

Στέγες

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

Κατηγορίες φορτιζόμενων επιφανειών	**Συγκεκριμένη Χρήση**
Η	Στέγες **μη-προσβάσιμες** παρά μόνο για την κανονική συντήρηση και για επισκευή.
Ι	Στέγες **προσβάσιμες** για χρήση σύμφωνα με τις κατηγορίες Α έως D
Κ	Στέγες προσβάσιμες για **ειδικές χρήσεις**, όπως ελικοδρόμια

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

Στέγη (κλίση < 20°)	**q_k [kN/m^2]**	**Q_k [kN]**
Κατηγορία Η	**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 10m^2 .		

Και για τις στέγες θα πρέπει να πραγματοποιούνται ξεχωριστοί έλεγχοι για το συγκεντρωμένο φορτίο Q_k και το ομοιόμορφα κατανεμημένο 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 **Κ** οι δράσεις από τα ελικόπτερα στους χώρους προσγείωσης θα πρέπει να καθορίζονται σύμφωνα με τον επόμενο λαμβάνοντας υπόψη και δυναμικό συντελεστή φ=1,40 εφαρμοζόμενο στο φορτίο απογείωσης Q_k, προκειμένου να ληφθούν υπόψη τα αποτελέσματα της πρόσκρουσης.

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

Οριζόντια φορτία σε στηθαία και διαχωριστικούς τοίχους

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]*.

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 Β
Κατηγορία G	Βλέπε Παράρτημα Β
ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1: Για τους χώρους της κατηγορίας Ε τα οριζόντια φορτία εξαρτώνται από τη χρήση. Γι' αυτό η τιμή του q_k ορίζεται ως ελάχιστη τιμή, και θα πρέπει να ελέγχεται για την συγκεκριμένη χρήση.	

Στο **Παράρτημα Β** (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 κιγκλίδωμα και ομοιόμορφα κατανεμημένη κατά μήκος 1,5 μέτρου ενός κιγκλιδώματος χώρου στάθμευσης, που πρέπει να αντισταθεί στην πρόσκρουση ενός οχήματος, δίδεται από την ακόλουθη εξίσωση (βλ. και σχετικό σχήμα):

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

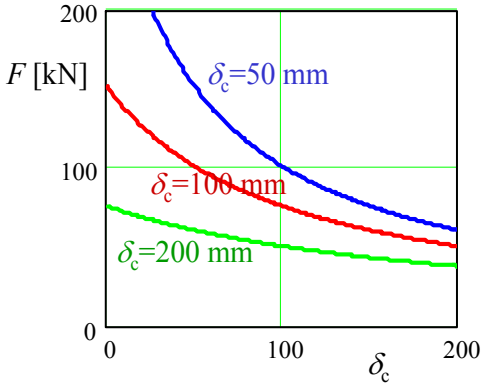
όπου:

m είναι το μικτό βάρος του οχήματος σε (kg)
v είναι η ταχύτητα του οχήματος (σε m/s) κάθετα προς το κιγκλίδωμα
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*:

m= 1500kg
v= 4,5m/s
δ_c= 100mm εκτός εάν είναι διαθέσιμα ακριβέστερα στοιχεία.

Με άνω όριο 150kN (δύσκαμπτο κιγκλίδωμα



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= 4,5m/s
δ_c= 100mm εκτός εάν είναι διαθέσιμα ακριβέστερα στοιχεία.

ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝ1991: ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΡΟΣ 1-3: ΧΙΟΝΙ

ΕΝ1991-1-3: Εισαγωγή

ΕΝ1991-1-3: Κεφάλαιο 1^{O}: Γενικά

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

1.2 Πεδίο εφαρμογής.
Για κτήρια και τεχνικά έργα μέχρι υψόμετρο 1500m. Για τοποθεσίες με υψόμετρο μεγαλύτερο από 1500m πρέπει να γίνεται ειδική μελέτη και αξιολόγηση. Ειδικότερα για την Ζώνη Γ ειδική μελέτη απαιτείται για υψόμετρο μεγαλύτερο από 1000m.

Ο Ευρωκώδικας αυτός δεν εφαρμόζεται για:
- Κρουστικά φορτία χιονιού που μπορεί να προκληθούν από ολίσθηση και πτώση χιονιού από μια υψηλότερη στέγη.
- Πρόσθετα φορτία ανεμοπιέσεως 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.

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 τυχηματική δράση, συνήθως μικρής διάρκειας αλλά σημαντικής έντασης με μικρή πιθανότητα εμφάνισης κατά την διάρκεια της ωφέλιμης διάρκειας της κατασκευής.

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 (βλ παρ. 3.3 και σχήμα 2 παρακάτω)

ΕΝ1991-1-3: Κεφάλαιο 2^{O}: Βασικές έννοιες, ορισμοί
Στον Ευρωκώδικα αυτό εισάγονται οι εξής έννοιες:

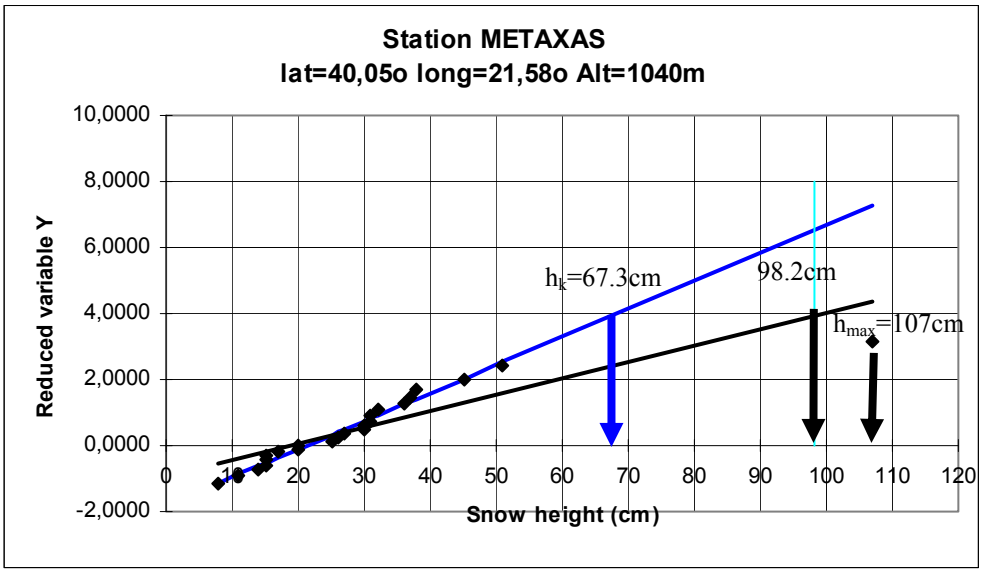
2.1 Χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού επί του εδάφους.
Είναι το φορτίο χιονιού στο έδαφος με ετήσια πιθανότητα υπέρβασης 2%, το οποίο προέκυψε μη λαμβάνοντας υπόψη τα «εξαιρετικά» φορτία χιονιού.

2.2 Εξαιρετικό φορτίο χιονιού επί του εδάφους.
Το φορτίο του στρώματος χιονιού επί του εδάφους, που είναι αποτέλεσμα μιας χιονοπτώσεως με εξαιρετικά σπάνια πιθανότητα εμφανίσεως. Σε ορισμένες περιοχές έχουν παρατηρηθεί εξαιρετικά έντονες 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.
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.

Παράδειγμα

Στο Σχήμα1 φαίνεται η στατιστική επεξεργασία του ύψους χιονιού για τον Σταθμό Μεταξάς. Η μέγιστη παρατηρηθείσα τιμή του ύψους χιονιού στο έδαφος είναι h_{max}=107cm ενώ όλες οι υπόλοιπες είναι σημαντικά μικρότερες (κάτω από 50cm). Αν ληφθούν υπόψη όλες οι τιμές προκύπτει χαρακτηριστική τιμή ύψους χιονιού στο έδαφος ίση προς 98.2cm. Αν δεν ληφθεί υπόψη η μέγιστη τιμή, τότε η χαρακτηριστική τιμή που προκύπτει είναι h_k=67.3cm. Ο λόγος h_{max}/ h_k=107/67.3=1.59>1.50 άρα η τιμή 107cm θεωρείται εξαιρετική τιμή.



Σχήμα 1. Παράδειγμα σταθμού στον οποίο παρατηρήθηκε εξαιρετική χιονόπτωση

2.3 Φορτίο χιονιού στην στέγη.

Η χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού επί της στέγης 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.

2.4 Μή παρασυρμένο φορτίο χιονιού επί της στέγης.

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

2.5 Παρασυρμένο φορτίο χιονιού επί της στέγης.

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.

2.6 Εξαιρετική παράσυρση-συσσώρευση φορτίου χιονιού επί της στέγης.

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.

EN1991-1-3: Κεφάλαιο 3°: Η φύση της δράσεως του χιονιού

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)[3] 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).

Είναι δηλαδή:
$s = \mu_i C_e C_t s_k$

3.2 Καταστάσεις σχεδιασμού.

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 1990, οι καταστάσεις σχεδιασμού κατατάσσονται ως εξής:
"**Με διάρκεια**"[4] αναφέρονται στην κανονική χρήση
"**Παροδικές**"[5] προσωρινές καταστάσεις που αναφέρονται στην φάση της ανέγερσης ή επισκευής
"**Τυχηματικές**"[6] αναφέρονται σε εξαιρετικές συνθήκες στις οποίες μπορεί να εκτεθεί η κατασκευή
"**Σεισμικές**"[7] 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 επόμενο Πίνακα):

		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: $s=\mu_i C_e C_t s_k$

[3] Επειδή το μέγεθος που μετριέται κατά τις μετεωρολογικές παρατηρήσεις είναι το φορτίο (σε ισοδύναμο ύδατος) ή το ύψος του χιονιού στο έδαφος
[4] Persistent design situations
[5] Transient design situations
[6] Accidental design situations
[7] Seismic design situations

Για τις οποίες οι συνδυασμοί είναι:

- Όταν η δράση του χιονιού είναι κύρια μεταβλητή δράση:

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

- Όταν η δράση του χιονιού είναι συνοδεύουσα δράση:

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

- 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:

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

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

- Περίπτωση Β1:
  - Χωρίς παράσυρση: $A_d=s=\mu_i C_e C_t C_{esl} s_k$
  - Με παράσυρση: $A_d=s=\mu_i C_e C_t C_{esl} s_k$
- Περίπτωση Β2:
  - Με παράσυρση: $A_d=s=\mu_i s_k$ (για στέγες του Παραρτήματος Β)
- Περίπτωση Β3:
  - Χωρίς παράσυρση: $A_d=s=\mu_i C_e C_t C_{esl} s_k$
  - Με παράσυρση: $A_d=s=\mu_i s_k$ (για στέγες του Παραρτήματος Β)

Η συνιστώμενη τιμή του συντελεστή εξαιρετικών φορτίων χιονιού είναι $C_{esl}=2.0$
Οι συνιστώμενες τιμές για τους συντελεστές ψ_0, ψ_1 και ψ_2 για την δράση του χιονιού δίνονται στον επόμενο πίνακα:

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 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:

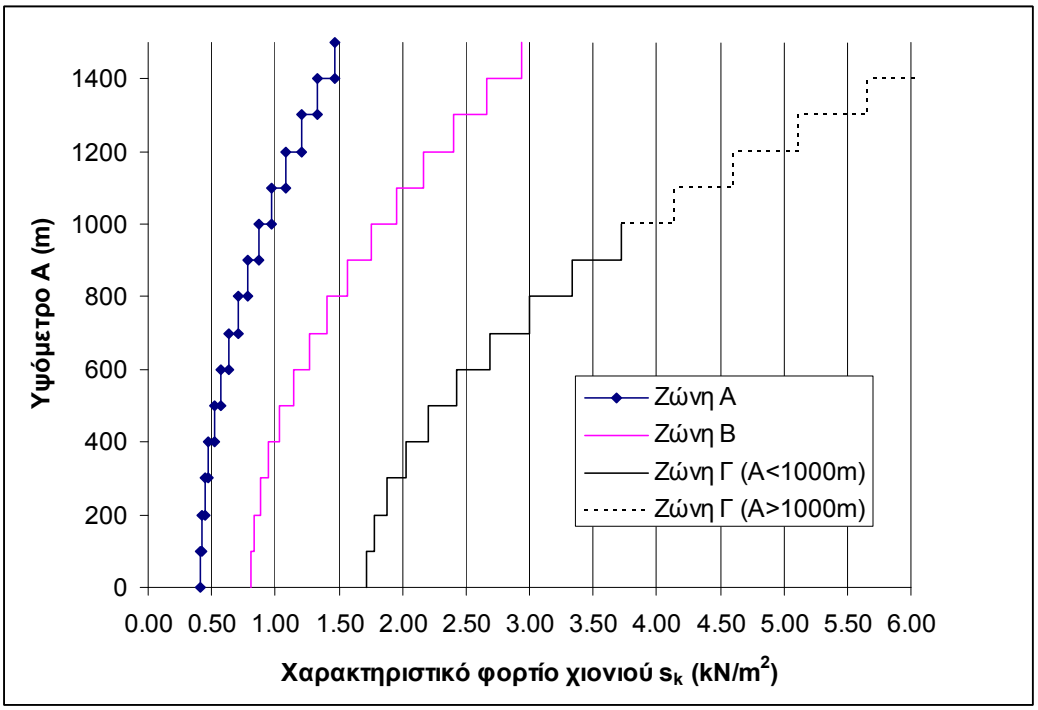
$$s_k = (0,420 * Z - 0,030)\left[1+\left(\frac{A}{917}\right)^2\right]$$

Όπου:
A το υψόμετρο της περιοχής σε m,
Z αριθμός που παίρνει τις τιμές 1, 2 και 4 για τις τρεις ζώνες A, B 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 φορτίου χιονιού στο έδαφος στην στάθμη της θάλασσας και το οποίο παίρνει τις τιμές 0.4, 0.8 και 1.7kPa για τις τρεις ζώνες A, B και Γ αντίστοιχα.
A είναι το υψόμετρο της περιοχής σε m το οποίο μετριέται με ακρίβεια 100m και στρογγυλεύεται στην αμέσως μεγαλύτερη εκατοντάδα (βλ Σχήμα 2 και Πίνακα 1).

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[8] μακροχρόνιων μετρήσεων (τουλάχιστον 20 ετών) 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 (διακεκομμένη γραμμή στο Σχήμα 1), αλλά οι τιμές που προκύπτουν είναι δυσανάλογα μεγάλες.



[8] Η συνήθης πρακτική, η οποία ακολουθήθηκε και για την σύνταξη των Ευρωπαϊκών χαρτών, συνίσταται στην επιλογή του πιθανοτικού προσομοιώματος, στην εκτίμηση των παραμέτρων και τέλος στον υπολογισμό της χαρακτηριστικής τιμής πιθανότητας 98%. Συγκεκριμένα, το μέγιστο ετήσιο φορτίο χιονιού στο έδαφος θεωρείται ότι ακολουθεί κατανομή ακροτάτων τύπου I (Gumbel), με αθροιστική συνάρτηση κατανομής: $F_S(s) = P(S < s) = e^{-e^{-\frac{s-u}{b}}}$, από τις μέγιστες ετήσιες τιμές εκτιμώνται οι παράμετροι u και b της κατανομής και τέλος η χαρακτηριστική τιμή υπολογίζεται από την σχέση s_k=u+3.90b

Σχήμα 2 Χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού στο έδαφος, s_k, συναρτήσει του υψομέτρου για τις τρεις ζώνες της Ελλάδος.

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικό φορτίο χιονιού στο έδαφος, s_k, συναρτήσει του υψομέτρου για τις τρεις ζώνες της Ελλάδος.

Υψόμετρο Α (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	0.40	0.80	
1500	Και άνω	Δεν καλύπτεται από τον Ευρωκώδικα		

3.4 Συντελεστής έκθεσης και θερμικός συντελεστής

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 2. Συνιστώμενες τιμές του C_e για διάφορα τοπογραφικά χαρακτηριστικά

Τοπογραφικά Χαρακτηριστικά	C_e
Εκτεθειμένο[9]	0,8
Κανονικό[10]	1,0
Προφυλαγμένο[11]	1,2

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 χαρακτηρισθεί ως κανονική με συντελεστή έκθεσης ίσο με 1,0.

Ομοίως ο θερμικός συντελεστής λαμβάνεται γενικώς ίσος με την μονάδα: C_t=1. Παρόλο που θεωρητικώς προβλέπεται η δυνατότητα και για τιμές του C_t μικρότερες της μονάδας ιδίως σε ορισμένες γυάλινες στέγες, όπου το χιόνι λιώνει λόγω των απωλειών θερμότητας, ωστόσο ούτε

[9] 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.

[10] Περιοχές όπου δεν υπάρχει σημαντική μετακίνηση του χιονιού από τον άνεμο στις κατασκευές, λόγω του φυσικού αναγλύφου, των υψηλότερων κατασκευών, ή των δέντρων.

[11] Περιοχές όπου η θεωρούμενη κατασκευή είναι σημαντικά χαμηλότερη από το φυσικό ανάγλυφο, ή περιβάλλεται από υψηλά δένδρα ή/και από υψηλότερες κατασκευές.

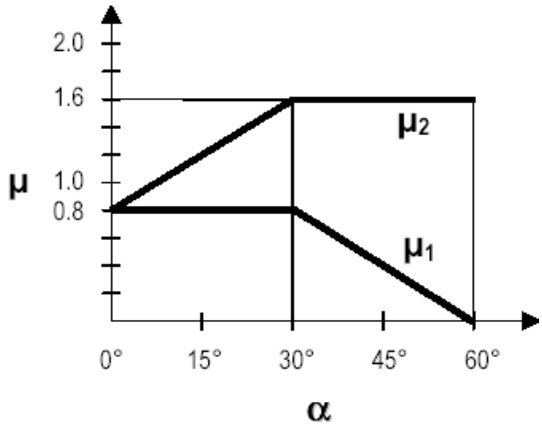
στον Ευρωκώδικα ούτε στο Εθνικό Προσάρτημα δίνονται τιμές μικρότερες της μονάδας. Σχετικώς αξίζει να σημειωθεί ότι δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις όπου σε μια μεγάλη χιονόπτωση παρατηρείται ταυτόχρονα και βλάβη στο σύστημα θέρμανσης (π.χ. από διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος, ή πάγωμα του πετρελαίου) οπότε στην περίπτωση αυτή θα έπρεπε ο θερμικός συντελεστής να ληφθεί ίσος με την μονάδα.

3.5 Συντελεστές σχήματος

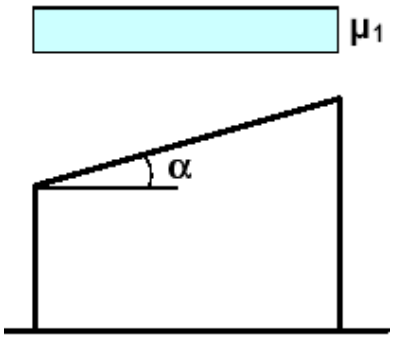
Οι συντελεστές σχήματος της στέγης χρησιμοποιούνται για την αναγωγή από το φορτίο χιονιού στο έδαφος σε φορτίο χιονιού στην στέγη. Γενικώς το φορτίο χιονιού στην στέγη εξαρτάται από:

- 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)

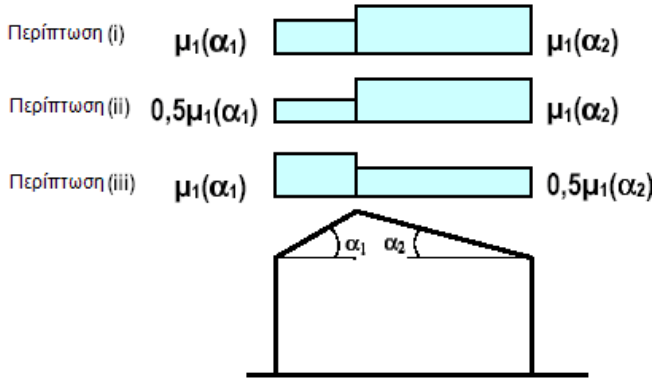
Οι συντελεστές σχήματος στέγης, μ, δίνονται στην παράγραφο 5.3 του Ευρωκώδικα για παρασυρμένο και για μη παρασυρμένο χιόνι για περιπτώσεις μη εξαιρετικής μετατόπισης. Για τις περιπτώσεις εξαιρετικής μετατόπισης του χιονιού οι συντελεστές σχήματος δίνονται στο Παράρτημα Β του Ευρωκώδικα.



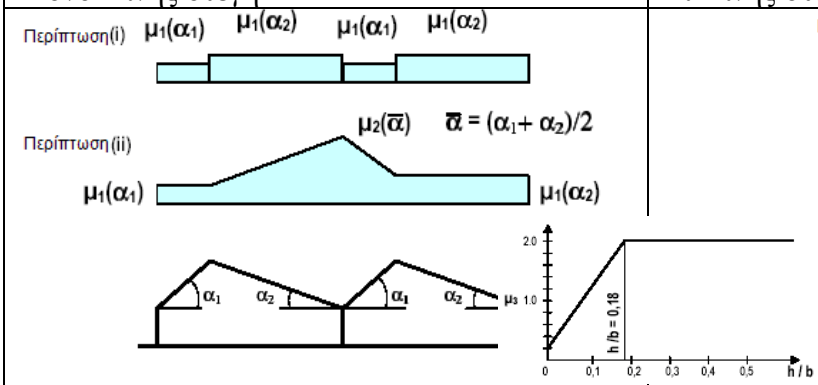
Σχήμα 3. Συντελεστές σχήματος



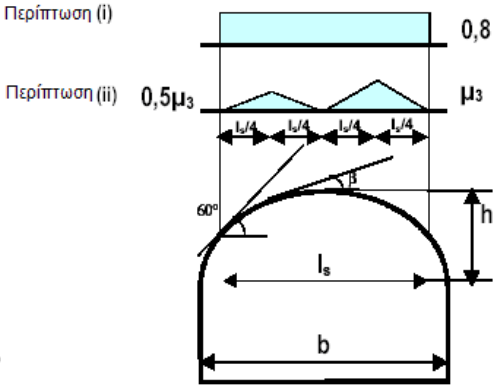
Μονοκλινής στέγη



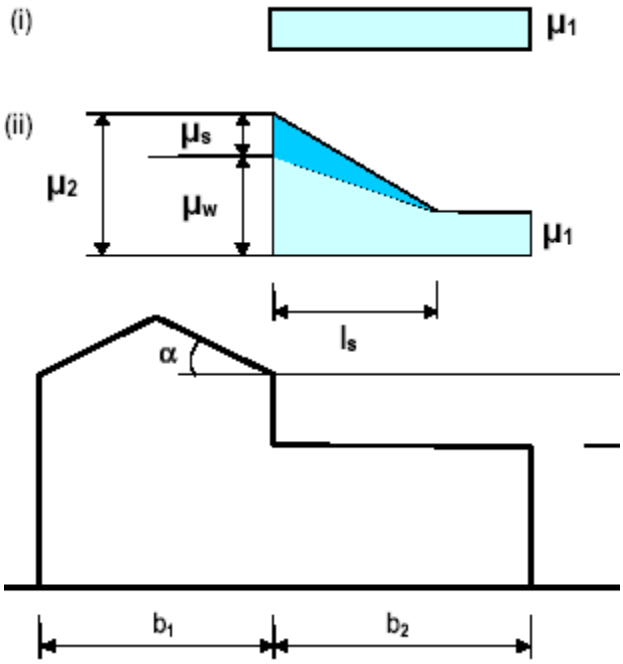
Δικλινής στέγη



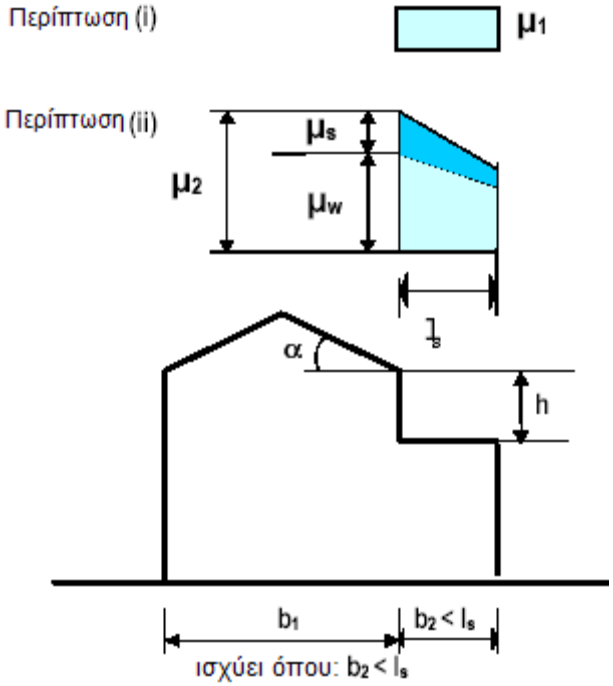
Στέγη πολλών ανοιγμάτων



Κυλινδρική στέγη



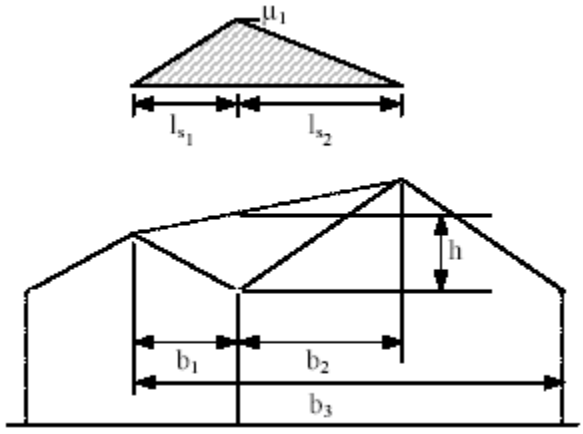
Μήκος απόθεσης μικρότερο από το μήκος της στέγης $l_s<b_2$



Μήκος απόθεσης μεγαλύτερο από το μήκος της στέγης $l_s>b_2$

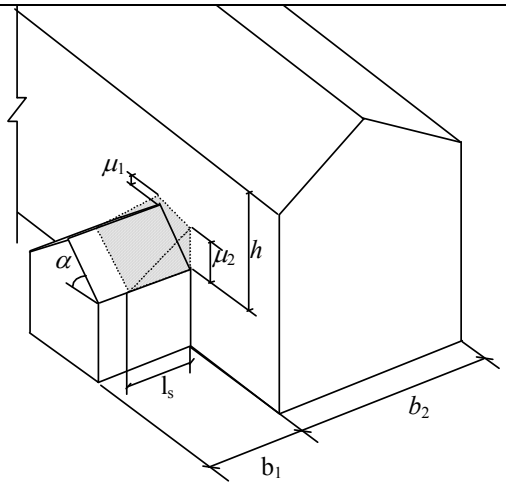
Στέγες σε επαφή με υψηλότερες κατασκευές

Σχήμα 4. Συντελεστές σχήματος για: **(i)** μη παρασυρμένο χιόνι και **(ii)** για μη εξαιρετικές παρασύρσεις χιονιού



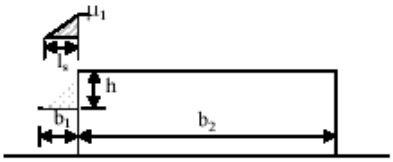
μ_1=min[2h/s_k, 2b_3/(l_{s1} + l_{s2}), 5]

Κοιλάδες στεγών πολλαπλών ανοιγμάτων

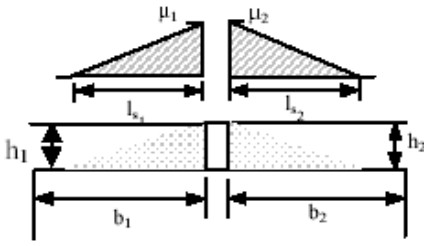


Για τα μ_1 και μ_2 βλέπε πίνακα ??

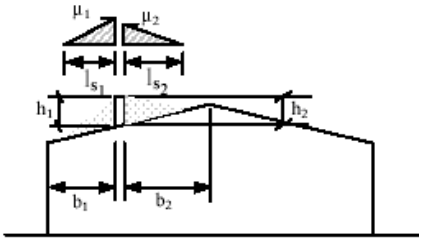
Στέγες σε επαφή με, ή κοντά σε, υψηλότερες κατασκευές



Σκίαστρο με $b_1 \leq 5m$



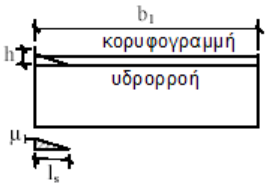
Εμπόδιο σε οριζόντια στέγη



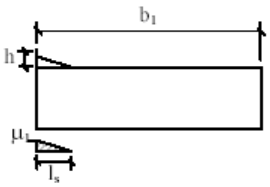
Εμπόδιο σε κεκλιμένη ή καμπύλη στέγη

μ_1=min[2h_1/s_k, 5], μ_2=min[2h_2/s_k, 5]

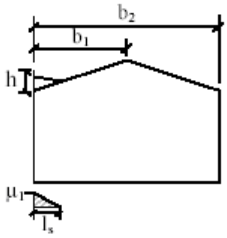
Στέγες με παράσυρση χιονιού σε προεξοχές και εμπόδια



Χιόνι σε «κοιλάδα» πίσω από πέτασμα στην άκρη της στέγης



Χιόνι πίσω από πέτασμα, οριζόντια στέγη



ΣΗΜ.: Το b_2 πρέπει να χρησιμοποιείται στον υπολογισμό του συντελεστή σχήματος

Χιόνι πίσω από πέτασμα σε μαρκίζα, κεκλιμένη ή κυλινδρική στέγη

μ_1=min[2h/s_k, 2b/l_s, 8], l_s=min[5h, b_1, 15m].

Στέγες με συγκέντρωση χιονιού σε πετάσματα

Σχήμα 5. Συντελεστές σχήματος για εξαιρετικές παρασύρσεις χιονιού

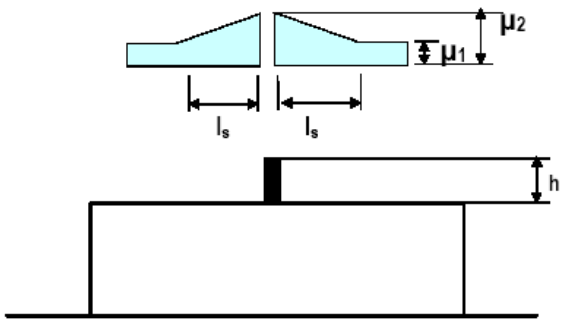
Πίνακας 3: Συντελεστές σχήματος φορτίου χιονιού για εξαιρετικές μετατοπίσεις χιονιού για στέγες σε επαφή με, ή κοντά σε, υψηλότερες κατασκευές.

Συντελεστής Σχήματος	Γωνία κλίσης της στέγης α_1			
	$0^o \leq \alpha_1 \leq 15^o$	$15^o < \alpha_1 \leq 30^o$	$30^o < \alpha_1 < 60^o$	$60^o \leq \alpha_1$
μ_1	μ_3	$\mu_3\{[30-\alpha_1]/15\}$	0	0
μ_2	μ_3	μ_3	$\mu_3\{[60-\alpha_1]/30\}$	0
Σημείωση: μ_3=min[2h/s_k, 2b/l_s, 8], bmax[b_1, b_2], l_s=min[5h, b_1, 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).

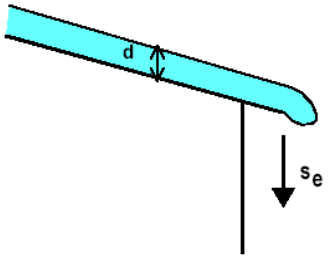
3.6 Τοπικά φαινόμενα

Πέραν των τυπικών φορτίσεων, στον Ευρωκώδικα καθορίζονται και δυνάμεις για τοπικές δράσεις που προκαλούνται από: **α)** χιόνι προεξέχον από την άκρη της στέγης και **β)** συσσώρευση χιονιού σε προεξοχές, εμπόδια και φράκτες χιονιού.



μ_1=0,8
$0,8 \leq \mu_2=\gamma*h/s_k \leq 2,0$
γ=2kN/m^3, $5m \leq l_s = 2h \leq 15m$

Σχήμα 6.1: Συντελεστές σχήματος φορτίου χιονιού σε προεξοχές και εμπόδια



$s_e=k*s^2/\gamma$,
$k=3/d \leq \gamma d$,
γ=3kN/m^3

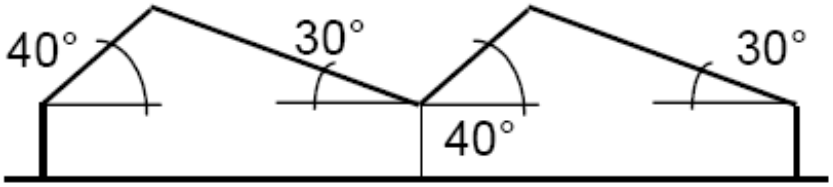
Σχήμα 6.2: Προεξέχον στρώμα χιονιού

Σχήμα 6. Συντελεστές σχήματος για τοπικές δράσεις του χιονιού

EN1991-1-3: Κεφάλαιο 4°: Εφαρμογές

4.1 Παράδειγμα 1° Δικλής στέγη δύο ανοιγμάτων

Δίδεται το κτήριο του σχήματος.



Σχήμα 6. Παράδειγμα στέγης πολλών ανοιγμάτων

Πρόκειται για αγροτικό κτήριο στην περιοχή του Βόλου (Ζώνη Γ), το οποίο βρίσκεται σε υψόμετρο 310m. Τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής θεωρούνται κανονικά, άρα ο συντελεστής έκθεσης λαμβάνεται ίσος με την μονάδα, και ο θερμικός συντελεστής επίσης λαμβάνεται ίσος με την μονάδα:

$C_e=C_t=1.0$

Για υψόμετρο 310m, από τον Πίνακα 1 είναι s_k=2.02kPa

Για την φόρτιση του χιονιού εξετάζονται δύο περιπτώσεις:

Περίπτωση 1^{η}: Μη παρασυρμένο χιόνι και

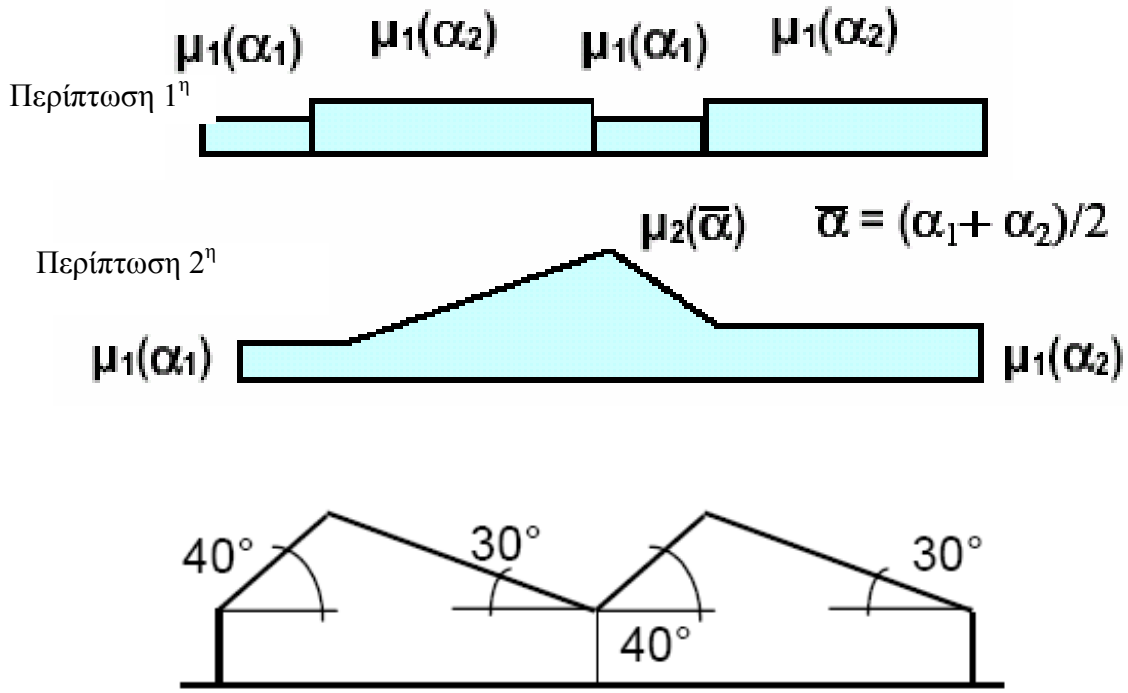
Περίπτωση 2^{η}: Παρασυρμένο χιόνι.

Από το Σχήμα 4 (στέγη πολλών ανοιγμάτων) προκύπτουν οι συντελεστές «μ» του Σχήματος 7.

Οι αντίστοιχες τιμές των συντελεστών «μ» λαμβάνονται από το Σχήμα 3:

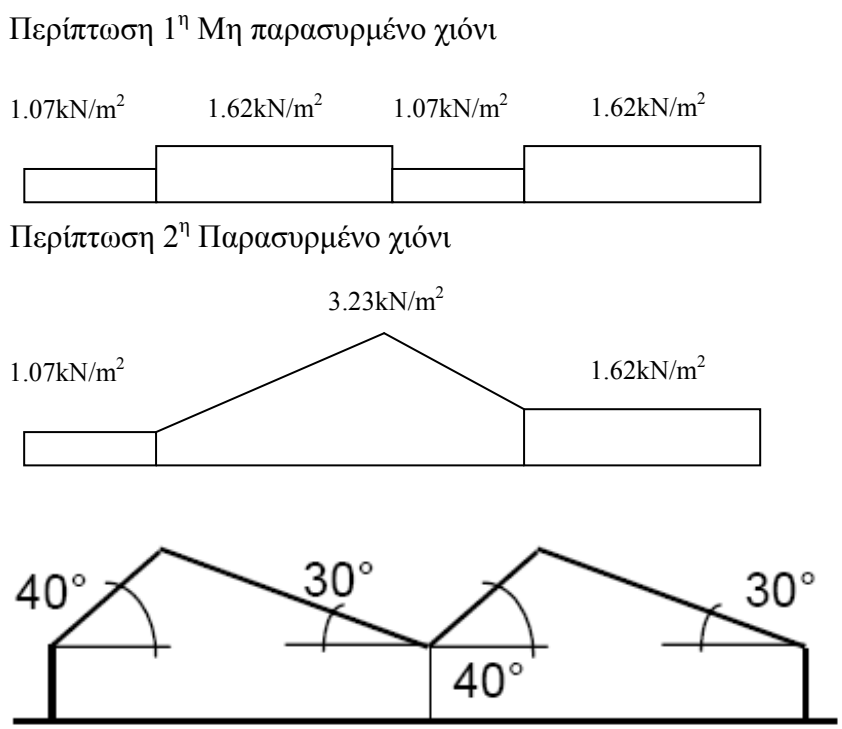
Για $\alpha_1=40^o$ είναι μ_1=0.53 και άρα $s = \mu_i C_e C_t s_k$=0.53*1.0*1.0*2.02=1.07kN/m^2,

Για $\alpha_2=30^o$ είναι $\mu_1=0.80$ και άρα $s = \mu_i C_e C_t s_k=0.80*1.0*1.0*2.02=1.62kN/m^2$,
Για $\alpha=(\alpha_1+\alpha_2)=35^o$ είναι $\mu_2=1.60$ και άρα $s=\mu_i C_e C_t s_k=1.60*2.02= 3.23kN/m^2$,



Σχήμα 6. Συντελεστές σχήματος:
Περίπτωση 1η Μη παρασυρμένο χιόνι
Περίπτωση 2η Παρασυρμένο χιόνι

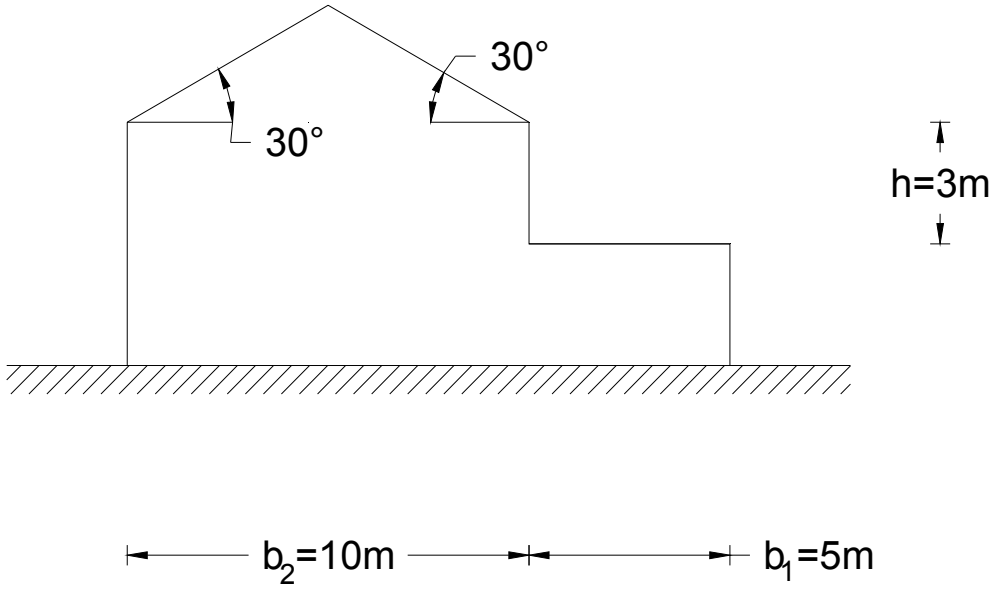
Από τα παραπάνω, προκύπτουν οι φορτίσεις του επόμενου Σχήματος 7:



Σχήμα 7. Περιπτώσεις φορτίσεως (χαρακτηριστικές τιμές)

4.2 Παράδειγμα 2° Στέγη σε επαφή με υψηλότερη κατασκευή

Δίδεται: Οριζόντια στέγη βρίσκεται σε επαφή με δικλινή στέγη όπως φαίνεται στο σχήμα Π1.1
Η κατασκευή βρίσκεται στην Καρδίτσα σε υψόμετρο 450m. Η κλίση της δικλινούς στέγης είναι α = 30°. Η τοπογραφία της περιοχής θεωρείται κανονική.
Ζητείται: ο υπολογισμός των φορτίων χιονιού των στεγών.



Σχήμα Π2.1 Όψη κτηρίου

	EN 1991-1-3
2.1 Χαρακτηριστική τιμή φορτίου χιονιού στη στάθμη της θάλασσας, $s_{k,0}$: Ο Νομός Καρδίτσας ανήκει στη Ζώνη Γ. Οπότε είναι $\mathbf{s_{k,0} = 1.7\ kPa}$	
2.2 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=300m. Η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού επί του εδάφους δίνεται από τη σχέση: $s_k = s_{k,0} *[1 + (A/917)^2] = 1.7*[1 + (300/917)^2] = 1.88\ kN/m^2$	
2.3 Συντελεστές σχήματος – Για την δικλινή στέγη: Για α = 30° έχουμε $\mu_{1,\alpha} = 0.8$ – Για την οριζόντια στέγη: Επειδή η χαμηλότερη στέγη είναι οριζόντια παίρνουμε $\mathbf{\mu_1 = 0.8}$ $\mu_2 = \mu_s + \mu_w$, όπου μ_s είναι ο συντελεστής σχήματος φορτίου χιονιού λόγω ολίσθησης από την ανώτερη στέγη και για α = 20°>15° είναι $\mu_s = 0.5* \mu_{1,\alpha} = 0.5*0.8 = 0.4$ και μ_w είναι ο συντελεστής σχήματος φορτίου χιονιού λόγω του ανέμου και είναι $\mu_w = (b_1 + b_2)/2h = (10+5)/2*3 = 2.5 \leq \gamma h/s_k = 2*3/1.7 = 3.53$ Πρέπει επιπλέον $0.8 \leq \mu_w = 2.5 \leq 4$, που ισχύει. Επομένως $\mu_w = 2.5$. Άρα είναι $\mathbf{\mu_2} = \mu_s + \mu_w = 0.4 + 2.5 = \mathbf{2.9}$.	
2.4 Μήκος συσσώρευσης χιονιού, l_s : $\mathbf{l_s} = 2h = 2*3 = 6m$ Πρέπει $5 < l_s < 15m$. Επομένως δεκτή η τιμή 6. Επειδή όμως είναι $b_2 = 5m < l_s = 6m$ ο συντελεστής στο τέλος της χαμηλότερης στέ-γης προσδιορίζεται με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των μ_1 και μ_2 στο σημείο αυτό.	

Δηλαδή είναι μ_{b2} = 0.8 + (2.9-0.8)*5/6 = 2.55

2.5 Συντελεστής έκθεσης, C_e:

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

2.6 Συντελεστής θερμότητας, C_t :

$C_t = 1$.

2.7 Φορτία χιονιού, s :

– Για την κεκλιμένη στέγη:

$s_{1,\alpha} = \mu_{1,\alpha} * C_e * C_t * s_k = 0.8*1*1*1.88 = 1.54$ kN/m^2

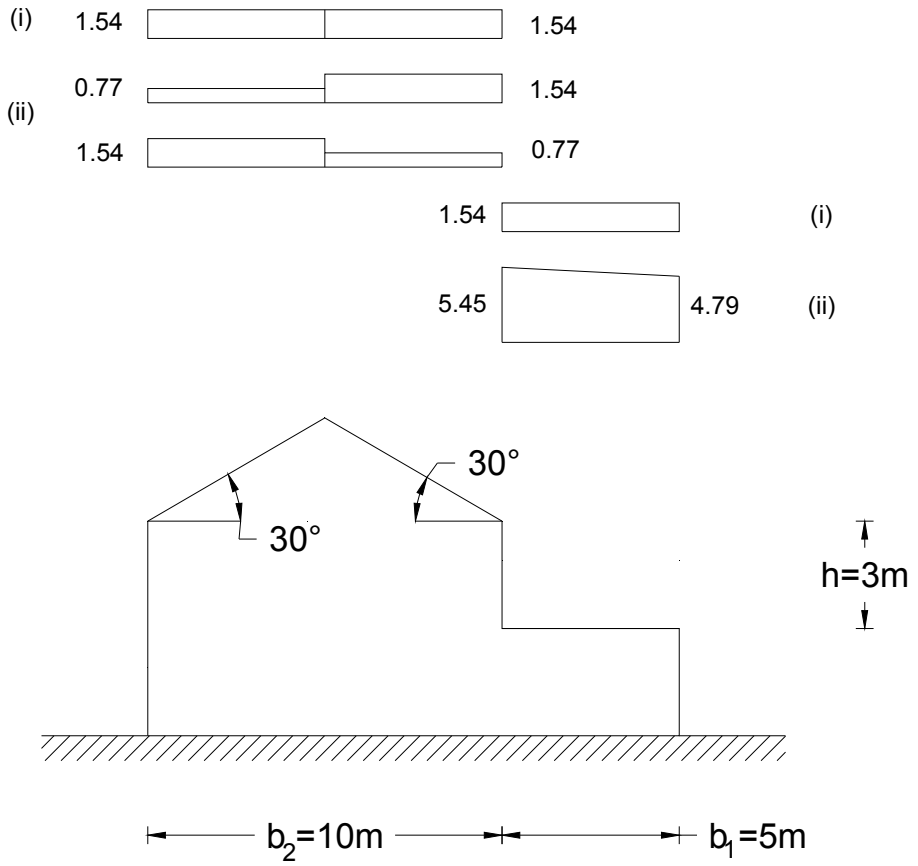
– Για την οριζόντια στέγη:

$s_1 = \mu_1 * C_e * C_t * s_k = 0.8*1*1*1.88 = 1.54$ kN/m^2

$s_2 = \mu_2 * C_e * C_t * s_k = 2.9*1*1*1.88 = 5.45$ kN/m^2

$s_{b2} = \mu_{b2} * C_e * C_t * s_k = 2.55*1*1*1.88 = 4.79$ 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 Π2.2 Φόρτιση στέγης

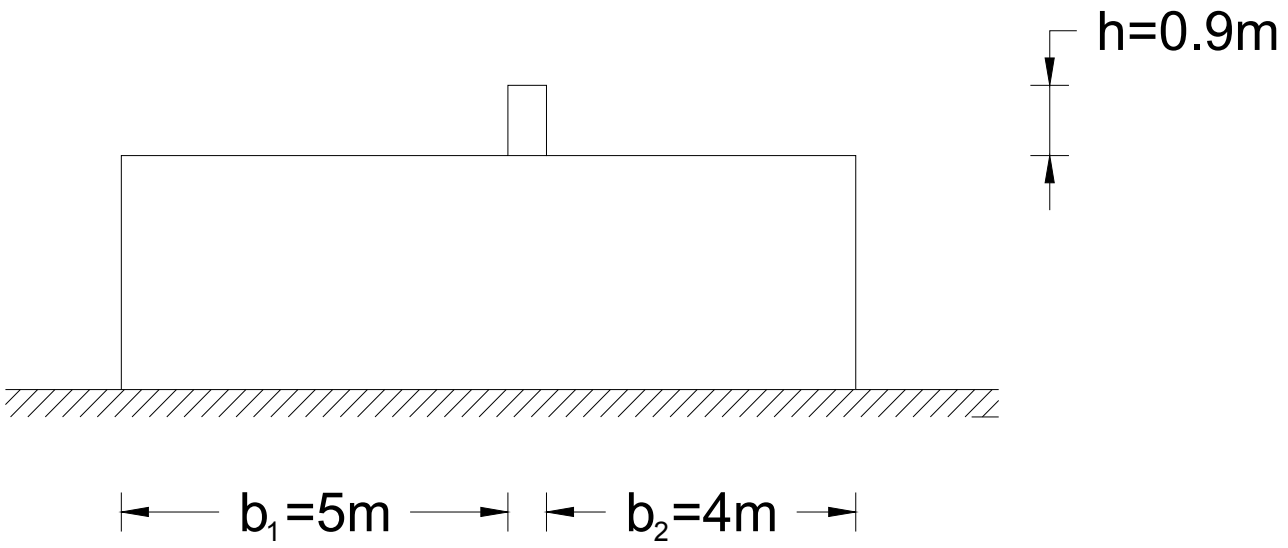
4.3 Παράδειγμα 3° Οριζόντια στέγη με προεξοχή

Δίδεται: 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.

Ζητείται: ο υπολογισμός των φορτίων χιονιού εκατέρωθεν της προεξοχής λόγω παράσυρσης για:

a) «με διάρκεια / παροδική» κατάσταση σχεδιασμού και για

b) τυχηματική κατάσταση σχεδιασμού κάνοντας χρήση του Παραρτήματος Β .



Σχήμα Π3.1 Όψη κτηρίου

	EN 1991-1-3
3.1 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 kPa**	
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=800m. Η χαρακτηριστική τιμή του φορτίου χιονιού επί του εδάφους δίνεται από τη σχέση: $s_k = s_{k,0} *[1 + (A/917)^2] = 0.8*[1 + (800/917)^2] = 1.41$ kN/m^2	
3.3 Συντελεστές σχήματος – <u>Για «με διάρκεια / παροδική» κατάσταση σχεδιασμού:</u> $\mu_1 = 0.8$ $\mu_2 = \gamma h/s_k = 2*0.9/0.8 = 2.25$ Πρέπει όμως $0.8 \le \mu_2 \le 2.0$. Οπότε $\mu_2 = 2.0$. – <u>Για «τυχηματική» κατάσταση σχεδιασμού:</u> Το κατακόρυφο εμπόδιο θεωρούμε ότι έχει επιφάνεια > 1 m^2 και έχει ύψος h = 0.9 < 1m. Επομένως, μπορεί να γίνει χρήση του Παραρτήματος Β. $\mu_1 = \min (2h_1/s_k , 5.0) = \min (2*0.9/0.8 , 5.0) = \min (2.25 , 5.0) = 2.25$ $\mu_2 = \min (2h_2/s_k , 5.0) = \min (2*0.9/0.8 , 5.0) = \min (2.25 , 5.0) = 2.25$	
3.4 Μήκος συσσώρευσης χιονιού, l_s : – <u>Για «με διάρκεια / παροδική» κατάσταση σχεδιασμού:</u> $l_s = 2h = 2*0.9 = 1.8$ Πρέπει όμως $5 \le l_s \le 15$m . Οπότε l_s = 5m για το τμήμα αριστερά της προεξο-χής και l_s = 4m για το τμήμα δεξιά της προεξοχής . – <u>Για «τυχηματική» κατάσταση σχεδιασμού:</u>	

l_{s1} = min (5h , b_1) = min (5*0.9 , 5.0) = min (4.5 , 5.0) = 4.5m .
l_{s2} = min (5h , b_2) = min (5*0.9 , 4.0) = min (4.5 , 4.0) = 4.0m .

3.5 Συντελεστής έκθεσης, C_e:
Επειδή η τοπογραφία της περιοχής είναι κανονική λαμβάνουμε: $C_e = 1$.

3.6 Συντελεστής θερμότητας, C_t :
$C_t = 1$.

3.7 Φορτία χιονιού, s :

– Για «με διάρκεια / παροδική» κατάσταση σχεδιασμού:

$s_1 = \mu_1 * C_e * C_t * s_k = 0.8*1*1*1.41 = 1.13$ kN/m^2

$s_2 = \mu_2 * C_e * C_t * s_k = 2.0*1*1*1.41 = 2.82$ kN/m^2

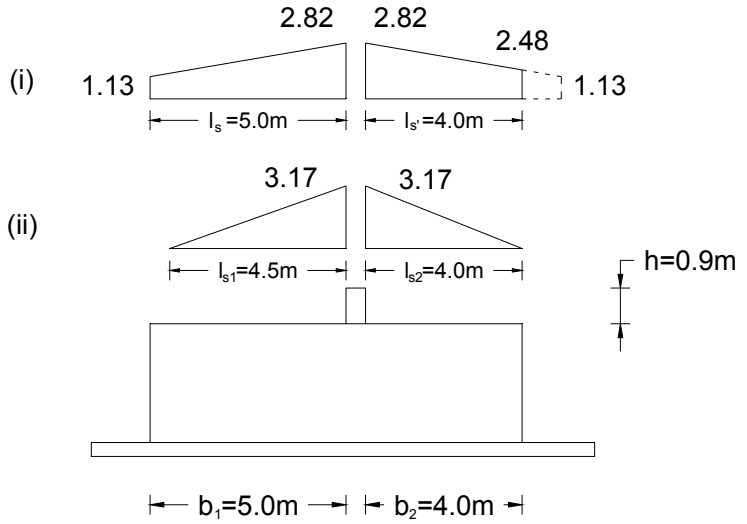
Με γραμμική παρεμβολή υπολογίζουμε το φορτίο που ασκείται στη δεξιά άκρη της στέγης το οποίο είναι : $s_1' = 1.13 + (2.82-1.13)*4/5 = 2.48$

– Για «τυχηματική» κατάσταση σχεδιασμού:

$s_1 = \mu_1 * C_e * C_t * s_k = 2.25*1*1*1.41 = 3.17$ kN/m^2

$s_2 = \mu_2 * C_e * C_t * s_k = 2.25*1*1*1.41 = 3.17$ 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 Π3.2 Φόρτιση στέγης (σε kN/m^2)

ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝ1991: ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΡΟΣ 1-4: ΑΝΕΜΟΣ

ΕΝ1991-1-4: Κεφάλαιο 1^{ο}: Εισαγωγή

1.1 Σκοπός

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

1.2 Πεδίο εφαρμογής

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

1.3 Εθνικά δεδομένα

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

1.4 Σχεδιασμός βάσει δοκιμών, πειραμάτων και μετρήσεων

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

ΕΝ1991-1-4: Κεφάλαιο 2^{Ο}: 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 αναγλύφου, $c_o(z)$
- 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

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
    - 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

ΕΝ1991-1-4: Κεφάλαιο 3^{Ο}: Βασικές έννοιες, ορισμοί

Στον Ευρωκώδικα αυτό εισάγονται οι εξής έννοιες:

3.1 Θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου, $v_{b,0}$.

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 ΙΙ),
- η ταχύτητα να είναι η μέση τιμή δεκαλέπτου[12]

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 έτη[13]).

Με βάση τα παραπάνω, **η θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου, $v_{b,0}$,** είναι η μέση ταχύτητα ανέμου διαρκείας 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 $v_{b,0}$**=33m/s** και
- για την υπόλοιπη Χώρα $v_{b,0}$**=27m/s**.

Σχήμα 1: Χάρτης θεμελιώδους βασικής ταχύτητας του ανέμου.

---

[12] Καθώς η ταχύτητα του ανέμου μεταβάλλεται με τον χρόνο, έχει σημασία η διάρκεια στην οποία θα γίνει η παρατήρηση. Οσο μικρότερη είναι η διάρκεια τόσο μεγαλύτερες ταχύτητες καταγράφονται (λόγω των ριπών του ανέμου). Ετσι, η μέση ταχύτητα σε διάστημα 3s είναι περίπου 50% μεγαλύτερη από την μέση ταχύτητα σε διάστημα 1h, ενώ η μέση ταχύτητα σε διάστημα 10min είναι περίπου 5% μεγαλύτερη από την μέση ταχύτητα σε διάστημα 1h. Τώρα πρακτικώς σε όλες τις χώρες του κόσμου έχει υιοθετηθεί η μέση τιμή δεκαλέπτου.

[13] Η ετήσια πιθανότητα υπέρβασης, p, και η μέση περίοδος επαναφοράς, T, συνδέονται με την σχέση: T=1/[1-p]. Γενικότερα, η πιθανότητα υπέρβασης, p, σε «n» έτη συνδέεται με την μέση περίοδο επαναφοράς, T, με την σχέση:

$$T = \frac{n}{-\ln(1-p)}$$

Για τις περιπτώσεις κατά τις οποίες είναι επιθυμητή διαφορετική ετήσια πιθανότητα υπέρβασης, p, δίνεται διορθωτικός συντελεστής πιθανότητας: $c_{prob} = \sqrt{\left(\frac{1-0.2\cdot\ln(-\ln(1-p))}{1-0.2\cdot\ln(-\ln(0,98))}\right)}$.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στον Ευρωκώδικα 1991-1-6 για τις δράσεις κατά την διάρκεια της κατασκευής προτείνονται μικρότερες περίοδοι επαναφοράς συναρτήσει της διάρκειας που θα διαρκέσει η εκτέλεση των εργασιών, π.χ. για μέχρι ένα έτος προτείνεται περίοδος επαναφοράς 10 έτη.

3.2 Βασική ταχύτητα ανέμου, v_b.

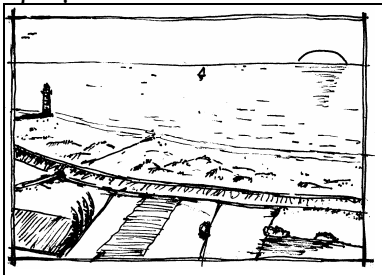
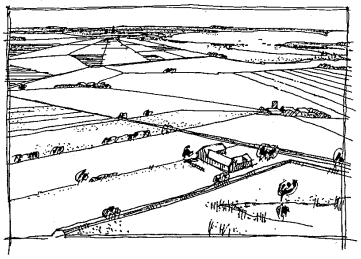
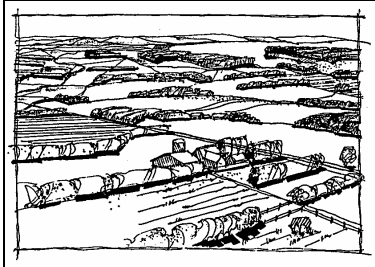
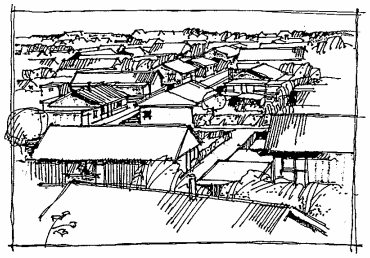
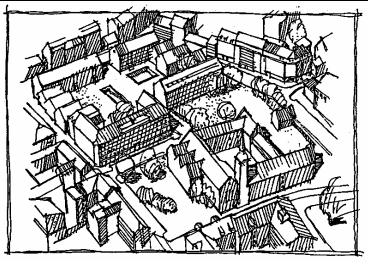
Είναι η θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου τροποποιημένη προκειμένου να λάβει υπόψη τη διεύθυνση του θεωρούμενου ανέμου (συντελεστής διεύθυνσης, c_{dir}) και την εποχή (εάν απαιτείται) (εποχικός συντελεστής, c_{season}). Στις συνήθεις περιπτώσεις οι συντελεστές αυτοί είναι ίσοι με την μονάδα.

$v_b = c_{dir} * c_{season} * v_{b,0}$

3.3 Τραχύτητα του εδάφους

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 καθύψος. Προβλέπονται 5 κατηγορίες εδάφους (0, I, II, III, και IV).

Πίνακας 1: Απεικονίσεις της ανώτερης τραχύτητας κάθε κατηγορίας εδάφους και αντίστοιχοι ορισμοί.

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

3.4 Μέση ταχύτητα ανέμου

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, $c_o(z)$).

$v_m(z)=c_r(z)*c_0(z)*v_b$

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 (βλ. και Σχήμα. 2):

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

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \qquad \text{για} \qquad z \le z_{min}$$

Όπου ο συντελεστής εδάφους k_r δίνεται από την σχέση:

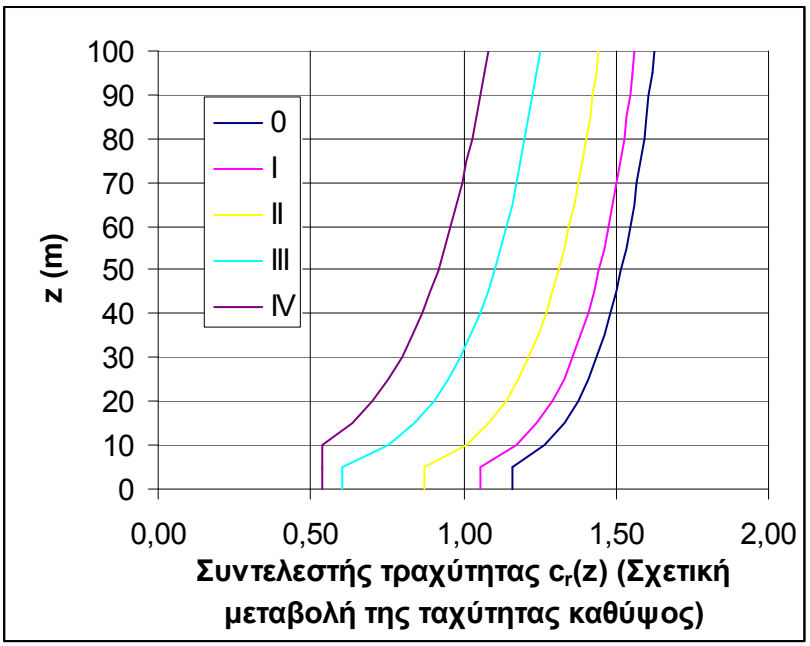
$$k_r = 0{,}19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0{,}07}$$

Οι παράμετροι z_0 και z_{min} δίνονται από τον επόμενο πίνακα 1 συναρτήσει της τραχύτητας του εδάφους.

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.

Πίνακας 1: Κατηγορίες εδάφους και παράμετροι εδάφους

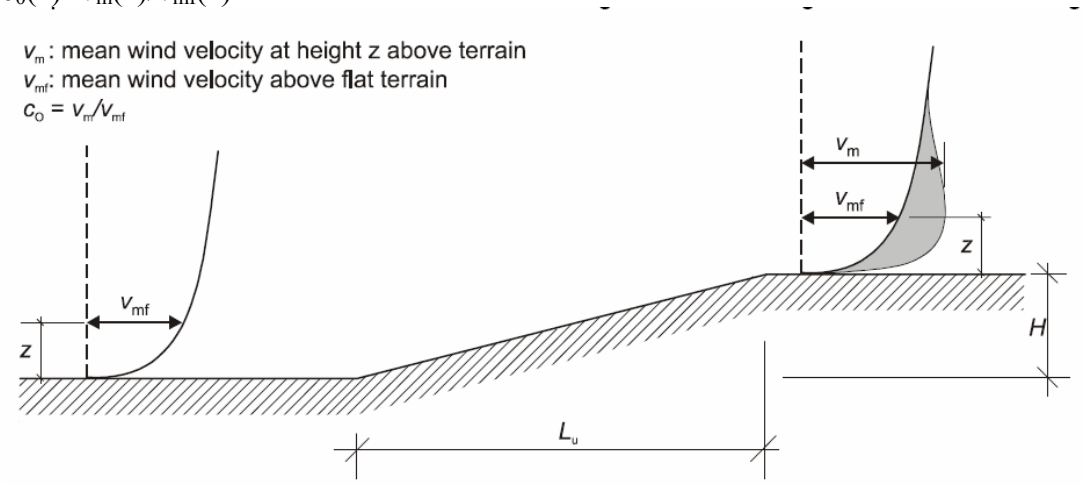
Κατηγορία εδάφους		z_o (m)	z_{min} (m)
0	Θάλασσα ή παράκτια περιοχή εκτεθειμένη σε ανοικτή θάλασσα	0,003	1
I	Λίμνες ή επίπεδες και οριζόντιες περιοχές με αμελητέα βλάστηση και χωρίς εμπόδια	0,01	1
II	Περιοχή με χαμηλή βλάστηση όπως γρασίδι και μεμονωμένα εμπόδια (δέντρα, κτήρια) με απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων	0,05	2
III	Περιοχή με κανονική κάλυψη βλάστησης ή με κτήρια 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 κτήρια των οποίων το μέσο ύψος ξεπερνά τα 15m.	1,0	10



Σχήμα 2: Συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$ (σχετική μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου συναρτήσει του ύψους z και της τραχύτητας του εδάφους). ***Σημείωση:*** *στην πράξη δεν είναι απαραίτητος ο υπολογισμός του συντελεστή τραχύτητας, αλλά μπορεί να λαβαίνεται απευθείας ο συντελεστής έκθεσης, c_e, (στον οποίο εμπεριέχεται και συντελεστής τραχύτητας)*

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, $v_{mf}(z)$:

$c_0(z)=v_m(z)/v_{mf}(z)$

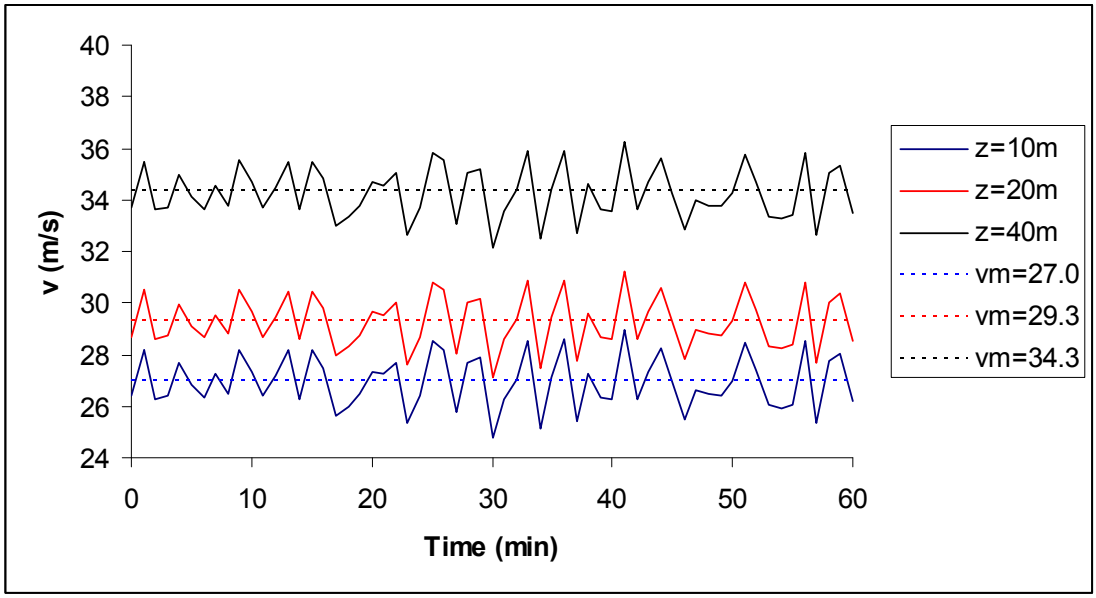


Σχήμα 3: Αύξηση της ταχύτητας του ανέμου λόγω ανάγλυφου του εδάφους.

3.5 Ταχύτητα αιχμής – Πίεση αιχμής

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 σ_v=1.0m/s.



Σχήμα 4: 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 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 $1.25kg/m^3$ και

v η ταχύτητα σε m/s

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

$q=\rho v^2/2=\rho[v_m+3.5\sigma_v]^2/2\approx \rho v_m^2/2[1+2*3.5(\sigma_v/v_m)]$[14]$= q_b)*c_r(z)*c_0(z)*[1+7I_v(z)]=c_e q_b$

όπου:

$$I_v(z)=\frac{\sigma_v}{v_m(z)}=\frac{1}{c_o(z)\cdot \ln(z/z_0)} \qquad \text{για} \qquad z_{min}\le z\le z_{max}$$

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

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

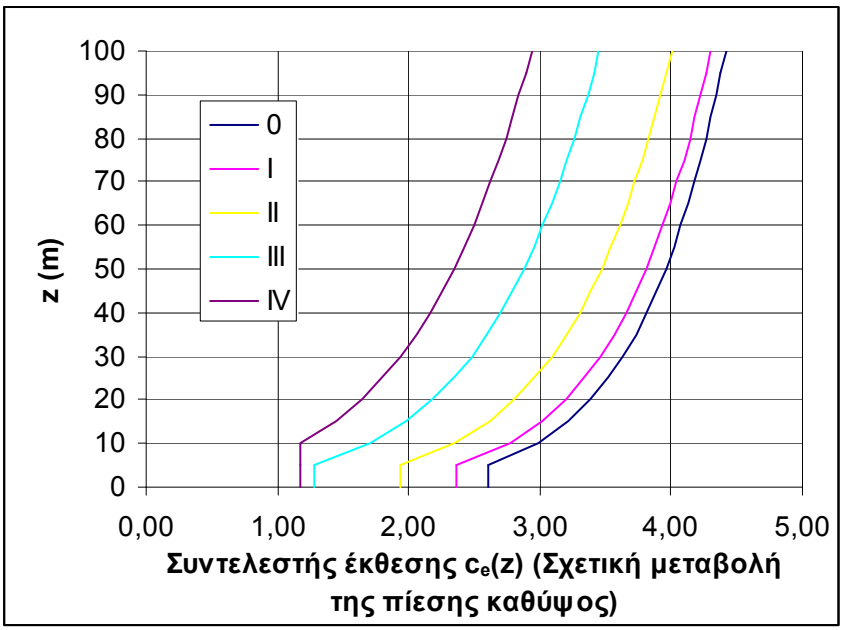
$c_e=c_r(z)*c_0(z)*[1+7I_v(z)]$

$q_b= \rho v_b^2/2$.

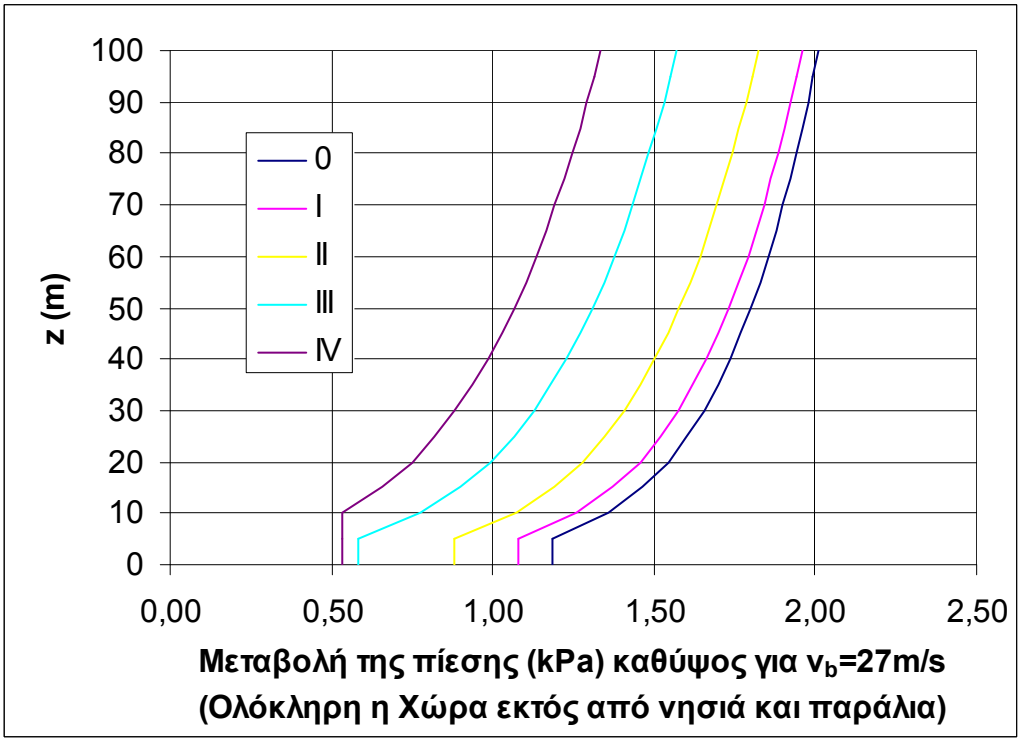
Για v_b=27m/s προκύπτει $q_b= 1.25*27^2/2=455N/m^2=0.455kN/m^2=45.5kg/m^2$ (βλ. Σχήμα 4, για $c_0(z)=1$)

Για v_b=33m/s προκύπτει $q_b= 1.25*33^2/2=681N/m^2=0.681kN/m^2=68.1kg/m^2$ (βλ. Σχήμα 5, για $c_0(z)=1$)

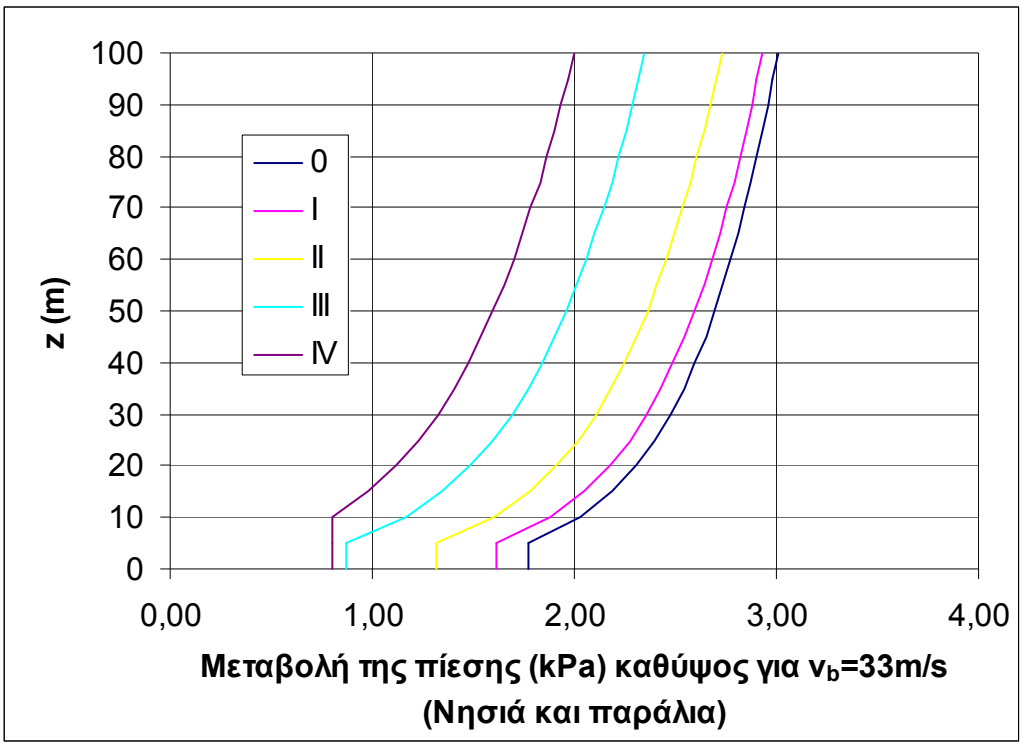
[14] Κατά την ύψωση στο τετράγωνο, αγνοήθηκε ο όρος $[3.5(\sigma_v/v_m)]^2$ ως πολύ μικρός έναντι των άλλων δύο όρων



Σχήμα 3: Συντελεστής έκθεσης, $c_e(z)$ (ή αλλιώς: σχετική μεταβολή της πίεσης αιχμής του ανέμου) συναρτήσει του ύψους z και της τραχύτητας του εδάφους.



Σχήμα 4: Μεταβολή της πίεσης αιχμής του ανέμου συναρτήσει του ύψους z και της τραχύτητας του εδάφους για ταχύτητα v_b=27m/s (λοιπή Χώρα εκτός από νησιά και παράλια) και για $c_0(z)=1$ (q_b=0.455kN/m^2).



Σχήμα 5: Μεταβολή της πίεσης αιχμής του ανέμου συναρτήσει του ύψους z και της τραχύτητας του εδάφους για ταχύτητα v_b=33m/s (νησιά και παράλια) και για $c_0(z)=1$ (q_b=0.681kN/m^2).

3.6 Υψος αναφοράς

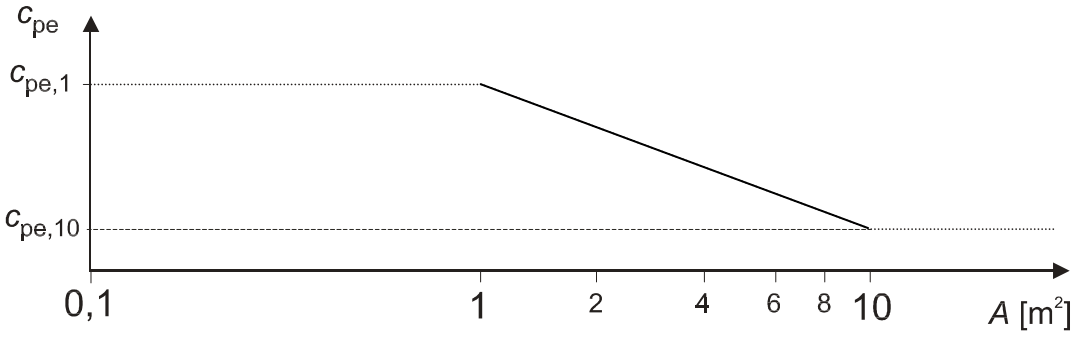
Η πίεση γενικώς μεταβάλλεται συνεχώς συναρτήσει του ύψους z (βλ. Σχήματα 4 και 5). Ωστόσο στους υπολογισμούς, η πίεση λαμβάνεται σταθερή κατά τμήματα της προσβαλλομένης επιφάνειας. Για κάθε τμήμα ορίζεται ένα ύψος αναφοράς για το οποίο υπολογίζεται η αντίστοιχη πίεση και η οποία θεωρείται σταθερή για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

3.7 Συντελεστές πίεσης

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
  - τοπικούς συντελεστές εξωτερικής πίεσης, $c_{pe,1}$.
- συντελεστές εσωτερικής πίεσης, c_{pi},
- συντελεστές τελικής πίεσης, $c_{p,net}$,

Οι **συντελεστές εξωτερικής πίεσης**, c_{pe}, δίνουν την επίδραση του ανέμου στις εξωτερικές επιφάνειες των κτηρίων. 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):
$c_{pe}=c_{pe,1}-(c_{pe,1}-c_{pe,10})\log_{10}A$ (το A σε m^2) ισχύει για 1m^2<A<10m^2



Σχήμα 6: Μεταβολή του συντελεστή εξωτερικής πίεσης για επιφάνειες μεταξύ 1m^2 και 10m^2.

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

3.8 Συντελεστές δύναμης

Σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. δικυώματα, 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

3.9 Φαινόμενα κλίμακας και δυναμικά φαινόμενα

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_sc_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_sc_d για τον οποίο δίνεται μια τιμή (συνήθως c_sc_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 ατυχή και παραπλανητική ονομασία «Συνδυασμένος δυναμικός συντελεστής c_sc_d» ή «δομικός συντελεστής c_sc_d» το οποίο αποτελεί μετάφραση της εξίσου ατυχούς αγγλικής ονομασίας «Structural[15] factor c_sc_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_sc_d δεν εφαρμόζεται όταν χρησιμοποιούνται οι συντελεστές εσωτερικής πίεσης και οι συντελεστές τελικής πίεσης.

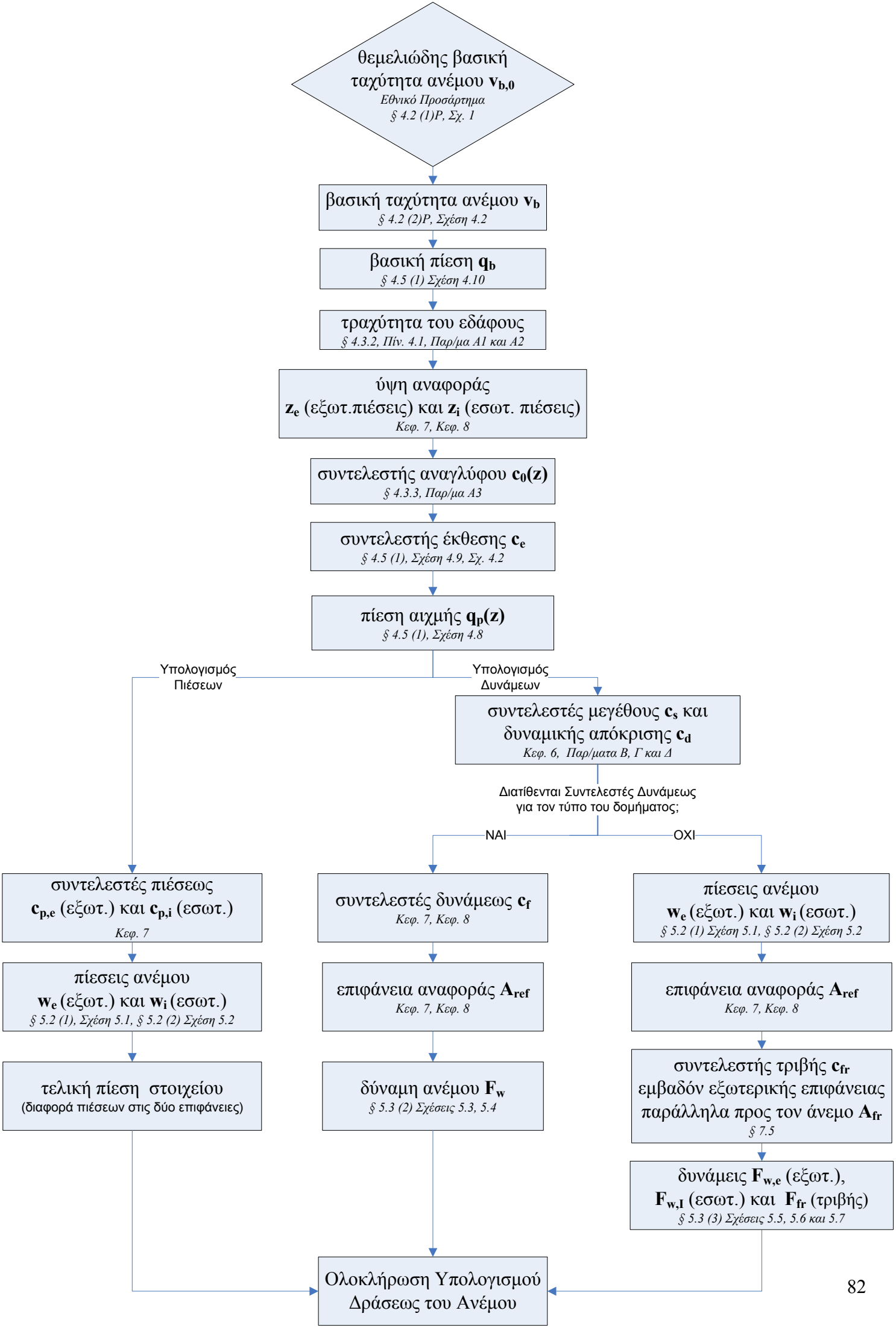
[15] Με την έννοια ότι αναφέρεται σε ιδιότητες του δομήματος (μέγεθος και δυναμικά χαρακτηριστικά)

EN1991-1-4: Κεφάλαιο 4°: Διαδικασία υπολογισμού.

Για τον υπολογισμό της δράσεως του ανέμου ακολουθούνται τα εξής βήματα:[16]

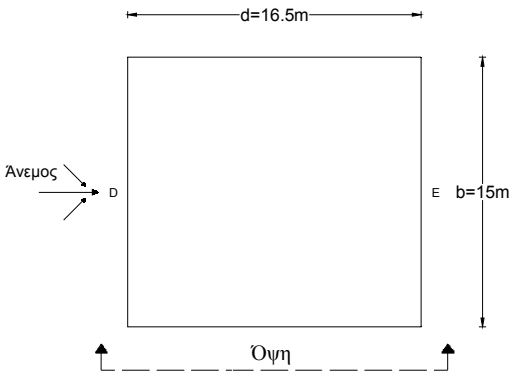
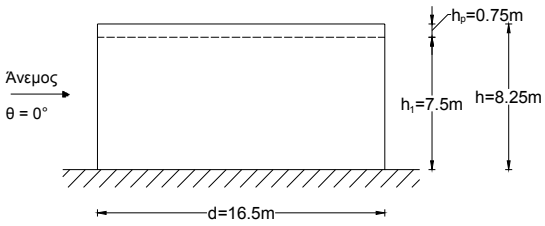
1. Ανάλογα με την γεωγραφική θέση του δομήματος αποφασίζεται η **θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου, $v_{b,0}$.** Δεν μπορεί να είναι μικρότερη από την τιμή που καθορίζεται στο *Εθνικό Προσάρτημα Παραγρ. 4.2 (1)P* (βλ. και Σχήμα 1). Η τιμή αυτή είναι 33m/s για τα παράλια και τα νησιά και 27m/s για την 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. Ετσι: $v_b=v_{b,0}$ (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=0.681kN/m^2 για τα νησιά και τα παράλια και q_b=0.455kN/m^2 για την λοιπή χώρα.
4. Προσδιορίζεται η τραχύτητα του εδάφους *Παραγρ. 4.3.2, Πίνακας 4.1 και Παράρτημα Α1 και Α2.*
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 Α3*
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*
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 πιέσεως, $c_{p,e}$, και οι συντελεστές εσωτερικής πιέσεως, $c_{p,i}$, *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. Ολοκλήρωση του υπολογισμού της δράσεως του ανέμου.
13. Υπολογίζονται οι συντελεστές μεγέθους, c_s, και δυναμικής απόκρισης, c_d, *Κεφάλαιο 6 και Παραρατήματα 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 παραπάνω
18. Υπολογίζονται ο συντελεστής τριβής, c_{fr}, 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.

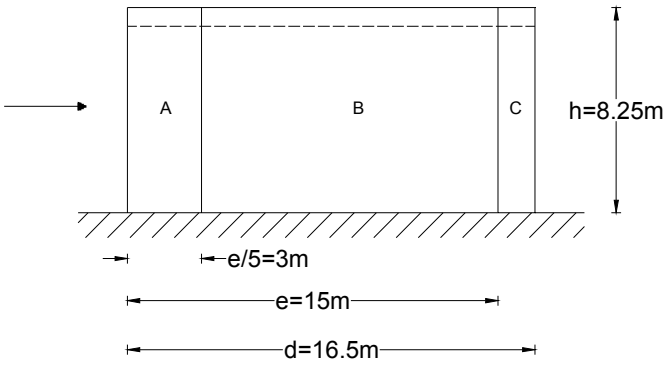
[16] *Το πλάγιο υπογραμμισμένο κείμενο υποδηλώνει παραπομπή στον Ευρωκώδικα EN1991-1-4*


θεμελιώδης βασική ταχύτητα ανέμου $v_{b,0}$
Εθνικό Προσάρτημα
§ 4.2 (1)P, Σχ. 1
βασική ταχύτητα ανέμου v_b
§ 4.2 (2)P, Σχέση 4.2
βασική πίεση q_b
§ 4.5 (1) Σχέση 4.10
τραχύτητα του εδάφους
§ 4.3.2, Πίν. 4.1, Παρ/μα Α1 και Α2
ύψη αναφοράς
z_e (εξωτ.πιέσεις) και z_i (εσωτ. πιέσεις)
Κεφ. 7, Κεφ. 8
συντελεστής αναγλύφου $c_0(z)$
§ 4.3.3, Παρ/μα Α3
συντελεστής έκθεσης c_e
§ 4.5 (1), Σχέση 4.9, Σχ. 4.2
πίεση αιχμής $q_p(z)$
§ 4.5 (1), Σχέση 4.8
Υπολογισμός Πιέσεων
Υπολογισμός Δυνάμεων
συντελεστές μεγέθους c_s και δυναμικής απόκρισης c_d
Κεφ. 6, Παρ/ματα Β, Γ και Δ
Διατίθενται Συντελεστές Δυνάμεως για τον τύπο του δομήματος;
ΝΑΙ
ΟΧΙ
συντελεστές πιέσεως
$c_{p,e}$ (εξωτ.) και $c_{p,i}$ (εσωτ.)
Κεφ. 7
πίεσεις ανέμου
w_e (εξωτ.) και w_i (εσωτ.)
§ 5.2 (1), Σχέση 5.1, § 5.2 (2) Σχέση 5.2
τελική πίεση στοιχείου
(διαφορά πιέσεων στις δύο επιφάνειες)
συντελεστές δυνάμεως c_f
Κεφ. 7, Κεφ. 8
επιφάνεια αναφοράς A_{ref}
Κεφ. 7, Κεφ. 8
δύναμη ανέμου F_w
§ 5.3 (2) Σχέσεις 5.3, 5.4
πίεσεις ανέμου
w_e (εξωτ.) και w_i (εσωτ.)
§ 5.2 (1) Σχέση 5.1, § 5.2 (2) Σχέση 5.2
επιφάνεια αναφοράς A_{ref}
Κεφ. 7, Κεφ. 8
συντελεστής τριβής c_{fr}
εμβαδόν εξωτερικής επιφάνειας παράλληλα προς τον άνεμο A_{fr}
§ 7.5
δυνάμεις $F_{w,e}$ (εξωτ.),
$F_{w,I}$ (εσωτ.) και F_{fr} (τριβής)
§ 5.3 (3) Σχέσεις 5.5, 5.6 και 5.7
Ολοκλήρωση Υπολογισμού Δράσεως του Ανέμου

Μέγεθος ή παράμετρος	Παράγραφος
πίεση ταχύτητας αιχμής qp	
βασική ταχύτητα ανέμου v_b	4.2 (2)P
ύψος αναφοράς z_e	Κεφάλαιο 7
κατηγορία εδάφους	Πίνακας 4.1
χαρακτηριστική πίεση ταχύτητας αιχμής q_p	4.5 (1)
ένταση στροβιλισμού I_v	4.4
μέση ταχύτητα ανέμου v_m	4.3.1
συντελεστής ανάγλυφου του εδάφους $c_o(z)$	4.3.3
συντελεστής τραχύτητας $c_r(z)$	4.3.2
Πιέσεις ανέμου, π.χ. για επικαλύψεις, στερεώσεις και δομικά στοιχεία	
συντελεστής εσωτερικής πίεσης c_{pi}	Κεφάλαιο 7
συντελεστής εξωτερικής πίεσης c_{pe}	Κεφάλαιο 7
συντελεστής τελικής πίεσης $c_{p\ net}$	Κεφάλαιο 7
εξωτερική πίεση ανέμου: $w_e=q_p\ c_{pe}$	5.2 (1)
εσωτερική πίεση ανέμου: $w_i=q_p\ c_{pi}$	5.2 (2)
Δυνάμεις ανέμου σε κατασκευές, π.χ. για καθολικές επιδράσεις ανέμου	
συνδυασμένος δυναμικός συντελεστής: $c_s c_d$	Κεφάλαιο 6
δύναμη ανέμου F_W υπολογιζόμενη από τους συντελεστές δύναμης	5.3 (2)
δύναμη ανέμου F_W υπολογιζόμενη από τους συντελεστές πίεσης	5.3 (3)

EN1991-1-4: Κεφάλαιο 5°: Εφαρμογές

5.1 Παράδειγμα 1° Χαμηλό κτήριο με οριζόντια στέγη	
Δίδεται: Κλειστή άκαμπτη κατασκευή με οριζόντια στέγη. Διαστάσεις: κάτοψη 16.5*15.0m, ύψος κατακόρυφου τοίχου: h=7.5m, ύψος στηθαίου h_p=0.75m, Τραχύτητα Εδάφους ΙΙ, περίοδος Επαναφοράς 50 έτη **Ζητείται:** ο υπολογισμός των πιέσεων στις εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες του κτηρίου για διεύθυνση του ανέμου όπως φαίνεται στο σχήμα (θ=0°) :	
 **Σχήμα Π1.1** Κάτοψη κτηρίου	 **Σχήμα Π1.2** Όψη κτηρίου
	EN 1991-1-4
1.1 Θεμελιώδης ταχύτητα του ανέμου, $v_{b,0}$: η περιοχή θεωρείται ότι απέχει απόσταση μεγαλύτερη από 10km από την θάλασσα, άρα $\mathbf{v_{b,0}=27m/s}$.	4.2 (1)P* + ΕΠ 2.3
1.2 Βασική ταχύτητα ανέμου, v_b: συντελεστής διευθύνσεως c_{dir} = 1.0 εποχικός συντελεστής c_{season} = 1.0 $\mathbf{v_b} = c_{dir}*c_{season}*v_{b,0} = 1*1*27 = \mathbf{27m/s}$	(4.1)
1.3 Τραχύτητα του εδάφους : Η κατηγορία εδάφους είναι ΙΙ, πρόκειται δηλαδή για περιοχή με χαμηλή βλάστηση και μεμονωμένα εμπόδια (δέντρα, κτήρια) με απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων.	Α1
1.4 Υψος αναφοράς: • Για τους εξωτερικούς τοίχους: b=15.0m και $h_{o\lambda} = h+h_p$ = 7.5+0.75 = 8.25m Είναι $h_{o\lambda}$=b άρα διακρίνουμε ένα τμήμα: $\mathbf{z_e = h_{o\lambda} = 8.25m}$ • Για την στέγη: $\mathbf{z_e = h_{o\lambda} = 8.25m}$ • Για τα στηθαία: $\mathbf{z_e = h+h_p}$ = 7.5+0.75 = **8.25m**	7.2.2(1) + Σχ. 7.4 7.2.3(3) + Σχ. 7.6 7.4.1(2)
1.5 Συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$: Για κατηγορία εδάφους ΙΙ έχουμε z_0 = 0.05m και z_{min} = 2m. Επειδή z_{min} = 2m < z_e = 8.25 m < z_{max} = 200m $c_r(z_e) = k_r * \ln(z_e/z_0) = 0.19 * \ln(8.25/0.05) = 0.97$ όπου $k_r = 0.19*(z_0/z_{0,II})^{0.07} = 0.19*(0.05/0.05)^{0.07} = 0.19$	Πίν. 4.1 (4.4) (4.5)
1.6 Συντελεστής ανάγλυφου, $c_0(z)$: Το έδαφος είναι επίπεδο άρα $c_0(z)$ = 1.0	4.3.1 ΣΗΜ.1* + ΕΠ 2.8
1.7 Μέση ταχύτητα ανέμου, v_m:	

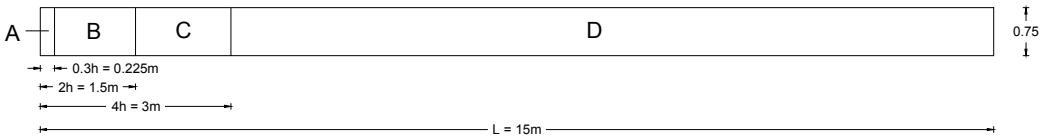
$v_m = c_r(z_e)*c_0(z_e)*v_b$ $v_m = 0.97*1*27 = 26.19$m/s	(4.3)
1.8 Πίεση ταχύτητας αιχμής, $q_p(z)$: $q_p(z_e) = [1+7*I_v(z_e)]*\rho*v_m^2(z_e)/2$ όπου $I_v(z_e) = k_I/[c_0(z_e)*\ln(z_e/z_0)] = 1/[1*\ln(8.25/0.05)] = 0.196$ Άρα $q_p(z_e) = [1+7*0.196]*0.00125*26.19^2/2 = 1.02$ kN/m^2 όπου $\rho = 1.25$ kg/m^3 = 0.00125 Mg/m^3	(4.8) (4.7) 4.5.1 ΣΗΜ.2* + ΕΠ 2.17
1.9 Συντελεστές εξωτερικής πιέσεως, c_{pe} : **1.9.1** Για τους κατακόρυφους τοίχους: e = min(b, 2h) = min(15, 2*8.25) = min(15, 16.5) = 15m e < d = 16.5m h/d = 8.25/16.5 = 0.5	Σχ. 7.5
 **Σχήμα Π1.3** Ζώνες κατακόρυφων τοίχων	Σχ. 7.5

Ζώνη	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.8	+1.0	-0.5	
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		+0.7	+1.0	-0.3	

Πίνακας Π1.1 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} κατακόρυφων τοίχων

Πίν. 7.1

Τα εμβαδά των ζωνών είναι: $A_A = 8.25*3 = 24.75$ m^2 > 10 m^2 $A_B = 8.25*12 = 99$ m^2 > 10 m^2 $A_C = 8.25*1.5 = 11.375$ m^2 > 10 m^2 $A_D = A_E = 7.5*15 = 112.5$ m^2 > 10 m^2 Άρα $c_{pe} = c_{pe,10}$. Το ύψος των ζώνων 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 .	Σχ. 7.2 7.4
1.9.2 Για τα στηθαία Για το στηθαίο που έρχεται πρώτο σε επαφή με τον άνεμο (αριστερά στην κάτοψη) ισχύει: L = 15m > 4*h = 4*0.75 = 3m φ = 1 και γύρισμα στις γωνίες μήκους 16.5 m > h =0.75m $q_p(z_e) = 1.02$ kPa και $z_e = h + h_p = 8.25$m	7.4.1



Σχήμα Π1.4 Ζώνες στηθαίου

Οι συντελεστές τελικής πίεσης και οι εξωτερικές πιέσεις δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Ζώνες	A	B	C	D
$c_{p,net}$	±2.1	±1.8	±1.4	±1.2
$q_p(z_e)$	1.02	1.02	1.02	1.02
w_e	±2.14	±1.84	±1.43	±1.22

Πίνακας Π1.2 Συντελεστές τελικής πίεσης $c_{p,net}$ εξωτερικές πιέσεις στηθαίου

Πίν. 7.9

Οι εξωτερικές πιέσεις ασκούνται στο στηθαίο είτε κατά τη φορά του ανέμου ή κατά την αντίθετή της.

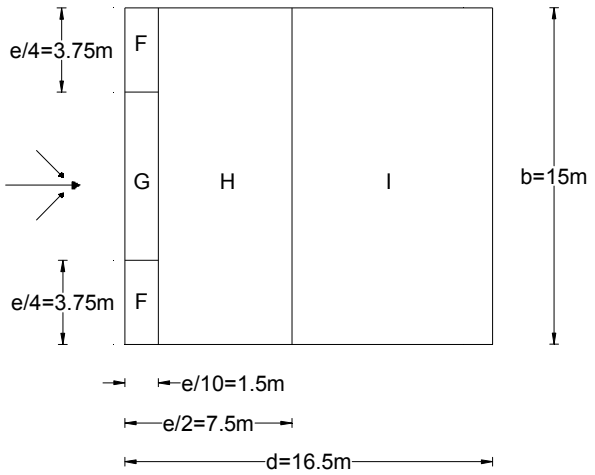
Το στηθαίο αυτό επισκιάζει το απέναντι στηθαίο (δεξιά στην κάτοψη) που είναι ίδιου υψους (h_p = 0.75m) κι επομένως οι συντελεστές τελικής πίεσης του δεύτερου δίνονται από τη σχέση

$$c_{p,net,s} = \psi_s * c_{p,net}$$

όπου $\psi_s = 1$ (λαμβάνεται για x/h = 16.5/0.75 = 22 και φ = 1).
Επομένως, οι συντελεστές τελικής πίεσης και οι εξωτερικές πιέσεις του επισκιαζόμενου στηθαίου ταυτίζονται με την τιμές του πινακα Π1.2 .

1.9.3 Για τη στέγη και θ = 0°
e = 15m < d = 16.5m
h_p/h = 0.75/7.5 = 0.10

Σχ. 7.6



Σχήμα Π1.5 Ζώνες στέγης

Σχ. 7.6

Τύπος στέγης		Ζώνες								Πίν.7.2
		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		

Πίνακας Π1.3 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} στέγης

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:
$A_F = 1.5*3.75 = 5.625\ m^2$ $\quad 1\ m^2 < A_F < 10\ m^2$
$A_G = 1.5*7.5 = 11.25\ m^2$ $\quad > 10\ m^2$
$A_H = 6*15 = 90\ m^2$ $\quad > 10\ m^2$
$A_I = 7.5*15 = 135\ m^2$ $\quad > 10\ m^2$

Για τη ζώνη F ο c_{pe} προκύπτει από τη σχέση: 7.2.1(1) + Σχ. 7.2
$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10})*\log A$
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.

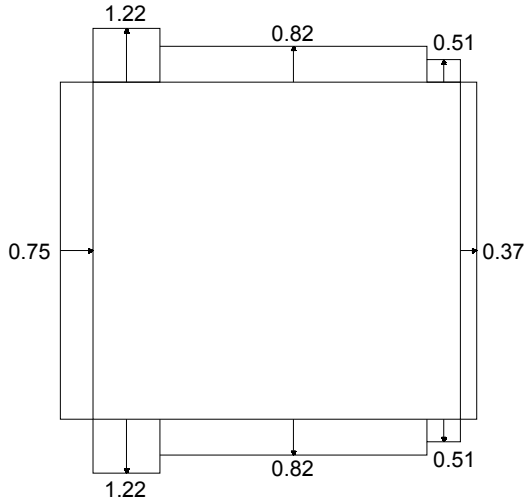
Ζώνες	A	B	C	D	E
c_{pe}	-1.2	-0.8	-0.5	+0.733	-0.367
Ζώνες	F	G	H	I	
c_{pe}	-1.35	-0.8	-0.7	±0.2	

Πίνακας Π1.4 Τελικοί συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} κατακόρυφων τοίχων και στέγης

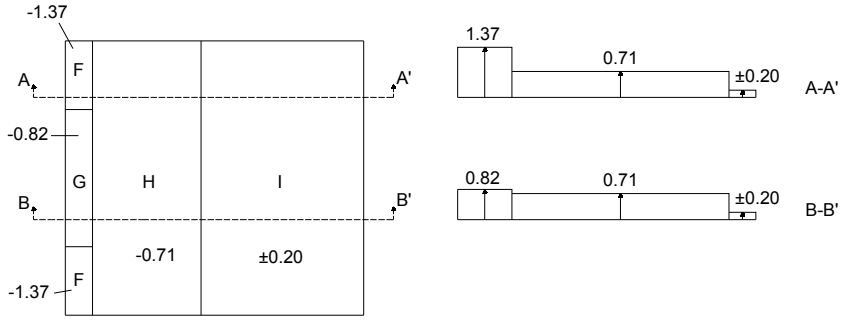
1.11 Εξωτερικές πιέσεις w_e :
Η πίεση του ανέμου η οποία δρα κάθετα στις εξωτερικές επιφάνειες μιας κατασκευής προκύπτει από τη σχέση:
$w_e = q_p(z_e) * c_{pe}$ (5.1)
Για τους κατακόρυφους τοίχους οι εξωτερικές πιέσεις δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Ζώνες		A	B	C	D	E
τοίχοι	c_{pe}	-1.2	-0.8	-0.5	+0.733	-0.367
	$q_p(z_e)$	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
	w_e	-1.22	-0.82	-0.51	+0.75	-0.37
Ζώνες		F	G	H	I	
στέγη	c_{pe}	-1.34	□0.8	-0.7	±0.2	
	$q_p(z_e)$	1.02	1.02	1.02	1.02	
	w_e	-1.37	-0.82	-0.71	±0.20	

Πίνακας Π1.5 Εξωτερικές πιέσεις w_e κατακόρυφων τοίχων και στέγης



Σχήμα Π1.6 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου στους κατακόρυφους τοίχους.



Σχήμα Π1.7 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου στη στέγη.

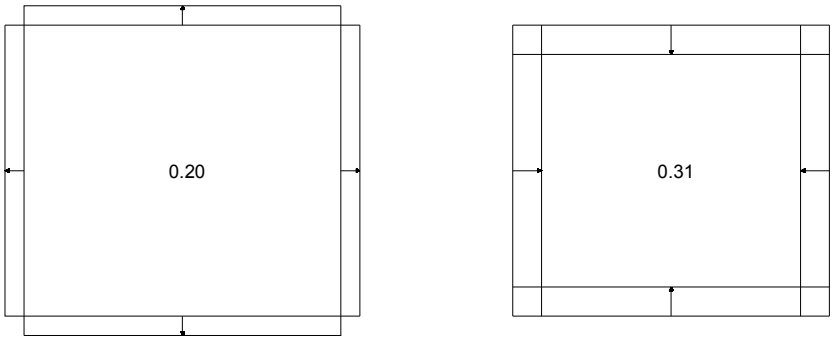
1.12 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης, c_{pi} :

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 πιέσεως, c_{pi}, η δυσμενέστερη τιμή από +0.2 και -0.3. Δυσμενέστερη κατάσταση είναι όταν αθροίζονται οι δυνάμεις από τις εσωτερικές και εξωτερικές πιέσεις. Ετσι, για παράδειγμα, αν ο συντελεστής εξωτερικής πιέσεως σε έναν τοίχο είναι θετικός, το δυσμενέστερο είναι να ληφθεί ο συντελεστής εσωτερικής πιέσεως αρνητικός: c_{pi}=-0.3. Αν, αντιθέτως ο συντελεστής εξωτερικής πιέσεως σε έναν τοίχο είναι αρνητικός, το δυσμενέστερο είναι να ληφθεί ο συντελεστής εσωτερικής πιέσεως θετικός: c_{pi}=+0.2. Προτείνεται να λαμβάνονται και οι δύο περιπτώσεις φορτίσεως και να συνδυάζονται με τις εξωτερικές πιέσεις.

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 $z_i = z_e = 8.25$m



Σχήμα Π1.8 Εσωτερικές πιέσεις ανέμου.

1.14 Τελικές πιέσεις w :

Οι εξωτερικές δυνάμεις δίνονται από τη σχέση :

$F_{w,e} = c_s c_d * \Sigma w_e * A_{ref}$

και οι εσωτερικές από τη σχέση :

$F_{w,i} = \Sigma w_i * A_{ref}$

Η συνισταμένη δύναμη σε κάθε επιφάνεια προσδορίζεται με διανυσματική άθροιση των προηγούμενων δυνάμεων. Εδώ επειδή είναι $c_s c_d = 1$ έχουμε :

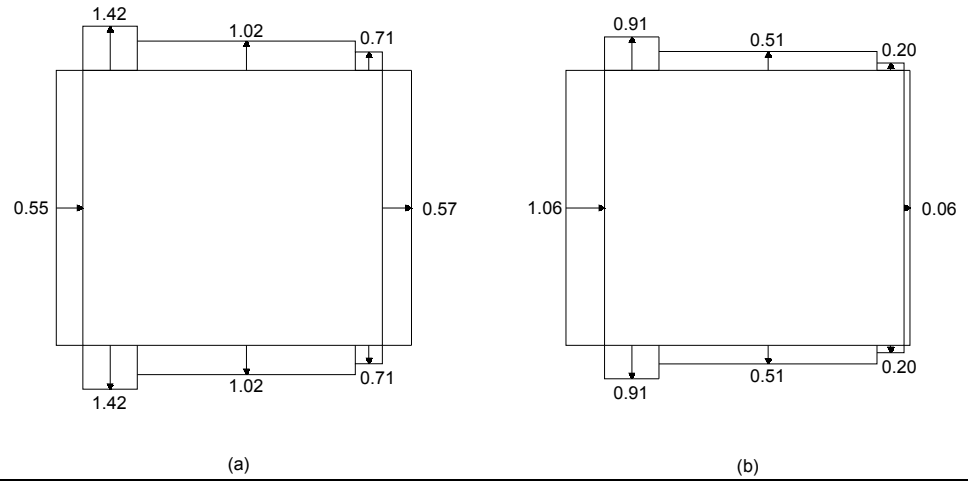
$F_{tot} = F_{w,e} - F_{w,I} = c_s c_d * \Sigma w_e * A_{ref} - \Sigma w_i * A_{ref} = \Sigma(w_e - w_i) * A_{ref} = \Sigma w * A_{ref}$

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.

$w = w_e - w_i$

Ζώνες			A	B	C	D	E
τοίχοι		w_e	-1.22	-0.82	-0.51	+0.75	-0.37
$c_{pι}$	+0.2	w_i	+0.20	+0.20	+0.20	+0.20	+0.20
		w	-1.42	-1.02	-0.71	+0.55	-0.57
	-0.3	w_i	-0.31	-0.□1	-0.31	-0□31	-0.31
		w	-0.91	-0.51	-0.20	+1.06	-0.06

Πίνακας Π1.6 Τελικές πιέσεις ανέμου στους κατακόρυφους τοίχους.



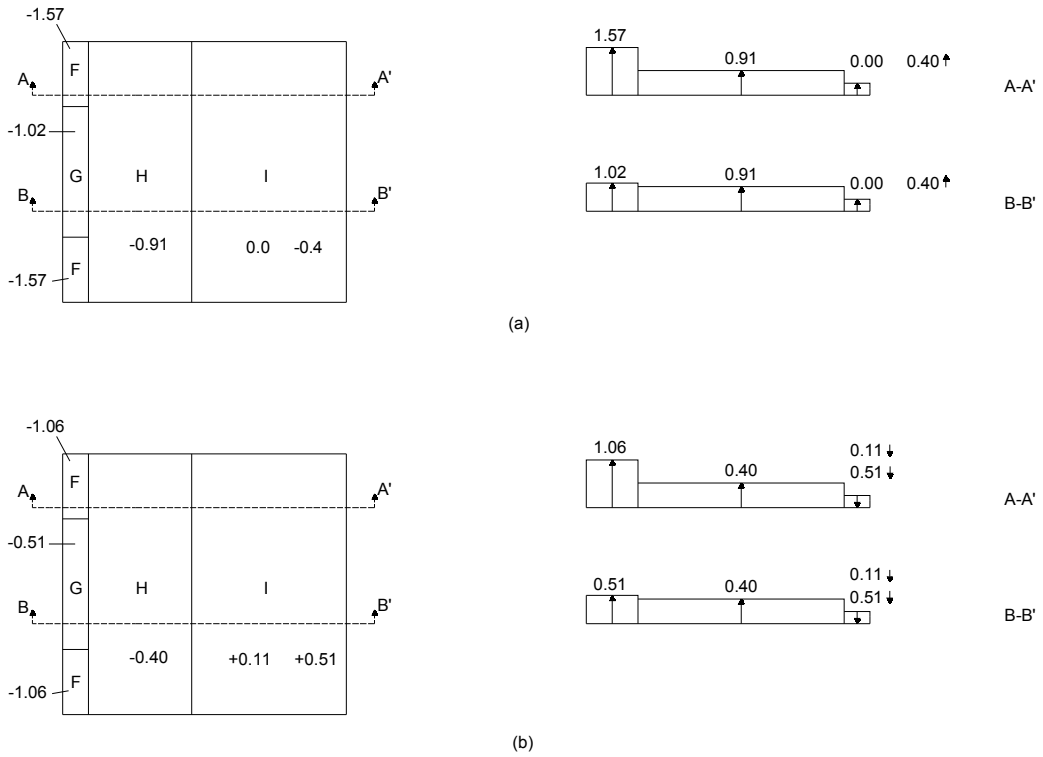
Σχήμα Π1.9 Τελικές πιέσεις ανέμου στους κατακόρυφους τοίχους (z = 0 έως 7.5m)
(a) για c_{pi}=+0.2 και (b) για c_{pi}=-0.3

Για z=7.5m έως 8.25m οι τελικές πιέσεις στα στηθαία που είναι κάθετα στη

διεύθυνση του ανέμου είναι ίσες με τις εξωτερικές πιέσεις του πίνακα Π1.2, ενώ για τα υπόλοιπα στηθαία οι τελικές πιέσεις ισούνται με τις εξωτερικές πιέσεις του σχήματος Π1.6 .

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	-1.57	-1.02	-0.91	0.00 ή -0.40
	-0.3	w_i	-0□31	-0.31	-0.31	-0.31
		w	-1.06	-0.51	-0.40	+0.51 ή +0.11

Πίνακας Π1.7 Τελικές πιέσεις ανέμου στη στέγη.



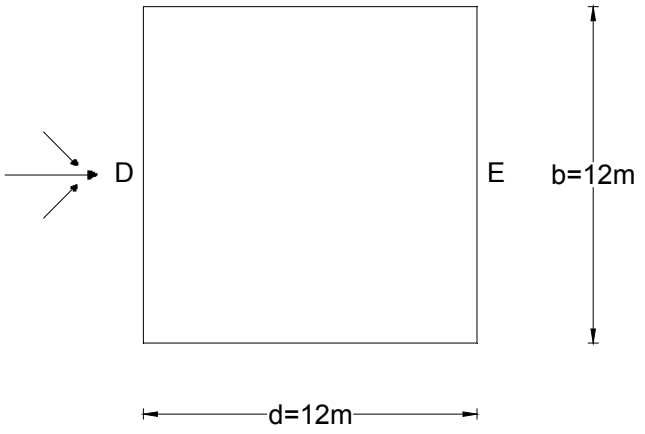
Σχήμα Π1.10 Τελικές πιέσεις ανέμου στη στέγη
(a) για c_{pi}=+0.2 και (b) για c_{pi}=-0.3

1.15 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)

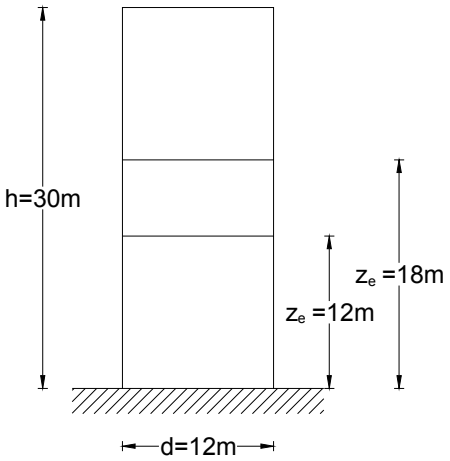
2*16.5*8.25 + 16.5*15 = 519.75 < 4*2*15*8.25 = 990

5.2 Παράδειγμα 2° Υψηλό κτήριο με οριζόντια στέγη

Δίδεται: Κλειστή άκαμπτη κατασκευή με οριζόντια στέγη.
Διαστάσεις: κάτοψη 12.0*12.0m, ύψος κατακόρυφου τοίχου: h=30.0m, Τραχύτητα Εδάφους 0, λόγος ανοιγμάτων μ = 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 (θ=0°) :



Σχήμα Π2.1 Κάτοψη κτηρίου



Σχήμα Π2.2 Όψη κτηρίου

	ΕΝ 1991-1-4
2.1 Θεμελιώδης ταχύτητα του ανέμου, $v_{b,0}$: η περιοχή θεωρείται ότι απέχει απόσταση μικρότερη από 10km από την θάλασσα, άρα **$v_{b,0}$=33m/s** .	ΕΠ 2.3
2.2 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 = **33m/s**	(4.1)
2.3 Τραχύτητα του εδάφους : Η κατηγορία εδάφους είναι 0, πρόκειται δηλαδή για παράκτια περιοχή εκτεθειμμένη σε ανοικτή θάλλασσα.	Πίν. 4.1
2.4 Υψος αναφοράς: • Για τους εξωτερικούς τοίχους: b=12.0m και h=30m > 2b Άρα διακρίνουμε τία τμήματα με ύψη αναφοράς: • **z_e = b = 12m** • **z_e = h-b = 18m** • **z_e = h = 30m** • Για την στέγη: **z_e= h =30m**	7.2.2(1) + Σχ. 7.4 7.2.3(3) + Σχ.7.6
2.5 Συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$: Για κατηγορία εδάφους 0 έχουμε z_0 = 0.003m και z_{min} = 1m. Επειδή z_{min} = 1m < z_e = 12 ή 18 ή 30 m < z_{max} = 200m $c_r(z_e) = k_r * \ln(z_e/z_0)$ $c_r(12) = 0.156 * \ln(12/0.05) = 1.294$ $c_r(18) = 0.156 * \ln(18/0.05) = 1.357$ $c_r(30) = 0.156 * \ln(30/0.05) = 1.437$ όπου $k_r = 0.19*(z_0/z_{0,II})^{0.07} = 0.19*(0.003/0.05)^{0.07} = 0.156$	Πίν. 4.1 (4.4) (4.5)

2.6 Συντελεστής ανάγλυφου, $c_0(z)$:
Το έδαφος είναι επίπεδο άρα $c_0(z) = 1.0$ — ΕΠ 2.8

2.7 Μέση ταχύτητα ανέμου, v_m:
$v_m(z_e) = c_r(z_e)*c_0(z_e)*v_b$ — (4.3)
$v_m(12) = 1.294*1*33 = 42.7$ m/s
$v_m(18) = 1.357*1*33 = 44.8$ m/s
$v_m(30) = 1.437*1*33 = 47.4$ m/s

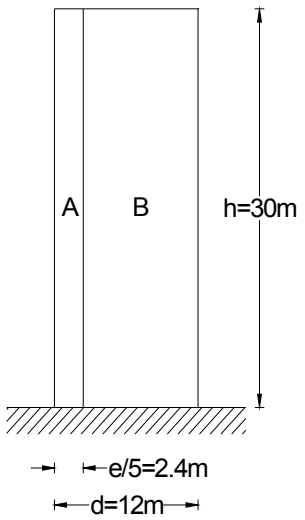
2.8 Πίεση ταχύτητας αιχμής, $q_p(z_e)$:
$q_p(z_e) = [1+7*I_v(z_e)]*\rho*v_m^2(z_e)/2$ — (4.8)
όπου $I_v(z_e) = k_I/[c_0(z_e)*\ln(z_e/z_0)]$ και $\rho = 1.25$ kg/m^3 =0.00125 Mg/m^3 — (4.7) + ΕΠ 2.17

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

Πίνακας Π2.1 Πιέσεις αιχμής, $q_p(z_e)$.

2.9 Συντελεστές εξωτερικής πιέσης, c_{pe} :

2.9.1 Για τους κατακόρυφους τοίχους: — Σχ. 7.5
e = min(b, 2h) = min(12, 2*30) = min(12, 60) = 12m
e = d = 12m
h/d = 30/12 = 2.5



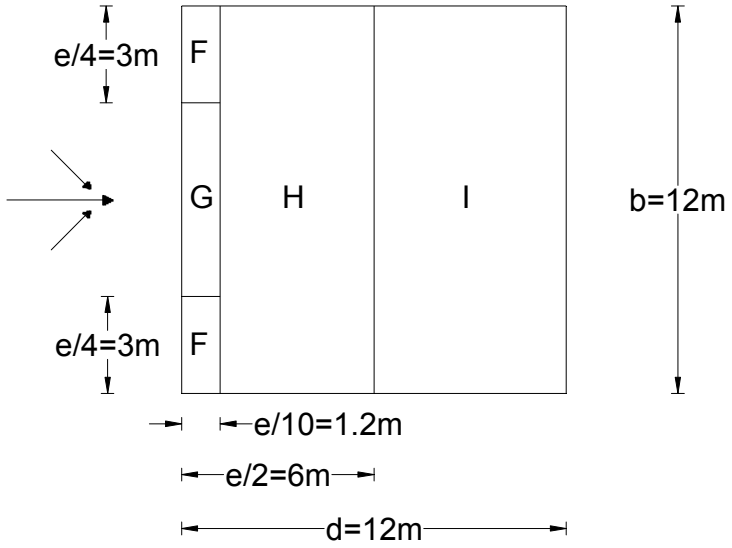
Σχήμα Π1.3 Ζώνες κατακόρυφων τοίχων

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:
$A_A = 2.4*30 = 72$ m^2 > 10 m^2
$A_B = 9.6*30 = 288$ m^2 > 10 m^2
$A_D = 12*30 = 360$ m^2 > 10 m^2
$A_E = 12*30 = 360$ m^2 > 10 m^2
Άρα $c_{pe} = c_{pe,10}$ — Σχ. 7.2

Ζώνη		A	B	D	E
h/d	5	-1.2	-0.8	+0.8	-0.7
	2.5	-1.2	-0.8	+0.8	-0.575
	1	-1.2	-0.8	+0.8	-0.5

Πίνακας Π2.2 Τελικοί συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} κατακόρυφων τοίχων — Πίν. 7.1

2.9.2 Για τη στέγη οι τιμές των c_{pe} προκύπτουν για τύπο στέγης με αιχμηρά άκρα, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.



Σχήμα Π2.4 Ζώνες στέγης.

Σχ. 7.6

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	

Πίνακας Π2.3 Τελικοί συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} στέγης.

Πίν. 7.2

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$A_F = 1.2*3 = 3.6\ m^2$ $\quad 1\ m^2 < A_F < 10\ m^2$

$A_G = 1.2*6 = 7.2\ m^2$ $\quad 1\ m^2 < A_G < 10\ m^2$

$A_H = 4.8*12 = 57.6\ m^2$ $\quad > 10\ m^2$

$A_I = 6*12 = 72\ m^2$ $\quad > 10\ m^2$

Για τις ζώνες F και G ο c_{pe} προκύπτει από τη σχέση:

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

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.

Σχ. 7.2

Ζώνες	A	B	D	E
c_{pe}	-1.2	-0.8	+0.8	-0.575
Ζώνες	F	G	H	I
c_{pe}	-2.11	-1.31	-0.7	±0.2

Πίνακας Π2.4 Τελικοί συντελεστές εξωτερικής πίεσης c_{pe} κατακόρυφων τοίχων και στέγης

2.10 Εξωτερικές πιέσεις w_e :

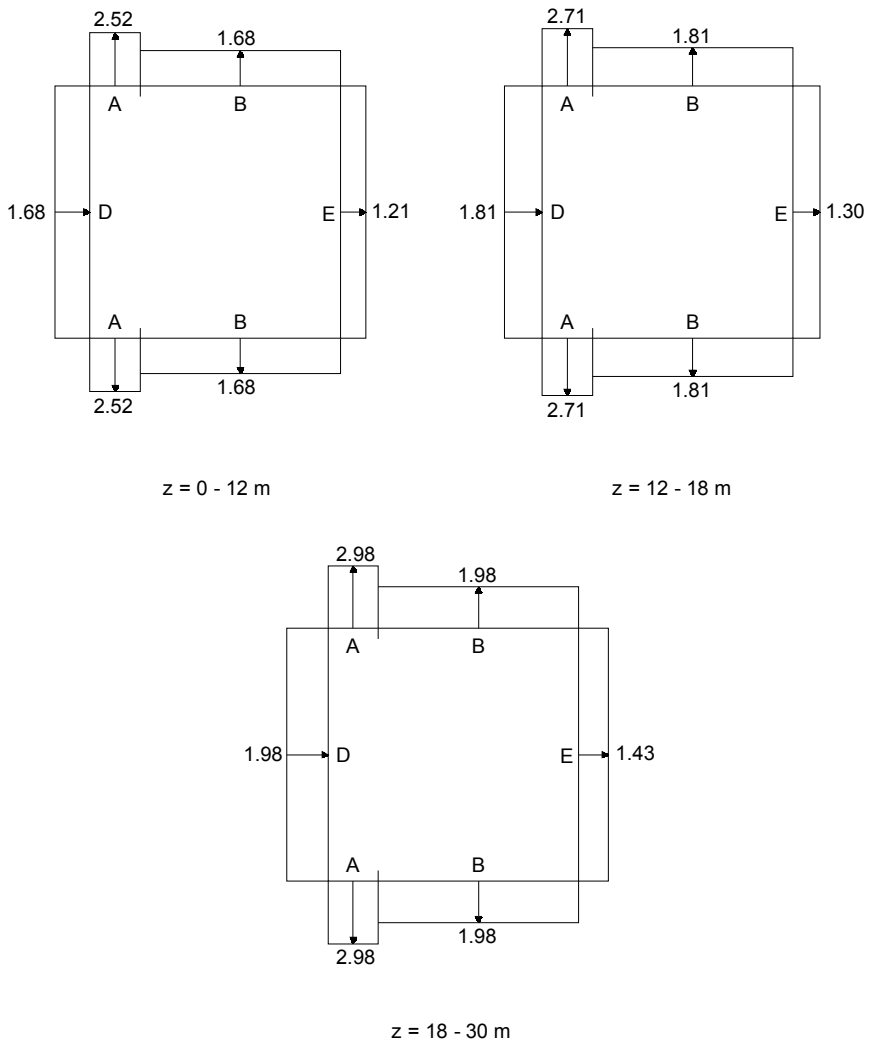
Η πίεση του ανέμου η οποία δρα κάθετα στις εξωτερικές επιφάνειες μιας κατασκευής προκύπτει από τη σχέση:

$w_e = q_p(z_e) * c_{pe}$ (5.1)

Για τους κατακόρυφους τοίχους και τη στέγη οι εξωτερικές πιέσεις δίνονται στους παρακάτω πίνακες:

Ζώνες			A	B	D	E
Τοίχοι		c_{pe}	-1.2	-0.8	+0.8	-0.575
z_e	12	q_p	2.10			
		w_e	-2.52	-1.68	+1.68	-1.21
	18	q_p	2.26			
		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

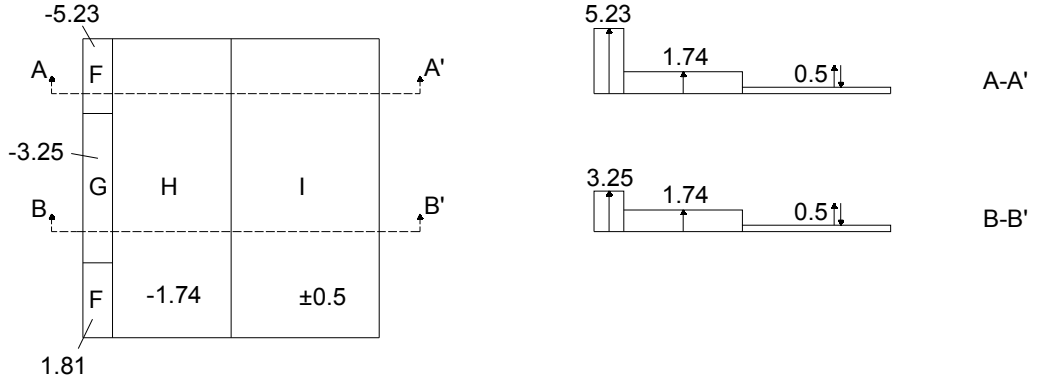
Πίνακας Π2.5 Εξωτερικές πιέσεις w_e κατακόρυφων τοίχων.



Σχήμα Π2.5 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου στους κατακόρυφους τοίχους.

Ζώνες		F	G	H	I
στέγη	c_{pe}	-2.11	-1.31	-0.7	±0.2
	q_p	2.48			
	w_e	-5.23	-3.25	-1.74	±0.5

Πίνακας Π2.6 Εξωτερικές πιέσεις w_e στέγης.



Σχήμα Π2.6 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου στη στέγη.

1.12 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης, $c_{pι}$:

Για h/d = 30/12 = 2.5 > 1.0 και λόγο ανοιγμάτων μ = 0.8 παίρνουμε $c_{pι}$ = -0.3 .

Σχ. 7.13

1.13 Εσωτερικές πιέσεις w_i :

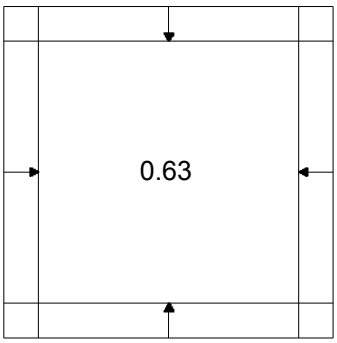
Οι εσωτερικές πιέσεις δίνονται από τη σχέση: $w_i = q_p(z_i) * c_{pi}$.

Θεωρούμε ότι $z_i = z_e$. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι εσωτερικές πιέσεις για τους κατακόρυφους τοίχους και τη στέγη.

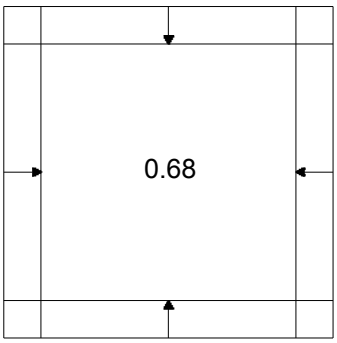
(5.2)

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	□□.74
στέγη		c_{pi}	-0.3
z_i	30	q_p	2.48
		w_i	-0.74

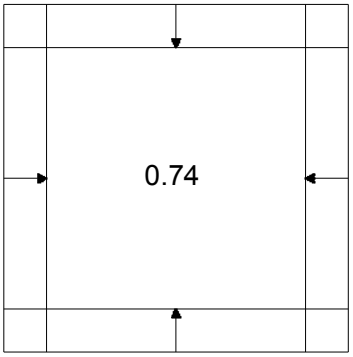
Πίνακας Π2.7 Εσωτερικές πιέσεις ανέμου στους κατακόρυφους τοίχους και τη στέγη.



z = 0 - 12 m



z = 12 - 18 m



z = 18 - 30 m

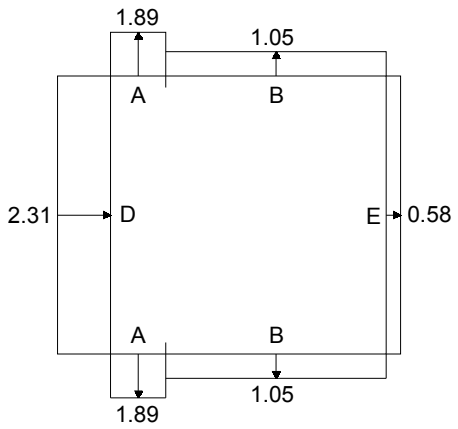
Σχήμα Π2.7 Εσωτερικές πιέσεις ανέμου στους κατακόρυφους τοίχους

2.14 Συνδυασμένος δυναμικός συντελεστής $c_s c_d$:
Επειδή h = 30m < 100m και h < 4*d = 4*12 = 48m, $c_s c_d$ = 1. 6.2(1) γ)

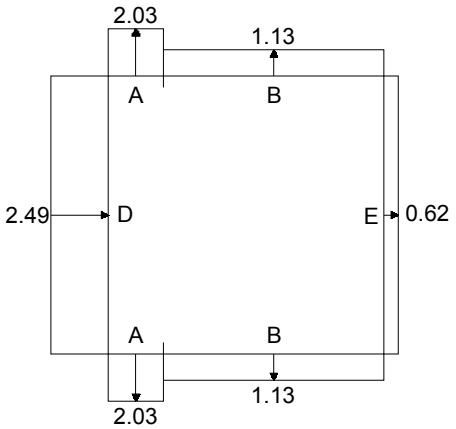
2.15 Τελικές πιέσεις w :
Αφού $c_s c_d$ =1 οι τελικές πιέσεις στους κατακόρυφους τοίχους και στη στέγη προκύπτουν από επαλληλία των εξωτερικών και εσωτερικών πιέσεων και δίνονται στους παρακάτω πίνακες. (βλ. και 2.16)
$w = w_e - w_i$

Ζώνες		A	B	D	E
0-12	w_e	-2.52	-1.68	+1.68	-1.21
	w_i	-0.63			
	w	-1.89	-1.05	+2.31	-0.58
12-18	w_e	-2.71	-□.81	+1.81	-1.30
	w_i	-0.68			
	w	-2.03	-1.13	+2.49	-□.62
18-30	w_e	-2.□8	-1.98	+1.98	-1.43
	w_i	-0.74			
	w	-2.24	-1.24	+2.72	-0.69

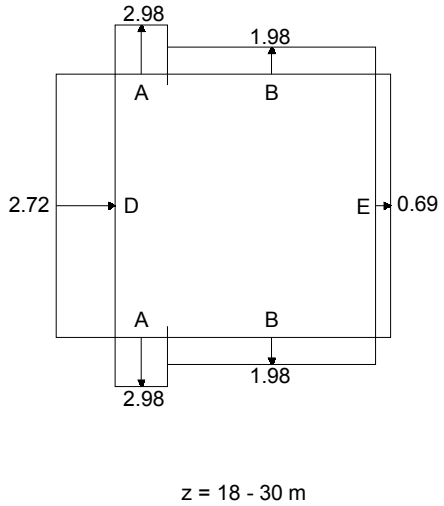
Πίνακας Π2.8 Τελικές πιέσεις ανέμου στους κατακόρυφους τοίχους



z = 0 - 12 m



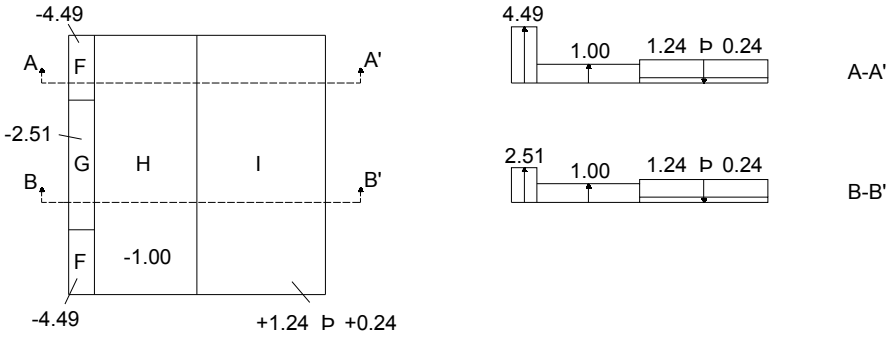
z = 12 - 18 m



Σχήμα Π2.8 Τελικές πιέσεις ανέμου στους κατακόρυφους τοίχους

Ζώνες		F	G	H	I
στέγη	w_e	-5.23	-3.25	-1.74	±□.5
	w_i	-0.74			
	w	-4.49	-2.51	-1.00	+1.24
					+0.24

Πίνακας Π2.9 Τελικές πιέσεις ανέμου στη στέγη.



Σχήμα Π2.9 Τελικές πιέσεις ανέμου στη στέγη.

2.16 Συνολική Δύναμη :

Οι εξωτερικές δυνάμεις δίνονται από τη σχέση :

$F_{w,e} = c_s c_d * \Sigma w_e * A_{ref}$ (5.5)

και οι εσωτερικές από τη σχέση :

$F_{w,i} = \Sigma w_i * A_{ref}$ (5.6)

Η συνισταμένη δύναμη σε κάθε επιφάνεια προσδορίζεται με διανυσματική άθροιση των προηγούμενων δυνάμεων. Εδώ επειδή είναι $c_s c_d = 1$ έχουμε :

$F_{tot} = F_{w,e} - F_{w,I} = c_s c_d * \Sigma w_e * A_{ref} - \Sigma w_i * A_{ref} = \Sigma(w_e - w_i) * A_{ref} = \Sigma w * A_{ref}$

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.

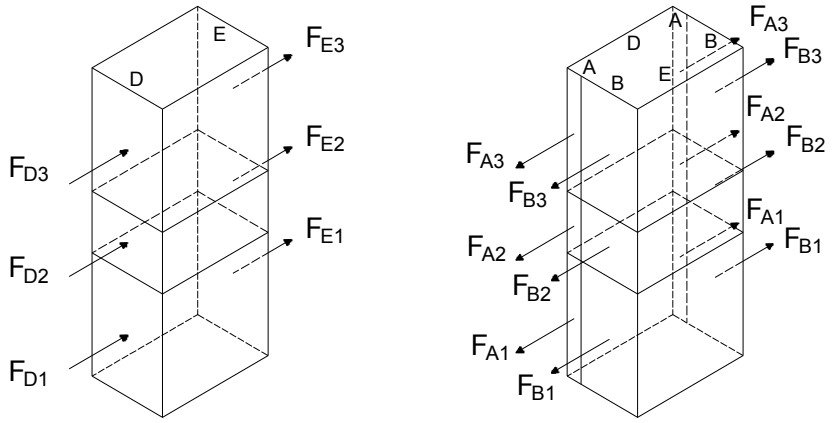
Τα εμβαδά των ζωνών των κατακόρυφων τοίχων είναι:

$A_{A1} = 2.4*12 = 28.8\ m^2$

$A_{A2} = 2.4*6 = 14.4\ m^2$
$A_{A3} = 2.4*12 = 28.8\ m^2$
$A_{B1} = 9.6*12 = 115.2\ m^2$
$A_{B2} = 9.6*6 = 57.6\ m^2$
$A_{B3} = 9.6*12 = 115.2\ m^2$
$A_{D1} = A_{E1} = 12*12 = 144\ m^2$
$A_{D2} = A_{E2} = 12*6 = 72\ m^2$
$A_{D3} = A_{E3} = 12*12 = 144\ m^2$

Ζώνες		A	B	D	E
0-12	w	-1.89	-1.05	+2.31	-0.58
	A	28.8	115.2	144	144
	F	**-53.28**	**-120.96**	**+332.64**	**-83.52**
12-18	w	-2□03	-1.13	□2.49	-0.62
	A	14.4	57.6	72	72
	F	**-29.23**	**-65.09**	**+179.28**	**-44.64**
18-30	w	-2.24	-1.24	+2.□2	-0.69
	A	28.8	115.2	144	144
	F	**-64.51**	**-142.85**	**+391.68**	**-99.36**

Πίνακας Π2.10 Τελικές δυνάμεις ανέμου στους κατακόρυφους τοίχους



Σχήμα Π2.10 Τελικές δυνάμεις ανέμου στους κατακόρυφους τοίχους

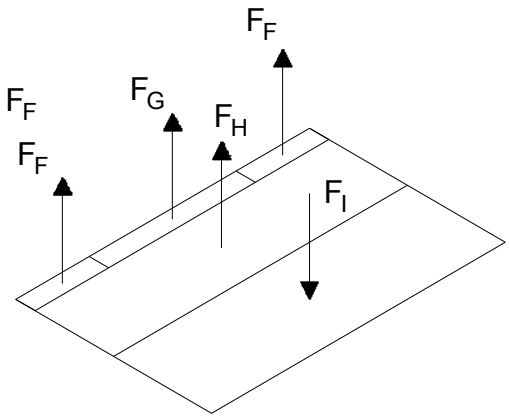
Οι δυνάμεις που φαίνονται στα παραπάνω σκαριφήματα (Σχ. Π2.10) δεν αποτελούν δύο ανεξάρτητες φορτίσεις, αλλά προφανώς ασκούνται ταυτόχρονα. Επιλέχθηκε η σχεδίαση δύο ξεχωριστών σκαριφημάτων αντί ενός ενιαίου για λόγους ευκρίνειας και μόνο.

Τα εμβαδά των ζωνών της στέγης έχουν υπολογιστεί προηγουμένως και είναι:
$A_F = 1.2*3 = 3.6\ m^2$
$A_G = 1.2*6 = 7.2\ m^2$
$A_H = 4.8*12 = 57.6\ m^2$
$A_I = 6*12 = 72\ m^2$

Ζώνες		F	G	H	I
στέγη	w	-4.49	-2.51	-1.00	+1.24
					+0.24
	A	3.6	7.2	57.6	72

	F	-16.16	-18.07	-57.6	+89.28 +17.28	

Πίνακας Π2.11 Τελικές δυνάμεις ανέμου στη στέγη.



Σχήμα Π2.11 Τελικές δυνάμεις ανέμου στη στέγη.

Ειδικά για την προσήνεμη και την υπήνεμη πλευρά η συνισταμενη δύναμη είναι :
ΣF = 332.64 + 179.28 + 391.68 + 83.52 + 44.64 + 99.36=1131.12kN
και ασκείται σε απόσταση z_0 από το έδαφος,
με z_0 = [(332.64+83.52)*24 + (179.28+44.64)*15 + (391.68+99.36)*6]/1131.12 = 14.4 m
Για να ληφθεί υπόψη η έλλειψη συσχέτισης των πιέσεων του ανέμου μεταξύ προσήνεμης και υπήνεμης πλευράς η δύναμη που προέκυ- ψε προηγουμένως πολλαπλασιάζεται με 0.906 (προκύπτει για h/d = 2.5 μετά από γραμμική παρεμβολή). 7.2.2(3)

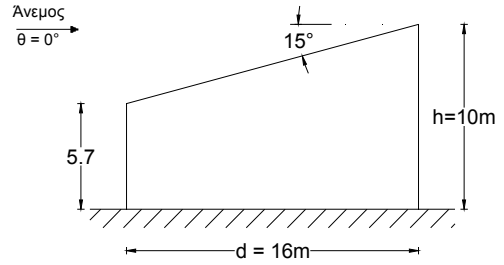
Οπότε η συνισταμένη δύναμη είναι:
ΣF = 0.906*1131.12 = 1024.79 kN

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).
2*12*30 + 12*12 = 864 < 4*2*12*30 = 2880

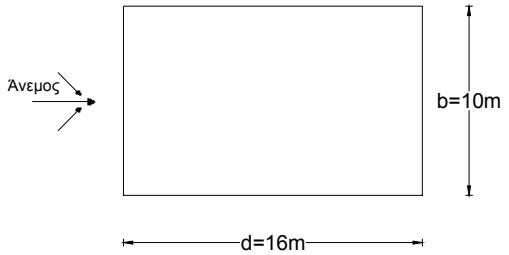
5.3 Παράδειγμα 3° Κτήριο με μονοκλινή στέγη

Δίδεται: Κλειστή άκαμπτη κατασκευή με μονοκλινή στέγη.
Διαστάσεις: κάτοψη 16.0*10.0m, ύψος κατακόρυφου τοίχου: 5.7m, ύψος μέχρι τον κορφιά 10.0m, γωνία κλίσης της στέγης α=15°, περιοχή με τοπογραφική τομή εδάφους όπως στα σχήματα, Τραχύτητα Εδάφους III, περίοδος Επαναφοράς 50 έτη
Ζητείται: ο υπολογισμός των πιέσεων στις εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου για δύο διευθύνσεις του ανέμου:

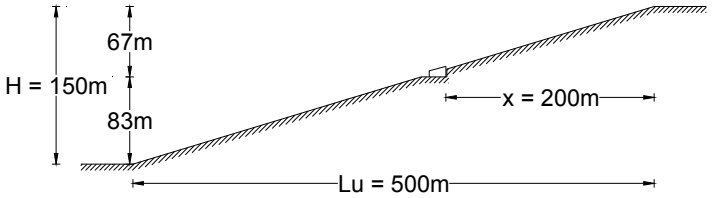
- άνεμος κάθετος προς τον κορφιά θ=0°
- άνεμος παράλληλος προς τον κορφιά θ=90°



Σχήμα Π3.1 Όψη κτηρίου



Σχήμα Π3.2 Κάτοψη κτηρίου



Σχήμα Π3.3 Τομή

	ΕΝ 1991-1-4
o **Θεμελιώδης ταχύτητα του ανέμου, $v_{b,0}$:** η περιοχή θεωρείται ότι απέχει απόσταση μεγαλύτερη από 10km από την θάλασσα, άρα **$v_{b,0}$=27m/s** .	ΕΠ 2.3
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 = **27m/s**	(4.1)
3.3 Υψος αναφοράς: Για την στέγη: **z_e=10.0m** Για τους εξωτερικούς τοίχους: άνεμος κάθετος προς τον κορφιά θ=0 b=10.0m και h=10.0m είναι h=b άρα διακρίνουμε ένα τμήμα: **z_e=10.0 m** • άνεμος παράλληλος προς τον κορφιά θ=90° b=16.0m, και h=10.0m είναι h<b άρα διακρίνουμε ένα τμήμα: **z_e=10.0m**	7.2.4(2) 7.2.2(1) + Σχ.7.4
3.4 Συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$: Για κατηγορία εδάφους III έχουμε z_0 = 0.3m και z_{min} = 5m. Επειδή z_{min} = 5m < z_e = 10 ή 16 m < z_{max} = 200m	Πίν. 4.1 (4.4)

• Για $\theta = 0°$: z_e=10.0 m : $c_r(z_e) = k_r * \ln(z_e/z_0) = 0.215*\ln(10/0.3) = 0.754$ • Για $\theta = 90°$: z_e=10.0 m : $c_r(z_e) = k_r * \ln(z_e/z_0) = 0.215*\ln(10/0.3) = 0.754$ όπου $k_r = 0.19*(z_0/z_{0,II})^{0.07} = 0.19*(0.3/0.05)^{0.07} = 0.215$	(4.5)
3.5 Συντελεστής ανάγλυφου, $c_0(z)$: • Για $\theta = 0°$: 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 $X = 200m < L_u/2 = 250m$. Επειδή είναι $0.05 < \Phi \leq 0.3$ και $\lvert X \rvert \leq L_u/2$, το ενεργό μήκος της προσήνεμης πλαγιάς είναι $L_e = L_u = 600m$. Είναι $x/L_u = -200/500 = -0.4$ και $z/L_e = 10/500 = 0.02$ Επειδή το σχήμα δε δίνει τιμή του s για $z/L_e < 0.01$ υπολογίζουμε το s από τη σχέση $s = A*e^{(B*X/Lu)}$ όπου $A = 0.1552*(z/L_e)^4 - 0.8575*(z/L_e)^3 + 1.8133*(z/L_e)^2 - 1.9115*(z/L_e) + 1.0124$ $A = 0.975$ και $B = 0.3542*(z/L_e)^2 - 1.0577*(z/L_e) + 2.6456 = 2.625$ Οπότε s = 0.34 Επειδή $0.05 < \Phi \leq 0.3$ ο συντελεστής αναγλύφου είναι $c_0 = 1 + 2*s*\Phi = 1 + 2*0.34*0.3 = 1.204$ **(i)** Για $\theta = 90°$: Η προσήνεμη κλίση στη διεύθυνση του ανέμου είναι $\Phi = 0$. Επομένως $c_0 = 1.0$	A.3(1) A.3(3) Σχ.A.2 A.3(5) α) + (A.4) (A.5) (A.6) (A.2) (A.1)
3.6 Μέση ταχύτητα ανέμου, v_m: $v_m = c_r(z_e)*c_0(z_e)*v_b$	(4.3)

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°	1□.0	27.0	0.754	1.000	20.36

Πίνακας Π3.1 Βασική ταχύτητα ανέμου

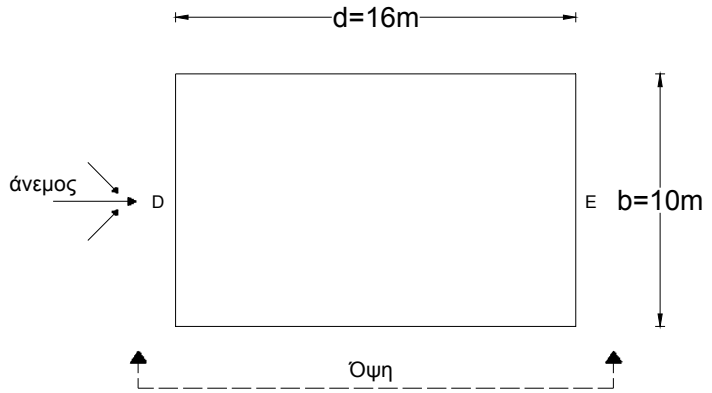
3.7 Πίεση ταχύτητας αιχμής, $q_p(z)$: $q_p(z_e) = [1+7*I_v(z_e)]*\rho*v_m(z_e)/2$ όπου $I_v(z_e) = k_I/[c_0(z_e)*\ln(z_e/z_0)]$, με $k_I = 1.0$	(4.8) (4.7)

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°	□0.0	1.000	0.285	20.36	0.78

Πίνακας Π3.2 Πίεση ταχύτητας αιχμής

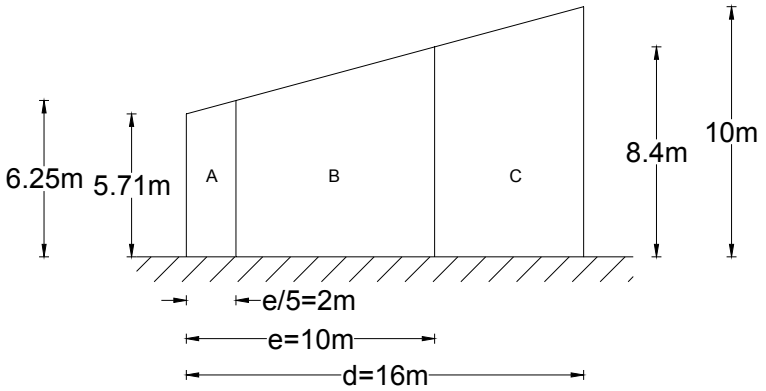
3.8 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης, c_{pe} :

3.8.1 Για κατακόρυφους τοίχους και θ = 0° (βλ. Σχήμα 7.5)
e = min(b, 2h) = min(10, 2*10) = min(10, 20) = 10m < d = 16m
h/d = 10/16 = 0.625



Σχήμα Π3.4 Ζώνες κατακόρυφων τοίχων (κάτοψη , θ = 0°)

Σχ. 7.5



Σχήμα Π3.5 Ζώνες κατακόρυφων τοίχων (όψη , θ = 0°)

Ζώνες	A		B		C				E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.8	+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		+0.7	+1.0	-0.3	

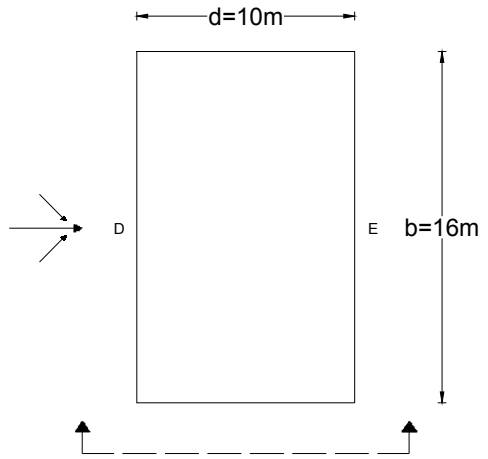
Πίνακας Π3.3 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης κατακόρυφων τοίχων

Πίν. 7.1

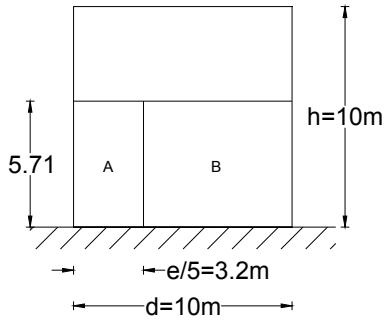
Τα εμβαδά των ζωνών είναι:
A_A = (5.71+6.25)*2/2 = 11.96 m^2 > 10 m^2
A_B = (6.25+8.4)*8/2 = 58.6 m^2 > 10 m^2
A_C = (8.4+10)*6/2 = 55.2 m^2 > 10 m^2
A_D = 5.71*10 = 57.1 m^2 > 10 m^2
A_E = 10*10 = 100 m^2 > 10 m^2
Άρα $c_{pe} = c_{pe,10}$.

Σχ. 7.2

3.9.2 Για κατακόρυφους τοίχους και θ = 90° (βλ. Σχήμα 7.5)
e = min(b, 2h) = min(16, 2*10) = min(16, 20) = 16m > d =10m
h/d = 10/10 = 1.0
Οι τιμές των c_{pe} προκύπτουν από τον παραπάνω πίνακα.



Σχήμα Π3.6 Ζώνες κατακόρυφων τοίχων (κάτοψη , θ = 90°)



Σχήμα Π3.7 Ζώνες κατακόρυφων τοίχων (όψη , θ = 90°)

Σχ. 7.5

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:
$A_A = 3.2*5.7 = 18.24\ m^2 > 10\ m^2$
$A_B = 6.8*5.7 = 38.76\ m^2 > 10\ m^2$
$A_D = (5.7+10)*16/2 = 125.6\ m^2 > 10\ m^2$
$A_E = (5.7+10)*16/2 = 125.6\ m^2 > 10\ m^2$
Άρα $c_{pe} = c_{pe,10}$.

Σχ. 7.2

Επομένως, αναλόγως της διεύθυνσης του ανέμου οι συντελεστές εξωτερικής πίεσης για τους κατακόρυφους τοίχους είναι:

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	-	+0.8	-0.5

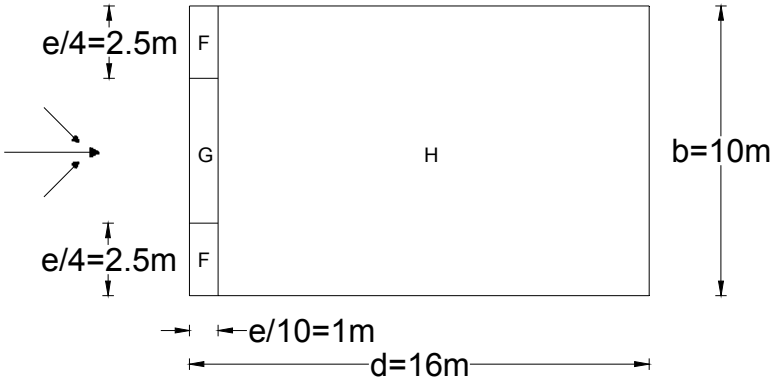
Πίνακας Π3.4 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης κατακόρυφων τοίχων.

3.9.3 Για τη στέγη και θ = 0°

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	-□.3	
	+0.2		+0□2		+0.2	

Πίνακας Π3.5 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης στέγης (θ = 0°).

Πίν. 7.3α



Σχήμα Π1.8 Ζώνες στέγης (θ = 0°)

Σχ. 7.7

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$A_F = 1*2.5/\cos15° = 2.59\ m^2$ $\quad 1\ m^2 < A_F < 10\ m^2$

$A_G = 2*5/\cos15° = 5.18\ m^2$ $\quad 1\ m^2 < A_G < 10\ m^2$

$A_H = 15*10/\cos15° = 155.3\ m^2 > 10\ m^2$

Για τις ζώνες F και G ο c_{pe} προκύπτει από τη σχέση:

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

ενώ για τη ζώνη H είναι $c_{pe} = c_{pe,10}$.

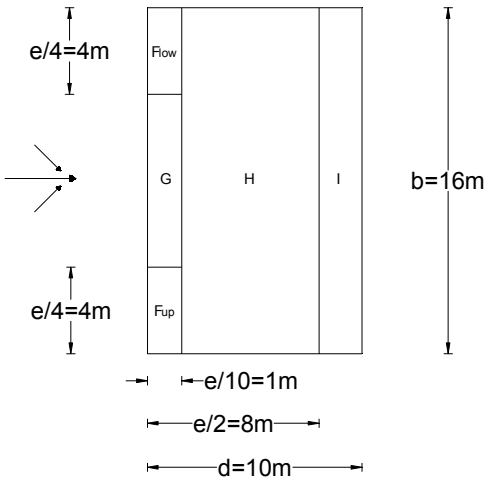
Οι τιμές των c_{pe} δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Σχ. 7.2

Ζώνη	F	G	H
c_{pe}	-1.54	-1.21	-0.3
	+0.2	+0.2	+0.2

Πίνακας Π3.6 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης στέγης (θ = 0°).

3.9.4 Για τη στέγη και θ = 90°



Σχήμα Π3.9 Ζώνες στέγης (θ = 90°)

Σχ. 7.2

Ζώνη	F_{up}		F_{low}		G		H		I	
α	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
15°	-2.4	-2.9	-1.6	-2.4	-1.9	-2.5	-0.8	-1.2	-0.7	-1.2

Πίνακας Π3.7 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης στέγης (θ = 90°).

Πίν.7.3β

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

Σχ. 7.2

$A_{F_{UP}} = 1.6*4/\cos15° = 6.63\ m^2$ $\quad 1\ m^2 < A_{F_{UP}} < 10\ m^2$
$A_{F_{LOW}} = 1.6*4/\cos15° = 6.63\ m^2$ $\quad 1\ m^2 < A_{F_{LOW}} < 10\ m^2$
$A_G = 1.6*8/\cos15° = 13.3\ m^2 > 10\ m^2$
$A_H = 6.4*16/\cos15° = 106\ m^2 > 10\ m^2$
$A_I = 2*16/\cos15° = 33.13\ m^2 > 10\ m^2$

Για τις ζώνες F_{UP} και F_{LOW} ο c_{pe} προκύπτει από τη σχέση:
$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10})*\log A$
ενώ για τις ζώνες G, H και I είναι $c_{pe} = c_{pe,10}$.
Οι τιμές των c_{pe} δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

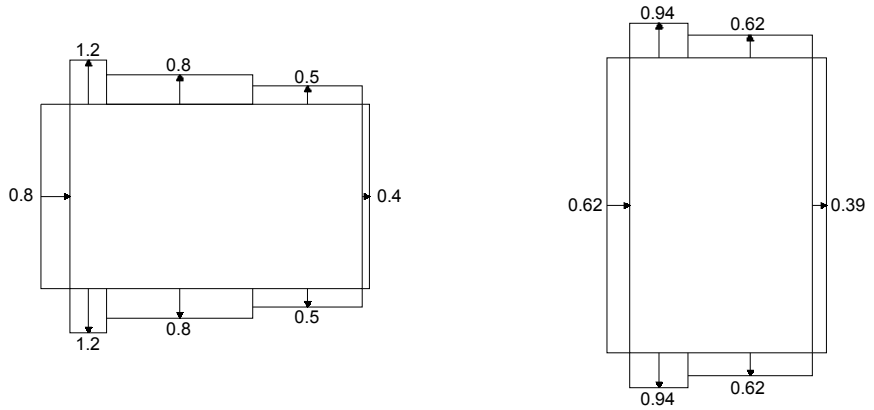
Ζώνη	F_{up}	F_{low}	G	H	I
c_{pe}	-2.49	-1.74	-1.9	-0.5	-0.7

Πίνακας Π3.8 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης στέγης (θ = 90°).

3.10 Εξωτερικές πιέσεις w_e :
Η πίεση του ανέμου η οποία δρα κάθετα στις εξωτερικές επιφάνειες μιας κατασκευής προκύπτει από τη σχέση:
$w_e = q_p(z_e) * c_{pe}$ (5.1)
Για τους κατακόρυφους τοίχους οι εξωτερικές πιέσεις δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Ζώνη			A	B	C	D	E
θ	0°	c_{pe}	-1.2	-0.8	-0.5	+0.8	-0.4
		$q_p(z_e)$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		w_e	-1.2	-0.8	-0.5	+0.8	-0.4
	90°	c_{pe}	-1.2	-0.8	-	+0.8	-0.5
		$q_p(z_e)$	0.78	0.78	-	0.78	0.78
		w_e	-0.94	-0.62	-	+0.63	-0.39

Πίνακας Π3.9 Εξωτερικές πίεσεις κατακόρυφων τοίχων

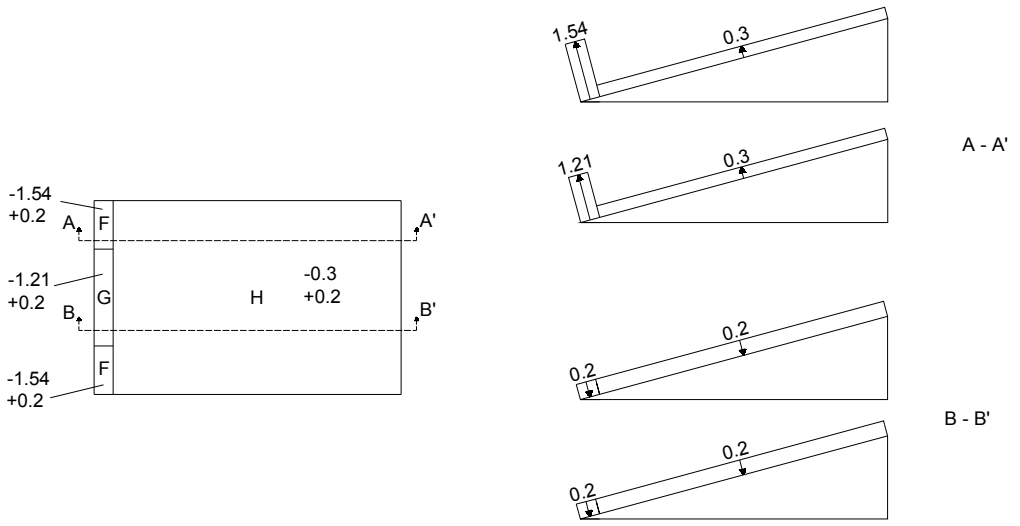


Σχήμα Π3.10 Εξωτερικές πιέσεις κατακόρυφων τοίχων (θ = 0° και 90°)

Για τις στέγες οι εξωτερικές πιέσεις για θ = 0° είναι:

Ζώνη	F	G	H
c_{pe}	-1.54	-1.21	-0.3
	+0.2	+0.2	+0.2
$q_p(z_e)$	1.00	1.00	1.00
w_e	-1.54	-1.21	-0.3
	+0.2	+0.2	+0.2

Πίνακας Π3.10 Εξωτερικές πίεσεις στέγης (θ = 0°).

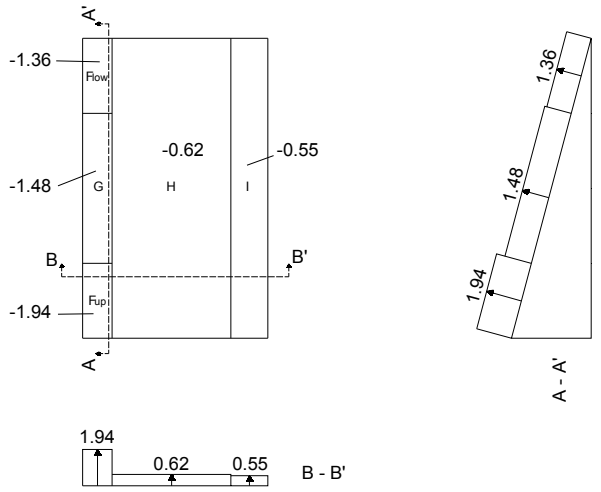


Σχήμα Π3.11 Εξωτερικές πιέσεις στέγης (θ = 0°)

Για τις στέγες οι εξωτερικές πιέσεις για θ = 90° δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Ζώνη	F_{up}	F_{low}	G	H	I
c_{pe}	-2.49	-1.74	-1.9	-0.8	-0.7
$q_p(z_e)$	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
w_e	-1.94	-1.36	-1.48	-0.62	-0.55

Πίνακας Π3.11 Εξωτερικές πίεσεις στέγης (θ = 90°).



Σχήμα Π3.12 Εξωτερικές πιέσεις στέγης (θ = 90°)

5.4 Παράδειγμα 4° Βιομηχανικό κτήριο με αμφικλινή στέγη

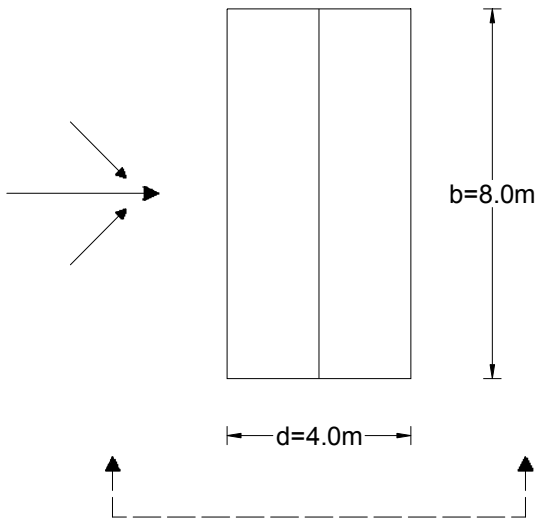
Δίδεται: Κλειστή άκαμπτη κατασκευή με δικλινή στέγη

Διαστάσεις: κάτοψη 4.0*8.0m, ύψος κατακόρυφου τοίχου: 6.0m, ύψος μέχρι τον κορφιά 7.1m, (γωνία κλίσης της στέγης α: tanα=1.1/2.0=0.55, α=28.8° ≈ 30°.)

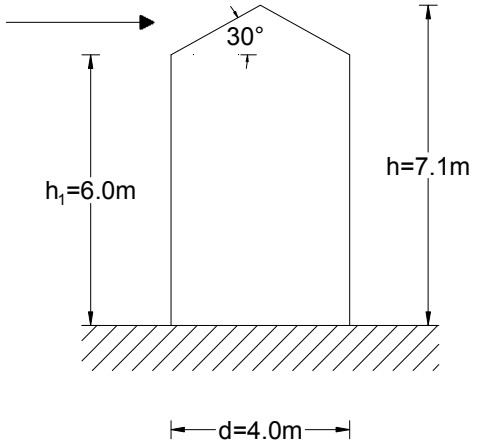
Περιοχή: Μαρκόπουλο, έδαφος επίπεδο, Τραχύτητα ΙΙ, λόγος ανοιγμάτων μ=0.8, Περίοδος επαναφοράς 50 έτη.

Ζητείται: ο υπολογισμός των πιέσεων στις εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου για δύο διευθύνσεις του ανέμου:

- άνεμος κάθετος προς τον κορφιά θ=0°
- άνεμος παράλληλος προς τον κορφιά θ=90°



Σχήμα Π4.1 Όψη κτηρίου



Σχήμα Π4.2 Κάτοψη κτηρίου

	EN 1991-1-4
4.1 Θεμελιώδης ταχύτητα του ανέμου, $v_{b,0}$: η περιοχή θεωρείται ότι απέχει απόσταση μικρότερη από 10km από την θάλασσα, άρα $\mathbf{v_{b,0}=33m/s}$.	ΕΠ 2.3
4.2 Βασική ταχύτητα ανέμου, v_b: συντελεστής διευθύνσεως $c_{dir} = 1.0$ εποχικός συντελεστής $c_{season} = 1.0$ $\mathbf{v_b} = c_{dir}*c_{season}*v_{b,0} = 1*1*33 = \mathbf{33m/s}$	(4.1)
4.3 Τραχύτητα του εδάφους : Η κατηγορία εδάφους είναι ΙΙ, πρόκειται δηλαδή για παράκτια περιοχή με χαμηλή βλάστηση και εμπόδια σε απόσταση τουλάχιστον 20 φορές το ύψος των εμποδίων.	Πίν. 4.1
4.4 Υψος αναφοράς: Για την στέγη: $\mathbf{z_e=h=7.1m}$ Για τους εξωτερικούς τοίχους: • άνεμος κάθετος προς τον κορφιά θ=0, b=8.0m, και h=7.1m είναι h<b άρα διακρίνουμε ένα τμήμα: $\mathbf{z_e=h=7.1\ m}$ • άνεμος παράλληλος προς τον κορφιά θ=90, b=4.0m, και h=7.1m είναι b<h<2b άρα διακρίνουμε δύο τμήματα: - το κατώτερο ύψους 4.0m για το οποίο $\mathbf{z_e=b=4.0m}$ - το ανώτερο ύψους 3.1m με $\mathbf{z_e=h=7.1m}$	7.2.5(2) 7.2.2(1) + Σχ. 7.4
4.5 Συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$: Για κατηγορία εδάφους ΙΙ έχουμε $z_0 = 0.05m$ και $z_{min} = 2m$. Επειδή $z_{min} = 2m < z_e = 4.0$ ή $7.1\ m < z_{max} = 200m$ $c_r(z_e) = k_r * \ln(z_e/z_0)$ $c_r(4.0) = k_r * \ln(z_e/z_0) = 0.19 * \ln(4/0.05) = 0.833$ $c_r(7.1) = k_r * \ln(z_e/z_0) = 0.19 * \ln(7.1/0.05) = 0.942$ όπου $k_r = 0.19*(z_0/z_{0,II})^{0.07} = 0.19*(0.05/0.05)^{0.07} = 0.19$	Πίν. 4.1 (4.4) (4.5)
4.6 Συντελεστής ανάγλυφου, $c_0(z)$: Το έδαφος είναι επίπεδο άρα $c_0(z)=1.0$	(A.1)
4.7 Μέση ταχύτητα ανέμου, v_m: $v_m(z_e) = c_r(z_e)*c_0(z_e)*v_b$ $v_m(4.0) = 0.833*1*33 = 27.49$ m/s	(4.3)

$v_m(7.1) = 0.942*1*33 = 31.09$ m/s

4.8 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)

όπου $I_v(z_e) = k_I/[c_0(z_e)*\ln(z_e/z_0)]$ και $\rho = 1.25$ kg/m^3 =0.00125 Mg/m^3 (4.7)

z_e	$I_v(z_e)$	$v_m(z_e)$	$q_p(z_e)$
4□0	0.22□	27.49	1.23
7.1	0.202	31.09	1.46

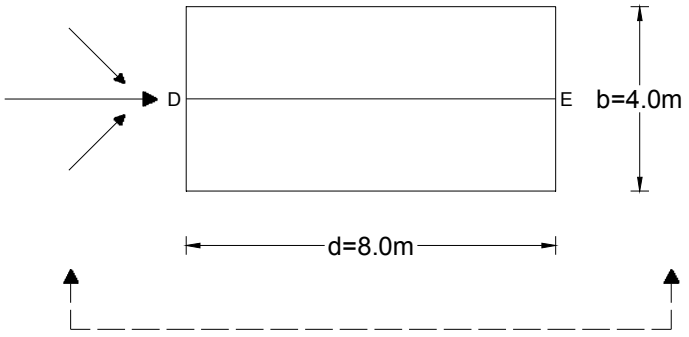
Πίνακας Π4.1 Πιέσεις ταχύτητας αιχμής $q_p(z_e)$.

4.9 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης, c_{pe} :

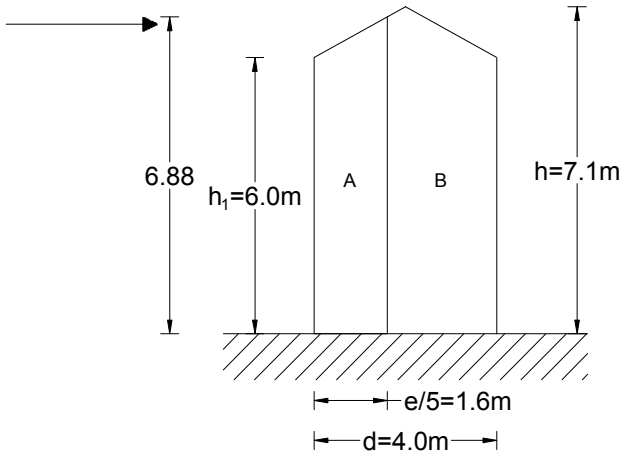
4.9.1 Για κατακόρυφους τοίχους και θ = 0° Σχ. 7.5

e = min(b, 2h) = min(8, 2*7.1) = min(8, 14.2) = 8m > d = 4m

h/d = 7.1/4 = 1.775



Σχήμα Π4.3 Ζώνες κατακόρυφων τοίχων (κάτοψη , θ = 0°)



Σχήμα Π4.4 Ζώνες κατακόρυφων τοίχων (όψη , θ = 0°)

Ζώνη	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.8	+1.0	-0.7	
1.775	-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	-0.5	

Πίνακας Π4.2 Αρχικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης για κατακόρυφους τοίχους (θ = 0°). Πίν. 7.1

Τα εμβαδά των ζωνών είναι: Σχ. 7.2

$A_A = (6+6.88)*1.6/2 = 10.30$ m^2 > 10 m^2

$A_B = (6+7.1)*2/2+(7.1+6.88)*0.4/2 = 16.90$m^2 > 10 m^2

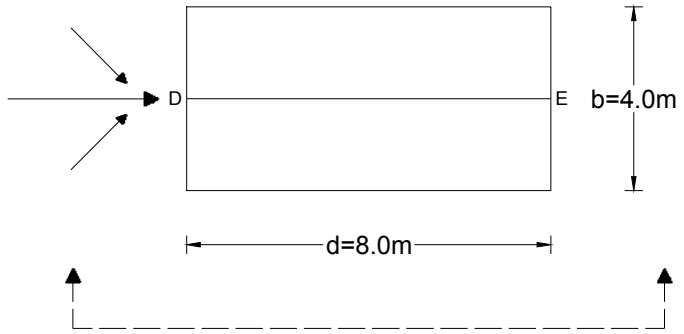
$A_D = 6*8 = 48\ m^2 > 10\ m^2$
$A_E = 6*8 = 48\ m^2 > 10\ m^2$
Άρα είναι $c_{pe} = c_{pe,10}$.
Οι τιμές των c_{pe} δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Ζώνες	A	B	D	E
c_{pe}	-1.2	-0.8	+0.8	-0.54

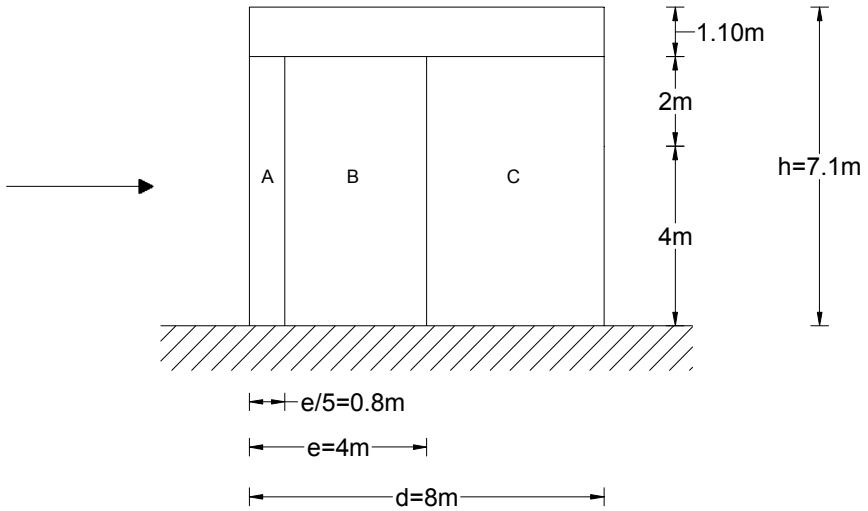
Πίνακας Π4.3 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης για κατακόρυφους τοίχους(θ = 0°).

4.9.2 Για κατακόρυφους τοίχους και θ = 90°
e = min(b, 2h) = min(4, 2*7.1) = min(4, 14.2) = 4m < d = 8m
h/d = 7.1/8 = 0.89

Σχ. 7.5



Σχήμα Π4.5 Ζώνες κατακόρυφων τοίχων (κάτοψη , θ = 90°)



Σχήμα Π4.6 Ζώνες κατακόρυφων τοίχων (όψη , θ = 90°)

Ζώνη	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.8	+1.0	-0.7	
0.89	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.8	+1.0	-0.67	
<0.25	-1.2	-1.4	-0□8	-1.1	-0.5		+0.8	+1.0	-0.5	

Πίνακας Π4.4 Αρχικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης για κατακόρυφους τοίχους (θ = 90°).

Πίν. 7.1

Τα εμβαδά των ζωνών είναι: Σχ. 7.2

$A_A = 0.8*6 = 4.8\ m^2$ $1\ m^2 < A_{A1} < 10\ m^2$

$A_B = 3.2*6 = 19.2\ m^2$ $> 10\ m^2$

$A_C = 4*6 = 24\ m^2$ $> 10\ m^2$

$A_D = 6*4 + 4*1.1/2 = 26.2\ m^2$ $> 10\ m^2$

$A_E = 6*4 + 4*1.1/2 = 26.2\ m^2$ $> 10\ m^2$

Για τη ζώνη A ο c_{pe} προκύπτει από τη σχέση:

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

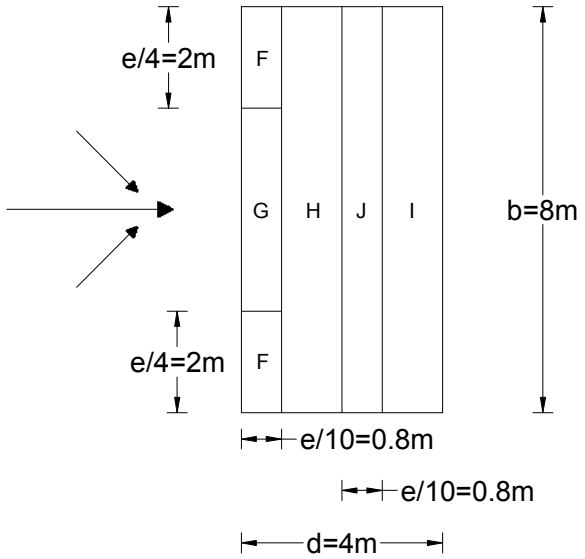
ενώ για τις ζώνες B, D και E είναι $c_{pe} = c_{pe,10}$.

Οι τιμές των c_{pe} δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Ζώνες	A	B	C	D	E
c_{pe}	-1.26	-0.8	-0.5	+0.8	-0.67

Πίνακας Π4.5 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης για κατακόρυφους τοίχους (θ = 90°).

4.9.3 Για τη στέγη και για θ = 0°



Σχήμα Π4.7 Κάτοψη στέγης (θ = 0°) Σχ. 7.8

Ζώνες	F		G		H		J		I	
α	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
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	

Πίνακας Π4.6 Αρχικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης για στέγες (θ = 0°). Σχ. 7.4α

Τα εμβαδά των ζωνών είναι: Σχ. 7.2

$A_F = 0.8*2/\cos30° = 1.85\ m^2$ $1\ m^2 < A_F < 10\ m^2$

$A_G = 0.8*4/\cos30° = 3.70\ m^2$ $1\ m^2 < A_G < 10\ m^2$

$A_H = 1.2*8/\cos30° = 11.08\ m^2$ $> 10\ m^2$

$A_J = 0.8*8/\cos30° = 7.39\ m^2$ $1\ m^2 < A_J < 10\ m^2$

$A_I = 1.2*8/\cos30° = 11.08\ m^2 \quad > 10\ m^2$

Για τις ζώνες F, G και J ο c_{pe} προκύπτει από τη σχέση:

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

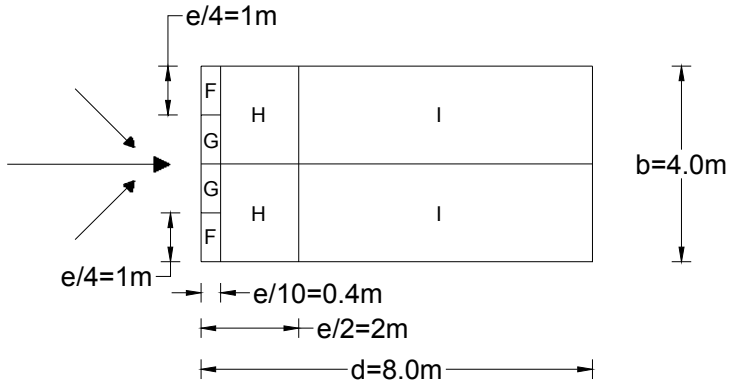
ενώ για τις ζώνες H και I είναι $c_{pe} = c_{pe,10}$.

Οι τιμές των c_{pe} δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Ζώνες	F	G	H	J	I
c_{pe}	-1.23	-0.93	-0.2	-0.4	-0.5
	+0.7	+0.7	+0.4	+0.0	+0.0

Πίνακας Π4.7 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης για στέγες (θ = 0°).

4.9.4 Για τη στέγη και θ = 90°



Σχήμα Π4.8 Κάτοψη στέγης (θ = 0°)

Σχ. 7.8

Ζώνες	F		G		H		I	
α	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
30°	-1.1	-1.5	-1.4	-2.0	-0.8	-1.2	-0.5	

Πίνακας Π4.8 Αρχικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης για στέγες (θ = 90°).

Σχ. 7.4β

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:

$A_F = 0.4*1/\cos30° = 0.46\ m^2 \qquad < 1\ m^2$

$A_G = 0.4*1/\cos30° = 0.46\ m^2 \qquad < 1\ m^2$

$A_H = 1.6*2/\cos30° = 3.70\ m^2 \qquad 1\ m^2 < A_J < 10\ m^2$

$A_I = 6*2/\cos30° = 13.86\ m^2 \qquad > 10\ m^2$

Για τις ζώνες F και G είναι $c_{pe} = c_{pe,1}$,

για τη ζώνη I ο c_{pe} προκύπτει από τη σχέση:

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

ενώ για τη ζώνη I είναι $c_{pe} = c_{pe,10}$.

Οι τιμές των c_{pe} δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Σχ. 7.2

Ζώνη	F	G	H	I
c_{pe}	-1.5	-2.0	-0.97	-0.5

Πίνακας Π4.9 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης για στέγες (θ = 90°).

4.10 Εξωτερικές πιέσεις w_e :

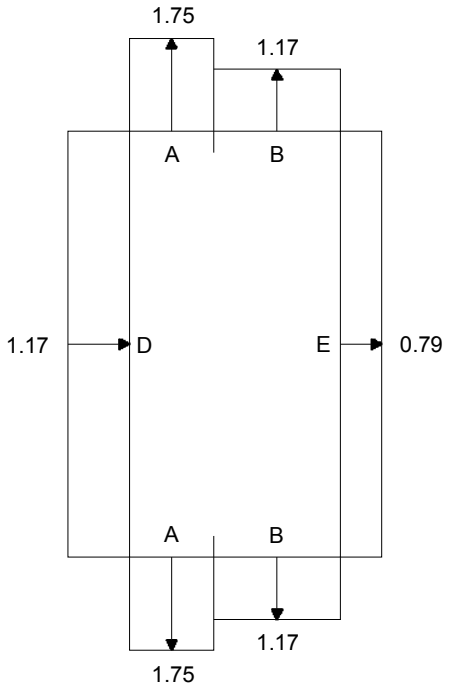
Η πίεση του ανέμου η οποία δρα κάθετα στις εξωτερικές επιφάνειες μιας κατασκευής προκύπτει από τη σχέση:

$w_e = q_p(z_e) * c_{pe}$ (5.1)

Για τους κατακόρυφους τοίχους οι εξωτερικές πιέσεις δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Ζώνες					A	B	C	D	E
θ	0°	z_e	7.1	c_{pe}	-1.2	-0.8	-	+0.8	-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**

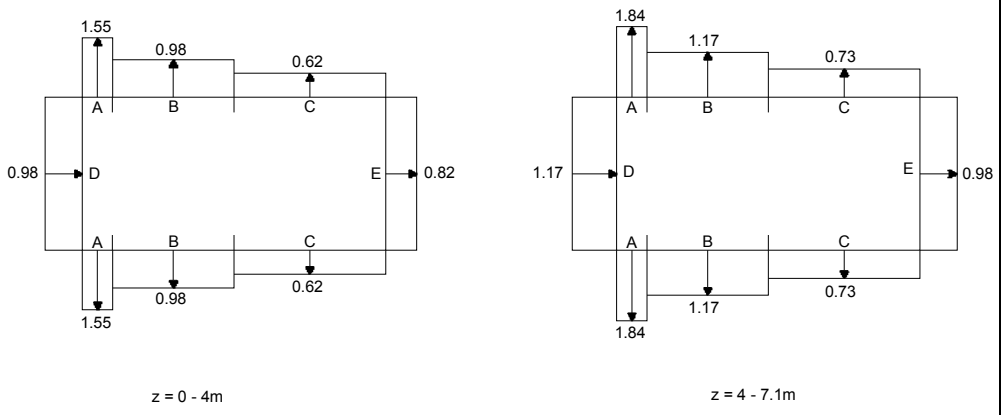
Πίνακας Π4.10 Εξωτερικές πιέσεις κατακόρυφων τοίχων (θ = 0°).



Σχήμα Π4.9 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου στους κατακόρυφους τοίχους για θ = 0°.

Ζώνες					A	B	C	D	E
θ	90°	z_e	4.0	c_{pe}	-1.26	-0.8	-0.5	+0.8	-0.67
				$q_p(z_e)$	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
				w_e	**-1.55**	**-0.98**	**-0.62**	**+0.98**	**-0.82**
			7.1	c_{pe}	-□.26	-0.8	-0.5	+0.8	-0.67
				$q_p(z_e)$	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
				w_e	**-1.84**	**-1.17**	**-0.73**	**+1.17**	**-0.98**

Πίνακας Π4.11 Εξωτερικές πιέσεις κατακόρυφων τοίχων (θ = 90°).



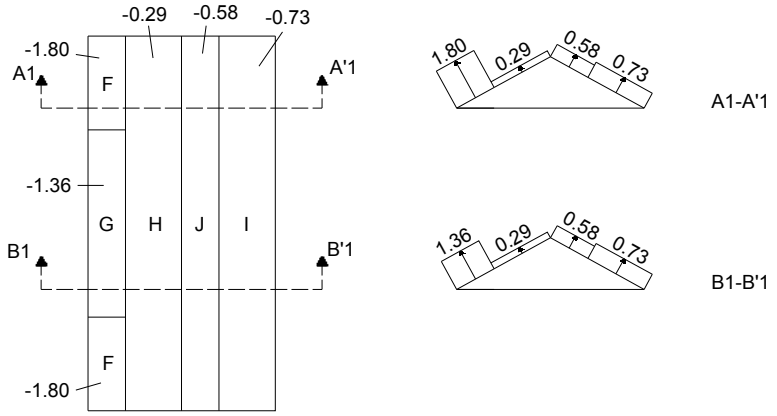
Σχήμα Π4.10 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου στους κατακόρυφους τοίχους για θ =90°.

Ζώνες			F	G	H	J	I
θ	0°	c_{pe}	-1.23	-0.93	-0.2	-0.4	-0.5
			+0.7	+0.7	+0.4	+0.0	+0.0
		$q_p(z_e)$	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46
		$\mathbf{w_e}$	**-1.8**	**-1.36**	**-0.29**	**-0.58**	**-0.73**
			+1.02	**+1.02**	**+0.58**	**+0.0**	**+0.0**
	90°	c_{pe}	-1.5	-2.0	-0.97	-	-0.5
		$q_p(z_e)$	1.46	1.46	1.46	-	1.46
		$\mathbf{w_e}$	**-2.19**	**-2.92**	**-1.42**	**-**	**-0.73**

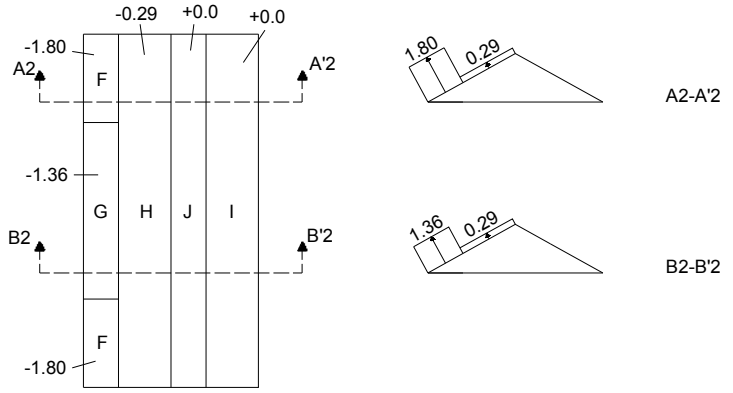
Πίνακας Π4.12 Εξωτερικές πιέσεις στεγών (θ = 0° και 90°).

Για θ = 0° 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 θ = 90° δίνονται στα επόμενα σχήματα.

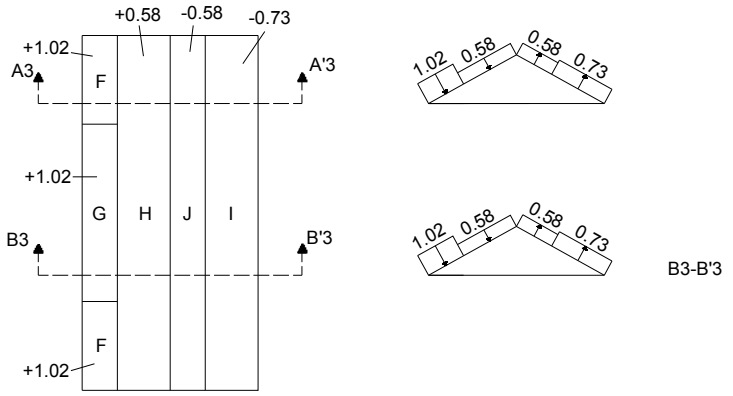
Πίν. 7.4α ΣΗΜ.1



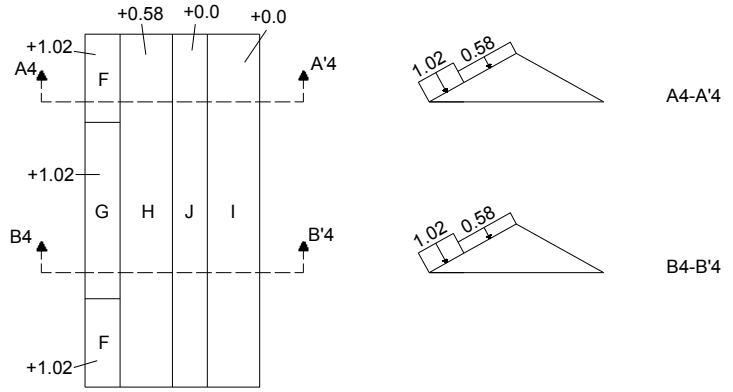
Σχήμα Π4.11 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου στη στέγη για θ = 0° 1η περίπτωση φόρτισης



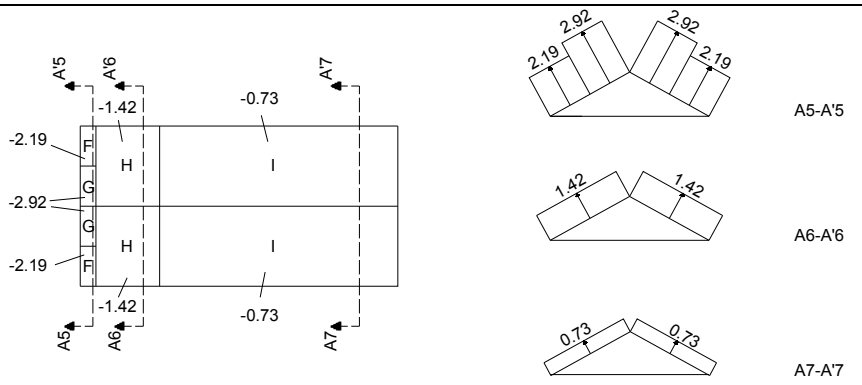
Σχήμα Π4.12 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου στη στέγη για θ = 0°
2η περίπτωση φόρτισης



Σχήμα Π4.13 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου στη στέγη για θ = 0°
3η περίπτωση φόρτισης



Σχήμα Π4.14 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου στη στέγη για θ = 0°
4η περίπτωση φόρτισης

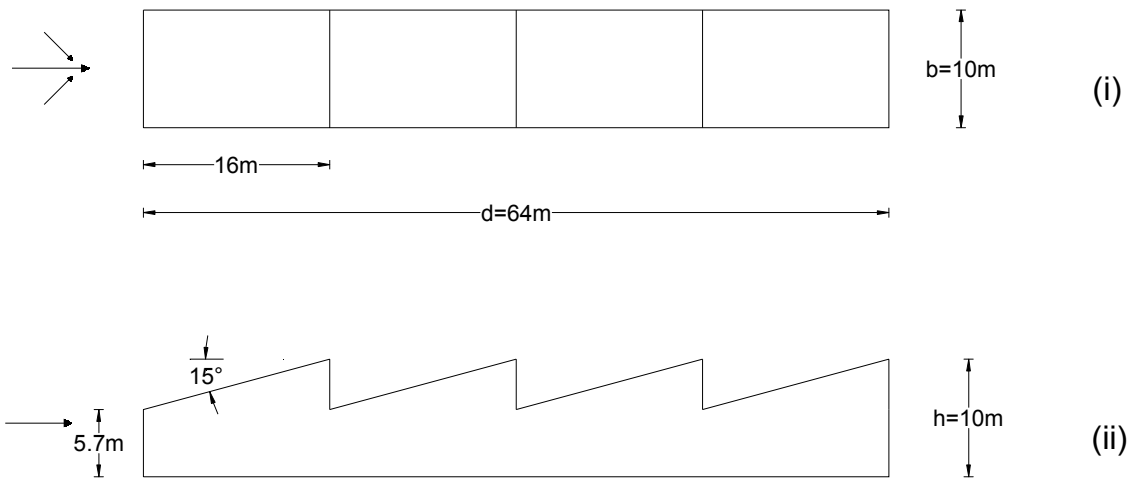


Σχήμα Π4.15 Εξωτερικές πιέσεις ανέμου στη στέγη για θ = 90°

5.5 Παράδειγμα 5ο Κτήριο με μονοκλινή επαναλαμβανόμενη στέγη

Δίδεται: Κλειστή κατασκευή με επαναλαμβανόμενη στέγη τεσσάρων ανοιγμάτων. Το κάθε άνοιγμα έχει τις διαστάσεις της κατασκευής του παραδείγματος 3.
Διαστάσεις: κάτοψη 16.0*10.0m, ύψος κατακόρυφου τοίχου: 5.7m, ύψος μέχρι τον κορφιά 10.0m, γωνία κλίσης της στέγης α=15°, Τραχύτητα Εδάφους ΙΙΙ, περίοδος
Επαναφοράς 50 έτη
Ζητείται: ο υπολογισμός των πιέσεων στις εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου για θ=0°.

EN 1991-1-4



Σχήμα Π6.1 (i) Κάτοψη και (ii) όψη κατασκευής

6.1 Γενικά

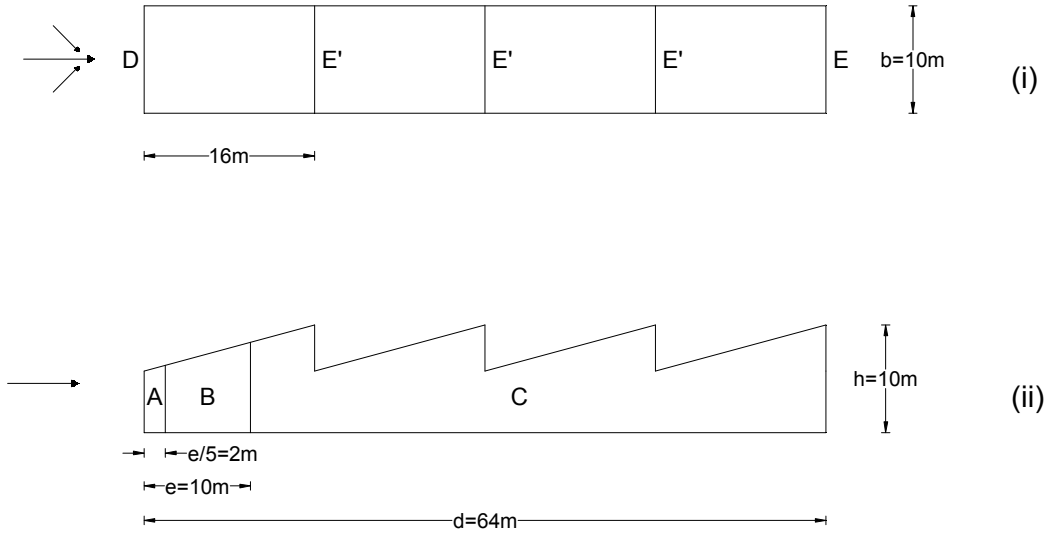
Από το παράδειγμα 3 για θ = 0° παίρνουμε τις τιμές:

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

Πίνακας Π5.1 Τιμές μεταβλητών υπολογισμένων από το Π3.

5.2 Συντελεστές εξωτερικής πιέσεως, c_{pe} :

5.2.1 Για κατακόρυφους τοίχους και θ = 0° (βλ. Σχήμα 7.5)
e = min(b, 2h) = min(10, 2*10) = min(10, 20) = 10m < d = 64m
h/d = 10/64 = 0.156 < 0.25



Σχ. 7.5

Σχήμα Π5.2 (i) Κάτοψη και (ii) όψη ζωνών κατακόρυφων τοίχων

Πίν. 7.1

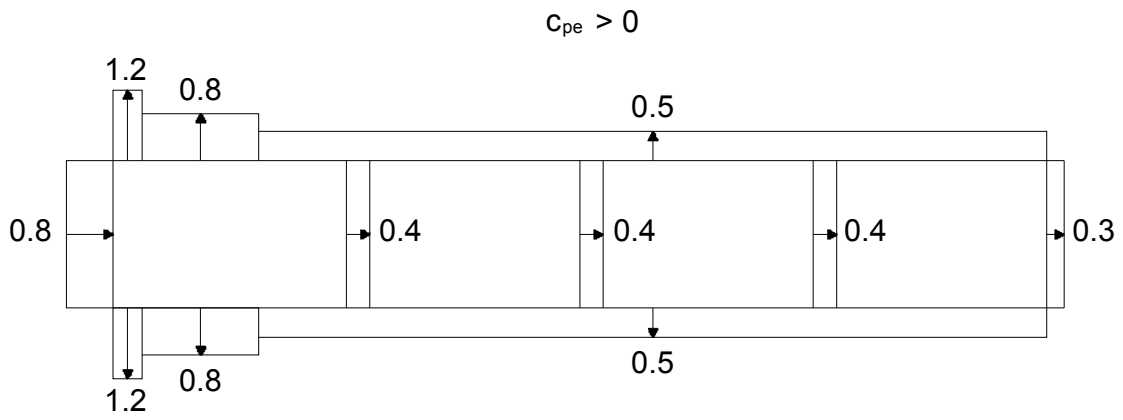
Ζώνες	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
≤0.25	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5		+0.7	+1.0	-0.3	

Πίνακας Π5.2 Συντελεστές εξωτερικής πίεσης κατακόρυφων τοίχων

Τα εμβαδά των ζωνών είναι:
$A_A = (5.71+6.25)*2/2 = 11.96\ m^2 > 10\ m^2$
$A_B = (6.25+8.4)*8/2 = 58.6\ m^2 > 10\ m^2$
$A_C = (8.4+10)*6/2 = 55.2\ m^2 > 10\ m^2$
$A_D = 5.71*10 = 57.1\ m^2 > 10\ m^2$
$A_E = 10*10 = 100\ m^2 > 10\ m^2$
Άρα $c_{pe} = c_{pe,10}$.

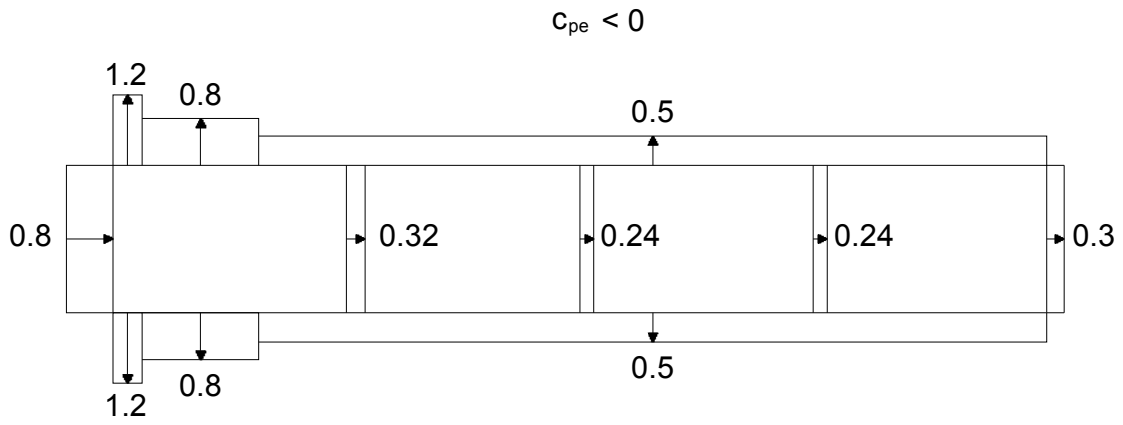
Ζώνη		A	B	C	D	E	E’	0.8*E’	0.6*E’
θ	h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,10}$
0°	0.156	-1.2	-0.8	-0.5	+0.7	-0.3	0.4	0.32	0.24

Πίνακας Π5.3 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης κατακόρυφων τοίχων όπου Ε’ είναι η ζώνη Ε της μονοκλινούς στέγης και ο $c_{pe,10}$ της ζώνης αυτής δίνεται στον Πίνακα Π3.4 .



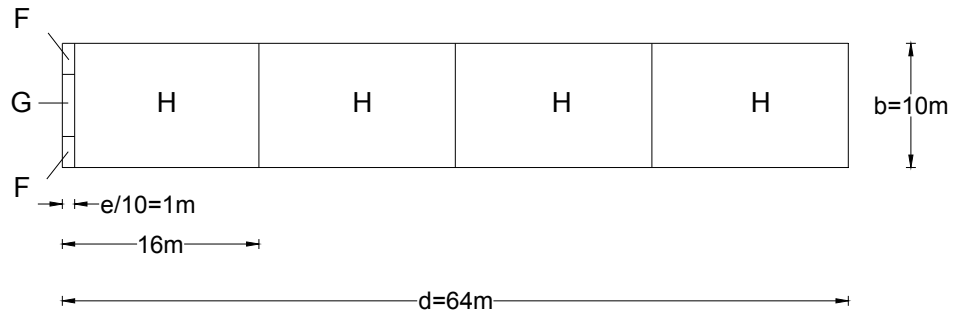
Σχ.7.10 (α)

Σχήμα Π5.3 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης κατακόρυφων τοίχων (c_{pe}>0)



Σχήμα Π5.4 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης κατακόρυφων τοίχων (c_{pe}<0)

5.2.2 Για τη στέγη



Σχήμα Π5.5 Κάτοψη ζωνών στέγης

Ζώνη	F	G	H
c_{pe}	-1.54	-1.21	-0.3
	+0.2	+0.2	+0.2

Πίνακας Π5.4 Τελικές τιμές συντελεστών εξωτερικής πίεσης στέγης (θ = 0°).

3.10 Εξωτερικές πιέσεις w_e :

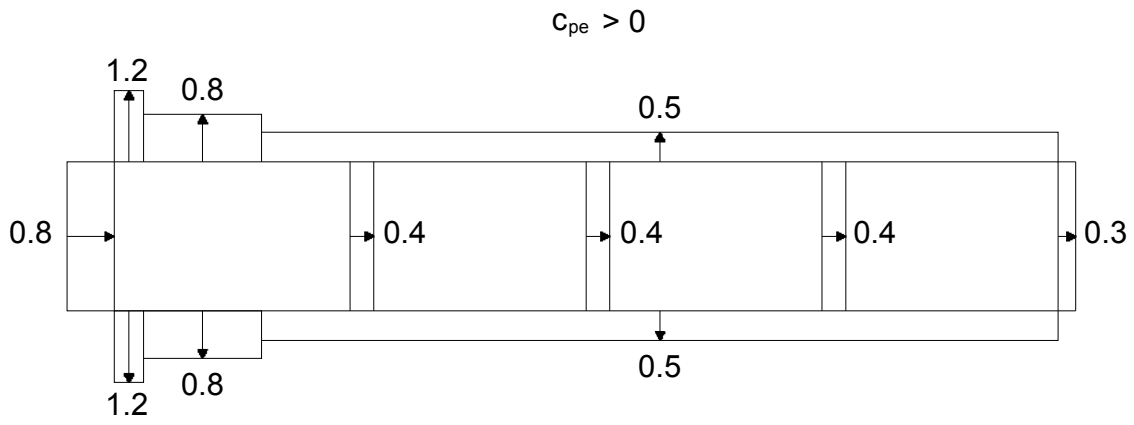
Η πίεση του ανέμου η οποία δρα κάθετα στις εξωτερικές επιφάνειες μιας κατασκευής προκύπτει από τη σχέση:

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

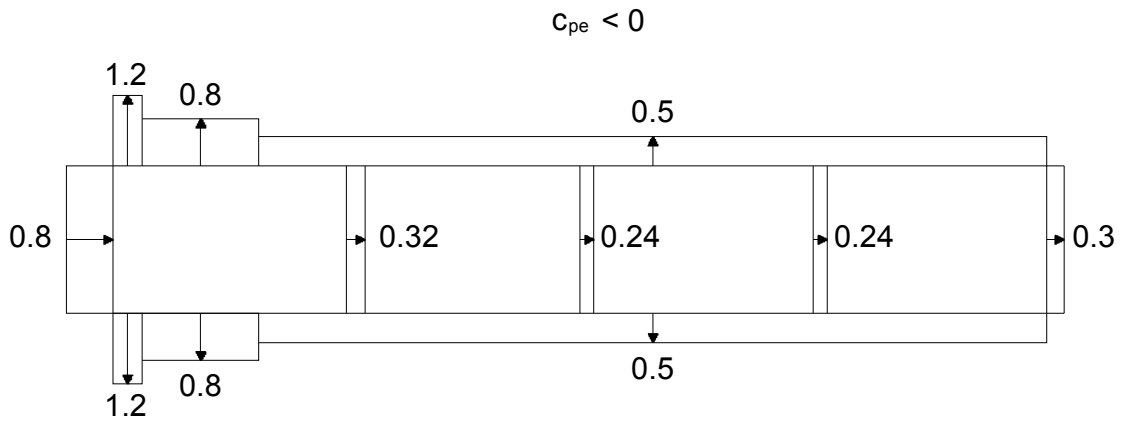
Για τους κατακόρυφους τοίχους οι εξωτερικές πιέσεις δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

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	-0.4
$q_p(z_e)$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
w_e	-1.2	-0.8	-0.5	+0.7	-0.3	-0.4	-0.32	-0.24	-0.4

Πίνακας Π5.5 Εξωτερικές πιέσεις κατακόρυφων τοίχων



Σχήμα Π5.6 Εξωτερικές πιέσεις κατακόρυφων τοίχων (c_{pe}>0)

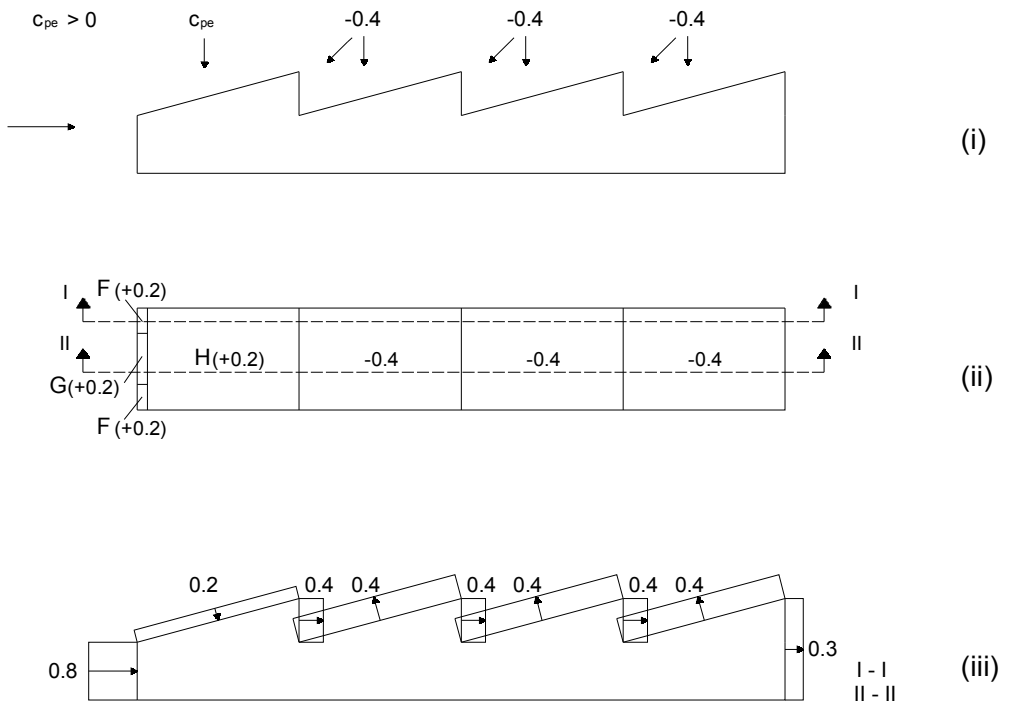


Σχήμα Π5.7 Εξωτερικές πιέσεις κατακόρυφων τοίχων (c_{pe}<0)

Για τις στέγες και για c_{pe} > 0 οι εξωτερικές πιέσεις είναι:

Ζώνη	F	G	H	
c_{pe}	+0.2	+0.2	+0.2	-0.4
$q_p(z_e)$	1.00	1.00	1.00	1.00
w_e	+0.2	+0.2	+0.2	-0.4

Πίνακας Π5.6 Εξωτερικές πιέσεις στέγης (c_{pe} > 0)

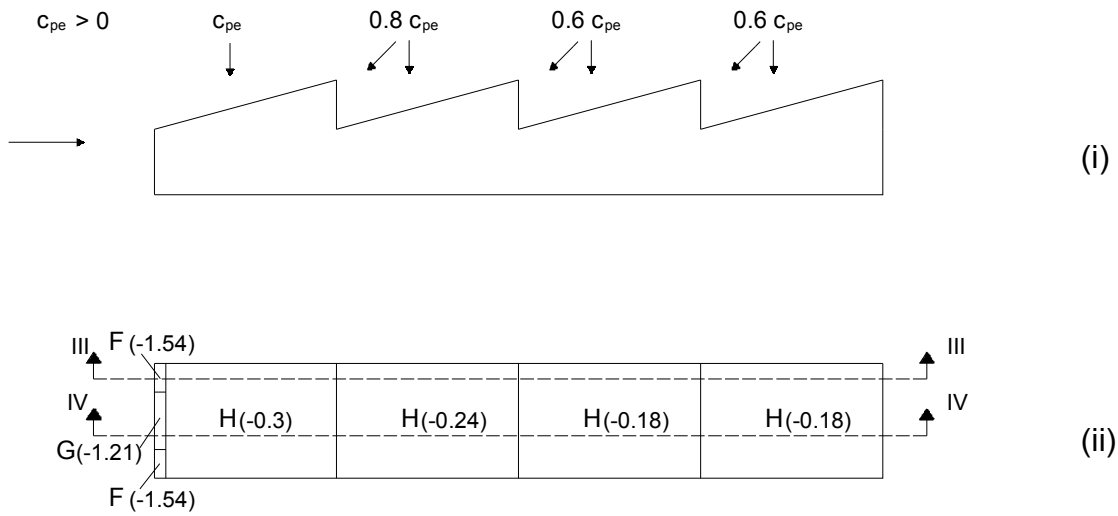


Σχήμα Π5.8 Εξωτερικές πιέσεις στέγης ($c_{pe} > 0$).

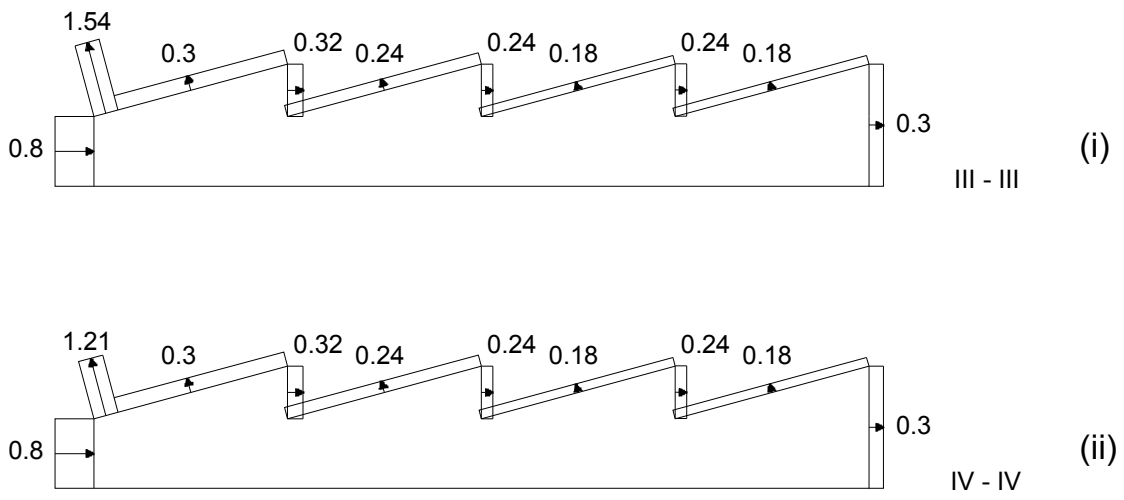
Για τις στέγες και για $c_{pe} < 0$ οι εξωτερικές πιέσεις είναι:

Ζώνη	F	G	H	0.8*H	0.6*H
c_{pe}	-1.54	-1.21	-0.3	-0.24	-0.18
$q_p(z_e)$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
w_e	-1.54	-1.21	-0.3	-0.24	-0.18

Πίνακας Π5.7 Εξωτερικές πιέσεις στέγης ($c_{pe} < 0$)



Σχήμα Π5.9 (i) Όψη και (ii) κάτοψη εξωτερικών πιέσεων στέγης ($c_{pe} < 0$).



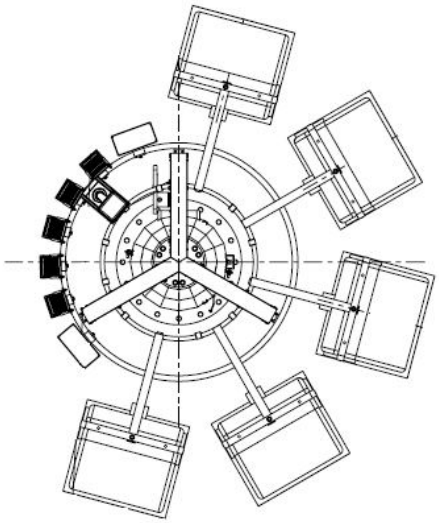
Σχήμα Π5.10 Τομές εξωτερικών πιέσεων στέγης ($c_{pe} < 0$).

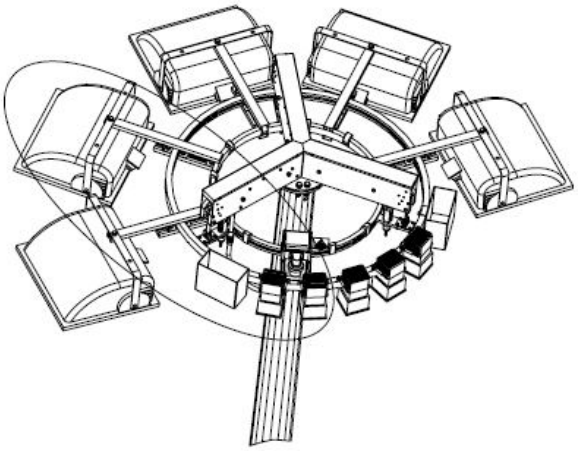
5.6 Παράδειγμα 6^{ο} Θεμελίωση ιστού ηλεκτροφωτισμού ύψους 30m

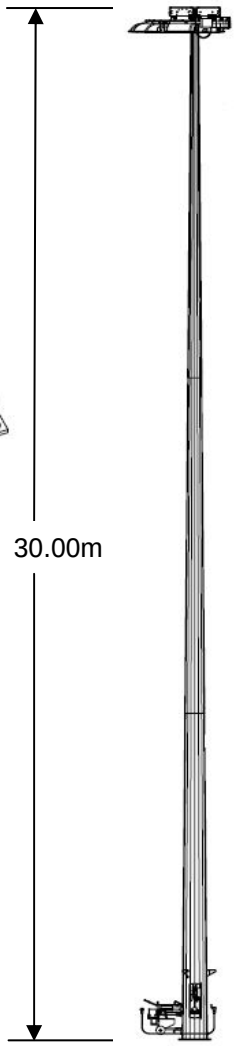
Την επιμέλεια του παραδείγματος αυτού είχε ο Ι. Χουρδάκης.

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι η θεμελίωση ιστών ηλεκτροφωτισμού μέγιστου ύψους 30,0m, οι οποίοι προβλέπεται να εγκατασταθούν σε διάφορες θέσεις κατά μήκος Αυτοκινητοδρόμου. Συγκεκριμένα ζητείται να υπολογισθούν τα εντατικά μεγέθη στην βάση του ιστού.

Ο ιστός έχει κανονική δεκαεξαγωνική μεταβλητή διατομή με στρογγυλευμένες γωνίες, με διάμετρο περιγεγραμμένου κύκλου στον πόδα 0,70m και στην κεφαλή 0,22m. Ο ως άνω ιστός φέρει στην κεφαλή του εγκατεστημένο σύστημα φωτισμού με εγκάρσια μετωπική επιφάνεια 1,70m2. Το βάρος του ιστού είναι 13,98 kN και το βάρος του εγκατεστημένου εξοπλισμού φωτισμού είναι 5,39 kN.







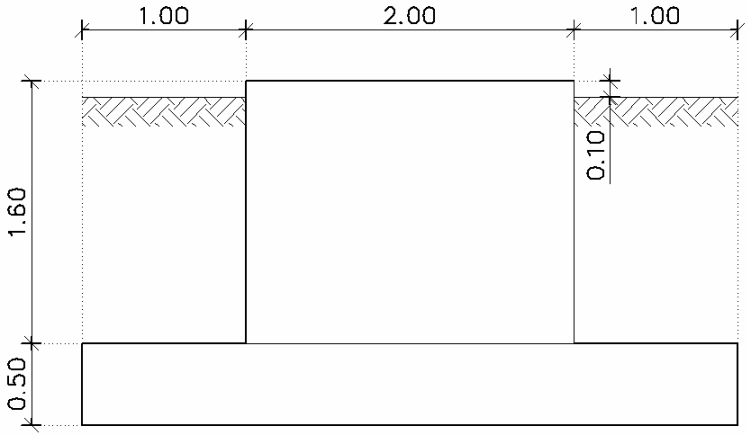
Παραδοχές:

- Θεμελιώδης τιμή βασικής ταχύτητας ανέμου: $v_{b,0}$=33.0m/s
- Περιοχή με χαμηλή βλάστηση κατηγορία: ΙΙ
- Πυκνότητα αέρα: ρ=1.25Kgr/m^3
- Συντελεστής κατεύθυνσης c_{dir}=1.00
- Εποχιακός συντελεστήςc_{season}=1.00

Για τον ακριβέστερο υπολογισμό των φορτίων του ανέμου που μεταφέρονται στη θεμελίωση, ο φορέας χωρίστηκε καθ' ύψος σε τμήματα των 5m. Το κάθε ένα από τα τμήματα θεωρήθηκε ότι έχει ύψος και διάμετρο αυτά του μέσου του εξεταζόμενου τμήματος. Αντιστοίχως, υπολογίστηκε η οφειλόμενη στον εξοπλισμό φωτισμού δύναμη στην κεφαλή του ιστού.

Οι υπολογισμοί έγιναν σε λογιστικά φύλλα Excel τα οποία φαίνονται στις επόμενες σελίδες, με αναφορές στις σχέσεις του ΕΝ 1991-1-4 οι οποίες κάθε φορά εφαρμόζονται, προκειμένου να υπολογιστεί το αντίστοιχο μέγεθος.

Εκλέγεται πέδιλο διαστάσεων βάσης 4,00x4,00m, με ύψος 0,50m, και με προεξέχοντα στύλο διαστάσεων 2,00x2,00m, ύψους 1,60m. Το κάτω 2,00m του πεδίλου είναι επιχωμένα, ενώ τα ανώτερα 0,10m εξέχουν με σκοπό την εγκατάσταση του ιστού.



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΑΝΕΜΟΥ ΚΑΤΑ EN 1991-1-4 : 2004

ΤΜΗΜΑ 1: z= 0,00 έως 5,00 m

ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΥ	$v_{b,0}$=	33,00	m/s	National
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΥΨΟΣ ΙΣΤΟΥ	z=	30,00	m	
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΘΕΩΡΟΥΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ	zm1=	2,50	m	
ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΕΚΑΕΞΑΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΒΑΣΗΣ	D1=	0,70	m	
ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΕΚΑΕΞΑΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΕΦΑΛΗΣ	D2=	0,22	m	
ΜΕΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	Dm=	0,46	m	
ΜΕΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΘΕΩΡΟΥΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ	Dm1=	0,66	m	
ΠΑΧΟΣ ΧΑΛΥΒΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	t=	4,00	mm	
ΒΑΡΟΣ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΙΣΤΟΥ	Ws=	1426,00	Kgr	
ΒΑΡΟΣ ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΙΣΤΟΥ	Wt=	550,00	Kgr	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	cat	2		
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ	ρ=	1,25	Kgr/m^3	eq.4.10
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ	c_{dir}=	1,00		eq.4.1
ΕΠΟΧΙΑΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	c_{season}=	1,00		eq.4.1
ΒΑΣΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ	v_b=	33,00	m/s	eq.4.1
ΒΑΣΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΑΝΕΜΟΥ	q_b=	0,681	kN/m^3	eq.4.10
ΜΗΚΟΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ	z_0=	0,05	m	tab. 4.1
ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΜΗΚΟΣ	z_{min}=	2,00	m	tab. 4.1
ΜΗΚΟΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ (ΚΑΤ. 2)	$z_{0,II}$=	0,05	m	tab. 4.1
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΗΠΕΔΟΥ	k_r=	0,190		eq. 4.5
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ	$c_r(z)$=	0,743		eq. 4.4
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΩΝ	k_I=	1,000		eq. 4.7
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	$c_0(z)$=	1,000		eq. 4.3
ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ	$v_m(z)$=	24,53	m/s	eq. 4.3
ΕΝΤΑΣΗ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΩΝ	$I_v(z)$=	0,256		eq. 4.7
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ	c_e=	1,541		eq. 4.9
ΠΙΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΙΧΜΗΣ	$q_p(z)$=	1,049	kN/m^2	eq. 4.8
ΕΝΕΡΓΟΣ ΛΥΓΗΡΟΤΗΤΑ	λ=	70,00		tab. 7.16
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΛΗΡΟΤΗΤΑΣ	φ=	1,00		eq. 7.28
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΑΚΡΩΝ	ψλ=	0,92		fig. 7.36
ΑΡΙΘΜΟΣ REYNOLDS	Re=	1,08E+06		eq. 7.15
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ	cf,0=	0,70		tab. 7.11
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ	cf=	0,64		eq. 7.12
ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΚΑΜΠΤΙΚΗ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	n1=	1,869	Hz	eq. F.3
ΜΗΚΟΣ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΟΥ	L=	30,70	m	eq. B.1
ΑΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	fL=	2,339		eq. B.2
ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	SL=	0,075		eq. B.2
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	nh=	0,876		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	nb=	0,231		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	Rh=	0,603		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	Rb=	0,862		eq. B.7-8
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΘΕΜ/ΔΟΥΣ ΙΔΙΟΜΟΡΦΗΣ	δs=	0,012		tab. F.2
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΜΑΖΑΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΜΗΚΟΥΣ ΑΝΩΤΕΡΩΝ ΤΡΙΤΩΝ ΥΨΟΥΣ	M/L=	29,59	Kgr/m	
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	δa=	0,039		eq. F.18
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΛΟΓΩ ΕΙΔΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ	δd=	0,000		eq. F.15
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	δ=	0,051		eq. F.15
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ	R^2=	3,758		eq. B.6
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ	B^2=	0,823		eq. B.3
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ν=	1,693		eq. B.5
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΙΧΜΗΣ	Kp=	3,882		eq. B.4
ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	cs*cd=	1,882		eq. 6.1
ΔΥΝΑΜΗ ΑΝΕΜΟΥ ΣΤΗ ΜΟΝΑΔΑ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	Fw/Aref=	1,271	kN/m^2	eq. 5.3
ΠΡΟΣΒΑΛΟΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Aref=	3,30	m^2	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΑΝΕΜΟΥ	Fw=	4,19	kN	
ΥΨΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	z=	2,50	m	
ΡΟΠΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΒΑΣΗ	Mw=	10,49	kN	

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΑΝΕΜΟΥ ΚΑΤΑ ΕΝ 1991-1-4 : 2004

ΤΜΗΜΑ 2: z= 5,00 έως 10,00 m

ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΥ	$v_{b,0}$=	33,00	m/s	National
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΥΨΟΣ ΙΣΤΟΥ	z=	30,00	m	
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΘΕΩΡΟΥΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ	zm1=	7,50	m	
ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΕΚΑΕΞΑΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΒΑΣΗΣ	D1=	0,70	m	
ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΕΚΑΕΞΑΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΕΦΑΛΗΣ	D2=	0,22	m	
ΜΕΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	Dm=	0,46	m	
ΜΕΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΘΕΩΡΟΥΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ	Dm1=	0,58	m	
ΠΑΧΟΣ ΧΑΛΥΒΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	t=	4,00	mm	
ΒΑΡΟΣ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΙΣΤΟΥ	Ws=	1426,00	Kgr	
ΒΑΡΟΣ ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΙΣΤΟΥ	Wt=	550,00	Kgr	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	cat	2		
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ	ρ=	1,25	Kgr/m^3	eq.4.10
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ	c_{dir}=	1,00		eq.4.1
ΕΠΟΧΙΑΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	c_{season}=	1,00		eq.4.1
ΒΑΣΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ	v_b=	33,00	m/s	eq.4.1
ΒΑΣΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΑΝΕΜΟΥ	q_b=	0,681	kN/m^3	eq.4.10
ΜΗΚΟΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ	z_0=	0,05	m	tab. 4.1
ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΜΗΚΟΣ	z_{min}=	2,00	m	tab. 4.1
ΜΗΚΟΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ (ΚΑΤ. 2)	$z_{0,II}$=	0,05	m	tab. 4.1
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΗΠΕΔΟΥ	k_r=	0,190		eq. 4.5
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ	$c_r(z)$=	0,952		eq. 4.4
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΩΝ	k_I=	1,000		eq. 4.7
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	$c_0(z)$=	1,000		eq. 4.3
ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ	$v_m(z)$=	31,42	m/s	eq. 4.3
ΕΝΤΑΣΗ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΩΝ	$I_v(z)$=	0,200		eq. 4.7
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ	c_e=	2,173		eq. 4.9
ΠΙΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΙΧΜΗΣ	$q_p(z)$=	1,479	kN/m^2	eq. 4.8
ΕΝΕΡΓΟΣ ΛΥΓΗΡΟΤΗΤΑ	λ=	70,00		tab. 7.16
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΛΗΡΟΤΗΤΑΣ	φ=	1,00		eq. 7.28
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΑΚΡΩΝ	ψλ=	0,92		fig. 7.36
ΑΡΙΘΜΟΣ REYNOLDS	Re=	1,21E+06		eq. 7.15
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ	cf,0=	0,70		tab. 7.11
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ	cf=	0,64		eq. 7.12
ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΚΑΜΠΤΙΚΗ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	n1=	1,869	Hz	eq. F.3
ΜΗΚΟΣ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΟΥ	L=	54,36	m	eq. B.1
ΑΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	fL=	3,234		eq. B.2
ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	SL=	0,062		eq. B.2
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	nh=	2,052		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	nb=	0,159		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	Rh=	0,371		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	Rb=	0,902		eq. B.7-8
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΘΕΜ/ΔΟΥΣ ΙΔΙΟΜΟΡΦΗΣ	δs=	0,012		tab. F.2
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΜΑΖΑΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΜΗΚΟΥΣ ΑΝΩΤΕΡΩΝ ΤΡΙΤΩΝ ΥΨΟΥΣ	M/L=	29,59	Kgr/m	
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	δa=	0,050		eq. F.18
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΛΟΓΩ ΕΙΔΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ	δd=	0,000		eq. F.15
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	δ=	0,062		eq. F.15
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ	R^2=	1,633		eq. B.6
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ	B^2=	0,787		eq. B.3
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ν=	1,535		eq. B.5
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΙΧΜΗΣ	Kp=	3,857		eq. B.4
ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	cs*cd=	1,416		eq. 6.1
ΔΥΝΑΜΗ ΑΝΕΜΟΥ ΣΤΗ ΜΟΝΑΔΑ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	Fw/Aref=	1,349	kN/m^2	eq. 5.3
ΠΡΟΣΒΑΛΟΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Aref=	2,90	m^2	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΑΝΕΜΟΥ	Fw=	3,91	kN	
ΥΨΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	z=	7,50	m	
ΡΟΠΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΒΑΣΗ	Mw=	29,33	kN	

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΑΝΕΜΟΥ ΚΑΤΑ EN 1991-1-4 : 2004

ΤΜΗΜΑ 3: z= 10,00 έως 15,00 m

ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΥ	$v_{b,0}$=	33,00	m/s	National
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΥΨΟΣ ΙΣΤΟΥ	z=	30,00	m	
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΘΕΩΡΟΥΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ	zm1=	12,50	m	
ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΕΚΑΕΞΑΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΒΑΣΗΣ	D1=	0,70	m	
ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΕΚΑΕΞΑΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΕΦΑΛΗΣ	D2=	0,22	m	
ΜΕΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	Dm=	0,46	m	
ΜΕΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΘΕΩΡΟΥΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ	Dm1=	0,50	m	
ΠΑΧΟΣ ΧΑΛΥΒΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	t=	4,00	mm	
ΒΑΡΟΣ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΙΣΤΟΥ	Ws=	1426,00	Kgr	
ΒΑΡΟΣ ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΙΣΤΟΥ	Wt=	550,00	Kgr	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	cat	2		
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ	ρ=	1,25	Kgr/m^3	eq.4.10
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ	c_{dir}=	1,00		eq.4.1
ΕΠΟΧΙΑΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	c_{season}=	1,00		eq.4.1
ΒΑΣΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ	v_b=	33,00	m/s	eq.4.1
ΒΑΣΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΑΝΕΜΟΥ	q_b=	0,681	kN/m^3	eq.4.10
ΜΗΚΟΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ	z_0=	0,05	m	tab. 4.1
ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΜΗΚΟΣ	z_{min}=	2,00	m	tab. 4.1
ΜΗΚΟΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ (ΚΑΤ. 2)	$z_{0,II}$=	0,05	m	tab. 4.1
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΗΠΕΔΟΥ	k_r=	0,190		eq. 4.5
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ	$c_r(z)$=	1,049		eq. 4.4
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΩΝ	k_I=	1,000		eq. 4.7
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	$c_0(z)$=	1,000		eq. 4.3
ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ	$v_m(z)$=	34,62	m/s	eq. 4.3
ΕΝΤΑΣΗ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΩΝ	$I_v(z)$=	0,181		eq. 4.7
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ	c_e=	2,496		eq. 4.9
ΠΙΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΙΧΜΗΣ	$q_p(z)$=	1,699	kN/m^2	eq. 4.8
ΕΝΕΡΓΟΣ ΛΥΓΗΡΟΤΗΤΑ	λ=	70,00		tab. 7.16
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΛΗΡΟΤΗΤΑΣ	φ=	1,00		eq. 7.28
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΑΚΡΩΝ	ψλ=	0,92		fig. 7.36
ΑΡΙΘΜΟΣ REYNOLDS	Re=	1,15E+06		eq. 7.15
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ	cf,0=	0,70		tab. 7.11
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ	cf=	0,64		eq. 7.12
ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΚΑΜΠΤΙΚΗ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	n1=	1,869	Hz	eq. F.3
ΜΗΚΟΣ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΟΥ	L=	70,91	m	eq. B.1
ΑΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	fL=	3,828		eq. B.2
ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	SL=	0,056		eq. B.2
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	nh=	3,104		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	nb=	0,124		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	Rh=	0,270		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	Rb=	0,922		eq. B.7-8
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΘΕΜ/ΔΟΥΣ ΙΔΙΟΜΟΡΦΗΣ	δs=	0,012		tab. F.2
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΜΑΖΑΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΜΗΚΟΥΣ ΑΝΩΤΕΡΩΝ ΤΡΙΤΩΝ ΥΨΟΥΣ	M/L=	29,59	Kgr/m	
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	δa=	0,055		eq. F.18
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΛΟΓΩ ΕΙΔΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ	δd=	0,000		eq. F.15
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	δ=	0,067		eq. F.15
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ	R^2=	1,013		eq. B.6
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ	B^2=	0,764		eq. B.3
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ν=	1,411		eq. B.5
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΙΧΜΗΣ	Kp=	3,835		eq. B.4
ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	cs*cd=	1,258		eq. 6.1
ΔΥΝΑΜΗ ΑΝΕΜΟΥ ΣΤΗ ΜΟΝΑΔΑ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	Fw/Aref=	1,376	kN/m^2	eq. 5.3
ΠΡΟΣΒΑΛΟΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Aref=	2,50	m^2	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΑΝΕΜΟΥ	Fw=	3,44	kN	
ΥΨΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	z=	12,50	m	
ΡΟΠΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΒΑΣΗ	Mw=	42,99	kN	

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΑΝΕΜΟΥ ΚΑΤΑ EN 1991-1-4 : 2004

ΤΜΗΜΑ 4: z= 15,00 έως 20,00 m

ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΥ	$v_{b,0}$=	33,00	m/s	National
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΥΨΟΣ ΙΣΤΟΥ	z=	30,00	m	
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΘΕΩΡΟΥΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ	zm1=	17,50	m	
ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΕΚΑΕΞΑΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΒΑΣΗΣ	D1=	0,70	m	
ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΕΚΑΕΞΑΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΕΦΑΛΗΣ	D2=	0,22	m	
ΜΕΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	Dm=	0,46	m	
ΜΕΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΘΕΩΡΟΥΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ	Dm1=	0,42	m	
ΠΑΧΟΣ ΧΑΛΥΒΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	t=	4,00	mm	
ΒΑΡΟΣ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΙΣΤΟΥ	Ws=	1426,00	Kgr	
ΒΑΡΟΣ ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΙΣΤΟΥ	Wt=	550,00	Kgr	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	cat	2		
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ	ρ=	1,25	Kgr/m^3	eq.4.10
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ	c_{dir}=	1,00		eq.4.1
ΕΠΟΧΙΑΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	c_{season}=	1,00		eq.4.1
ΒΑΣΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ	v_b=	33,00	m/s	eq.4.1
ΒΑΣΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΑΝΕΜΟΥ	q_b=	0,681	kN/m^3	eq.4.10
ΜΗΚΟΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ	z_0=	0,05	m	tab. 4.1
ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΜΗΚΟΣ	z_{min}=	2,00	m	tab. 4.1
ΜΗΚΟΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ (ΚΑΤ. 2)	$z_{0,II}$=	0,05	m	tab. 4.1
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΗΠΕΔΟΥ	k_r=	0,190		eq. 4.5
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ	$c_r(z)$=	1,113		eq. 4.4
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΩΝ	k_I=	1,000		eq. 4.7
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	$c_0(z)$=	1,000		eq. 4.3
ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ	$v_m(z)$=	36,73	m/s	eq. 4.3
ΕΝΤΑΣΗ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΩΝ	$I_v(z)$=	0,171		eq. 4.7
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ	c_e=	2,719		eq. 4.9
ΠΙΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΙΧΜΗΣ	$q_p(z)$=	1,851	kN/m^2	eq. 4.8
ΕΝΕΡΓΟΣ ΛΥΓΗΡΟΤΗΤΑ	λ=	70,00		tab. 7.16
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΛΗΡΟΤΗΤΑΣ	φ=	1,00		eq. 7.28
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΑΚΡΩΝ	ψλ=	0,92		fig. 7.36
ΑΡΙΘΜΟΣ REYNOLDS	Re=	1,03E+06		eq. 7.15
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ	cf,0=	0,70		tab. 7.11
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ	cf=	0,64		eq. 7.12
ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΚΑΜΠΤΙΚΗ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	n1=	1,869	Hz	eq. F.3
ΜΗΚΟΣ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΟΥ	L=	84,48	m	eq. B.1
ΑΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	fL=	4,298		eq. B.2
ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	SL=	0,052		eq. B.2
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	nh=	4,096		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	nb=	0,098		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	Rh=	0,214		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	Rb=	0,938		eq. B.7-8
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΘΕΜ/ΔΟΥΣ ΙΔΙΟΜΟΡΦΗΣ	δs=	0,012		tab. F.2
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΜΑΖΑΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΜΗΚΟΥΣ ΑΝΩΤΕΡΩΝ ΤΡΙΤΩΝ ΥΨΟΥΣ	M/L=	29,59	Kgr/m	
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	δa=	0,059		eq. F.18
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΛΟΓΩ ΕΙΔΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ	δd=	0,000		eq. F.15
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	δ=	0,071		eq. F.15
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ	R^2=	0,723		eq. B.6
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ	B^2=	0,747		eq. B.3
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ν=	1,311		eq. B.5
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΙΧΜΗΣ	Kp=	3,816		eq. B.4
ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	cs*cd=	1,175		eq. 6.1
ΔΥΝΑΜΗ ΑΝΕΜΟΥ ΣΤΗ ΜΟΝΑΔΑ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	Fw/Aref=	1,401	kN/m^2	eq. 5.3
ΠΡΟΣΒΑΛΟΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Aref=	2,10	m^2	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΑΝΕΜΟΥ	Fw=	2,94	kN	
ΥΨΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	z=	17,50	m	
ΡΟΠΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΒΑΣΗ	Mw=	51,48	kN	

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΑΝΕΜΟΥ ΚΑΤΑ EN 1991-1-4 : 2004

ΤΜΗΜΑ 5: z= 20,00 έως 25,00 m

ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΥ	$v_{b,0}$=	33,00	m/s	National
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΥΨΟΣ ΙΣΤΟΥ	z=	30,00	m	
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΘΕΩΡΟΥΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ	zm1=	22,50	m	
ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΕΚΑΕΞΑΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΒΑΣΗΣ	D1=	0,70	m	
ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΕΚΑΕΞΑΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΕΦΑΛΗΣ	D2=	0,22	m	
ΜΕΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	Dm=	0,46	m	
ΜΕΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΘΕΩΡΟΥΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ	Dm1=	0,34	m	
ΠΑΧΟΣ ΧΑΛΥΒΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	t=	4,00	mm	
ΒΑΡΟΣ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΙΣΤΟΥ	Ws=	1426,00	Kgr	
ΒΑΡΟΣ ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΙΣΤΟΥ	Wt=	550,00	Kgr	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	cat	2		
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ	ρ=	1,25	Kgr/m^3	eq.4.10
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ	c_{dir}=	1,00		eq.4.1
ΕΠΟΧΙΑΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	c_{season}=	1,00		eq.4.1
ΒΑΣΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ	v_b=	33,00	m/s	eq.4.1
ΒΑΣΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΑΝΕΜΟΥ	q_b=	0,681	kN/m^3	eq.4.10
ΜΗΚΟΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ	z_0=	0,05	m	tab. 4.1
ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΜΗΚΟΣ	z_{min}=	2,00	m	tab. 4.1
ΜΗΚΟΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ (ΚΑΤ. 2)	$z_{0,II}$=	0,05	m	tab. 4.1
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΗΠΕΔΟΥ	k_r=	0,190		eq. 4.5
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ	$c_r(z)$=	1,161		eq. 4.4
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΩΝ	k_I=	1,000		eq. 4.7
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	$c_0(z)$=	1,000		eq. 4.3
ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ	$v_m(z)$=	38,30	m/s	eq. 4.3
ΕΝΤΑΣΗ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΩΝ	$I_v(z)$=	0,164		eq. 4.7
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ	c_e=	2,891		eq. 4.9
ΠΙΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΙΧΜΗΣ	$q_p(z)$=	1,968	kN/m^2	eq. 4.8
ΕΝΕΡΓΟΣ ΛΥΓΗΡΟΤΗΤΑ	λ=	70,00		tab. 7.16
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΛΗΡΟΤΗΤΑΣ	φ=	1,00		eq. 7.28
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΑΚΡΩΝ	ψλ=	0,92		fig. 7.36
ΑΡΙΘΜΟΣ REYNOLDS	Re=	8,68E+05		eq. 7.15
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ	cf,0=	0,70		tab. 7.11
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ	cf=	0,64		eq. 7.12
ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΚΑΜΠΤΙΚΗ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	n1=	1,869	Hz	eq. F.3
ΜΗΚΟΣ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΟΥ	L=	96,28	m	eq. B.1
ΑΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	fL=	4,697		eq. B.2
ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	SL=	0,049		eq. B.2
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	nh=	5,050		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	nb=	0,076		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	Rh=	0,178		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	Rb=	0,951		eq. B.7-8
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΘΕΜ/ΔΟΥΣ ΙΔΙΟΜΟΡΦΗΣ	δs=	0,012		tab. F.2
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΜΑΖΑΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΜΗΚΟΥΣ ΑΝΩΤΕΡΩΝ ΤΡΙΤΩΝ ΥΨΟΥΣ	M/L=	29,59	Kgr/m	
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	δa=	0,061		eq. F.18
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΛΟΓΩ ΕΙΔΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ	δd=	0,000		eq. F.15
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	δ=	0,073		eq. F.15
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ	R^2=	0,558		eq. B.6
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ	B^2=	0,733		eq. B.3
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	v=	1,228		eq. B.5
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΙΧΜΗΣ	Kp=	3,799		eq. B.4
ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	cs*cd=	1,125		eq. 6.1
ΔΥΝΑΜΗ ΑΝΕΜΟΥ ΣΤΗ ΜΟΝΑΔΑ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	Fw/Aref=	1,425	kN/m^2	eq. 5.3
ΠΡΟΣΒΑΛΟΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Aref=	1,70	m^2	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΑΝΕΜΟΥ	Fw=	2,42	kN	
ΥΨΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	z=	22,50	m	
ΡΟΠΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΒΑΣΗ	Mw=	54,51	kN	

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΑΝΕΜΟΥ ΚΑΤΑ EN 1991-1-4 : 2004

ΤΜΗΜΑ 6: z= 25,00 έως 30,00 m

ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΥ	$v_{b,0}$=	33,00	m/s	National
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΥΨΟΣ ΙΣΤΟΥ	z=	30,00	m	
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΘΕΩΡΟΥΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ	zm1=	27,50	m	
ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΕΚΑΕΞΑΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΒΑΣΗΣ	D1=	0,70	m	
ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΕΚΑΕΞΑΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΕΦΑΛΗΣ	D2=	0,22	m	
ΜΕΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	Dm=	0,46	m	
ΜΕΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΘΕΩΡΟΥΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ	Dm1=	0,26	m	
ΠΑΧΟΣ ΧΑΛΥΒΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	t=	4,00	mm	
ΒΑΡΟΣ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΙΣΤΟΥ	Ws=	1426,00	Kgr	
ΒΑΡΟΣ ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΙΣΤΟΥ	Wt=	550,00	Kgr	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	cat	2		
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ	ρ=	1,25	Kgr/m^3	eq.4.10
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ	c_{dir}=	1,00		eq.4.1
ΕΠΟΧΙΑΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	c_{season}=	1,00		eq.4.1
ΒΑΣΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ	v_b=	33,00	m/s	eq.4.1
ΒΑΣΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΑΝΕΜΟΥ	q_b=	0,681	kN/m^3	eq.4.10
ΜΗΚΟΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ	z_0=	0,05	m	tab. 4.1
ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΜΗΚΟΣ	z_{min}=	2,00	m	tab. 4.1
ΜΗΚΟΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ (ΚΑΤ. 2)	$z_{0,II}$=	0,05	m	tab. 4.1
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΗΠΕΔΟΥ	k_r=	0,190		eq. 4.5
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ	$c_r(z)$=	1,199		eq. 4.4
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΩΝ	k_I=	1,000		eq. 4.7
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	$c_0(z)$=	1,000		eq. 4.3
ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ	$v_m(z)$=	39,56	m/s	eq. 4.3
ΕΝΤΑΣΗ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΩΝ	$I_v(z)$=	0,158		eq. 4.7
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ	c_e=	3,032		eq. 4.9
ΠΙΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΙΧΜΗΣ	$q_p(z)$=	2,064	kN/m^2	eq. 4.8
ΕΝΕΡΓΟΣ ΛΥΓΗΡΟΤΗΤΑ	λ=	70,00		tab. 7.16
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΛΗΡΟΤΗΤΑΣ	φ=	1,00		eq. 7.28
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΑΚΡΩΝ	ψλ=	0,92		fig. 7.36
ΑΡΙΘΜΟΣ REYNOLDS	Re=	6,86E+05		eq. 7.15
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ	cf,0=	0,70		tab. 7.11
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ	cf=	0,64		eq. 7.12
ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΚΑΜΠΤΙΚΗ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	n1=	1,869	Hz	eq. F.3
ΜΗΚΟΣ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΟΥ	L=	106,87	m	eq. B.1
ΑΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	fL=	5,048		eq. B.2
ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	SL=	0,047		eq. B.2
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	nh=	5,976		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	nb=	0,056		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	Rh=	0,153		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	Rb=	0,963		eq. B.7-8
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΘΕΜ/ΔΟΥΣ ΙΔΙΟΜΟΡΦΗΣ	δs=	0,012		tab. F.2
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΜΑΖΑΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΜΗΚΟΥΣ ΑΝΩΤΕΡΩΝ ΤΡΙΤΩΝ ΥΨΟΥΣ	M/L=	29,59	Kgr/m	
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	δa=	0,063		eq. F.18
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΛΟΓΩ ΕΙΔΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ	δd=	0,000		eq. F.15
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	δ=	0,075		eq. F.15
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ	R^2=	0,451		eq. B.6
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ	B^2=	0,722		eq. B.3
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ν=	1,159		eq. B.5
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΙΧΜΗΣ	Kp=	3,784		eq. B.4
ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	cs*cd=	1,090		eq. 6.1
ΔΥΝΑΜΗ ΑΝΕΜΟΥ ΣΤΗ ΜΟΝΑΔΑ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	Fw/Aref=	1,448	kN/m^2	eq. 5.3
ΠΡΟΣΒΑΛΟΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Aref=	1,30	m^2	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΑΝΕΜΟΥ	Fw=	1,88	kN	
ΥΨΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	z=	27,50	m	
ΡΟΠΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΒΑΣΗ	Mw=	51,78	kN	

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΑΝΕΜΟΥ ΚΑΤΑ EN 1991-1-4 : 2004

ΕΞΟΠΛΙΣΜ.: z= 30,00 έως 30,00 m

ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΥ	$v_{b,0}$=	33,00	m/s	National
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΥΨΟΣ ΙΣΤΟΥ	z=	30,00	m	
ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ ΘΕΩΡΟΥΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ	zm1=	30,00	m	
ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΕΚΑΕΞΑΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΒΑΣΗΣ	D1=	0,70	m	
ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΕΚΑΕΞΑΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΕΦΑΛΗΣ	D2=	0,22	m	
ΜΕΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	Dm=	0,46	m	
ΜΕΣΗ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΘΕΩΡΟΥΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ	Dm1=	0,22	m	
ΠΑΧΟΣ ΧΑΛΥΒΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ	t=	4,00	mm	
ΒΑΡΟΣ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΙΣΤΟΥ	Ws=	1426,00	Kgr	
ΒΑΡΟΣ ΠΡΟΣΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΙΣΤΟΥ	Wt=	550,00	Kgr	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	cat	2		
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΑΕΡΑ	ρ=	1,25	Kgr/m^3	eq.4.10
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ	c_{dir}=	1,00		eq.4.1
ΕΠΟΧΙΑΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	c_{season}=	1,00		eq.4.1
ΒΑΣΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ	v_b=	33,00	m/s	eq.4.1
ΒΑΣΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΑΝΕΜΟΥ	q_b=	0,681	kN/m^3	eq.4.10
ΜΗΚΟΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ	z_0=	0,05	m	tab. 4.1
ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΜΗΚΟΣ	z_{min}=	2,00	m	tab. 4.1
ΜΗΚΟΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ (ΚΑΤ. 2)	$z_{0,II}$=	0,05	m	tab. 4.1
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΗΠΕΔΟΥ	k_r=	0,190		eq. 4.5
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ	$c_r(z)$=	1,215		eq. 4.4
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΩΝ	k_I=	1,000		eq. 4.7
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	$c_0(z)$=	1,000		eq. 4.3
ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ	$v_m(z)$=	40,11	m/s	eq. 4.3
ΕΝΤΑΣΗ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΩΝ	$I_v(z)$=	0,156		eq. 4.7
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ	c_e=	3,094		eq. 4.9
ΠΙΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΙΧΜΗΣ	$q_p(z)$=	2,106	kN/m^2	eq. 4.8
ΕΝΕΡΓΟΣ ΛΥΓΗΡΟΤΗΤΑ	λ=	70,00		tab. 7.16
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΛΗΡΟΤΗΤΑΣ	φ=	1,00		eq. 7.28
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ	cf,0=	1,80		tab. 7.11
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ	cf=	1,80		eq. 7.11
ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΚΑΜΠΤΙΚΗ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	n1=	1,869	Hz	eq. F.3
ΜΗΚΟΣ ΣΤΡΟΒΙΛΙΣΜΟΥ	L=	111,82	m	eq. B.1
ΑΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	fL=	5,210		eq. B.2
ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	SL=	0,046		eq. B.2
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	nh=	6,430		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	nb=	0,047		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	Rh=	0,143		eq. B.7-8
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ	Rb=	0,969		eq. B.7-8
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΘΕΜ/ΔΟΥΣ ΙΔΙΟΜΟΡΦΗΣ	δs=	0,012		tab. F.2
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΜΑΖΑΣ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΜΗΚΟΥΣ ΑΝΩΤΕΡΩΝ ΤΡΙΤΩΝ ΥΨΟΥΣ	M/L=	29,59	Kgr/m	
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	δa=	0,179		eq. F.18
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ ΛΟΓΩ ΕΙΔΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ	δd=	0,000		eq. F.15
ΛΟΓΑΡΙΘΜΙΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ	δ=	0,191		eq. F.15
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ	R^2=	0,164		eq. B.6
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ	B^2=	0,717		eq. B.3
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ν=	0,806		eq. B.5
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΙΧΜΗΣ	Kp=	3,687		eq. B.4
ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	cs*cd=	0,994		eq. 6.1
ΔΥΝΑΜΗ ΑΝΕΜΟΥ ΣΤΗ ΜΟΝΑΔΑ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	Fw/Aref=	3,768	kN/m^2	eq. 5.3
ΠΡΟΣΒΑΛΟΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	Aref=	1,70	m^2	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΑΝΕΜΟΥ	Fw=	6,40	kN	
ΥΨΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	z=	30,00	m	
ΡΟΠΗ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΒΑΣΗ	Mw=	192,15	kN	

ΕΝΤΑΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

Σύμφωνα με τους προηγούμενους υπολογισμούς, η συνολική ροπή στη βάση του ιστού είναι:

M_{ws}=10.29+29.33+42.99+51.48+54.51+51.78+192.15=432.53kNm

Και η συνολική τέμνουσα δύναμη:

V_{ws}=4.19+3.91+3.44+2.94+2.42+1.88+6.40=25.18kN

Ίδιο βάρος ιστού και εξοπλισμού φωτισμού:

G=13.98+5.39=19.37kN

Ίδιο βάρος πεδίλου και επιχώματος:

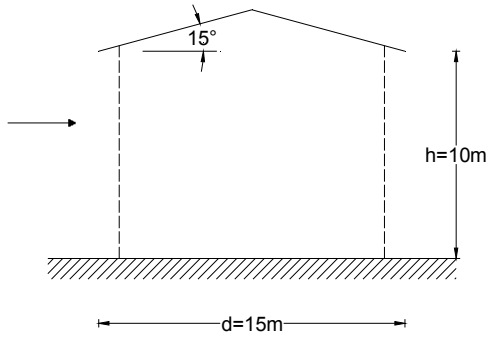
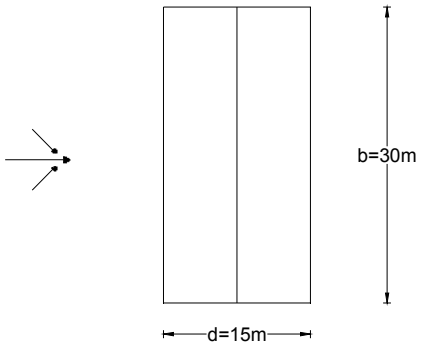
Gfoot=(4.00x4.00x0.50+2.00x2.00x1.60)x25+(4.00x4.00-2.00x2.00)x(2.00-0.50)x20=720kN

Συνολικά εντατικά μεγέθη στη βάση του πεδίλου:

N=19.37+720.00=739.37kN

V_s=25.18kN

M_s=432.53+25.18x2.10=485.41kNm

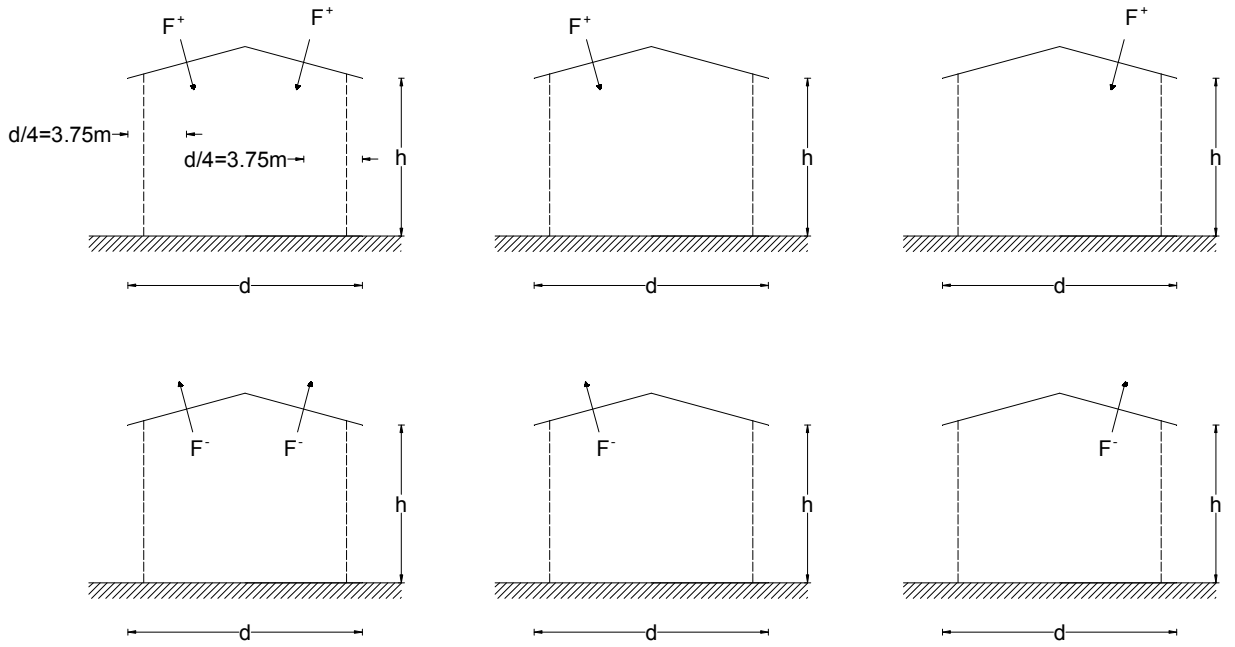
5.7 Παράδειγμα 7° Δικλινές ανοικτό στέγαστρο Κτήριο με μονοκλινή επαναλαμβανόμενη στέγη	
Δίδεται: Ανοικτό δικλινές στέγαστρο, ελεύθερα ιστάμενο χωρίς εμπόδια (φ = 0). Διαστάσεις: κάτοψη 15.0*30.0m, ύψος κατακόρυφου τοίχου: h=10m, ύψος μέχρι τον κορφιά 12m, (γωνία κλίσης της στέγης α=15°, Τραχύτητα Εδάφους ΙΙ, περίοδος επα- ναφοράς 50 έτη **Ζητείται:** ο υπολογισμός των πιέσεων στις εξωτερικές επιφάνειες του κτηρίου για θ=0°.	
 **Σχήμα Π7.1** Όψη κτηρίου  **Σχήμα Π7.2** Κάτοψη κτηρίου	
	ΕΝ 1991-1-4
a. Θεμελιώδης ταχύτητα του ανέμου, $v_{b,0}$: η περιοχή θεωρείται ότι απέχει απόσταση μεγαλύτερη από 10km από την θάλασσα, άρα **$v_{b,0}$=27m/s** .	4.2 (1)P* + ΕΠ 2.3
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 **= 27m/s**	(4.1)
7.3 Υψος αναφοράς: Για το στέγαστρο: **z_e= h = 10m**	7.2.3(3) + Σχ. 7.6
7.4 Συντελεστής τραχύτητας, $c_r(z)$: Για κατηγορία εδάφους ΙΙ έχουμε z_0 = 0.05m και z_{min} = 2m. Επειδή z_{min} = 2m < z_e = 10 m < z_{max} = 200m $c_r(z_e) = k_r * \ln(z_e/z_0) = 0.19 * \ln(10/0.05) = 1.007$ όπου $k_r = 0.19*(z_0/z_{0,II})^{0.07} = 0.19*(0.05/0.05)^{0.07} = 0.19$	Πίν. 4.1 (4.4) (4.5)
7.5 Συντελεστής ανάγλυφου, $c_0(z)$: Το έδαφος είναι επίπεδο άρα $c_0(z)$ = 1.0	4.3.1 ΣΗΜ.1* + ΕΠ 2.8
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 = 27.21m/s	(4.3)
7.7 Πίεση ταχύτητας αιχμής, $q_p(z)$: $q_p(z_e) = [1+7*I_v(z_e)]*\rho*v_m^2(z_e)/2$ όπου $I_v(z_e) = k_I/[c_0(z_e)*\ln(z_e/z_0)] = 1/[1*\ln(10/0.05)] = 0.19$ Άρα $q_p(z_e) = [1+7*0.19]*0.00125*27.21^2/2 = 1.08$ kN/m^2 όπου ρ = 1.25 kg/m^3 = 0.00125 Mg/m^3	(4.8) (4.7) 4.5.1 ΕΠ 2.17
7.8 Καθολικοί συντελεστές δύναμης Για α=15° και φ=0 δικλινούς στεγάστρου έχουμε maxc_f = +0.4 και minc_f = -0.8 .	Πίν. 7.7

7.9 Συνολικές δυνάμεις

$F^+ = q_p(z_e)*maxc_f*d/2*b/cosa = 1.08*0.4*15/2*30/cos15° = +100.6$ kN

$F^- = q_p(z_e)*minc_f*d/2*b/cosa = -1.08*0.8*15/2*30/cos15° = -201.2$ 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 φορτίεως στεγάστρου

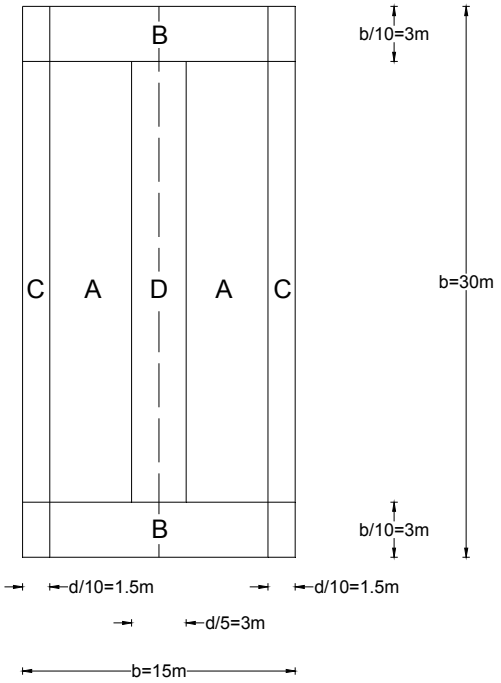
7.10 Συντελεστές τελικής πίεσης και τελικές πιέσεις

Για α=15° και φ=0 δικλινούς στεγάστρου έχουμε: Πίν. 7.7

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_e	max	+0.97	+2.05	+1.51	+0.43
	min	-0.97	-1.84	-1.51	-1.94

Πίνακας Π7.1 Συντελεστές τελικής πίεσης και τελικές πιέσεις

Οι τελικές πιέσεις προέκυψαν από τον τύπο : $w_e = c_{p,net} * q_p(z_e)$. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό στοιχείων στέγης και στερεώσεων. 7.3(5)



Σχήμα Π7.4 Ζώνες στεγάστρου

ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝ1991: ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΡΟΣ 1-5: ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ

ΕΝ1991-1-5: Κεφάλαιο 1^{ο}: Εισαγωγή

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.

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.

ΕΝ1991-1-5: Κεφάλαιο 2^{ο}: Βασικές έννοιες, ορισμοί

Στον Ευρωκώδικα αυτό εισάγονται οι εξής έννοιες:

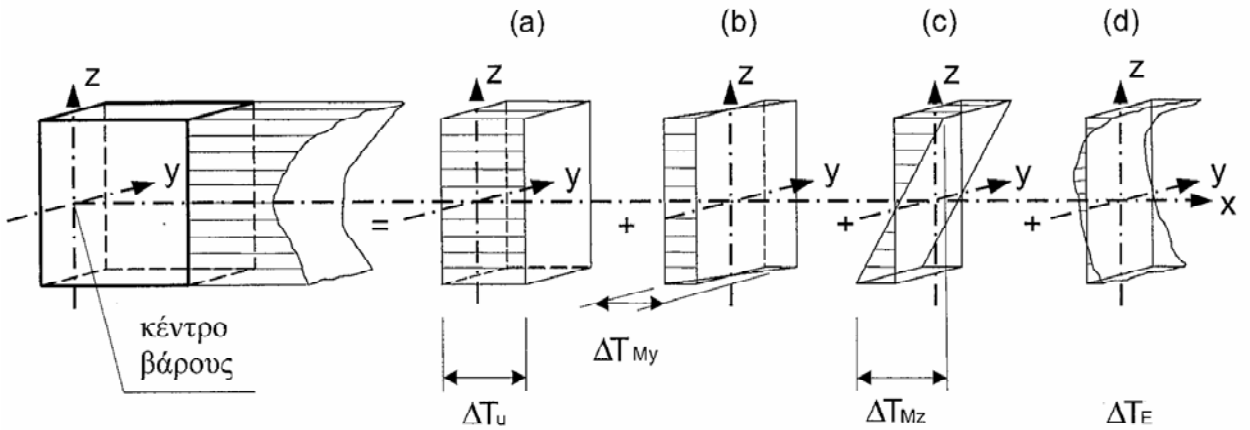
Θερμικές δράσεις σε μια κατασκευή ή σε ένα δομικό στοιχείο είναι οι δράσεις που προκαλούνται από τις μεταβολές των πεδίων θερμοκρασίας εντός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος.

Θερμοκρασία περιβάλλοντος υπό σκιά είναι η θερμοκρασία του αέρα που μετράται με θερμόμετρα τοποθετημένα εντός τυποποιημένου μετωρολογικού κλωβού (γνωστού και ως "κλωβός Stevenson")

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

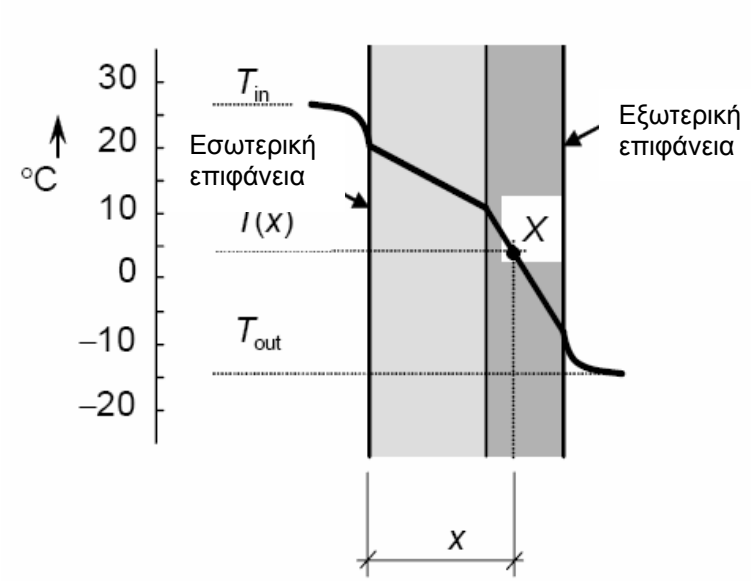
Συνιστώσες της θερμοκρασίας: Η κατανομή θερμοκρασίας σε ένα μεμονωμένο δομικό στοιχείο μπορεί να αναλυθεί στις ακόλουθες τέσσερις βασικές συνιστώσες, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1:

- Μια συνιστώσα ομοιόμορφης θερμοκρασίας, η οποία συνδέεται με την (γραμμική) διαστολή ή συστολή ενός στοιχείου ή φορέα (Σχήμα 1.a)
- Δύο συνιστώσες γραμμικής θερμοκρασιακής μεταβολής: μια περί τον άξονα z-z (Σχήμα 1.b) και μια περί τον άξονα y-y (Σχήμα 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 1.d)



Σχήμα 1: Σχηματική απεικόνιση των συνιστωσών της θερμοκρασιακής κατατομής

Κατατομή της θερμοκρασίας σε στοιχεία κτηριακών έργων.
Η κατατομή 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:



Σχήμα 2: Κατατομή της θερμοκρασίας σε στοιχείο με δύο στρώσεις διαφορετικών υλικών.

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

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).

(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):

$$R_{tot} = R_{in} + \sum_i \frac{h_i}{\lambda_i} + R_{out} \qquad \text{(D.2)}$$

όπου:
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_i σε [m] είναι το πάχος της στρώσης i

$$R(x) = R_{in} + \sum_i \frac{h_i}{\lambda_i} \qquad \text{(D.3)}$$

όπου λαμβάνονται υπόψη μόνο οι στρώσεις (ή το μέρος στρώσης) από την εσωτερική παρειά έως το σημείο *x* (βλ. Σχήμα 2).

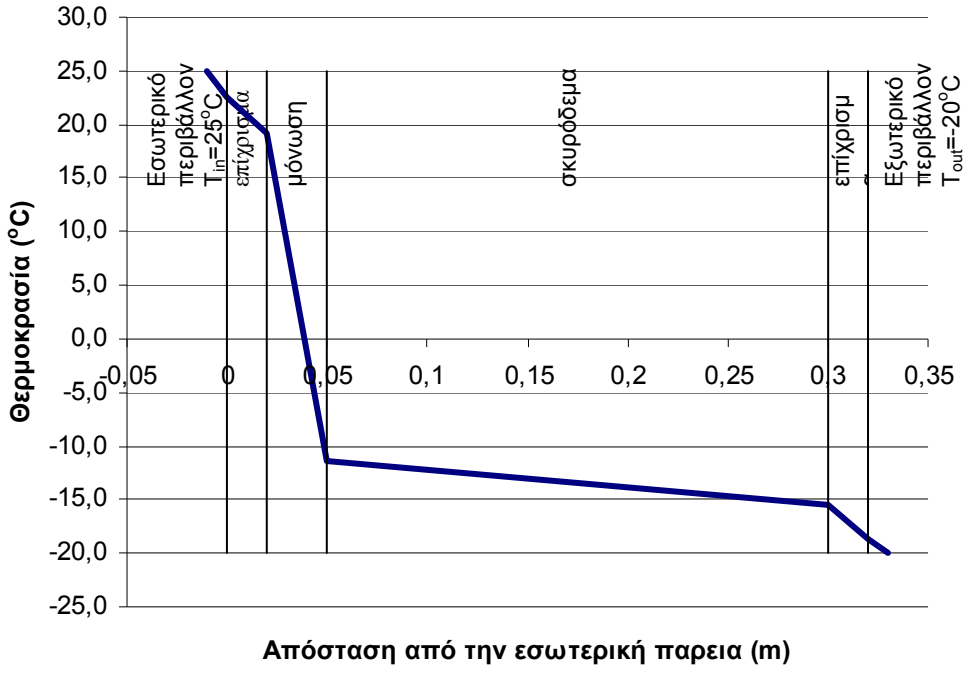
ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Σε κτήρια οι θερμικές αντιστάσεις είναι R_{in} = 0,10 έως 0,17 [m^2K/W] (ανάλογα με την κατεύθυνση διάδοσης θερμότητας) και R_{out} = 0,04 (για οποιαδήποτε κατεύθυνση). Η θερμική αγωγιμότητα λ_i για το σκυρόδεμα (για ειδικό βάρος 21 έως 25 kN/m^3) κυμαίνεται από λ_i = 1,16 έως 1,71 [W/(mK)].

Εφαρμογή 1η:
Στοιχείο αποτελείται από 4 υλικά με τα εξής πάχη, h, και συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας λ:

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

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

Στρώση	Υλικό	Πάχος (m)	Θερμική αγωγιμότητα	Αντίσταση	Θερμοκρασία στην εξωτερική παρειά της στρώσης (°C)
	Εσωτερική.				
1	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
		0,32		1,767	



Σχήμα 3: Κατατομή της θερμοκρασίας σε στοιχείο με 4 στρώσεις διαφορετικών υλικών.

EN1991-1-5: Κεφάλαιο 3°: Η φύση της θερμικής δράσεως

Οι θερμικές δράσεις θεωρούνται μεταβλητές, έμμεσες δράσεις οι οποίες προκαλούν παραμορφώσεις οι οποίες συνεπάγονται ανάπτυξη τάσεων.
Η κατατομή 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 κτηρίων),
- και από τα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και θερμομόνωσης (για τα κτηριακά έργα)

Εθνικά δεδομένα
Οσα 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.

Από την σχετική επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων, προέκυψαν οι τιμές των θερμοκρασιών που φαίνονται στον επόμενο Πίνακα 1.

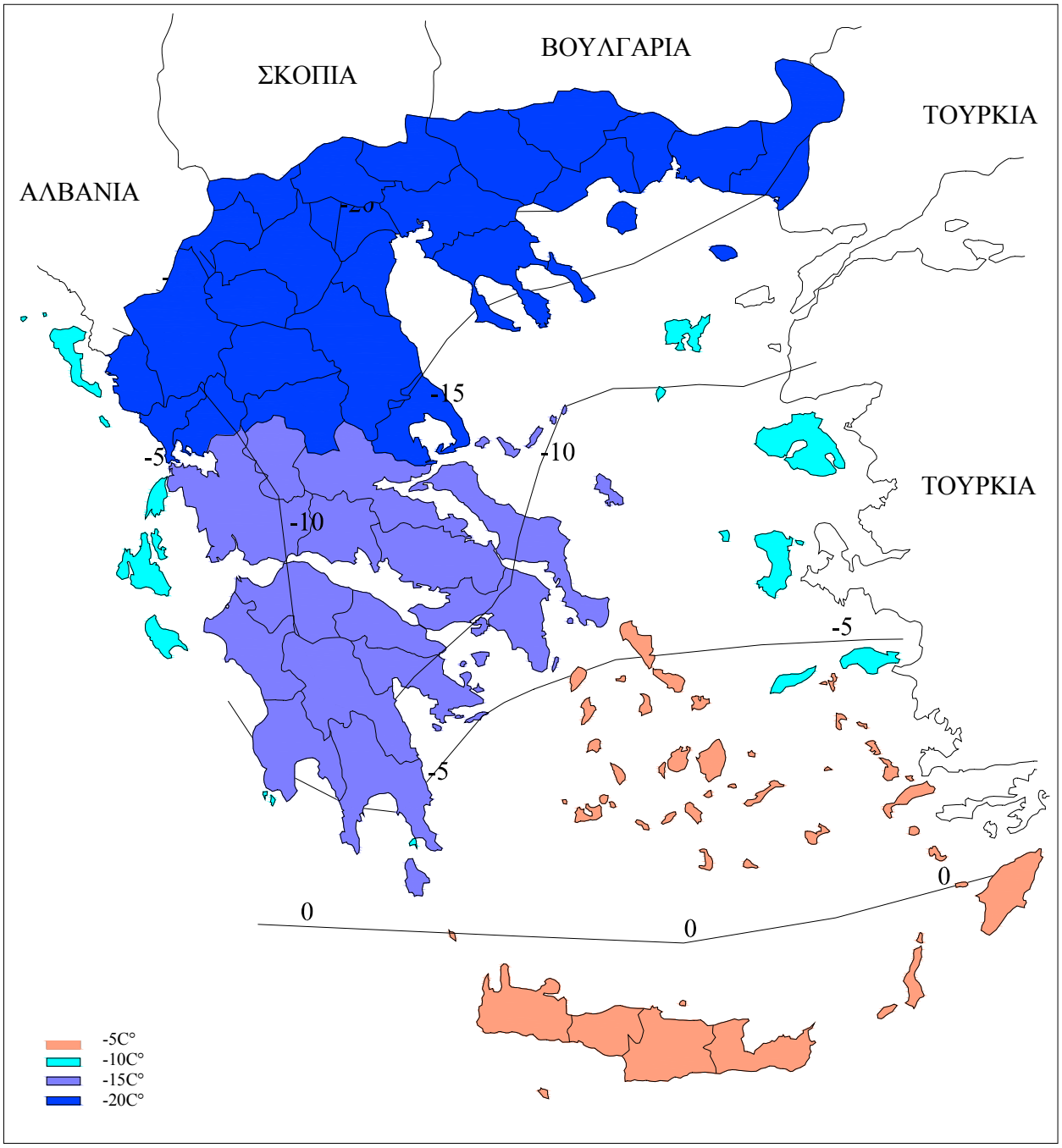
Σημείωση: Η θερμοκρασία σε ένα γεωγραφικό τόπο μειώνεται αναλογικά με το υψόμετρο. Το φαινόμενο αυτό λέγεται **κατακόρυφη θερμοβαθμίδα**. Η αναλογία της μείωσης είναι περίπου 0.65^{o}C/100m. Οι τιμές που δίνονται στον Πίνακα 1 έχουν αναχθεί σε υψόμετρο 0 (στην στάθμη της θάλασσας). Στους υπολογισμούς, η μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία θα προσαρμόζονται από την θερμοκρασία στην επιφάνεια της θάλασσας αφαιρώντας 0.65^{o}C για κάθε 100m υψομετρικής διαφοράς.
Με βάση τις τιμές του Πίνακα 1, στο Εθνικό Προσάρτημα έχουν υιοθετηθεί οι τιμές που φαίνονται στο Σχήμα 4 (για την μέγιστη θερμοκρασία) και στο Σχήμα 5 (για την ελάχιστη θερμοκρασία).
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.

Χαρακτηριστικές θερμοκρασίες για χρήση στον Ευρωκώδικα 1 (πρωτογενή στοιχεία από ΕΜΥ)						μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων									
						ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ					ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ				
α/α	**ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ**	**ΣΤΑΘΜΟΣ**	**ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)**	**ΕΤΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ**	**ΠΛΗΘΟΣ ΕΤΩΝ**	$m_{t,max}$	$\sigma_{t,max}$	$maxt_{max}$	$mint_{max}$	$t_{0max,50}$	$m_{t,min}$	$\sigma_{t,min}$	$maxt_{min}$	$mint_{min}$	$t_{0min,50}$
1	672	ΑΓΡΙΝΙΟ	25	1956-1997	42	39,3	2,1	44,8	34,5	**45,8**	-4,5	1,7	0,8	-7,8	**-9,4**
2	665	ΑΓΧΙΑΛΟΣ	15	1956-1997	42	39,1	2,8	46,2	34,6	**47,5**	-5,0	1,9	-2,0	-9,8	**-10,6**
3	627	ΑΛΕΞ/ΠΟΛΗ	3	1951-1997	47	39,3	1,5	39,0	32,4	**39,9**	-8,8	2,6	-4,6	-14,0	**-16,4**
4	682	ΑΝΔΡΑΒΙΔΑ	15	1959-1997	39	36,3	1,6	39,8	32,2	**41,3**	-2,7	1,2	0,2	-5,0	**-6,2**
5	687	ΑΡΑΞΟΣ	12	1955-1997	43	37,2	1,9	41,2	33,8	**42,9**	-1,6	1,3	1,0	-3,8	**-5,5**
6	685	ΑΡΓΟΣΤΟΛΙ	22	1970-1997	28	35,2	2,3	40,6	30,8	**42,3**	2,2	1,2	4,8	-0,4	**-1,4**
7	607	ΔΡΑΜΑ	104	1975-1997	22	37,5	1,8	41,6	34,0	**44,1**	-7,4	2,5	-3,4	-13,8	**-14,7**
8	718	ΕΛΕΥΣΙΝΑ	31	1958-1997	40	39,9	2,7	48,0	35,0	**48,0**	-1,8	1,5	1,5	-5,0	**-6,1**
9	716	ΕΛΛΗΝΙΚΟ	15	1955-1998	44	37,3	2,1	42,0	32,6	**43,6**	-0,4	1,3	2,2	-3,2	**-4,3**
10	719	ΖΑΚΥΝΘΟΣ	8	1982-1997	16	37,4	2,3	42,2	34,4	**45,0**	-0,7	1,5	1,8	-4,0	**-5,9**
11	754	ΗΡΑΚΛΕΙΟ	39	1955-1998	44	37,6	2,2	43,6	33,0	**44,3**	3,0	1,2	5,8	0,2	**-0,5**
12	744	ΘΗΡΑ	37	1974-1997	24	34,9	2,1	39,4	30,2	**41,9**	2,5	2,1	6,0	-2,0	**-4,0**
13	756	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	10	1956-1997	42	38,9	2,1	44,0	34,0	**45,2**	2,8	1,3	5,0	0,0	**-1,1**
14	642	ΙΩΑΝΝΙΝΑ	484	1956-1997	42	37,0	2,4	42,4	29,6	**47,5**	-8,4	1,8	-4,8	-13,0	**-10,8**
15	625	ΚΑΒΑΛΑ	65	1956-1984	29	34,7	1,4	38,1	31,5	**39,6**	-9,8	4,7	-4,2	-23,6	**-24,4**
16	726	ΚΑΛΑΜΑΤΑ	11	1956-1997	42	38,2	2,2	42,6	32,4	**45,0**	-1,6	1,6	1,6	-5,0	**-6,3**
17	614	ΚΑΣΤΟΡΙΑ	661	1980-1997	18	36,6	2,3	41,6	33,4	**48,6**	-13,6	4,0	-9,4	-22,4	**-22,6**
18	641	ΚΕΡΚΥΡΑ	4	1955-1997	43	36,5	2,1	42,4	32,4	**42,6**	-2,5	1,2	0,0	-4,6	**-6,1**
19	743	ΚΥΘΗΡΑ	167	1955-1997	43	36,0	2,4	41,0	31,2	**44,3**	-2,5	1,9	6,0	-4,3	**-2,5**
20	742	ΚΩΣ	129	1981-1997	17	36,5	1,3	39,0	34,4	**41,8**	1,7	1,6	4,2	-1,2	**-2,9**
21	650	ΛΗΜΝΟΣ	5	1974-1997	24	33,8	1,7	39,4	30,8	**39,4**	-3,2	1,4	-0,2	-6,0	**-7,7**
22	675	ΛΑΜΙΑ	17	1970-1997	28	40,2	2,1	46,5	37,6	**46,9**	-3,8	2,0	-0,2	-7,0	**-10,0**
23	648	ΛΑΡΙΣΑ	74	1955-1997	43	40,7	2,2	45,2	35,4	**47,9**	-8,9	3,3	-4,6	-21,6	**-18,6**
24	734	ΜΕΘΩΝΗ	52	1956-1997	42	35,0	2,4	41,0	30,8	**42,6**	0,4	0,4	3,2	-3,6	**-3,9**
25	738	ΜΗΛΟΣ	165	1955-1997	27	37,1	2,2	41,6	31,0	**44,8**	1,7	1,9	5,8	-2,0	**-2,9**
26	622	ΜΙΚΡΑ	5	1959-1997	39	37,4	2,0	42,0	34,0	**43,5**	-7,6	2,4	-3,8	-14,0	**-14,6**
27	667	ΜΥΤΙΛΗΝΗ	5	1955-1997	43	37,1	1,6	40,4	34,2	**42,0**	-0,8	1,8	3,2	-4,4	**-6,1**
28	701	Ν.ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑ	138	1955-1998	44	40,0	2,5	45,0	34,5	**48,3**	-2,2	1,6	0,6	-5,8	**-6,1**
29	732	ΝΑΞΟΣ	10	1955-1997	43	33,6	1,7	37,4	28,8	**38,9**	2,6	1,6	5,6	-1,0	**-1,9**
30	689	ΠΑΤΡΑ	1	1955-1997	43	36,9	1,8	41,3	33,0	**42,3**	-1,1	1,6	2,2	-4,5	**-6,0**
31	643	ΠΡΕΒΕΖΑ	4	1971-1997	27	35,1	1,4	37,4	31,8	**39,8**	0,1	1,5	3,0	-3,6	**-4,6**
32	724	ΠΥΡΓΕΛΑ	11	1980-1997	18	40,1	1,7	43,2	37,6	**45,9**	-4,4	0,9	-3,0	-6,0	**-7,4**
33	749	ΡΟΔΟΣ	12	1955-1997	43	36,0	2,1	42,0	32,8	**42,3**	2,0	2,5	7,6	-4,0	**-5,6**
34	723	ΣΑΜΟΣ	7	1978-1997	20	37,1	1,6	40,4	34,2	**42,0**	-0,5	1,3	1,6	-3,4	**-4,8**
35	606	ΣΕΡΡΕΣ	35	1971-1997	27	38,4	2,0	42,8	35,0	**44,8**	-8,7	3,0	-5,2	-17,6	**-18,0**
36	757	ΣΗΤΕΙΑ	116	1960-1997	38	36,1	1,8	40,6	32,2	**42,4**	3,1	1,5	6,0	0,5	**-0,6**
37	684	ΣΚΥΡΟΣ	18	1955-1997	43	35,2	2,4	42,5	31,6	**42,4**	0,5	1,6	4,0	-3,6	**-4,1**
38	746	ΣΟΥΔΑ	152	1958-1997	40	38,8	1,8	44,5	35,5	**45,2**	1,8	1,4	4,8	0,0	**-1,5**
39	699	ΤΑΝΑΓΡΑ	140	1957-1997	41	39,9	2,3	46,0	35,2	**47,6**	-5,3	2,9	-1,4	-16,6	**-13,1**
40	715	ΤΑΤΟΙ	235	1956-1997	42	39,2	2,5	48,0	35,0	**48,0**	-4,4	2,0	-0,6	-8,8	**-8,6**
41	710	ΤΡΙΠΟΛΗ	652	1957-1997	41	37,9	2,2	43,0	32,8	**48,9**	-8,6	3,1	-4,6	-17,0	**-13,5**
42	613	ΦΛΩΡΙΝΑ	695	1961-1997	37	36,1	2,1	40,8	31,4	**46,9**	-14,9	-14,9	-7,4	-21,4	**-21,2**
43	706	ΧΙΟΣ	4	1973-1997	25	35,9	1,9	40,6	32,0	**42,0**	-1,8	1,3	1,0	-4,0	**-6,0**
44	624	ΧΡΥΣΟΥΠΟΛΗ	5	1984-1997	14	35,0	1,6	39,0	33,0	**40,7**	-6,6	1,9	-3,4	-11,0	**-13,2**
							min:	37,4	28,8	**38,9**		min:	-9,4	-23,6	**-24,4**
							max:	48,0	37,6	**48,9**		max:	7,6	0,5	**-0,5**

ΥΠΟΜΝΗΜΑ:

t_{max} μέγιστες θερμοκρασίες
t_{min} ελάχιστες θερμοκρασίες
m μέση τιμή
σ τυπική απόκλιση
t_{50} χαρακτηριστική τιμή με μέση περίοδο επαναφοράς 50 έτη (=πιθανότητα υπέρβασης 2% κάθε έτος)
$t_{0,50}$ η χαρακτηριστική τιμή ανηγμένη στην στάθμη της θάλασσας(αναγωγή με χρήση της κατακόρυφης θερμοβαθμίδας=0,65° C μείωση θερμοκρασίας ανά 100m αύξησης του υψομέτρου)

Σχήμα 4: Χάρτης μεγίστων θερμοκρασιών αέρα υπό σκιά, T_{max}.



Σχήμα 5: Χάρτης ελαχίστων θερμοκρασιών αέρα υπό σκιά, T_{min}.

EN1991-1-5: Κεφάλαιο 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

EN1991-1-5: Κεφάλαιο 5°: Διαδικασία υπολογισμού σε κτήρια.

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 Εργου.

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.

5.1 Προσδιορισμός των θερμοκρασιών

Για τον προσδιορισμό της θερμοκρασιακής κατατομής 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).

5.2 Προσδιορισμός των θερμοκρασιακών κατατομών

Η θερμοκρασία στο εσωτερικό μιας κατασκευής, $\mathbf{T_{in}}$, δεν πολυ-μεταβάλλεται 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, καθορίσθηκαν 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 ??? Θερμοκρασίες εσωτερικού περιβάλλοντος T_{in}

Εποχή	**Θερμοκρασία, T_{in}, (^oC)**
Καλοκαίρι	20
Χειμώνας	25

Η θερμοκρασία στο εξωτερικό μιας κατασκευής, $\mathbf{T_{out}}$, 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 κτήρια

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 4 και 5 αντιστοίχως).

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

Πίνακας 5.3: Συνιστώμενες θερμοκρασίες T_{out} για υπόγεια κτήρια

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

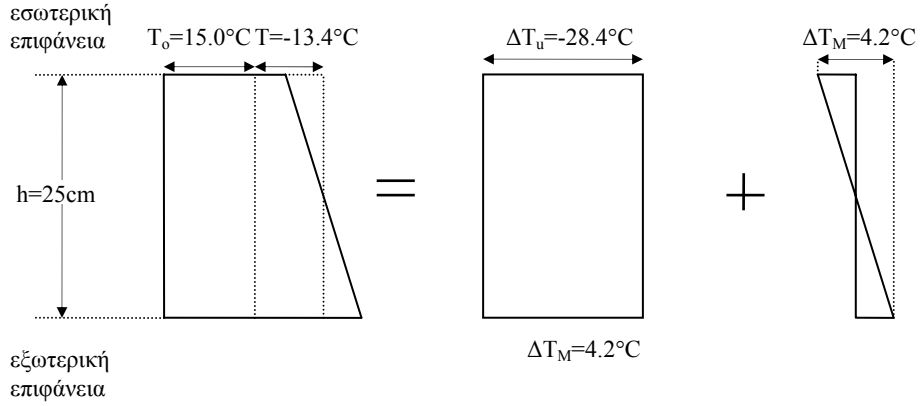
Εφαρμογή 2η:

Εστω ότι ένα στοιχείο σκυροδέματος είχε μέση θερμοκρασία, όταν κατασκευάσθηκε, T_o=15°C και ότι βρίσκεται στην Βόρειο Ελλάδα. Για χειμώνα είναι: T_{in}=25°C και T_{out}=-20°C.

Από την 1η 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*(-11.3-15.5)=-13.4°C

Αρα, βλ και Σχήμα 6:
η ομοιόμορφη διαφορά θερμοκρασίας είναι ΔT_u=T-T_o=-13.4-15.0=-28.4°C και
η γραμμικώς μεταβαλλόμενη συνιστώσα της θερμοκρασίας είναι ΔT_M=15.5-11.3=4.2°C.



Σχήμα 6: Κατατομή της θερμοκρασίας σε στοιχείο σκυροδέματος πάχους 25cm.

ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ ΕΝ1991: ΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΡΟΣ 1-6: ΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

ΕΝ1991-1-6: Κεφάλαιο 1^{ο}: Εισαγωγή

Το ΕΝ 1991-1-6 περιγράφει τις Αρχές και τους Κανόνες Εφαρμογής για την εκτίμηση των δράσεων που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διάρκεια της κατασκευής κτηρίων και Τεχνικών Εργων συμπεριλαμβανομένων των ακόλουθων πλευρών:

- δράσεις σε φέροντα και μη-φέροντα μέλη κατά τις φάσεις χειρισμών (μεταφοράς, αποθήκευσης, ανέγερσης)
- γεωτεχνικές δράσεις
- δράσεις οφειλόμενες στην προένταση
- προπαραμορφώσεις
- θερμοκρασία, συστολή ξήρανσης, επιρροές ενυδάτωσης
- δράσεις ανέμου
- φορτία χιονιού
- δράσεις προερχόμενες από το νερό
- δράσεις οφειλόμενες στον παγετό
- φορτία κατά την κατασκευή
- τυχηματικές δράσεις
- σεισμικές δράσεις

Οι κατευθύνσεις που παρέχονται από το υπόψη Μέρος Ευρωκώδικα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των δράσεων που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό :

- βοηθητικών φερουσών κατασκευών, όπως λ.χ. οι προσωρινές φέρουσες κατασκευές (αυτές δηλαδή που δεν απαιτούνται μετά τη χρησιμοποίησή τους και συνήθως καθαιρούνται ή απομακρύνονται)
- διαφορετικούς τύπους εργασιών, όπως λ.χ. κατά τη διάρκεια ανακαίνισης ή μερικής/ολικής καθαίρεσης

Τονίζεται πάντως ότι το ΕΝ 1991-1-6 **δεν παρέχει κατευθύνσεις για την ασφάλεια προσώπων** (πλην αυτών βέβαια που σχετίζονται με την αστοχία της φέρουσας κατασκευής)

Φυσικά το EN 1991-1-6 προορίζεται για χρήση μαζί με το EN 1990, τα άλλα Μέρη του EN 1991 και τα EN 1992 έως EN 1999 για το σχεδιασμό των φορέων.

EN1991-1-6: Κεφάλαιο 2°: Κατάταξη δράσεων

Γενικά οι δράσεις κατά τη διάρκεια της κατασκευής, οι οποίες περιλαμβάνουν όπου χρειάζεται κατασκευαστικά φορτία, καθώς και άλλες δράσεις εκτός των κατασκευαστικών, θα κατατάσσονται σύμφωνα με το την *[4.1.1]* του EN 1990

Η κατάταξη των δράσεων (εκτός των κατασκευαστικών φορτίων) φαίνεται στο επόμενο πίνακα *[Πίν. 2.1]*, ενώ η κατάταξη των κατασκευαστικών φορτίων φαίνεται στο πίνακα που ακολουθεί *[Πίν. 2.2]*

Σχετική διάταξη του παρόντος προτύπου	**Δράση**	**Κατάταξη**				**Παρατηρήσεις**	**Πηγή**
		Χρονική μεταβολή	**Κατάταξη / Προέλευση**	**Χωρική μεταβολή**	**Φύση (στατική/δυναμική)**		
4.2	Ιδιο βάρος	Μόνιμη	Αμεση	Σταθερή με ανοχές / ελεύθερη	Στατική	Ελεύθερη κατά τη μεταφορά / αποθήκευση. Δυναμική κατά την πτώση.	EN 1991-1-1
4.3	Μετακίνηση εδάφους	Μόνιμη	Εμμεση	Ελεύθερη	Στατική		EN 1997
4.3	Ωθηση γαιών	Μόνιμη / μεταβλητή	Αμεση	Ελεύθερη	Στατική		EN 1997
4.4	Προένταση	Μόνιμη / Μεταβλητή	Αμεση	Σταθερή	Στατική	Μεταβλητή για τον σχεδιασμό τοπικά (αγκυρώσεις).	EN 1990, EN 1992 to EN 1999
4.5	Προπαρα-μορφώσεις	Μόνιμη / Μεταβλητή	Εμμεση	Ελεύθερη	Στατική		EN 1990
4.6	Θερμοκρασία	Μεταβλητή	Εμμεση	Ελεύθερη	Στατική		EN 1991-1.5
4.6	Συστολή ξήρανσης / υγρομετρικές επιρροές	Μόνιμη / Μεταβλητή	Εμμεση	Ελεύθερη	Στατική		EN 1992, EN 1993, EN1994
4.7	Δράσεις ανέμου	Μεταβλητή / τυχηματική	Αμεση	Σταθερή / Ελεύθερη	Στατική / Δυναμική	(*)	EN 1991-1-4
4.8	Φορτία χιονιού	Μεταβλητή / τυχηματική	Αμεση	Σταθερή / Ελεύθερη	Στατική / Δυναμική	(*)	EN 1991-1-3
4.9	Δράσεις οφειλόμενες στο νερό	Μόνιμη / μεταβλητή / τυχηματική	Αμεση	Σταθερή / Ελεύθερη	Στατική / Δυναμική	Μόνιμη / μεταβλητή σύμφωνα με τις προδιαγραφές του έργου. Δυναμική για υδάτινα ρεύματα εφόσον απαιτείται	EN 1990
4.10	Φορτία πάγων	Μεταβλητή	Αμεση	Ελεύθερη	Στατική / Δυναμική	(*)	ISO 12494
4.12	Τυχηματική	Τυχηματική	Αμεση / Εμμεση	Ελεύθερη	Στατική / Δυναμική	(*)	EN 1990, EN 1991-1-7
4.13	Σεισμική	Μεταβλητή / τυχηματική	Αμεση	Ελεύθερη	Δυναμική	(*)	EN 1990 (4.1), EN1998

(*): Τα κείμενα προέλευσης πρέπει να εξετάζονται μαζί με τα Εθνικά Προσαρτήματα, στα οποία μπορεί να δίδεται πρόσθετη σχετική πληροφόρηση.

Τα κατασκευαστικά φορτία (βλ. πίνακα επόμενης σελίδας) κατατάσσονται ως μεταβλητές δράσεις (Q_c).

Σχετική διάταξη του παρόντος προτύπου	Δράση (σύντομη περιγραφή)	Κατάταξη				Παρατηρήσεις	Πηγή
		Χρονική μεταβολή	Κατάταξη / Προέλευση	Χωρική μεταβολή	Φύση (στατική / δυναμική)		
4.11	Προσωπικό και ατομικά εργαλεία	Μεταβλητή	Αμεση	Ελεύθερη	Στατική		
4.11	Αποθήκευση κινητών αντικειμένων	Μεταβλητή	Αμεση	Ελεύθερη	Στατική / δυναμική	Δυναμική σε περίπτωση φορτίων από πτώση	EN 1991-1-1
4.11	Μη-μόνιμος εξοπλισμός	Μεταβλητή	Αμεση	Σταθερή / ελεύθερη	Στατική / δυναμική		EN 1991-3
4.11	Κινητά βαρέα μηχανήματα και εξοπλισμός	Μεταβλητή	Αμεση	Ελεύθερη	Στατική / δυναμική		EN 1991-2, EN 1991-3
4.11	Συσσώρευση υλικών προς απόρριψη	Μεταβλητή	Αμεση	Ελεύθερη	Στατική / δυναμική	Μπορεί να επιβάλει φορτία λ.χ. επίσης σε κατακόρυφες επιφάνειες	EN 1991-1-1
4.11	Φορτία από μέρη του φορέα σε προσωρινές καταστάσεις	Μεταβλητή	Αμεση	Ελεύθερη	Στατική	Εξαιρούνται οι δυναμικές επιδράσεις	EN 1991-1-1

Κατασκευαστικά φορτία, τα οποία προκαλούνται από γερανούς, εξοπλισμό, βοηθητικές φέρουσες κατασκευές μπορεί να κατατάσσονται ως σταθερές ή ελεύθερες δράσεις, **ανάλογα με τις δυνατές θέσεις χρήσης τους**.

Εφόσον τα κατασκευαστικά φορτία κατατάσσονται ως σταθερά, θα πρέπει να καθορίζονται (λ.χ. για το συγκεκριμένο έργο) οι ανοχές για δυνατές αποκλίσεις από τη θεωρητική θέση.

Εφόσον κατατάσσονται ως ελεύθερα, θα πρέπει να καθορίζονται τα όρια της περιοχής όπου αυτά μπορούν να κινούνται ή να τοποθετούνται. Σύμφωνα με το Εθνικό Προσάρτημα (εφεξής: ΕΠ), εφόσον η περιοχή εφαρμογής δεν προσδιορίζεται μονοσήμαντα, θα λαμβάνονται υπόψη για το σκοπό αυτό όλες οι δυνατές δόκιμες μέθοδοι κατασκευής, αλλιώς θα θεωρείται ότι τα υπόψη κατασκευαστικά φορτία μπορούν να λάβουν οποιαδήποτε θέση χωρίς περιορισμούς.

EN1991-1-6: Κεφάλαιο 3^{ο}: Καταστάσεις σχεδιασμού

Θα λαμβάνεται μέριμνα ώστε οι παροδικές, τυχηματικές και σεισμικές καταστάσεις σχεδιασμού να ταυτοποιούνται και να λαμβάνονται κατάλληλα υπόψη για το σχεδιασμό της διαδικασίας κατασκευής *[3.1(1)]*.

Σύμφωνα με το ΕΠ, η κατάσταση σχεδιασμού υπό συνθήκες θύελλας (λ.χ. κυκλώνας, καταιγίδα) θεωρείται ως τυχηματική για τον καθορισμό των δράσεων ανέμου.

Οι επιλεγμένες καταστάσεις σχεδιασμού θα είναι σύμφωνες με τις προβλεπόμενες από τη μελέτη διαδικασίες εκτέλεσης των εργασιών, λαμβάνοντας υπόψη τις διαδοχικές φάσεις κατασκευής, καθώς και τυχόν αναθεωρήσεις των διαδικασιών εκτέλεσης των εργασιών *[3.1(4)]*.

Κάθε επιλεγμένη παροδική κατάσταση σχεδιασμού θα συσχετίζεται με μια ονομαστική διάρκεια ίση ή μεγαλύτερη από την προβλεπόμενη διάρκεια της θεωρούμενης φάσης κατασκευής. Οι καταστάσεις σχεδιασμού θα λαμβάνουν υπόψη το ενδεχόμενο εμφάνισης κάθε αντίστοιχης περιόδου επαναφοράς των μεταβλητών δράσεων (λ.χ. κλιματικές δράσεις) *[3.1(5)]*. Στο ΕΠ υιοθετούνται γενικά οι συνιστώμενες στο EN 1991-1-6 τιμές, οι οποίες παρατίθενται στον επόμενο πίνακα *[Πίν. 3.1]* :

Διάρκεια	Περίοδος επαναφοράς (χρόνια)
≤ 3 ημέρες	2 [α]
≤ 3 μήνες (αλλά > 3 ημέρες)	5 [β]
≤ 1 χρόνο (αλλά > 3 μήνες)	10
> 1 χρόνο	50

[α] Μια ονομαστική διάρκεια τριών ημερών, που πρέπει να επιλέγεται για βραχείες φάσεις κατασκευής, αντιστοιχεί στην χρονική έκταση αξιόπιστων μετεωρολογικών προβλέψεων για τη θέση εργοταξίου. Αυτή η επιλογή μπορεί να διατηρηθεί για ελαφρώς μακρύτερες φάσεις κατασκευής, αν λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα οργάνωσης . Η έννοια της μέσης περιόδου επαναφοράς γενικά δεν είναι κατάλληλη για βραχυχρόνιες διάρκειες.

[β] Για μια ονομαστική διάρκεια μέχρι τρεις μήνες οι δράσεις μπορούν να καθορίζονται λαμβάνοντας υπόψη κατάλληλες εποχιακές και πιο βραχυχρόνιες μετεωρολογικές κλιματικές μεταβολές. Παραδείγματος χάρη το μέγεθος της πλημμυρικής παροχής ενός ποταμού εξαρτάται από τη θεωρούμενη περίοδο του χρόνου.

Στο ΕΠ υιοθετείται ως ελάχιστη ταχύτητα ανέμου κατά την κατασκευή η συνιστώμενη βασική τιμή για διάρκειες μέχρι 3 μήνες που σύμφωνα με το EN 1991-1-4 είναι ίση με 20 *m/s*

<u>ΣΗΜΕΙΩΣΗ:</u> *Στο σημείο αυτό αξίζει να θυμηθεί κανείς τη συσχέτιση μεταξύ «περιόδου επαναφοράς (T)» εμφάνισης ενός γεγονότος (λ.χ. της χαρακτηριστικής τιμής μιας δράσης) και της αντίστοιχης «πιθανότητας υπέρβασης (p)» της συγκεκριμένης τιμής μέσα σε μια «περίοδο αναφοράς (t)» (λ.χ. τη διάρκεια ζωής t του φορέα) :*

$T = - t / \ln (1-p) \approx t / p$

Λ.χ. η περίοδος επαναφοράς της υπέρβασης της χαρακτηριστικής τιμής μιας δράσης 1 φορά στα επόμενα t = 50 χρόνια (διάρκεια ζωής του φορέα) με πιθανότητα p = 0.05 ισούται με :

$T = - 50 / \ln(1-0.05)= - 50 / \ln 0.95 = - 50 / (-0.0513) \approx 975$ *χρόνια*
ή προσεγγιστικά $T \approx t / p = 50 / 0.05 = 1000$ *χρόνια*

Σύμφωνα λοιπόν με την προαναφερόμενη σχέση που έχει γενική εφαρμογή, αν λ.χ. κάποιος αναζητήσει τη χαρακτηριστική τιμή μιας δράσης – λ.χ. σεισμικής - όχι για όλη την διάρκεια ζωής του έργου (λ.χ. 50 χρόνια), αλλά μόνον κατά τη διάρκεια κατασκευής (λ.χ. 2-3 χρόνια ή συντηρητικά 5 χρόνια), εφόσον βέβαια διατηρείται σταθερή η πιθανότητα υπέρβασης, είναι προφανές ότι θα οδηγηθεί σε πολύ μικρότερη περίοδο επαναφοράς και κατά συνέπεια σε τιμή της χαρακτηριστικής τιμής της σεισμικής δράσης σαφώς μικρότερη για τη φάση κατασκευής σε σχέση με τη χαρακτηριστική τιμή για όλη τη διάρκεια ζωής του φορέα. Ανάλογες θεωρήσεις εφαρμόζονται για γεωτεχνικά έργα, όπως λ.χ. οι προσωρινές αντιστηρίξεις κ.ά.

Ειδικά για τις κλιματικές δράσεις (θερμοκρασία, χιόνι, άνεμος) με βάση τις στατιστικές κατανομές τους μπορεί να αναχθεί κανείς από την 50ετή περίοδο αναφοράς (διάρκεια ζωής) σε άλλη διάρκεια, με τη βοήθεια κατάλληλου συντελεστή αναγωγής k, σύμφωνα με τη σχέση (πρβλ. EN 1991-1-5, EN 1991-1-3, EN 1991-1-4):

$Q_{k,t} = k.Q_{k,50}$

Ενδεικτικές τιμές του k για ορισμένες αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις παρατίθενται στον επόμενο πίνακα :

Περίοδος Αναφοράς (χρόνια t)	*Πιθανότητα Υπέρβασης p*	*Συντελεστής αναγωγής k*			
		Θερμοκρασία $T_{max,\,t}$	*Θερμοκρασία* $T_{min,\,t}$	*Χιόνι* $s_{n,\,t}$	*Ανεμος* $v_{b,t}$
2	*0,50*	*0,80*	*0,45*	*0,64*	*0,77*
5	*0,20*	*0,86*	*0,63*	*0,75*	*0,85*
10	*0,10*	*0,91*	*0,74*	*0,83*	*0,90*
50	*0,02*	*1,00*	*1,00*	*1,00*	*1,00*

Στο ΕΠ ορίζεται επίσης ότι :

- Γενικά δεν θα λαμβάνεται υπόψη ταυτόχρονη δράση χιονιού και ανέμου, εκτός αν αυτό ορίζεται διαφορετικά για το συγκεκριμένο έργο *[3.1(7)]*.
- Εφόσον δεν καθορίζονται σε άλλο μέρος των Ευρωκωδίκων (βλ. λ.χ. *ΕΝ 1990, [3.5(3)* και *(7)]* και *ΕΝ 1991-1-6, [Παράρτημα Α2]*), κανόνες που αφορούν γεωμετρικές ατέλειες του φορέα, μπορούν για συγκεκριμένο έργο να καθορίζονται στη μελέτη, υποκείμενοι στην έγκριση της Υπηρεσίας *[3.1(8) ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1]*.

ΕΝ1991-1-6: Κεφάλαιο 4°: Οριακές καταστάσεις

Οι σχετικοί έλεγχοι γίνονται σύμφωνα με το ΕΝ 1990 και δεν διαφέρουν ουσιωδώς από τους ελέγχους που αφορούν τις μόνιμες καταστάσεις σχεδιασμού, εκτός ενδεχομένως από τις τιμές των δράσεων λόγω περιόδου αναφοράς μικρότερης των 50 ετών.

Οι συνδυασμοί των δράσεων πρέπει να προκύπτουν σύμφωνα με το ΕΝ 1990 *[6.5.3(2)]*.Γενικά οι καθοριστικοί συνδυασμοί δράσεων για παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού κατά τη φάση κατασκευής είναι *[3.3(5)]* :

– ο χαρακτηριστικός συνδυασμός

– ο οιονεί-μόνιμος συνδυασμός

<u>ΣΗΜΕΙΩΣΗ :</u> *Οπου χρειάζεται να εξεταστούν συχνές τιμές ιδιαίτερων δράσεων, αυτές μπορεί να καθορίζονται για το συγκεκριμένο έργο.*

Εξάλλου, σύμφωνα με το ΕΠ ο γενικός κανόνας για τα κριτήρια λειτουργικότητας είναι αυτά να ταυτίζονται με του αποπερατωμένου φορέα, εκτός αν ορίζεται διαφορετικά για το συγκεκριμένο έργο ή από κάποια διάταξη άλλου Ευρωκώδικα *[3.3(2)]*. Ανάλογη πρόβλεψη ισχύει για τις βοηθητικές κατασκευές *[3.3(6)]*.

ΕΝ1991-1-6: Κεφάλαιο 5°: Απεικόνιση των δράσεων

Χαρακτηριστικές και άλλες αντιπροσωπευτικές τιμές των δράσεων θα καθορίζονται σύμφωνα με τα ΕΝ 1990, ΕΝ 1991, ΕΝ 1997 και ΕΝ 1998 *[4.1(1)P]*.

<u>ΣΗΜΕΙΩΣΗ :</u> *Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των δράσεων κατά τη διάρκεια της κατασκευής μπορεί να είναι διαφορετικές από αυτές που χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό του ολοκληρωμένου φορέα. Συνήθεις δράσεις κατά την κατασκευή, ειδικά κατασκευαστικά φορτία και μέθοδοι για τον προσδιορισμό των τιμών τους δίδονται στο παρόν Μέρος. Τα αποτελέσματα των δράσεων μπορούν*

να ελαχιστοποιηθούν ή εξαλειφθούν μέσω κατάλληλων κατασκευαστικών διαμορφώσεων, πρόβλεψης βοηθητικών κατασκευών ή προστατευτικών διατάξεων/διατάξεων ασφαλείας.

Οι αντιπροσωπευτικές τιμές των **κατασκευαστικών φορτίων** (***Q_c***) πρέπει να καθορίζονται λαμβάνοντας υπόψη τη χρονική διακύμανσή τους *[4.1(2)]*.

Η επιρροή της αλληλεπίδρασης μεταξύ φορέων και τμημάτων φορέων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Σε τέτοιους φορείς πρέπει να συμπεριλαμβάνονται φορείς που αποτελούν τμήμα των βοηθητικών κατασκευών *[4.1(3)]*.

Όταν τμήματα φορέων συνδέονται με συνδέσμους δυσκαμψίας ή υποστηρίζονται από άλλα τμήματα φορέων (λ.χ. στήριξη των δοκών του πατώματος κατά τη σκυροδέτηση), πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι δράσεις σ' αυτά τα τμήματα που προέρχονται από την παγίωση ή την υποστήριξη *[4.1(4)P]*..

Επίσης χρειάζεται **προσοχή** γιατί είναι ενδεχόμενο, ανάλογα με την κατασκευαστική διαδικασία, οι στηρίξεις του φορέα να υπόκεινται σε φορτία μεγαλύτερα από τα επιβαλλόμενα φορτία για τα οποία έχουν μελετηθεί για τις καταστάσεις σχεδιασμού με διάρκεια. Επιπλέον οι πλάκες επί των οποίων εδράζονται μπορεί να μην έχουν αναπτύξει πλήρως την αντοχή τους.

Σ' ότι αφορά το **ίδιο βάρος** των δομικών και μη-δομικών μελών κατά τη διάρκεια των χειρισμών *[4.2]*, αυτό θα καθορίζεται σύμφωνα με το EN 1991-1-1, **συνυπολογίζοντας τυχόν δυναμικές ή αδρανειακές επιδράσεις**. Οι δράσεις σε συνδέσεις μηχανισμών ανύψωσης δομικών στοιχείων και υλικών θα καθορίζονται σύμφωνα με το EN

Οι **γεωτεχνικές δράσεις** με βάση χαρακτηριστικές τιμές των γεωτεχνικών παραμέτρων, των τάσεων του εδάφους και των ωθήσεων γαιών, καθώς και οι οριακές τιμές για τις μετακινήσεις των θεμελίων θα καθορίζονται σύμφωνα με το EN 1997 *[4.3]*.

Οι χαρακτηριστικές τιμές των μετακινήσεων του εδάφους, οι οποίες εκτιμώνται με βάση γεωτεχνικές έρευνες που χρησιμοποιούν στατιστικές μεθόδους, πρέπει να χρησιμοποιούνται ως ονομαστικές τιμές για τις επιβαλλόμενες στο φορέα παραμορφώσεις.

Δράσεις οφειλόμενες στην **προένταση** πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όπου απαιτείται, συμπεριλαμβανομένων των επιρροών της αλληλεπίδρασης μεταξύ του φορέα και των βοηθητικών κατασκευών (λ.χ. ξυλότυποι). Οι δυνάμεις προέντασης κατά τη φάση εκτέλεσης θα λαμβάνονται υπόψη ως μόνιμες δράσεις *[4.4]*.

Φορτία επί του φορέα από τους γρύλλους κατά τη διαδικασία προέντασης θα κατατάσσονται για το σχεδιασμό των ζωνών αγκύρωσης ως μεταβλητές δράσεις.

Θα λαμβάνονται επίσης κατάλληλα υπόψη, εφόσον απαιτείται, οι **προ-παραμορφώσεις**, οι οποίες μπορούν να προκύψουν από, λ.χ., μετακινήσεις των στηρίξεων (όπως χαλάρωση των συρματόσχοινων ή των καλωδίων, συμπεριλαμβανομένων των αναρτήρων και μετακινήσεις εφεδράνων) *[4.5]*.

Αν και κατά κανόνα δεν είναι σημαντικές στα κτήρια (σημαντικές αν έχουν γίνει κατασκευαστικές διαμορφώσεις για τη μόνιμη κατάσταση σχεδιασμού **οι επιρροές της θερμοκρασίας, της συστολής ξήρανσης και της ενυδάτωσης** θα λαμβάνονται κατάλληλα υπόψη σε κάθε φάση κατασκευής, εφόσον απαιτείται *[4.6]*. Οι κλιματικές θερμικές δράσεις πρέπει να καθορίζονται σύμφωνα με το EN 1991-1-5.

Οπου χρειάζεται, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα φαινόμενα 2ης τάξης και η επιρροή των παραμορφώσεων λόγω θερμοκρασίας και συστολής ξήρανσης πρέπει να συνδυάζεται με τις αρχικές ατέλειες.

Η τυχόν ανάγκη για διαδικασία σχεδιασμού σε δυναμική απόκριση στις **δράσεις ανέμου**, πρέπει να καθορίζεται για τις φάσεις κατασκευής λαμβάνοντας υπόψη τον βαθμό ολοκλήρωσης και την ευστάθεια του φορέα και των διαφόρων στοιχείων του. Οπου αυτή χρειάζεται να ληφθεί υπόψη, οι χαρακτηριστικές τιμές των στατικών δυνάμεων ανέμου Q_W πρέπει να καθορίζονται σύμφωνα με το ΕΝ 1991-1-4 για την κατάλληλη περίοδο επαναφοράς *[4.7]*.

Η επιρροή του ανέμου θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται κατάλληλα υπόψη, εφόσον απαιτείται, όπως λ.χ. με το να καθορίζεται η μέγιστη αποδεκτή τιμή της ταχύτητας του ανέμου για χειρισμούς ανύψωσης και μετακίνησης ή για άλλες βραχείες φάσεις κατασκευής.

Τα φορτία χιονιού θα λαμβάνονται υπόψη σύμφωνα με το ΕΝ 1991-1-3. *[4.8]*

Γενικά οι δράσεις που οφείλονται στο **νερό**, συμπεριλαμβανομένου του υπόγειου νερού (Q_{wa}), πρέπει να απεικονίζονται ως στατικές πιέσεις ή/και υδροδυναμικές επιδράσεις, όποιο από τα δύο δίδει το δυσμενέστερο αποτέλεσμα *[4.9]*. Αυτές μπορεί να λαμβάνονται υπόψη στους συνδυασμούς ως μόνιμες ή μεταβλητές δράσεις.

Γενικά, τα φαινόμενα που καλύπτονται από υδροδυναμικές επιδράσεις είναι η λόγω ρευμάτων υδροδυναμική δύναμη επί βυθισμένων εμποδίων (λ.. βάθρων γεφυρών), καθώς επίσης και σε δυνάμεις οφειλόμενες σε δράσεις κυμάτων, καθώς και σε επιδράσεις του νερού προκαλούμενες από σεισμό (τσουνάμι). Υπό την έννοια αυτή πρακτικά δεν αφορούν τα κτήρια. Επίσης γενικά δεν αφορούν τα κτήρια δράσεις δράσεις οφειλόμενες στον παγετό *[4.10]*.

Κατασκευαστικά φορτία

Τα κατασκευαστικά φορτία (Q_c) μπορεί να απεικονίζονται στις κατάλληλες καταστάσεις σχεδιασμού (βλ. ΕΝ 1990), ως μια και μοναδική μεταβλητή δράση ή, όπου απαιτείται, διαφορετικά είδη κατασκευαστικών φορτίων μπορούν να ομαδοποιούνται και να εφαρμόζονται ως μια και μοναδική μεταβλητή δράση. Το μεμονωμένο φορτίο ή/και η ομάδα των κατασκευαστικών φορτίων πρέπει κατάλληλα να θεωρούνται ότι δρουν ταυτόχρονα με τα μη-κατασκευαστικά φορτία. Τα κατασκευαστικά φορτία που πρέπει να συνεξετάζονται δίδονται στον πίνακα της επόμενης σελίδας ***[Πίν. 4.1]***. Στον πίνακα αυτό δίδονται και οι υιοθετούμενες από το ΕΠ χαρακτηριστικές τιμές των φορτίων, οι οποίες δε διαφέρουν από τις συνιστώμενες στο ΕΝ 1991-1-6 τιμές.

Συνιστώμενες τιμές για τους συντελεστές ψ για κατασκευαστικά φορτία δίδονται για κτήρια στο Παράρτημα Α1 του ΕΝ 1991-1-6 και για γέφυρες στο Παράρτημα Α2 του ΕΝ 1990.

Εφόσον χρειάζεται, θα λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό του φορέα μερικώς ολοκληρωμένου, όπως επίσης και πλήρως ολοκληρωμένου, τυχόν οριζόντιες δράσεις που προκύπτουν από την επίδραση των κατασκευαστικών φορτίων. Θα λαμβάνονται επίσης κατάλληλα υπόψη και οι τυχόν δυναμικές επιδράσεις.

Ειδικά **κατά τη σκυροδέτηση**, οι δράσεις που θα λαμβάνονται ταυτόχρονα υπόψη με κατάλληλο τρόπο μπορεί να συμπεριλαμβάνουν το εργατοτεχνικό προσωπικό με μικρό επί τόπου εξοπλισμό (Q_{ca}), ξυλότυπους και φέροντα στοιχεία (Q_{cc}) και το βάρος του νωπού σκυροδέματος (που είναι μια από τις περιπτώσεις του Q_{cf}) *[4.11.2]*.

Σ' ότι αφορά την πυκνότητα του νωπού σκυροδέματος, αυτή θα λαμβάνεται γενικά από το ΕΝ 1991-1-1 *[Πίν. Α.1]*. Το ΕΠ επιτρέπει πάντως σε ειδικές περιπτώσεις (λ.χ. χρήση

αυτοεπιπεδούμενου σκυροδέματος ή προκατασκευα-σμένων προϊόντων) να ορίζονται άλλες τιμές που θα βασίζονται σε πληροφορίες του προμηθευτή, αλλά θα υπόκεινται στην έγκριση της Υπηρεσίας.

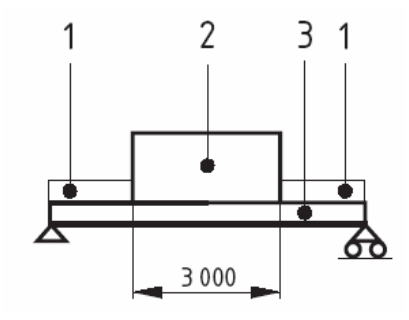
Στον πίνακα που παρατίθεται στη μεθεπόμενη σελίδα ***[Πίν. 4.2]*** εμπεριέχονται συνιστώμενες τιμές και διατάξεις φορτίων σκυροδέτησης για τον προσδιορισμό των αντίστοιχων δράσεων.

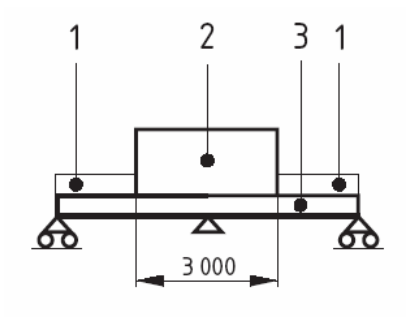
Πάντως και στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα υπόψη οι αναπτυσσόμενες οριζόντιες δράσεις του νωπού σκυροδέματος.

Κατασκευαστικά Φορτία (Q_c)				
Δράσεις			**Απεικόνιση**	**Σημειώσεις και Παρατηρήσεις**
Είδος	**Σύμβολο**	**Περιγραφή**		
Προσωπικό και ατομικά εργαλεία	Q_{ca}	Εργαζόμενο προσωπικό, μηχανικοί και επισκέπτες, ενδεχομένως με ατομικά εργαλεία ή άλλο μικρό επί τόπου εξοπλισμό	Προσομοιούμενο ως ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο q_{ca} και εφαρμοζόμενο ώστε να προκύψουν τα δυσμενέστερα αποτελέσματα.	ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1: Η χαρακτηριστική τιμή $q_{ca,k}$ του ομοιόμορφα κατανεμημένου φορτίου μπορεί να καθορίζεται στο Εθνικό Προσάρτημα ή για το συγκεκριμένο έργο. ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2: Η συνιστώμενη τιμή είναι 1,0 kN/m^2. Βλ. επίσης παρ. 4.11.2.
Αποθήκευση κινητών αντικειμένων	Q_{cb}	Αποθήκευση κινητών αντικειμένων, λ.χ.: – οικοδομικά υλικά και υλικά για την κατασκευή, προκατασκευασμένα στοιχεία, και – εξοπλισμός	Προσομοιούμενο ως ελεύθερες δράσεις και πρέπει να απεικονίζεται κατάλληλα από : – ένα ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο q_{cb} – ένα συγκεντρωμένο φορτίο F_{cb}.	ΣΗΜΕΙΩΣΗ 3: Οι χαρακτηριστικές τιμές του ομοιόμορφα κατανεμημένου και του συγκεντρωμένου φορτίου μπορεί να καθορίζονται στο Εθνικό Προσάρτημα ή για το συγκεκριμένο έργο. Για γέφυρες οι ελάχιστες συνιστώμενες τιμές είναι ακόλουθες: – $q_{cb,k}$ = 0,2 kN/m^2; – $F_{cb,k}$ = 100 kN όπου το $F_{cb,k}$ για την μελέτη εφαρμογής μπορεί να εφαρμόζεται σε μια ονομαστική επιφάνεια. Για τις πυκνότητες των υλικών κατασκευής βλ. το EN1991-1-1.
Μη-μόνιμος εξοπλισμός	Q_{cc}	Μη-μόνιμος εξοπλισμός τοποθετημένος προς χρήση κατά τη διάρκεια της κατασκευής είτε : -στατικά (λ.χ. πετάσματα ξυλοτύπων, σκαλωσιές, ικριώματα, μηχανήματα, εμπορευματοκιβώτια) ή - σε κίνηση (λ.χ. μετακινούμενοι τύποι, φορεία και ρύγχος προώθησης, αντίβαρα)	Προσομοιούμενο ως ελεύθερες δράσεις και πρέπει να απεικονίζεται κατάλληλα από : – ένα ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο q_{cc}	ΣΗΜΕΙΩΣΗ 4: Αυτά τα φορτία μπορούν να καθορίζονται για το συγκεκριμένο έργο χρησιμοποιώντας πληροφορίες από τον προμηθευτή. Αν δεν διατίθεται ακριβέστερη πληροφόρηση, μπορούν να προσομοιώνονται με ένα ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο με συνιστώμενη ελάχιστη χαρακτηριστική τιμή $q_{cc,k}$ = 0,5 kN/m^2. Διατίθεται ένα φάσμα κανονισμών σχεδιασμού της CEN, για παράδειγμα βλ. το EN 12811 και για το σχεδιασμό των τύπων και των ικριωμάτων βλ. το EN 12812.
Κινητά βαρέα μηχανήματα και εξοπλισμός	Q_{cd}	Κινούμενα βαρέα μηχανήματα και βαρύς εξοπλισμός, συνήθως κυλιόμενο επί ελαστικών ή συρόμενος (λ.χ. γερανοί, ανελκυστήρες, οχήματα, ανατρεπόμενα φορτηγά, εγκαταστάσεις ηλεκτροπαραγωγής, γρύλλοι, ανυψωτικές διατάξεις βαρέως τύπου)	Εκτιμάται και πρέπει να προσομοιώνεται με βάση πληροφόρηση που δίδεται στα σχετικά μέρη του EN 1991, εκτός αν καθορίζεται συγκεκριμένα.	Πληροφόρηση για τον καθορισμό των δράσεων που οφείλονται σε οχήματα, εάν δεν ορίζεται στις προδιαγραφές του έργου, μπορεί να βρεθεί στο EN 1991-2. Πληροφόρηση για τον καθορισμό των δράσεων που οφείλονται στους γερανούς δίδεται στο EN 1991-3.
Συσσώρευση υλικών προς απόρριψη	Q_{ce}	Συσσώρευση υλικών προς απόρριψη (λ.χ. περισσευούμενα υλικά κατασκευής, προϊόντα εκσκαφής ή καθαίρεσης)	Λαμβάνεται υπόψη θεωρώντας δυνατές επιδράσεις συσσωρευ-όμενης μάζας του υλικού σε οριζόντια, κεκλιμένα και κατακόρυφα στοιχεία (όπως οι τοίχοι)	ΣΗΜΕΙΩΣΗ 5: Αυτά τα φορτία μπορεί να παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση και για βραχείες χρονικές διάρκειες, λ.χ. ανάλογα με τον τύπο του υλικού, τις κλιματολογικές συνθήκες, τους ρυθμούς συσσώρευσης και αποκομιδής
Φορτία από μέρη του φορέα σε προσωρινές καταστάσεις	Q_{cf}	Φορτία από μέρη του φορέα σε προσωρινές καταστάσεις (υπό ανέγερση) πριν να επενεργήσουν οι τελικές δράσεις σχεδιασμού (λ.χ. φορτία από χειρισμούς ανύψωσης)	Λαμβάνεται υπόψη και προσομοιώνεται σύμφωνα με την προγραμματισμένη ακολουθία ανέγερσης, συμπεριλαμβανομένων των επιπτώσεων αυτής της ακολουθίας (λ.χ. φορτία και αντίθετες επιδράσεις φορτίων, οφειλόμενα σε ιδιαίτερες διαδικασίες κατασκευής, όπως η συναρμολόγηση)	Βλ. επίσης παρ. 4.11.2 για πρόσθετα φορτία οφειλόμενα στο νωπό σκυρόδεμα.

Πίνακας 4.2 : Συνιστώμενες χαρακτηριστικές τιμές δράσεων λόγω κατασκευαστικών φορτίων κατά τη σκυροδέτηση

Δράση	Φορτιζόμενη επιφάνεια	Φορτίο σε kN/m^2
(α)	Μέσα στην επιφάνεια εργασίας 3 m x 3 m (ή το μήκος του ανοίγματος, αν είναι μικρότερο)	10 % του ιδίου βάρους του σκυροδέματος, αλλ' όχι μικρότερο από 0,75 και όχι μεγαλύτερο από 1,5 Συμπεριλαμβάνει τα Q_{ca} και Q_{cf}
(β)	Εξω από την επιφάνεια εργασίας	0,75 με κάλυψη του Q_{ca}
(γ)	Πραγματική επιφάνεια	Το ίδιο βάρος των ξυλοτύπων και φερόντων στοιχείων (Q_{cc}) και το βάρος του νωπού σκυροδέματος για το πάχος σχεδιασμού (Q_{cf})





Τυχηματικές δράσεις

Οπου χρειάζεται, θα λαμβάνονται υπόψη τυχηματικές δράσεις που μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα κατάρρευση των φερόντων δομικών στοιχείων, όπως είναι η **πρόσκρουση** από εργοταξιακά οχήματα, γερανούς, δομικό εξοπλισμό ή υλικά σε διέλευση (λ.χ. πτώση/ανατροπή κατά την έγχυση νωπού σκυροδέματος) ή/και η **τοπική αστοχία** των προσωρινών ή τελικών **στηρίξεων**, συμπεριλαμβα-νομένων των δυναμικών επιδράσεων.

Σημειωτέον ότι μη-κανονικές συγκεντρώσεις δομικού εξοπλισμού ή/και δομικών υλικών σε φέροντα δομικά στοιχεία **δεν** θεωρούνται τυχηματικές δράσεις.

Σύμφωνα και με το ΕΠ, προκειμένου να ληφθούν κατάλληλα υπόψη δυναμικές επιδράσεις, εφόσον απαιτείται, θα γίνεται ιδιαίτερη δυναμική ανάλυση ή θα ορίζεται ο συντελεστής δυναμικής επαύξησης, για τον οποίο συντηρητικά συνιστάται η τιμή 2.

Οπου χρειάζεται, θα λαμβάνεται υπόψη ως τυχηματική δράση ένα φορτίο από ανθρώπινη πρόσκρουση που θα απεικονίζεται ως μια οιονεί-στατική κατακόρυφη δύναμη. Η αντίστοιχη τιμή σχεδιασμού καθορίζεται στο Εθνικό Προσάρτημα σύμφωνα με τις συνιστώμενες τιμές, ήτοι :

- 2,5 kN εφαρμοζόμενα σε μια επιφάνεια 200 mm x 200 mm, για να ληφθούν υπόψη οι επιδράσεις της απλής πρόσπτωσης (λόγω παραπατήματος)
- 6,0 kN εφαρμοζόμενα σε μια επιφάνεια 300 mm x 300 mm, για να ληφθούν υπόψη οι επιδράσεις της πτώσης από ύψος.

Εξάλλου, εφόσον χρειάζεται, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι δράσεις της πυρκαγιάς.

Σεισμικές δράσεις

Οι σεισμικές δράσεις θα καθορίζονται σύμφωνα με το ΕΝ 1998, κατάλληλα αναγόμενες στην περίοδο επαναφοράς που αντιστοιχεί στη χρονική διάρκεια της εξεταζόμενης φάσης κατασκευής (παροδικής κατάστασης), λαμβάνοντας επαρκή περιθώρια έναντι πιθανής παράτασής της λόγω τυχόν καθυστερήσεων κ.ά.