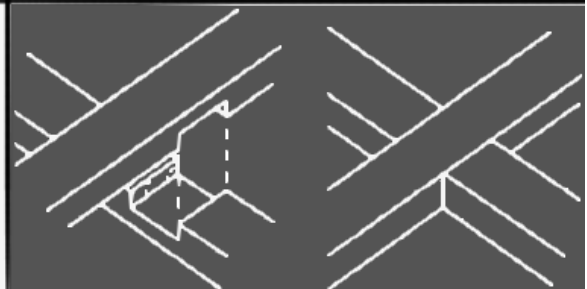


ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:ΚΟΤΣΙΦΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΜ.33183  
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:ΚΩΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΡΕΠΑΠΗΣ

## ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΛΕΓΧΩΝ ΜΕΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟΝ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 5.

ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΣΤΕΦ  
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ Β

ΑΘΗΝΑ 11/2011





## Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.1.ΓΕΝΙΚΑ.....	5
1.1.1.ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΝΤΡΩΝ.....	6
1.1.2.Η ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ.....	6
1.1.3.ΕΡΠΥΣΜΟΣ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ.....	8
1.1.4.ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ.....	9
1.1.5.ΤΑ ΕΛΑΤΤΩΜΑΤΑ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ.....	9
1.1.6.Η ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΞΥΛΟΥ ΣΤΟΝ EC.....	11
1.2.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	12
2.ΞΥΛΙΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ.....	13
2.1.ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟΝ EC0.....	13
2.1.1. ΜΕΙΩΤΙΚΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ $\psi_i$ .....	13
2.1.2. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	13
2.1.3. ΚΛΑΣΕΙΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΦΟΡΤΙΩΝ.....	15
2.1.4.ΚΛΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	15
2.1.5. ΜΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ( $\gamma_M$ ).....	16
2.1.6. ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ.....	17
2.1.7. ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ EC0.....	19
2.2.ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟΝ EC5.....	20
2.2.1ΓΕΝΙΚΑ.....	20
2.2.2 ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	20
2.2.3 ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΤΟΧΗ.....	22
2.2.4 ΕΠΙΡΡΟΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΙΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ.....	23
2.2.5 ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ( $k_h$ ).....	25
2.2.6 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ( $k_{sys}$ ).....	25
3. ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΩΝ ΜΕ EC5.....	27
3.1 ΜΗΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....	27
3.2 ΚΑΜΨΗ.....	27
3.2.1 ΚΑΜΨΗ ΔΙΑΞΟΝΙΚΗ (όπου ο σχετικός λόγος λεπτότητας σε σχέση με τον κύριο άξονα γ-γ είναι $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$ ).....	28
3.2.2 ΚΑΜΨΗ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗ.....	28
3.3 ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΙΑ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΣΤΙΣ ΙΝΕΣ.....	29
3.4 ΘΛΙΨΗ ΚΑΘΕΤΑ ΣΤΙΣ ΙΝΕΣ (ΣΤΑ ΕΔΡΑΝΑ-ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ).....	30

3.5 ΣΤΡΕΨΗ.....	31
3.6 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΣΤΡΕΨΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ.....	32
3.7 ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	32
3.7.1 ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΛΟΓΩ ΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ.....	32
3.7.2 ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΤΙΣ ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ ΛΟΓΩ ΘΛΙΨΗΣ.....	33
3.8 ΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ.....	34
3.9 ΑΞΟΝΙΚΟΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ.....	36
3.10 ΜΕΛΗ ΠΟΥ ΚΑΤΑΠΟΝΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΚΑΜΨΗ ΚΑΙ ΑΞΟΝΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ.....	37
3.10.1 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΔΙΑΞΟΝΙΚΗΣ Ή ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗΣ ΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗΣ ΓΙΑ $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$ (σε σχέση με το άξονα γ-γ, όπου η πλευρική στρεπτική αστάθεια λόγω κάμψης δεν συμβαίνει).....	37
3.10.2 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗΣ ΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗΣ ΓΙΑ ΛΟΓΟ ΛΕΠΤΟΤΗΤΑΣ $\lambda_{rel,m} > 0,75$ (σε σχέση με τον άξονα γ-γ).....	38
3.10.3 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΔΙΑΞΟΝΙΚΗΣ ΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΓΙΑ $\lambda_{rel,m} < 0,75$ (σε σχέση με τον άξονα γ-γ).....	39
3.11 ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΙΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ. (Απόκλιση έξω από το επίπεδο). ....	40
4. ΈΛΕΓΧΟΙ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟΝ EC5.....	42
4.1 ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΒΙΔΑΣ.....	43
4.2 $F_{v,Rk}$ (χαρακτηριστική ικανότητα μεταφοράς φορτίου ανά επίπεδο τμήσης ανά συνδετήρα)..	43
4.3 $M_{v,Rk}$ (χαρακτηριστική ροπή διαρροής).....	44
4.4 $f_{h,k}$ (χαρακτηριστική αντοχή προσχωσης).....	44
4.5 ΠΑΧΟΣ ΜΕΛΟΥΣ ( $t_1$ και $t_{steel}$ ) ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΒΙΔΑΣ.....	45
4.6 ΨΑΘΥΡΗ ΑΣΤΟΧΙΑ.....	45
4.7 ΨΑΘΥΡΗ ΑΣΤΟΧΙΑ ΛΟΓΩ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΥΠΟ ΓΩΝΙΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΙΝΕΣ.....	49
4.8 ΠΟΛΛΑΠΛΟΙ ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ ΦΟΡΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΠΛΕΥΡΙΚΑ.....	50
4.8.1 ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΠΛΕΥΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΖΟΜΕΝΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ.....	52
4.9 ΑΞΟΝΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ( $F_{ax,Rk}$ ).....	53
4.10 ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΑΚΑΜΨΙΑ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	55
5. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΞΥΛΙΝΩΝ ΜΕΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟΝ EC5.....	58
5.1 ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΦΥΛΛΟΥ ΕΛΕΓΧΩΝ ΜΕΛΩΝ.....	58
5.2 ΕΙΚΟΝΕΣ ΦΥΛΛΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΛΩΝ.....	60
5.3 ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΦΥΛΛΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ.....	61
5.4 ΕΙΚΟΝΕΣ ΦΥΛΛΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ.....	63
6. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ.....	66

6.1. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΤΟΧΗΣ ΜΕΛΩΝ ΜΕ ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (WOOD EXPRESS). .....	66
6.2. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΜΕ ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (WOOD EXPRESS). .....	68
6.3.ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΤΟΧΗΣ ΜΕΛΩΝ ΜΕ ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (SCIA ENGINEER). .....	70
7.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	72
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	73
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	74
ΕΓΓΡΑΦΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ. ....	74

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

---

Το ξύλο είναι ένα πανάρχαιο δομικό υλικό και μάλιστα το πιο δουλεμένο δομικό υλικό, τόσο όσον αφορά την απόκτηση και την κατεργασία της πρώτης ύλης, όσο και τη μελέτη και κατασκευή εξαιρετικά λειτουργικών φορέων, απλών ή περίτεχνων ως την τελευταία λεπτομέρειά τους.

Για πολλούς αιώνες και σε πολλές περιοχές το ξύλο υπήρξε το πιο διαδεδομένο οικοδομικό υλικό. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά που του έδωσαν αυτή τη θέση το κρατούν ως σήμερα ανταγωνιστικό προς τα άλλα δομικά υλικά. Η πρόοδος της τεχνολογίας δημιουργεί νέες και αξιόπιστες μορφές, βιομηχανικού πια ξύλου, και το βοηθά να αντιμετωπίσει προκλήσεις, όπως η εφαρμογή σε κατασκευές αυξημένων απαιτήσεων, και να καλύψει προβλήματα, όπως η διασπορά στην ποιότητα του φυσικού ξύλου και η γενικότερη άνοδος των τιμών της ξυλείας, η οποία καθιστά επιτακτική την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων του υλικού.

Μία συνοπτικότερη καταγραφή των ιδιοτήτων του ξύλου φωτίζει άμεσα τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής του στην κατασκευή:

- Μικρό ειδικό βάρος, άρα μικρά νεκρά φορτία.
- Μεγάλες αντοχές, ικανοποιητικό μέτρο ελαστικότητας.
- Υλικό εύκολο στην κατεργασία, ακόμη και με εργαλεία χεριού.
- Αυξημένες δυνατότητες μερική ή και ολικής προκατασκευής.
- Ευκολία στη διαμόρφωση σύνθετων μορφών και «ευφυών» στατικά φορέων.
- Ευνοϊκή συμπεριφορά έναντι σεισμικών δράσεων.
- Εύκολη αποκατάσταση βλαβών από σεισμό ή πυρκαγιά.
- Υλικό φιλικό και ζεστό.

Βεβαίως αυτά τα χαρακτηριστικά, όπως τα αντίστοιχα κάθε άλλου οικοδομικού υλικού, δεν αναδεικνύουν το «τέλειο» υλικό, απλώς τροφοδοτούν τα κριτήρια επιλογών της συγκεκριμένης εφαρμογής, ώστε να προκύψει η βέλτιστη, κάθε φορά εκλογή.

Στα μειονεκτήματα του ξύλου καταγράφονται, οι ευαισθησία του στις συνθήκες του περιβάλλοντος και η τρωτότητα του έναντι πυρκαγιάς, μειονεκτήματα που κάνουν το ξύλο ακατάλληλο για ορισμένες εφαρμογές. Έτσι δεν κατασκευάστηκαν ξύλινες πυραμίδες ή ξύλινοι καθεδρικοί. Ας μη λησμονούμε όμως ότι η διάρκεια ζωής μιας κατασκευής (η πραγματική και η υπολογιστική) είναι γύρω στα 50 χρόνια και σε αυτή τη διάρκεια, με μια σωστή σχεδίαση, κατασκευή και συντήρηση, το ξύλο αντέχει και αναδεικνύει όλα τα πλεονεκτήματά του.

## 1.1.ΓΕΝΙΚΑ.

*(Ελισαίος Κατσαραγάκης 2000)*

Το ξύλο είναι ένα ελαφρό υλικό με σημαντική αντοχή. Το φαινόμενο βάρος του ξύλου κυμαίνεται από  $1\text{kN/m}^3$  (μπάλσα) μέχρι  $13\text{kN/m}^3$  (σιδερόξυλο). Η τάξη μεγέθους της αντοχής σε θλίψη της συνήθους δομικής ξυλείας είναι 40-60 Mpa και περίπου τόση είναι και η αντοχή της σε εφελκυσμό, για φόρτιση κατά την διεύθυνση των ινών. Η τελευταία διάκριση για την διεύθυνση φορτίσεως υπενθυμίζει ότι το ξύλο είναι ένα ανισότροπο υλικό, γεγονός που πρέπει να λαμβάνεται υπ όψη σε της της φάσεις της κατεργασίας και της χρήσης του, από την κοπή και την αποθήκευση ως τον σχεδιασμό και την κατασκευή.

Φυσικά, για την τελική επιλογή του υλικού πρέπει να ληφθούν υπόψη οι οικονομικοί όροι και, ακόμη, παράγοντες της η διαθέσιμη τεχνική εμπειρία, η ευαισθησία της επιρροές του συγκεκριμένου περιβάλλοντος, η συντήρηση, η εμφάνιση, οι προτιμήσεις του κυρίου (ή της κυρίας) του έργου κ.τ.λ.

### *1.1.1.ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΝΤΡΩΝ*

Τα δέντρα από τα οποία παράγεται η δομική ξυλεία διαιρούνται σε δύο μεγάλες ομάδες, τα κωνοφόρα και τα πλατύφυλλα. Συχνά στην πράξη η ξυλεία των κωνοφόρων χαρακτηρίζεται σαν «μαλακό ξύλο» (softwood) και η ξυλεία των πλατύφυλλων σαν «σκληρό ξύλο» (hardwood), χωρίς οι ονομασίες αυτές να συνεπάγονται πραγματική αντιστοιχία σκληρότητας π.χ. η μπάλα ένα από τα μαλακότερα ξύλα, ανήκει στα σκληρά ξύλα.

Κάθε είδος ξύλου έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά μηχανικής αντοχής, αντιστάσεως της περιβαλλοντικές επιρροές και εμφανίσεως, με βάση τα οποία γίνεται και η επιλογή για την συγκεκριμένη εφαρμογή.

Τα κυριότερα είδη δέντρων παραγωγής Ελληνικής δομικής ξυλείας είναι η μαύρη Πεύκη, η ελάτη, η οξιά, η δρυς, το κυπαρίσσι, η καστανιά, ο πλάτανος, η καρυδιά και η λεύκη.

Εκτός από τα παραπάνω, εισάγεται ξυλεία διαφόρων τροπικών δέντρων, με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αντοχών, ανθεκτικότητας και εμφανίσεως.

### *1.1.2.Η ΥΓΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ*

Το ξύλο είναι ένα υγροσκοπικό υλικό που ανταλλάσει νερό με το περιβάλλον, ώσπου να φτάσει σε μία στάθμη ισορροπίας. Απορροφά, όταν έρχεται σε επαφή με νερό, καθώς και υδρατμούς από την ατμόσφαιρα. Όσο το περιβάλλον είναι ξηρότερο και θερμότερο τόσο περισσότερο νερό αποβάλλει. Το περιεχόμενο νερό, εκτός από της ογκομετρικές μεταβολές και της μεταβολές του βάρους, επηρεάζει σημαντικά της της φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του ξύλου.

Πιο κάτω με τον όρο «ποσοστό υγρασίας» (Π.Υ.) θα εννοείται το κατά βάρος ποσοστό υγρασίας που περιέχεται σε ένα ξύλο.

Το Π.Υ. του ξύλου στο δέντρο κυμαίνεται από 30% μέχρι 300%, ενώ της τοποθετημένη δομικής ξυλείας κυμαίνεται από 8% μέχρι 30%, ανάλογα με της συνθήκες σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας του περιβάλλοντος.

Στα πρώτα στάδια της ξηράνσεως, πρώτα φεύγει το νερό των πόρων προκαλώντας μείωση του βάρους, και μείωση του όγκου παρατηρείται όταν το νερό αρχίζει να απομακρύνεται από τα τοιχώματα των κυττάρων.

Το φαινόμενο της είναι αντιστρεπτό κατά την απορρόφηση υγρασίας. Πρώτα μαζεύεται νερό στα τοιχώματα των κυττάρων, ώσπου να φτάσει ένα μέγιστο, πέρα από το οποίο αρχίζει η συγκέντρωση της πόρους. Το όριο αυτό, εκφραζόμενο ως ποσοστό υγρασίας του ξύλου ονομάζεται «σημείο κορεσμού» (Σ.Κ.) των κυττάρων ή «σημείο ινοκόρου». Επειδή είναι δύσκολο να προσδιοριστεί με ακρίβεια πειραματικά. Από τον ορισμό αυτό προκύπτει ότι στο Σ.Κ. το περιεχόμενο στο ξύλο νερό αποτελείται αποκλειστικώς από δεσμευμένο νερό, είναι δε το μέγιστο Π.Υ. που μπορεί να φτάσει το ξύλο προσλαμβάνοντας ελεύθερα υγρασία από την ατμόσφαιρα. Για τη συνήθη δομική ξυλεία του εμπορίου, το Σ.Κ. είναι της

τάξεως του 30%. Ως το Σ.Κ. ο όγκος του ξύλου μεγαλώνει, από εκεί και πάνω παραμένει σταθερός, δηλαδή παρατηρούμε ότι το Π.Υ. του ξύλου μπορεί να αυξάνεται χωρίς να μεταβάλλεται ο όγκος του.

Το ξύλο απορροφά ή αποδίδει νερό, ώσπου η υγρασία που θα περιέχει να βρίσκεται σε ισορροπία με την υγρασία του περιβάλλοντος. Το Π.Υ. για το οποίο επιτυγχάνεται ισορροπία, δηλαδή το Π.Υ. για το οποίο δεν ανταλλάσει υγρασία με το περιβάλλον, ονομάζεται «ποσοστό ισορροπίας» (Π.Ι.). Σημειώνεται ότι η ισορροπία αυτή δεν σημαίνει εξίσωση των ποσοστών υγρασίας στο ξύλο και το περιβάλλον. Το νερό αντιμετωπίζει δυσκολίες στην είσοδο και την έξοδο του της και από το ξύλο, έτσι το Π.Ι. είναι πολύ χαμηλότερο από τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος.

Η διαδικασία προσλήψεως νερού από το ξύλο είναι βραδεία όσον αφορά στην υγρασία καθεαυτή, με την έννοια ότι απαιτείται χρόνος περίπου 15 ημερών για να αποκτήσει ένα ξύλο το Π.Ι., είναι της ταχείας, όσον αφορά της επιπτώσεις της στην αντοχή, καθώς μετά από 24 ώρες σε κεκορεσμένο περιβάλλον, η δομική ξυλεία, με ένα συνηθισμένο Π.Υ. της τάξεως του 12%, θα έχει αποκτήσει Π.Υ. της τάξεως του 30%, αρκετό για να επιφέρει σημαντική μείωση των αντοχών του ξύλου.

Η δομική ξυλεία του εμπορίου έχει ξηρανθεί ώστε να έχει Π.Υ. της τάξεως του 12%. Η ξήρανση μπορεί να γίνει στην ύπαιθρο ή σε φούρνους.

Κατά την ξήρανση στο ύπαιθρο τα ξύλα στοιβάζονται προσεκτικά, με τρόπο που να επιτρέπει τον αερισμό της και να μη δημιουργεί καταπονήσεις, οι οποίες θα προκαλέσουν μόνιμες παραμορφώσεις. Η τοποθέτηση γίνεται σε υπόστεγα ή στοίβες οι οποίες καλύπτονται, ώστε τα ξύλα να προστατεύονται από της άμεσες περιβαλλοντικές επιδράσεις (ήλιος, βροχή, χιόνι). Η ξήρανση αργεί και το τελικό Π.Υ. είναι της τάξεως του 18-22%.

Για την ξήρανση σε φούρνο χρησιμοποιούνται αεριζόμενοι φούρνοι. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται ταχύτερη ξήρανση και χαμηλά τελικά Π.Υ. Η ξήρανση σε φούρνους πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και ελεγχόμενη ταχύτητα, ώστε να μην προκαλούνται σχισίματα στο ξύλο.

Ένα ξύλο το οποίο έχει ξηρανθεί ώστε να έχει ένα συγκεκριμένο ποσοστό υγρασίας, πρέπει να εξασφαλίζεται έναντι αυξήσεως της υγρασίας του κατά τη μεταφορά και την αποθήκευση. Βιομηχανοποιημένη ξυλεία ή έτοιμα δομικά υλικά, όταν αφήνουν τη γραμμή παραγωγής, έχουν ένα ποσοστό υγρασίας της τάξεως του 12%. Καθώς η πρόσληψη της υγρασίας από το ξύλο γίνεται βραδέως, κατά της επόμενες 24 ώρες δεν πρέπει να αναμένεται σημαντική αύξηση αυτού του ποσοστού, με τη λήψη στοιχειωδών, έστω, μέτρων προστασίας (πυκνή στοιβάση, απλή κάλυψη). Αν της η ξυλεία αυτή παραμένει στο εργοτάξιο, με υγρό καιρό, μετά από της ημέρες το ποσοστό υγρασίας της θα έχει ανέβει σημαντικά. Αν ακολούθως εφαρμοστεί έχοντας υψηλό ποσοστό υγρασίας, η ξήρανση που θα υποστεί κατά της θερμούς μήνες του χρόνου, θα οδηγήσει σε παραμορφώσεις ασύμβατες με της συνδέσμων, με αποτέλεσμα την εμφάνιση ρηγματώσεων, ιδίως της περιοχές των συνδέσεων. Τονίζεται έτσι η ανάγκη της ορθής οργανώσεως της εργασίας και των παραλαβών της ξυλείας. Στην αντίθετη περίπτωση πρέπει να εξασφαλίζεται η επιμελημένη αποθήκευση της ξυλείας στο εργοτάξιο, έργο επίπονο και δαπανηρό.



### 1.1.3.ΕΡΠΥΣΜΟΣ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ

Η δομή του ξύλου, η έντονη παρουσία του νερού μέσα στη μάζα του και η ανταλλαγή νερού με το περιβάλλον, προϋποθέτει για την έντονη εμφάνιση ερπυστικών φαινομένων. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον ερπυσμό του ξύλου είναι οι εξής:

- Το ποσοστό υγρασίας του ξύλου.
- Η διάρκεια φορτίσεως.
- Η στάθμη φορτίσεως.
- Η θερμοκρασία.

Από τους παραπάνω αλληλοεπηρεαζόμενους παράγοντες, σημαντικότεροι, για τις συνήθεις συνθήκες λειτουργίας και περιβάλλοντος των ξύλινων κατασκευών, είναι οι δύο πρώτοι, οι οποίοι και λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό.

Στο ξύλο, όπως και στο σκυρόδεμα, ο ερπυσμός προέρχεται από την απομάκρυνση του περιεχομένου νερού υπό την πίεση του επιβαλλόμενου φορτίου. Με τη μείωση της ποσότητας του νερού, το ποσοστό των τάσεων τις οποίες αναλαμβάνει το νερό μειώνεται, ενώ οι τάσεις που αναλαμβάνονται από τον στερεό ιστό μεγαλώνουν, με συνέπεια την αύξηση των παραμορφώσεων του ξύλου, υπό σταθερό φορτίο, στη διάρκεια του χρόνου. Όμως στο ξύλο το φαινόμενο είναι ακόμη πιο πολύπλοκο, καθώς οι αυξομειώσεις της ποσότητας του περιεχομένου νερού επηρεάζουν τις μηχανικές ιδιότητες του υλικού. Έτσι, στην περίπτωση κατά την οποία το ποσοστό υγρασίας του φορτιζόμενου ξύλου αυξάνεται λόγω των περιβαλλοντικών συνθηκών, παρατηρείται επιτάχυνση του ερπυσμού και αύξηση των τελικών ερπυστικών παραμορφώσεων.

Το ποσοστό υγρασίας του ξύλου των δομικών στοιχείων (αρχικό ποσοστό υγρασίας) τροποποιείται μετά την τοποθέτησή τους, ώστε να φθάσει στο ποσοστό ισορροπίας που αντιστοιχεί στη σχετική υγρασία και θερμοκρασία του περιβάλλοντος του δομήματος. Το ποσοστό υγρασίας της δομικής ξυλείας είναι της τάξεως του 12%, το οποίο είναι και το ποσοστό αναφοράς για τον ορισμό των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων του ξύλου στους κανονισμούς. Συνθήκες περιβάλλοντος οι οποίες οδηγούν σε μεγάλες μεταβολές αυτού του αρχικού ποσοστού υγρασίας, συνεπάγονται αντιστοίχως μεγάλες ερπυστικές παραμορφώσεις, γεγονός που λαμβάνεται υπ όψη στους κανονισμούς. Επίσης παρατηρούνται τα εξής:

- Για ποσοστό υγρασίας σταθερό στη διάρκεια της φορτίσεως, η διαφοροποίηση του ερπυσμού συναρτίζεται του ποσοστού υγρασίας είναι σχετικώς μικρή.
- Ο ερπυσμός μεγαλώνει όταν το ποσοστό υγρασίας μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της φορτίσεως.
- Ο ερπυσμός μεγαλώνει όταν το ποσοστό υγρασίας αυξάνεται και μεγαλώνει περισσότερο όταν το ποσοστό υγρασίας μειώνεται υπό φορτίο. Η αύξηση του ερπυσμού με τη μείωση του ποσοστού υγρασίας είναι εύλογη. Η αύξηση του ερπυσμού με την αύξηση του ποσοστού

υγρασίας πρέπει να αποδοθεί στη γενικότερη, σ αυτήν περίπτωση έκπτωση των μηχανικών ιδιοτήτων του ξύλου.

#### *1.1.4.ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΞΥΛΕΙΑΣ.*

Οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του ξύλου καθορίζονται τόσο από το είδος του δέντρου όσο και από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, στο ποίο αναπτύχθηκε το δέντρο. Έτσι π.χ. η πεύκη Σουηδίας, Ρουμανίας και Ελλάδας έχουν διαφορετικά μηχανικά χαρακτηριστικά, η καθεμία. Η μεγάλη ποικιλία ειδών δέντρων και συνθήκες αναπτύξεώς τους, οδηγεί σε μεγάλο εύρος διακυμάνσεως των ιδιοτήτων της παραγόμενης ξυλείας. Το ξύλο και τα προϊόντα ξύλου για να χρησιμοποιηθούν από τον μηχανικό ως αξιόπιστα δομικά υλικά, πρέπει να έχουν ταξινομηθεί σε συγκεκριμένες και σαφείς κατηγορίες αντοχών.

Κατά την παραγωγή της δομικής ξυλείας, τα ξύλα ταξινομούνται κατά είδος δέντρου, διαβαθμίζονται ανάλογα με την αντοχή τους, σύμφωνα με τα εφαρμοζόμενα πρότυπα, και κάθε κομμάτι ξύλου σφραγίζεται με κατάλληλη σήμανση. Η μορφή της σήμανσεως και οι πληροφορίες τις οποίες αυτή περιέχει διαφέρουν από χώρα σε χώρα, συνδεδεμένες με στοιχεία που καθορίζουν οι αντίστοιχοι εθνικοί κανονισμοί και προδιαγραφές. Προκύπτει έτσι το πρόβλημα της εντάξεως στο σύστημα διαβαθμίσεως της χώρας εφαρμογής, μιας ποσότητας ξυλείας, η οποία έχει χαρακτηριστεί σύμφωνα με το σύστημα διαβάθμισης της χώρας παραγωγής. Οι ελάχιστες πληροφορίες τις οποίες πρέπει να παρέχει η σήμανση της δομικής ξυλείας είναι :το είδος ή ο συνδυασμός ειδών, η ποιότητα κατηγορία αντοχής, ο παραγωγός και το πρότυπο σύμφωνα με το οποίο έγινε η διαβάθμιση.

Η διαβάθμιση της ξυλείας γίνεται είτε με οπτικά κριτήρια είτε βάση δοκιμών. Και στις δύο μεθόδους η διαβάθμιση βασίζεται στη συσχέτιση παραμέτρων, οπτικά εξεταζομένων στην πρώτη, μετρούμενων βάση δοκιμών στη δεύτερη. Στη μηχανητή διαβάθμιση, η μετρούμενη παράμετρος είναι το μέτρο ελαστικότητας, ενώ η οπτική βασίζεται κυρίως στην αξιολόγηση του πάχους των ετήσιων δακτυλίων και των ελαττωμάτων του ξύλου.

Η τελική επιλογή του ξύλου που θα χρησιμοποιηθεί σε ένα συγκεκριμένο έργο, θα καθοριστεί από τα χαρακτηριστικά της αντοχής του και συμπληρωματικά από μερικούς άλλους παράγοντες, όπως οι διατιθέμενες διαστάσεις, η εμφάνιση, η ανθεκτικότητα σε διάρκεια, η κατεργασιμότητα, η ευκολία δημιουργίας συνδέσεων, ο βαθμός υποδοχής προστατευτικών επαλειψεων ή βαφής, πάντοτε δε σε συσχέτιση με το κόστος.

#### *1.1.5.ΤΑ ΕΛΑΤΤΩΜΑΤΑ ΤΟΥ ΞΥΛΟΥ.*

Η δομική ξυλεία παρουσιάζει διάφορα ελαττώματα, μικρότερης ή μεγαλύτερης σημασίας και εκτάσεως, τα οποία είτε δημιουργούνται κατά την ανάπτυξη του δέντρου, είτε οφείλονται στην κοπή, ή προκαλούνται από τις περιβαλλοντικές προσβολές. Τα κυριότερα ελαττώματα του ξύλου είναι:

##### **A) Απόσταση και κλίση των «νερών» του ξύλου.**

Γενικώς υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του πάχους και της πυκνότητας των αυξητικών δακτυλίων και της πυκνότητας του ξύλου. Νερά πυκνά και παράλληλα προς τον άξονα του στοιχείου δηλώνουν καλύτερη ποιότητα ξύλου, δηλαδή καλύτερες μηχανικές ιδιότητες. Κριτήριο για την ταξινόμηση αποτελεί η ευθυγραμμία των ινών και η μετρούμενη κλίση τους ως προς τον άξονα του στοιχείου.

## **B) Ανώμαλη ανάπτυξη.**

Από διάφορες γενετικές ή συχνότερα περιβαλλοντικές αιτίες, μπορεί να παρατηρηθεί ανώμαλη ανάπτυξη του κορμού του δέντρου, η οποία εκδηλώνεται με ακανόνιστη μορφή της διατομής, ακανόνιστη αύξηση των δακτυλίων, συστροφή των ινών, ακανόνιστη δομή με εγκλείσματα διαφορετικής σκληρότητας κ.τ.λ.

## **Γ) Ρόζοι.**

Είναι πακτώσεις των κλαδιών στο πατρικό κλαδί. Αν το κλαδί σπάσει, ο ρόζος περιβάλλεται βαθμιαίως από το αναπτυσσόμενο ξύλο και περικλείεται στο εσωτερικό του δέντρου. Μετά τη νέκρωση του υλοτομημένου δέντρου οι ρόζοι αρχίζουν να χαλαρώνουν. Στα περισσότερα κωνοφόρα τα κλαδιά φυτρώνουν από τον κορμό ανά κανονικές αποστάσεις κι έτσι στα ξύλα αυτά οι ρόζοι εμφανίζονται καθ' ομάδες, μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται καθαρό ξύλο. Γενικώς οι ρόζοι αποτελούν περιοχές ασυνέχειας, εξασθενήσεως των διατομών και, συγχρόνως, συγκεντρώσεως τάσεων. Μειώνουν τη εφελκυστική και τη διατμητική αντοχή και δυσχεραίνουν την επεξεργασία (κοπή, λείανση, ήλωση, διάτρηση) του ξύλου. Είναι το ελάττωμα με τη μεγαλύτερη επιρροή στις μηχανικές ιδιότητες του ξύλου, γι αυτό αποτελεί και το κυριότερο κριτήριο για την οπτική διαβάθμιση.

## **Δ) Θύλακες ρητίνης.**

Εξασθενούν τη περιοχή στην οποία εμφανίζονται, ενώ η ρητίνη τρέχει και καταστρέφει τυχόν επαλείψεις, δημιουργώντας αισθητικό πρόβλημα και συγχρόνως εισόδους για επιβλαβείς προσβολές.

## **Ε) Σκισίματα, ρηγματώσεις.**

Η ανισοτροπία των παραμορφώσεων κατά την ξήρανση του ξύλου δημιουργεί τάσεις, οι οποίες συχνά εκτονώνονται με τη ανάπτυξη ρωγμών. Ο κίνδυνος για την ανάπτυξη τέτοιων ρωγμών είναι τόσο μεγαλύτερος όσο ογκωδέστερο είναι το ξύλο και όσο ταχύτερη είναι η ξήρασή του. Εκτός της ενδεχόμενης μείωσης της αντοχής και της αυξημένης επικινδυνότητας στην περιοχή των συνδέσεων, ένα σκίσιμο γίνεται είσοδος για τον αέρα, το νερό και τα έντομα, που καταστρέφουν το ξύλο. Πρέπει να σημειωθεί πάντως ότι μία ρωγμή στο άκρο ενός ξύλου δεν είναι μεν λόγος για την απόρριψη του συγκεκριμένου κομματιού, η χρήση του όμως και ιδίως η σχεδίαση ενδεχομένων συνδέσεων σ αυτή την περιοχή πρέπει να γίνει με ιδιαίτερη προσοχή και, βεβαίως, με πρόβλεψη κατάλληλων μέτρων για την προστασία του ξύλου και την αντιμετώπιση της αναπτύξεως της ρωγμής.

## **Σ) Άκρες.**

Διατομές που έχουν κοπεί κοντά στην περίμετρο του κορμού συχνά έχουν στις άκρες τους μικρά τρίγωνα, υποψήφια για αποκόλληση. Η παρουσία αυτών των απομειώσεων δηλώνει την κοπή του συγκεκριμένου κομματιού από την περίμετρο του κορμού, δηλαδή την περιοχή με τις χαμηλότερες αντοχές. Οι άκρες αποτελούν κριτήριο για την κατάταξη ενός συγκεκριμένου κομματιού ξύλου σε χαμηλότερη κατηγορία ποιότητας, έστω και αν η εμφάνισή τους είναι σπάνια κατά το μήκος του συγκεκριμένου ξύλου.

## **Ζ) Κυάνωση.**

Η δράση χρωστικών μυκήτων προκαλεί γαλαζωπό χρωματισμό ή μαύρισμα του ξύλου. Ο χρωματισμός αυτός πηγαινει σε βάθος, δηλαδή δεν αφαιρείται με επιφανειακή απόξεση. Εκτός από την αλλοίωση της εμφάνισης, η κυάνωση συνεπάγεται και κάποια, μάλλον μικρή, μείωση των μηχανικών ιδιοτήτων του ξύλου.

#### Η) Σήψη.

Η δράση διαφόρων μυκήτων προκαλεί σάπισμα του ξύλου. Εμφανίζεται σε ξύλα τα οποία δεν έχουν ξεραθεί επαρκώς, ή/και έχουν αποθηκευτεί για μεγάλο χρονικό διάστημα υπό ακατάλληλες συνθήκες στοιβασίας και προστασίας (επαφή με το έδαφος, ανεπαρκής αερισμός, κ.τ.λ.)

#### Θ) Στοές εντόμων.

Διάφορα έντομα, που προσβάλουν το ξύλο, το καταστρέφουν δημιουργώντας στοές. Ξύλο με έστω και μία οπή από έντομα όχι μόνο είναι ακατάλληλο για χρήση αλλά πρέπει να απομακρύνεται αμέσως από τα υπόλοιπα αποθηκευμένα ξύλα, για να αποκλειστεί ο κίνδυνος προσβολής τους.

#### Ι) Παραμορφώσεις.

Η παραμόρφωση ενός κομματιού ξύλου δυσχεραίνει ή και αποκλείει την χρήση του ως δομικού στοιχείου. Σε αρκετά εθνικά πρότυπα διαβαθμίσεως του ξύλου τίθενται όρια για τις παραμορφώσεις της δομικής ξυλείας. Οι κατασκευαστικές ή λειτουργικές απαιτήσεις ενός συγκεκριμένου δομικού στοιχείου ή δομήματος ενδέχεται να επιβάλλουν τον καθορισμό ορίων παραμορφώσεων, τα οποία πρέπει να συμφωνηθούν με τον προμηθευτή της ξυλείας.

#### 1.1.6. Η ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΞΥΛΟΥ ΣΤΟΝ EC.

Για την εφαρμογή του EC5 ακολουθείται η ταξινόμηση, η οποία καθορίζεται στο ευρωπαϊκό πρότυπο EN 338 «Δομική ξυλεία-Κατηγορίες αντοχών» και παρουσιάζεται στους πίνακες 1.1 και 1.2. Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό, η δομική ξυλεία ταξινομείται σε δύο είδη: κωνοφόρα και λεύκη με την ένδειξη (C), με 12 κατηγορίες αντοχών, και φυλλοβόλα με την ένδειξη (D), με 6 κατηγορίες αντοχών. Κάθε κατηγορία αντοχής σημαίνεται με το χαρακτηριστικό γράμμα του είδους (C ή D), ακολουθούμενο από την χαρακτηριστική αντοχή σε κάμψη,  $f_{m,k}$ , σε MPa. Ο διαχωρισμός των ειδών γίνεται επειδή το ξύλο των φυλλοβόλων έχει διαφορετική δομή από το ξύλο των κωνοφόρων, με συνέπεια τα φυλλοβόλα να έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα απ' ό,τι τα κωνοφόρα, χωρίς να έχουν αναλόγως μεγαλύτερες αντοχές. Η λεύκα έχει λόγο πυκνότητα/αντοχής της ίδιας τάξεως με τα κωνοφόρα, γι αυτό, αν και φυλλοβόλο, ταξινομείται μαζί τους.

Πίν. 1.1 Κωνοφόρα και λεύκη. (BS EN 338:2003)

	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
$f_{m,k}$ (MPa)	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
$f_{t,0,k}$ (MPa)	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
$f_{t,90,k}$ (MPa)	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
$f_{c,0,k}$ (MPa)	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29

$f_{c,90,k}$ (MPa)	2.0	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2
$f_{v,k}$ (MPa)	1.7	1.8	2.0	2.2	2.4	2.5	2.8	3.0	3.4	3.8	3.8	3.8
$E_{0,mean}$ (GPa)	7.0	8.0	9.0	9.5	10.0	11.0	11.5	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0
$E_{0,05}$ (GPa)	4.7	5.4	6.0	6.4	6.7	7.4	7.7	8.0	8.7	9.4	10.0	10.7
$E_{90,mean}$ (GPa)	0.23	0.27	0.30	0.32	0.33	0.37	0.38	0.40	0.43	0.47	0.50	0.53
$G_{mean}$ (GPa)	0.44	0.50	0.56	0.59	0.63	0.69	0.72	0.75	0.81	0.88	0.94	1.00
$\rho_k$ (kg/m <sup>3</sup> )	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460
$\rho_m$ (kg/m <sup>3</sup> )	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550

Πίν. 1.2 Φυλλοβόλα.

	D30	D35	D40	D50	D60	D70
$f_{m,k}$ (MPa)	30	35	40	50	60	70
$f_{t,0,k}$ (MPa)	18	21	24	30	36	42
$f_{t,90,k}$ (MPa)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
$f_{c,0,k}$ (MPa)	23	25	26	29	32	34
$f_{c,90,k}$ (MPa)	8.0	8.4	8.8	9.7	10.5	13.5
$f_{v,k}$ (MPa)	3.0	3.4	3.8	4.6	5.3	6.0
$E_{0,mean}$ (GPa)	10.0	10.0	11.0	14.0	17.0	20.0
$E_{0,05}$ (GPa)	8.0	8.7	9.4	11.8	14.3	16.8
$E_{90,mean}$ (GPa)	0.64	0.69	0.75	0.93	1.13	1.33
$G_{mean}$ (GPa)	0.60	0.65	0.70	0.88	1.06	1.25
$\rho_k$ (kg/m <sup>3</sup> )	530	560	590	650	700	900
$\rho_m$ (kg/m <sup>3</sup> )	640	670	700	780	840	1080

## 1.2.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.

Αρκετά προγράμματα του εμπορίου φαίνεται να υπερδιαστασιολογούν τους ξύλινους φορείς. Στην εργασία θα γίνει ο σχεδιασμός μιας ξύλινης κατασκευής με την βοήθεια εξειδικευμένου εμπορικού λογισμικού για ξύλινες κατασκευές. Αναπτύχθηκε λογισμικό στο οποίο θα δίνονται ως δεδομένα οι διαστάσεις των διατομών και θα γίνονται οι απαιτούμενοι έλεγχοι των μελών και των συνδέσεων σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 5. Τέλος, θα συγκριθούν τα αποτελέσματα του λογισμικού που θα αναπτυχθεί και του εμπορικού λογισμικού και θα ελεγχθεί η αξιοπιστία του.

## 2.ΕΥΛΙΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ.

### 2.1.ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟΝ ΕC0.

#### 2.1.1. ΜΕΙΩΤΙΚΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ $\psi_i$ .

Οι συντελεστές  $\psi_0$ ,  $\psi_1$  και  $\psi_2$  είναι μειωτικοί συντελεστές. Ο συντελεστής  $\psi_0$  λαμβάνει υπ όψη τη μειωμένη πιθανότητα ταυτόχρονης εμφάνισης διαφόρων ανεξάρτητων μεταβλητών δράσεων με τις μέγιστες τιμές τους. Ο συντελεστής  $\psi_1$  θέτει ένα ανώτερο όριο για την τιμή της μεταβλητής δράσης στην οποία εφαρμόζεται, το οποίο όριο υπάρχει πιθανότητα να το υπερβεί 1% της περιόδου αναφοράς. Ο συντελεστής  $\psi_2$  έχει πρωταρχικό ρόλο να μετατρέπει τις μεταβλητές δράσεις σε μόνιμες δράσεις για να αντληθεί το φορτίο που προκαλεί ερπυσμό στην κατασκευή.

Πίν. 2.1 τιμές του συντελεστή  $\psi$ .

μεταβλητή δράση σε:	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
οικίες	0,7	0,5	0,3
γραφεία	0,7	0,5	0,3
περιοχές όπου κόσμος συγκεντρώνεται	0,7	0,7	0,6
φορτία χιονιού για υψόμετρο <1000μ.	0,5	0,2	0,0
φορτία ανέμου	0,5	0,2	0,0

#### 2.1.2. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.

Ο ΕC0 δεν δίνει συγκεκριμένη καθοδήγηση πάνω στη μέθοδο κατασκευαστικής ανάλυσης που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί στο σχεδιασμό, εκτός της απαίτησης ότι τα κατασκευαστικά μοντέλα πρέπει να είναι κατάλληλα για την οριακή κατάσταση που μελετάται, να είναι ικανά να προβλέψουν τη συμπεριφορά με αποδεκτό βαθμό ακρίβειας, και να βασίζονται σε αποδεδειγμένη μηχανική θεωρία και πρακτική.

Όταν αναλύεις μία κατασκευή πολλές εναλλακτικές μέθοδοι ανάλυσης είναι πιθανές, όπως:

#### A) Γραμμική ελαστική ανάλυση.

Βασίζεται σε γραμμική σχέση τάσεων παραμορφώσεων.

- 1) Πρώτης τάξεως ανάλυση χωρίς ανακατανομή. Αυτή εκτελείται στην αρχικά καθορισμένη γεωμετρία της κατασκευής και των στοιχείων της, χωρίς καμία ρύθμιση

των εσωτερικών τάσεων/ροπών λόγω της ανακατανομής. Αυτή είναι η βάση των περισσότερων προγραμμάτων με πρώτης τάξης γραμμικά ελαστικής ανάλυσης.

2) *Πρώτης τάξης ανάλυση με ανακατανομή.* Αυτή εκτελείται στην αρχικά καθορισμένη γεωμετρία της κατασκευής και των στοιχείων της αλλά οι εσωτερικές τάσεις/ροπές ρυθμίζονται χωρίς περαιτέρω υπολογισμούς, ώστε να ρυθμιστούν οι στρέψεις και να ελεγχτεί η ικανότητα στρέψης.

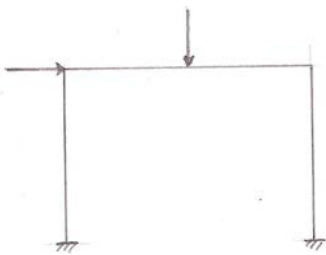
3) *Ανάλυση δευτέρας τάξης.* Αυτή εκτελείται στη γεωμετρία της παραμορφωμένης κατασκευής.

## **B) Μη γραμμική ανάλυση.**

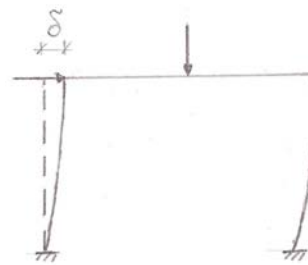
Βασίζεται σε μη γραμμική σχέση τάσεων/ παραμορφώσεων.

1) *Ανάλυση πρώτης τάξης.* Αυτή εκτελείται στην αρχικά καθορισμένη γεωμετρία της κατασκευής.

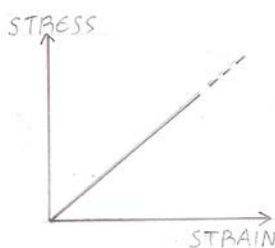
2) *Ανάλυση δευτέρας τάξης.* Αυτή εκτελείται στην γεωμετρία της παραμορφωμένης κατασκευής.



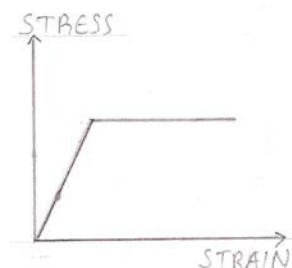
**Εικ. 2.1.Ανάλυση πρώτης τάξης.**



**Εικ. 2.2.Ανάλυση δευτέρας τάξης.**



**Εικ.2.3.Ελαστική συμπεριφορά.**



**Εικ.2.4.Ελαστική-τελείως πλαστική.**



**Εικ.2.5.Ελαστοπλαστική με σκλήρυνση παραμόρφωσης.**



**Εικ.2.6.Συνεχώς μεταβαλλόμενη.**

### 2.1.3. ΚΛΑΣΕΙΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΦΟΡΤΙΩΝ.

Οι ιδιότητες αντοχής των μελών μειώνονται όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια των φορτίων που παραλαμβάνουν. Έχουν καθοριστεί κλάσεις διαρκείας φορτίων για να καλύψουν το εύρος διάρκειας διαφόρων φορτίων. Οι κλάσεις διάρκειας φαίνονται στον πίνακα 2.2.

Πίν. 2.2

Κλάση διάρκειας φορτίου	Συνολική διάρκεια επιβολής φορτίου	Φορτίο (π.χ.)
Μόνιμες	>10 χρόνια	ίδιο βάρος
Μακροχρόνιες	6 μήνες ως 10 έτη	φορτίο αποθήκης
Μεσοχρόνιες	1 βδομάδα ως 6 μήνες	ωφέλιμα φορτία
Βραχυχρόνιες	<1 βδομάδας	χιόνι, άνεμος
Στιγμιαίες		έκρηξη

### 2.1.4.ΚΛΑΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.

Η αντοχή και η ερπυστική συμπεριφορά του ξύλου επηρεάζεται από την περιεχόμενη υγρασία του ξύλου η οποία σχετίζεται με την θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος.

Για να ληφθεί αυτό υπ όψη στο σχεδιασμό, έχουν καθοριστεί 3 κλάσεις λειτουργίας στον EC5 που καλύπτουν τις τυπικές καταστάσεις του περιβάλλοντος, κάτω από τις οποίες οι ξύλινες κατασκευές θα λειτουργούν.

Αυτές είναι:



- Κλάση λειτουργίας 1- όπου η μέση περιεχόμενη υγρασία στα περισσότερα «μαλακά ξύλα» δεν θα υπερβεί το 12%.

Αυτό αντιστοιχεί σε θερμοκρασία 20 βαθμών Κελσίου και σχετική υγρασία του αέρα στο περιβάλλον λειτουργίας, η οποία υπερβαίνει το 65% λίγες εβδομάδες κάθε χρόνο.

- Κλάση λειτουργίας 2- όπου η μέση περιεχόμενη υγρασία στα περισσότερα «μαλακά ξύλα» δεν θα υπερβεί το 20%.

Αυτό αντιστοιχεί σε θερμοκρασία 20 βαθμών Κελσίου και σχετική υγρασία του αέρα στο περιβάλλον λειτουργίας, η οποία υπερβαίνει το 85% λίγες εβδομάδες κάθε χρόνο.

- Κλάση λειτουργίας 3- όπου η μέση περιεχόμενη υγρασία στα περισσότερα «μαλακά ξύλα» υπερβαίνει το 20%.

Αυτή αντιστοιχεί σε κλιματικές συνθήκες που οδηγούν σε υψηλότερη περιεχόμενη υγρασία απ ότι στην κλάση λειτουργίας 2.

Οι υψηλότερες τιμές αντοχής της ξυλείας επιτυγχάνονται όταν οι κατασκευές λειτουργούν σε συνθήκες της κλάσης λειτουργίας 1 και οι χαμηλότερες όταν λειτουργούν σε συνθήκες της κλάσης λειτουργίας 3.

Τιμές του συντελεστή  $k_{mod}$ , ο οποίος επιλέγεται βάση της κλάσης διάρκειας και της κλάσης λειτουργίας δίνονται στον πίνακα 2.3.

Πίν. 2.3 Τιμές του  $k_{mod}$

Υλικό	κλάση λειτουργίας	κλάση διάρκειας δράσεων				
		μόνιμες	μακρο-χρόνιες	μεσο-χρόνιες	βραχυ-χρόνιες	στιγμιαίες
Συμπαγή ξυλεία	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Κόντρα πλακέ	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
OSB/3,/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
OSB/3,/4	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90

#### 2.1.5. ΜΕΡΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ( $\gamma_M$ ).

Στον EC5 ο μερικός συντελεστής ασφαλείας  $\gamma_M$  λαμβάνει υπ όψη την αβεβαιότητα στην αντίσταση του μοντέλου που χρησιμοποιείται μαζί με τη δυσμενή επιρροή των γεωμετρικών αποκλίσεων σε συνδυασμό με την επιρροή των δυσμενέστερων αποκλίσεων των ιδιοτήτων του υλικού.

Πίν. 2.4 Μερικός συντελεστής ασφαλείας

	γ <sub>M</sub>
Συμπαγής ξυλεία	1,3
Συνδέσεις-(εκτός από συνδετήρες διάτρητης μεταλλικής πλάκας)	1,3
Συνδετήρες διάτρητης μεταλλικής πλάκας	γ <sub>M</sub>
Αντοχή αγκύρωσης	1,3
Αντοχή μεταλλικής πλάκας	1,15
Οριακή κατάσταση αστοχίας(κάθε υλικό και σύνδεση)	1,0
Οριακή κατάσταση λειτουργίας (κάθε υλικό και σύνδεση)	1,0

#### 2.1.6. ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΣΤΟΧΙΑΣ.

Όπου είναι σχετικές, οι ακόλουθες οριακές καταστάσεις αστοχίας πρέπει να επαληθεύονται:

A) *Ισορροπία*. Επιβεβαίωση ότι η κατασκευή ή μέρος της δεν είναι ασταθές.

B) *Αντοχή*. Επιβεβαίωση ότι η κατασκευή και τα στοιχεία της δεν θα αστοχήσουν υπό τάση, από αστάθεια κάποιου στοιχείου ή στις συνδέσεις. Όπου οι μετατοπίσεις θα επηρεάσουν τη συμπεριφορά της κατασκευής, πρέπει να ληφθεί υπ όψη στο σχεδιασμό.

Γ) *Γεωτεχνικά*. Επιβεβαίωση ότι τα θεμέλια της εγκατάστασης παρέχουν την αντοχή και την ακαμψία που απαιτείται για την κατασκευή.

Δ) *Κόπωση*. Επιβεβαίωση ότι τα στοιχεία της κατασκευής δεν θα αστοχήσουν λόγω κόπωσης.

Για τις ξύλινες κατασκευές οι οριακές καταστάσεις αστοχίας A,B,Γ θα είναι γενικά σχετικές και κάθε περίπτωση, όπου η κόπωση θα εφαρμόζεται, αυτή λαμβάνεται υπ όψη στον EC5 από τις απαιτήσεις της αντοχής.

Στην οριακή κατάσταση αστοχίας πρέπει να επαληθευτεί ότι η τιμή των δράσεων σχεδιασμού είναι μικρότερη ή ίση από την αντίστοιχη αντοχή σχεδιασμού.

Ο υπολογισμός δράσεων (φορτίων) γίνεται βάση του τύπου:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \times G_{k,j} + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i}$$

γ<sub>G</sub>=συντελεστής ασφαλείας μόνιμων φορτίων.

γ<sub>Q</sub>=συντελεστής ασφαλείας μεταβλητών φορτίων.

ψ<sub>0</sub>=συντελεστής που μετατρέπει μία δράση στην τιμή συνδυασμού της.

Όπου ένας συνδυασμός δράσεων αποτελείται από δράσεις που ανήκουν σε διαφορετικές κλάσεις διαρκείας, η επιρροή της κλάσης διαρκείας στις ιδιότητες του ξύλου πρέπει να ληφθεί υπ όψη με τη χρήση του συντελεστή  $k_{mod}$ . Δηλαδή όπου ένας συνδυασμός από μόνιμες και ποικίλες μεταβλητές δράσεις εφαρμόζεται, πρέπει να καθορίσουμε την περίπτωση φορτίου που προκαλεί τη μεγαλύτερη δράση σχεδιασμού π.χ. μέγιστη ροπή κάμψης, μέγιστη διατμητική δύναμη κ.τ.λ. Ο συνδυασμός φορτίων πρέπει να εφαρμοστεί σε σειρά με κάθε μεταβλητή δράση, δρα σαν κυρίαρχη μεταβλητή δράση. Επίσης όπου μεταβλητές δράσεις δεν σχετίζονται, όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί πρέπει να ληφθούν υπ όψη.

π.χ. Θεωρούμε ότι μία δοκός σε απλές στηρίξεις παραλαμβάνει τα φορτία:

$G_{k1}$ =Ιδιο βάρος.

$G_{k2}$ =Μόνιμο φορτίο

$Q_{k1}$ =Μέσης διαρκείας μεταβλητή δράση.

$Q_{k2}$ =Μικρής διαρκείας μεταβλητή δράση.

Χρησιμοποιώντας τον τύπο για τον υπολογισμό δράσεων στην οριακή κατάσταση αστοχίας, οι εναλλακτικές περιπτώσεις φορτίου που πρέπει να θεωρηθούν ώστε να καθορίσουμε τη δράση  $Ef$  π.χ. για ροπή κάμψης, είναι:

$$1,35(G_{k1}+G_{k2}) \rightarrow Ef_1$$

$$1,35(G_{k1}+G_{k2})+1,5Q_{k1} \rightarrow Ef_2$$

$$1,35(G_{k1}+G_{k2})+1,5Q_{k2} \rightarrow Ef_3$$

$$1,35(G_{k1}+G_{k2})+1,5Q_{k2}+1,5\psi_{0,1}Q_{k1} \rightarrow Ef_5$$

Το αποτέλεσμα συνδυασμού μόνιμων και μεταβλητών δράσεων, έχει σαν αποτέλεσμα μικρότερη μείωση των ιδιοτήτων αντοχής απ ότι μία μεμονωμένη μόνιμη δράση και όπου συνδυασμός μόνιμων και ποικίλων μεταβλητών δράσεων εφαρμόζεται, η περίπτωση σχεδιασμού θα υποδεικνύεται από τη μεταβλητή δράση που έχει τη μικρότερη διάρκεια. Σε αυτή τη βάση, όπως απαιτείται από τον EC5 ο συντελεστής  $k_{mod}$  που αντιστοιχεί στη δράση που έχει τη μικρότερη διάρκεια χρησιμοποιείται στην ιδιότητα αντοχής που εξετάζεται. Όπου υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ δράσεων και αποτελέσματος, η περίπτωση σχεδιασμού θα είναι εκείνη που έχει τη μεγαλύτερη τιμή μετά από διαίρεση με τον σχετικό συντελεστή  $k_{mod}$ . Για το παράδειγμα που δόθηκε και για γραμμική σχέση μεταξύ δράσης και αντίστοιχης τάσης, η περίπτωση σχεδιασμού θα είναι εκείνη που μας δίνει την μεγαλύτερη τιμή:

$$Efd = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{Ef_1}{k_{mod,perm}} \\ \frac{Ef_2}{k_{mod,med}} \\ \frac{Ef_3}{k_{mod,short}} \\ \frac{Ef_4}{k_{mod,short}} \\ \frac{Ef_5}{k_{mod,short}} \end{array} \right.$$

- $k_{mod,perm}$ ,  $k_{mod,med}$ ,  $k_{mod,short}$  είναι ο συντελεστής  $k_{mod}$  για μόνιμες, μεσοχρόνιες και μικρής διάρκειας δράσεις, αντίστοιχα.

Δεν θα πάρουμε για τιμή δράσης το κλάσμα  $Efd$ , αλλά θα επιλέξουμε από το  $Ef_1$  έως  $Ef_5$ , δηλαδή του συνδυασμού που δίνει τη μέγιστη τιμή όταν διαιρεθεί με τον αντίστοιχο συντελεστή  $k_{mod}$ .

#### 2.1.7. ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ EC0.

Για τις ξύλινες κατασκευές οι ακόλουθες οριακές καταστάσεις λειτουργίας πρέπει να επαληθευτούν:

- Ταλάντωση.
- Παραμόρφωση.

Στην οριακή κατάσταση λειτουργίας οι συντελεστές ασφαλείας  $\gamma_G$  και  $\gamma_Q$  είναι ίση με 1.

##### A) Ταλάντωση.

Τα κριτήρια ταλάντωσης στον EC5 είναι περιορισμένα στην συμπεριφορά ταλάντωσης οικιστικών πατωμάτων. Οι σχεδιαστικές απαιτήσεις στον EC5 σχετίζονται αποκλειστικά για πατώματα με θεμελιώδη συχνότητα >8Hz στηριζόμενα και στις 4 πλευρές. Πάτωμα με στήριξη και στις 4 πλευρές σπανίως επιτυγχάνεται στον Βρετανικό σχεδιασμό (και στον Ελληνικό επίσης). Ο EC5 απαιτεί η θεμελιώδη συχνότητα να είναι >8Hz. Πατώματα με θεμελιώδη συχνότητα <8Hz απαιτούν ειδική έρευνα και δεν καλύπτονται από τον κώδικα. Δηλαδή υπάρχει μερική αμφιβολία ως προς τη σημασία της μεθόδου σχεδίασης πατώματος με τον EC5 (Arga Chanakya 2003), γι αυτό δεν θα ασχοληθούμε περαιτέρω με το θέμα της ταλάντωσης πατώματος.

##### B) Παραμόρφωση.

Ο συνδυασμός δράσεων που χρησιμοποιείται για την οριακή κατάσταση λειτουργίας είναι:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

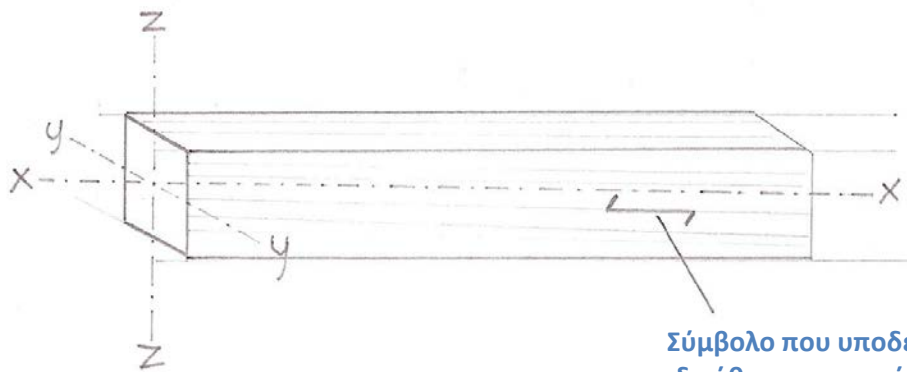
Σημειώνεται ότι ο συνδυασμός δράσεων είναι ο ίδιος με αυτόν που χρησιμοποιείται στην οριακή κατάσταση αστοχίας, αλλά οι συντελεστές ασφαλείας είναι ίση με 1.

Για να καθορισθεί η δράση σχεδιασμού, ο συνδυασμός δράσεων εφαρμόζεται με κάθε μεταβλητή δράση σαν κυρίαρχη μεταβλητή και επιλέγουμε αυτόν που μας δίνει την μεγαλύτερη τιμή. (κυρίαρχη μεταβλητή δράση είναι αυτή που δεν πολλαπλασιάζεται με τον μειωτικό συντελεστή  $\psi_0$ , αυτές που πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή  $\psi_0$  είναι οι συνοδευτικές μεταβλητές δράσεις).

## 2.2.ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟΝ EC5.

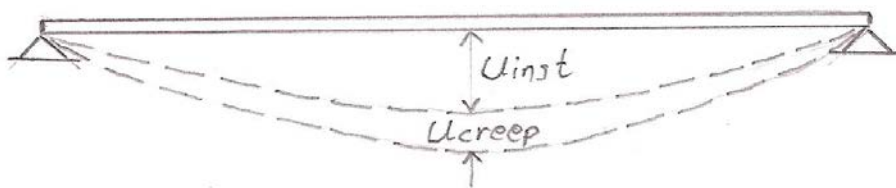
### 2.2.1 ΓΕΝΙΚΑ.

Στον ευρωκώδικα ο άξονας που είναι παράλληλος με το μήκος του μέλους είναι ο  $x-x$  και οι  $y-y$  και  $z-z$  είναι οι αντίστοιχοι άξονες της διατομής. Όπου είναι σχετικό να δείξουμε τη κατεύθυνση των ινών του ξύλου καθορίζεται από το σύμβολο που φαίνεται στο σχήμα.



Σύμβολο που υποδεικνύει ότι η διεύθυνση των ινών είναι παράλληλα με τον άξονα  $x-x$ .

### 2.2.2 ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.



Εικ.2.7. Παραμόρφωση.

Στον EC5 η παραμόρφωση του μέλους ή της κατασκευής γίνεται σε δύο στάδια:

- 1) Όταν εφαρμόζεται το φορτίο, άμεσα. Αυτή λέγεται στιγμιαία παραμόρφωση ( $u_{inst}$ ).
- 2) Μετά την παραμόρφωση λόγω ερπυσμού, που λέγεται τελική παραμόρφωση ( $u_{fin}$ ).

Η παραμόρφωση υπολογίζεται με δύο διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με ερπυστική συμπεριφορά της κατασκευής:

A) Κατασκευές που αποτελούνται από μέλη, εξαρτήματα και συνδέσεις που έχουν την ίδια ερπυστική συμπεριφορά.

$$u_{creep} = k_{def} \times u_{inst}$$

$$u_{fin} = u_{inst} + u_{creep} = u_{inst}(1 + k_{def})$$

$u_{creep}$  = παραμόρφωση λόγω ερπυσμού.

Όπου μία δράση δεν είναι μόνιμη, για να βρούμε την παραμόρφωση λόγω ερπυσμού πρέπει να μετατραπεί σε μία ίση μόνιμη δράση και αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας το  $\psi_2$ , το οποίο αναφέρθηκε στο (κεφ. 2.1.1).

Παράδειγμα- η τελική παραμόρφωση υπό μόνιμα και μεταβλητά φορτία θα είναι:

- 1) Για μόνιμες δράσεις G σε μέλος ή σύνδεση:

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} + u_{creep,G} = u_{inst,G}(1 + k_{def})$$

- 2) Για κυρίαρχη μεταβλητή δράση  $Q_1$  σε μέλος ή σύνδεση:

$$u_{fin,Q1} = u_{inst,Q1} + u_{creep,Q1} = u_{inst,Q1}(1 + \psi_2 k_{def})$$

- 3) Για συνοδευτικές μεταβλητές δράσεις  $Q_i$  σε μέλος ή σύνδεση:

$$u_{fin,Qi} = u_{inst,Qi} + u_{creep,Qi} = u_{inst,Qi}(\psi_{0,i} + \psi_{2,i} k_{def})$$

- 4) Η τελική παραμόρφωση για τις μεταβλητές δράσεις θα είναι:

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q1} + \sum u_{fin,Qi}$$

Όπου υπάρχει μόνο μία μεταβλητή δράση η περίπτωση «3» δεν θα είναι σχετική.

B) Κατασκευές που αποτελούνται από μέλη, εξαρτήματα και συνδέσεις που έχουν διαφορετική ερπυστική συμπεριφορά.

Σε αυτές τις περιπτώσεις, η ερπυστική συμπεριφορά θα επηρεάσει την διανομή ακαμψίας, την διανομή των τάσεων και τη γραμμική σχέση μεταξύ στιγμιαίας και ερπυστικής παραμόρφωσης.

Η στιγμιαία παραμόρφωση υπολογίζεται κανονικά, αλλά η ερπυστική παραμόρφωση υπολογίζεται μόνο, χρησιμοποιώντας την στιγμιαία παραμόρφωση με τις μειωμένες ιδιότητες ακαμψίας. (Γίνεται αναφορά σε επόμενο κεφάλαιο για τις μειωμένες ιδιότητες ακαμψίας).

Δηλαδή:

$$u_{fin} = u_{(inst+creep)}$$

$u_{(inst+creep)}$  = παραμόρφωση που αντλείται από τον τύπο στιγμιαίας παραμόρφωσης, αλλά χρησιμοποιούμε μειωμένες ιδιότητες ακαμψίας.

Όταν κάποιο μέλος ή σύνδεση εγκαθίσταται κοντά ή στο σημείο κορεσμού των ινών, αλλά επρόκειτο να λειτουργήσει σε περιβάλλον που πιθανών να ξηρανθεί υπό φορτίο η τιμή  $k_{def}$  του πίνακα πρέπει να αυξηθεί κατά 1.

Όταν έχουμε σύνδεση που αποτελείται από δύο ξύλινα στοιχεία με ίδια ερπυστική συμπεριφορά τότε η τιμή του  $k_{def}$  είναι η διπλάσια από αυτή που δίνει ο πίνακας.

Όταν η σύνδεση περιλαμβάνει δύο ξύλινα στοιχεία με διαφορετική ερπυστική συμπεριφορά τότε η τιμή του  $k_{def} = 2\sqrt{k_{def1}k_{def2}}$ .

Πίν. 2.5 Τιμές του  $k_{def}$  στις κλάσεις 1,2 ή 3.

	τιμές του $k_{def}$ .		
	κλάση λειτουργίας 1	κλάση λειτουργίας 2	κλάση λειτουργίας 3
Υλικό			
Συμπαγή ξυλεία (EN 14081-1)	0.60	0.80	2.00
Κόντρα πλακέ (EN 636-3)	0.80	1.00	2.50
OSB/3,/4 (EN 300)	1.50	2.25	---

### 2.2.3 ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΝΤΟΧΗ.

Η ρύθμιση της αντοχής και των ιδιοτήτων αντίστασης λόγω της επιρροής της διάρκειας φορτίου και της περιεχόμενης υγρασίας λαμβάνεται υπ όψη στη διαδικασία σχεδιασμού από τον συντελεστή  $k_{mod}$ .

Όταν η αντοχή μίας σύνδεσης που εξετάζεται αποτελείται από δύο ξύλινα στοιχεία και κάθε ένα από τα δύο έχει διαφορετική χρονικά εξαρτώμενη συμπεριφορά  $k_{mod1}$  και  $k_{mod2}$ , τότε ο συντελεστής  $k_{mod} = \sqrt{k_{mod1} k_{mod2}}$ .

#### 2.2.4 ΕΠΙΡΡΟΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΙΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ.

##### **Ανάλυση οριακής κατάστασης λειτουργίας.**

Η ανάλυση της μετατόπισης πρέπει να ελέγχεται σε κάθε περίπτωση, και όπου η κατασκευή αποτελείται από μέλη, εξαρτήματα ή συνδέσεις που έχουν διαφορετικές χρονικά εξαρτώμενες ιδιότητες, η επιρροή του ερπυσμού στις ιδιότητες ακαμψίας πρέπει να ληφθεί υπ όψη.

Α) Στη στιγμιαία παραμόρφωση, καθώς η ερπυστική συμπεριφορά του μέλους δεν είναι σχετική σε αυτήν την περίπτωση, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του EC5, τα κατάλληλα  $E_{mean}$ ,  $G_{mean}$  και  $K_{ser}$  πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να αντληθούν οι ιδιότητες ακαμψίας.

Β) Για την ανάλυση της τελικής παραμόρφωσης, όπου η κατασκευή έχει γραμμικά ελαστική συμπεριφορά και αποτελείται από μέλη, εξαρτήματα και συνδέσεις που έχουν την ίδια ερπυστική συμπεριφορά, τότε η ερπυστική συμπεριφορά δεν θα επηρεάσει τη συμπεριφορά των τάσεων και ακολούθως οι ιδιότητες ακαμψίας παραμένουν ίδιες όπως εκείνες που χρησιμοποιούνται για τη στιγμιαία ανάλυση παραμόρφωσης.

Γ) Όπου η κατασκευή αποτελείται από μέλη, εξαρτήματα και συνδέσεις που έχουν διαφορετική ερπυστική συμπεριφορά, αυτό θα επηρεάσει τη συμπεριφορά μετατόπισης. Για αυτήν την περίπτωση τα φορτία που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι τα ίδια με το (Α), αλλά η επιρροή του ερπυσμού στη συμπεριφορά μετατόπισης θα επιτευχθεί χρησιμοποιώντας μειωμένες ιδιότητες ακαμψίας για τα κατασκευαστικά στοιχεία.

Δηλαδή:

$$E_{mean,fin} = \frac{E_{mean}}{(1+k_{def})}$$

$$G_{mean,fin} = \frac{G_{mean}}{(1+k_{def})}$$

$$K_{ser,fin} = \frac{K_{ser}}{(1+k_{def})}$$

##### **Ανάλυση οριακής κατάστασης αστοχίας.**

Στην οριακή κατάσταση αστοχίας θα πρέπει να είναι αναγκαίο να καθοριστούν οι παραμορφώσεις των κατασκευαστικών στοιχείων όπου υπάρχει κίνδυνος ότι η μετατόπιση σε αυτήν την κατάσταση θα μπορούσε να οδηγήσει σε μη αποδεκτές συνέπειες π.χ. έλεγχος παραμορφώσεως του συστήματος των υποστυλωμάτων ή έλεγχος παραμορφώσεων που



θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε μη αποδεκτή αστοχία με αποτέλεσμα να είναι επικίνδυνη για τους χρήστες των εγκαταστάσεων.

Στην ανάλυση για να επαληθευτεί η αντοχή και η συμπεριφορά σταθερότητας τα φορτία που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι εκείνα που προκαλούν τη μέγιστη δράση σχεδιασμού όπως προαναφέρθηκε στο 2.1.6.

A) Όταν χρησιμοποιούμε γραμμική ελαστική ανάλυση πρώτης τάξης σε μία κατασκευή και η διανομή ακαμψίας στην κατασκευή δεν επηρεάζει τη διανομή των εσωτερικών τάσεων σύμφωνα με τις απαιτήσεις του EC5, τα κατάλληλα  $E_{mean}$ ,  $G_{mean}$  και  $K_{ser}$  πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να αντληθούν οι ιδιότητες ακαμψίας. Αυτή η περίπτωση θα εφαρμόζεται, όπου όλα τα μέλη έχουν τις ίδιες χρονικά εξαρτώμενες ιδιότητες.

B) Όταν χρησιμοποιούμε γραμμική ελαστική ανάλυση μίας κατασκευής και η διανομή της ακαμψίας σε μία κατασκευή επηρεάζει την διανομή των εσωτερικών τάσεων, τότε για τη στιγμιαία παραμόρφωση οι ιδιότητες ακαμψίας που δίνονται στο (A) θα εφαρμόζονται. Αυτή είναι η περίπτωση για κατασκευές, όπου μέλη, συμπεριλαμβανομένου συνδέσεων, έχουν διαφορετικές χρονικά εξαρτώμενες ιδιότητες, ή με σύμμικτα μέλη, όπου τα υλικά που χρησιμοποιούνται έχουν διαφορετικές χρονικά-εξαρτώμενες ιδιότητες. Οι τελικές τιμές των ιδιοτήτων ακαμψίας ( $E_{mean,fin}$ ,  $G_{mean,fin}$ ,  $K_{ser,fin}$ ) προσαρμόζονται στο φορτίο που προκαλεί τη μέγιστη τάση σε σχέση με την αντοχή.

$$E_{mean,fin} = \frac{E_{mean}}{(1 + \psi_2 k_{def})}$$

$$G_{mean,fin} = \frac{G_{mean}}{(1 + \psi_2 k_{def})}$$

$$K_{ser,fin} = \frac{K_{ser}}{(1 + \psi_2 k_{def})}$$

$\psi_2$  είναι ο συντελεστής για την ημι-μόνιμη τιμή της δράσης που προκαλεί τη μέγιστη τάση σε σχέση με την αντοχή. Αν αυτή είναι μόνιμη δράση (φορτίο), τότε η τιμή 1 θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Αν ο καθορισμός του  $\psi_2$  θεωρείται ότι είναι μία πολύπλοκη ή δύσκολη άσκηση, ένα ασφαλές αποτέλεσμα θα επιτευχθεί χρησιμοποιώντας την τιμή 1 για τον συντελεστή. (τιμές του  $\psi_2$  στο 2.1.1).

Γ) Όταν χρησιμοποιούμε γραμμική ελαστική ανάλυση δευτέρας τάξης σύμφωνα με τις απαιτήσεις του EC5 πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλες ιδιότητες ακαμψίας. Για τις συνδέσεις η τιμή που χρησιμοποιείται για το μέτρο ολίσθησης ( $K_{ser}$ ) θα είναι το  $K_u = \frac{2}{3} K_{ser}$ , οι υπόλοιπες ιδιότητες ακαμψίας θα είναι:

$$E_{mean,fin} = \frac{E_{mean}}{\gamma M}$$

$$G_{mean,fin} = \frac{G_{mean}}{\gamma M}$$

Στις πιο πάνω περιπτώσεις πρέπει να υπενθυμίσω ότι η τιμή του  $k_{def}$  που χρησιμοποιείται για κάθε περίπτωση θα πρέπει να είναι όπως εξηγήθηκε στο 2.2.2.

### 2.2.5 ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ( $k_h$ ).

Το ξύλο δεν είναι ομοιογενές υλικό και λόγω της παρουσίας των ελαττωμάτων, υπάρχει ποικιλία αντοχών κατά μήκος και κατά πλάτος στο ίδιο μέλος. Παρόλο που έχει γίνει έρευνα και θεωρητική διερεύνηση στην επιρροή του μεγέθους του μέλους, του μήκους, του όγκου και της διανομής των τάσεων, δεν υπάρχει ακόμη πλήρη συμφωνία στην επιρροή αυτών των παραγόντων και πώς θα πρέπει να ενσωματωθούν στη διαδικασία σχεδιασμού.

Σε τέτοιες περιπτώσεις ο EC5 έχει υιοθετήσει μία απλοποιημένη προσέγγιση και έχει αγνοήσει κάποιες από τις επιρροές.

Για να ληφθούν υπ όψη οι επιρροές αυτές, οι χαρακτηριστικές τιμές των ιδιοτήτων αντοχής που επηρεάζονται αντλούνται χρησιμοποιώντας μεγέθη αναφοράς (όπου η επιρροή του βάθους, του πλάτους και του μήκους, πάνω από κάποιο μέγεθος μπορεί να αγνοηθεί) και η χαρακτηριστική αντοχή της ιδιότητας που χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό επιτυγχάνεται πολλαπλασιάζοντας την χαρακτηριστική αντοχή με ένα συντελεστή. Η χαρακτηριστική αντοχή σε κάμψη και εφελκυσμό έχει ένα βάθος αναφοράς 150mm για συμπαγή ξυλεία.

Στον EC5 ο συντελεστής  $k_h$  σχετίζεται και για μεγέθη μεγαλύτερα από το μέγεθος αναφοράς ο συντελεστής είναι λιγότερο από μονάδα, αλλά η μείωση είναι σχετικά μικρή, αγνοείται στον EC5 και παίρνεται ίσος με τη μονάδα. Όταν τα μεγέθη είναι μικρότερα από την τιμή αναφοράς ο συντελεστής θα είναι μεγαλύτερος από μονάδα, με αποτέλεσμα την αύξηση των ιδιοτήτων αντοχής. Επίσης όσο το μέγεθος του μέλους μειώνεται, ένα ανώτατο όριο του 1,3 υπάρχει για το  $k_h$  συμπαγής ξυλείας.

Πίν. 2.6 τιμή του συντελεστή  $k_h$ .

υλικό	συντελεστής	διευκρινήσεις
συμπαγή ξυλεία	$k_h = \min\left\{\left(\frac{150}{h}\right)^{0.2} \text{ ή } 1.3\right\}$	Χαρακτηριστική πυκνότητα $\leq 700 \text{ kg/m}^3$ 1) κάμψη: βάθος αναφοράς $h=150\text{mm}$ 2) εφελκυσμός: μέγεθος αναφοράς (μέγιστη διάσταση διατομής) $h$ ή $b=150\text{mm}$

### 2.2.6 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ( $k_{sys}$ ).

Όπου ένα συνεχές σύστημα διανομής φορτίων συνδέει πλευρικά μία σειρά από παρόμοια μέλη σε ίσες αποστάσεις, το σύστημα διανομής θα κάνει εφικτή τη διανομή φορτίου μεταξύ των μελών. Αυτό επιτρέπει στις ιδιότητες αντοχής των μελών να αυξηθούν και επιτυγχάνεται πολλαπλασιάζοντας τις σχετικές ιδιότητες με ένα συντελεστή συστήματος αντοχής ( $k_{sys}$ ). Ο συντελεστής είναι σχετικός μόνο όταν το σύστημα είναι ικανό να διανέμει φορτίο (όπου δεν είναι σχετικός η τιμή του είναι ίση με μονάδα). Χρησιμοποιεί το πλεονέκτημα ότι πιο άκαμπτα μέλη θα παραλάβουν μεγαλύτερο μέρος του φορτίου που εφαρμόζεται απ' ό,τι τα πιο αδύναμα μέλη και ότι υπάρχει μικρή πιθανότητα, τα γειτονικά μέλη στο σύστημα να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά αντοχής και ακαμψίας.

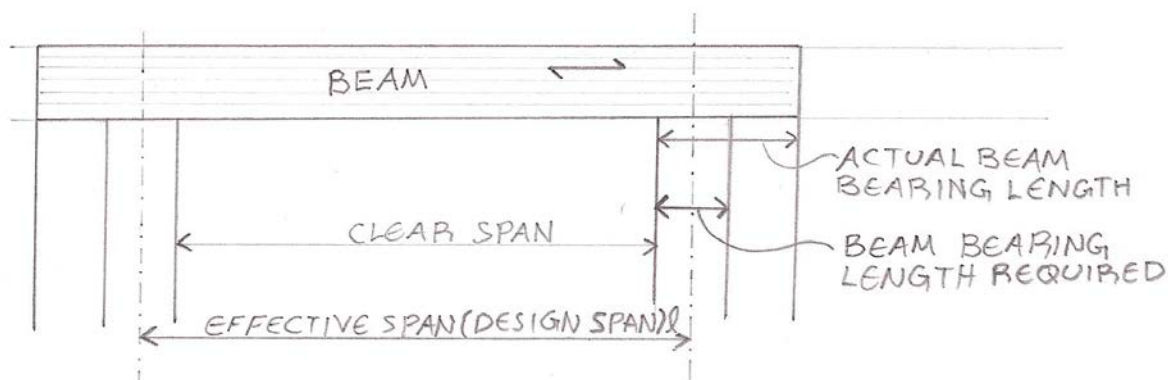
Το συνεχές σύστημα διανομής φορτίων πρέπει να είναι ικανό να μεταφέρει φορτία στο σύστημα από το ένα μέλος στα γειτονικά μέλη και για αυτήν την περίπτωση το  $k_{sys}$  θα παίρνεται ίσο με 1,1. Αυτή η τιμή μπορεί να εφαρμοστεί όταν π.χ. η κατασκευαστική επίστρωση του δαπέδου συνδέεται στις δοκούς πατώματος, η επίστρωση δαπέδου είναι συνεχής για πάνω από δύο ανοίγματα (αποστάσεις μεταξύ στηρίξεων), με απαίτηση τουλάχιστον τεσσάρων μελών, και κάθε άρθρωση (ένωση) στην επίστρωση δαπέδου να είναι κλιμακωμένη.

## 3. ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΕΛΩΝ ΜΕ EC5.

Οι έλεγχοι αφορούν συμπαγή ορθογώνιες διατομές από «μαλακή ξυλεία».

### 3.1 ΜΗΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.

Το μήκος σχεδιασμού θα είναι το καθαρό μήκος μεταξύ των στηρίξεων συν  $\frac{1}{2}$  του μήκους έδρασης που απαιτείται σε κάθε στήριξη.



Εικ.3.1. Άνοιγμα(μήκος)δοκού.

### 3.2 ΚΑΜΨΗ

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{yd}}{W_y}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{zd}}{W_z}$$

$$W_y = \frac{bh^2}{6}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$$

- $\sigma_{m,y,d}$  →καμπτική τάση σχεδιασμού στην ακραία εφελκυστική και θλιπτική θέση των ινών στην διατομή.(στον άξονα y-y)
- $\sigma_{m,z,d}$  →καμπτική τάση σχεδιασμού στην ακραία εφελκυστική και θλιπτική θέση των ινών στην διατομή.(στον άξονα z-z)
- $\lambda_{rel,m}$  →λόγος λεπτότητας(όταν είναι μεγαλύτερος από 0,75 τότε η πλευρική στρεπτική αστάθεια επηρεάζει την αντοχή).

3.2.1 ΚΑΜΨΗ ΔΙΑΞΟΝΙΚΗ (όπου ο σχετικός λόγος λεπτότητας σε σχέση με τον κύριο άξονα y-y είναι  $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$ ).

$$f_{myd} = f_{mzd} = \frac{k_{mod} \times k_{sys} \times k_h \times f_{m,k}}{\gamma M}$$

- $k_m=0,7$  για συμπαγή ξυλεία.

Πρέπει να ικανοποιούνται και οι δύο σχέσεις:

$$\frac{\sigma_{myd}}{f_{myd}} + k_m \frac{\sigma_{mzd}}{f_{mzd}} \leq 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{myd}}{f_{myd}} + \frac{\sigma_{mzd}}{f_{mzd}} \leq 1$$

- $f_{myd}$  →καμπτική αντοχή σχεδιασμού(στον άξονα y-y).
- $f_{mzd}$  →καμπτική αντοχή σχεδιασμού(στον άξονα z-z).
- $k_m$ → συντελεστής τροποποίησης (για συμπαγή ξυλεία είναι ίσος με 0,7).

3.2.2 ΚΑΜΨΗ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗ.

$$\text{Για } \begin{cases} \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \rightarrow k_{crit} = 1 \\ 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \rightarrow k_{crit} = 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} \\ 1,4 < \lambda_{rel,m} \rightarrow k_{crit} = \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} \end{cases}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78b^2}{h \times l_{ef}} E_{0,05}$$

Για ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο σε απλές στηρίξεις το ενεργό μήκος είναι:

$$l_{ef} = 0,9l + 2h$$

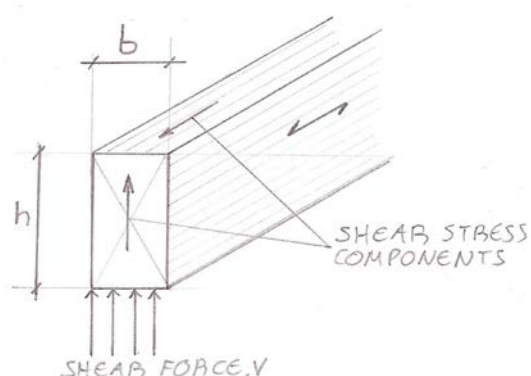
- $l_{ef}$  →ενεργό μήκος.

Πρέπει να ικανοποιείται η σχέση:

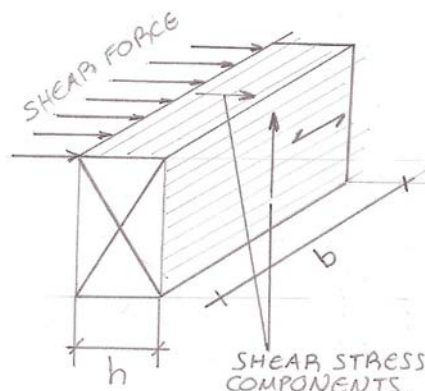
$$\sigma_{myd} \leq k_{crit} \times f_{myd}$$

- $k_{crit}$  →μειωτικός συντελεστής πλευρικού λυγισμού.

### 3.3 ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΙΑ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΣΤΙΣ ΙΝΕΣ.



Εικ.3.2. Η μία συνιστώσα διάτμησης παράλληλα με τις ίνες.



Εικ.3.3. Και οι δύο συνιστώσες διάτμησης κάθετα στις ίνες.

Όταν μία δοκός είναι φορτισμένη και υπόκειται σε κάμψη, θα αναπτυχθούν και διατμητικές τάσεις. Σύμφωνα με την θεωρία της ελαστικής κάμψης θα αναπτυχθούν παράλληλα στον κατά μήκος άξονα της δοκού και για να επιτευχθεί ισορροπία ίσες διατμητικές τάσεις θα αναπτυχθούν στην δοκό κάθετα στον κατά μήκος άξονά της.

$$\tau_d = \frac{3V_d}{2bh}$$

$$f_{vd} = \frac{k_{mod} \times k_{sys} \times f_{vk}}{\gamma M}$$

Πρέπει να ικανοποιείται η σχέση:

$$\tau_d \leq f_{vd}$$

Κάθε φορτίο που δρα στην πάνω επιφάνεια της δοκού μέσα σε μία απόσταση (h) από την άκρη της στήριξης μπορεί να αγνοηθεί λόγω της επιρροής των τάσεων έδρασης.

- $\tau_d$  → διατμητική τάση σχεδιασμού

Σε κάθε θέση κατά μήκος της δοκού, οι διατμητικές τάσεις στην πάνω και την κάτω όψη της τομής θα είναι μηδέν και η μέγιστη διατμητική τάση θα αναπτυχθεί στην θέση του ουδέτερου άξονα. Για ορθογωνική διατομή η μέγιστη διατμητική τάση, θα δημιουργηθεί στο μέσον του βάθους της δοκού, η οποία αντλείται από τον τύπο που αναφέραμε.

- $f_{vd}$  → διατμητική αντοχή σχεδιασμού.

### 3.4 ΘΛΙΨΗ ΚΑΘΕΤΑ ΣΤΙΣ ΙΝΕΣ (ΣΤΑ ΕΔΡΑΝΑ-ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ).

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod} \times k_{sys} \times f_{c,90,k}}{\gamma_M}$$

$k_{c,90}$  → Η τιμή που χρησιμοποιείται κανονικά είναι 1 αλλά υψηλότερες τιμές μπορούν να υιοθετηθούν σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Όπου η επαφή εκτείνεται σε όλο το πλάτος του μέλους, και οι συνθήκες στήριξης συμφωνούν με τον EC5, η τιμή μπορεί να αυξηθεί μέχρι του μέγιστου που είναι 4,0 (σε αυτή την τιμή η θλιπτική παραμόρφωση θα είναι περίπου 10% από το βάθος του μέλους και πρέπει να ληφθεί υπ όψη στο σχεδιασμό). Όταν το  $k_{c,90}$  είναι μονάδα η παραμόρφωση θα είναι περίπου 2-3% και η απόκλιση μπορεί να αγνοηθεί.

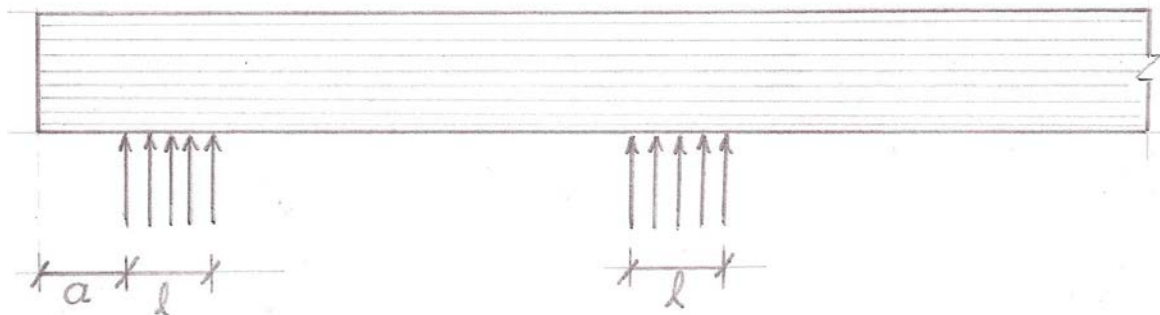
1) Όταν η απόσταση ( $\alpha$ ) είναι  $\leq h/3$

$$k_{c,90} = \left(2,38 - \frac{l}{250}\right) \left(1 + \frac{h}{12l}\right)$$

2) Όταν η απόσταση ( $\alpha$ )  $> h/3$  και στις εσωτερικές στηρίξεις.

$$k_{c,90} = \left(2,38 - \frac{l}{250}\right) \left(1 + \frac{h}{6l}\right)$$

- $l$  είναι το μήκος επαφής της επιφάνειας έδρασης σε mm.



Εικ.3.4.Δοκός σε στηρίξεις.

Πρέπει να ικανοποιείται η σχέση:

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} \times f_{c,90,d}$$

- $f_{c,90,d}$  → θλιπτική αντοχή σχεδιασμού κάθετα στις ίνες.

### 3.5 ΣΤΡΕΨΗ.

$$f_{vd} = \frac{k_{mod} \times k_{sys} \times f_{vk}}{\gamma M}$$

$$k_{shape} = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 + 0,15(h/b) \\ 2,0 \end{array} \right.$$

- (h)είναι η μεγαλύτερη διάσταση της τομής.
- (b)είναι η μικρότερη διάσταση της τομής.

$$\tau_{tor,d} = \frac{T}{k_2 \times h \times b^2}$$

- (h)είναι η μεγαλύτερη διάσταση της τομής.
- (b)είναι η μικρότερη διάσταση της τομής.
- $f_{vd}$  →διατμητική αντοχή σχεδιασμού.
- $\tau_{tor,d}$  →μέγιστη στρεπτική τάση.
- $T$  →στρεπτική ροπή.
- $k_1 \rightarrow k$  →πίνακας 2.7
- $k_2 = \frac{k_1}{k}$  →πίνακας 2.7

Πρέπει να ικανοποιείται η σχέση:

$$\tau_{tor,d} \leq k_{shape} \times f_{vd}$$

Πίν, 2.7 Συντελεστές τάσης και στρέψης ( $k_1$ )και ( $k_2$ ) βασισμένοι σε εξισώσεις του Timoshenko και Goodier.

$h/b$	$k$	$k_1$	$k_2 = \frac{k_1}{k}$
1.0	0.675	0.1406	0.208
1.2	0.759	0.166	0.219
1.3	0.793	0.177	0.223
1.5	0.848	0.196	0.231
1.7	0.888	0.211	0.237
2.0	0.930	0.229	0.246
2.5	0.968	0.249	0.258
3.0	0.985	0.263	0.267
4.0	0.997	0.281	0.282
5.0	0.999	0.291	0.291
6.0	0.9999	0.298	0.298
8.0	1.000	0.307	0.307
10.0	1.000	0.312	0.312
$\infty$	1.000	0.333	0.333



### 3.6 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΣΤΡΕΨΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ.

Όταν ένα μέλος υπόκειται σε στρέψη δημιουργούνται διατμητικές τάσεις κάθετα στην τομή του, έτσι όταν ένα μέλος καταπονείται από συνδυασμό στρέψης και διάτμησης, οι διατμητικές τάσεις που προκαλούνται από τη στρέψη θα συνδυαστούν με τις άμεσες διατμητικές τάσεις και το μέλος θα πρέπει να είναι σχεδιασμένο για το άθροισμα των διατμητικών τάσεων.

Ο EC5 απευθύνεται σε στοιχεία που υπόκεινται σε διάτμηση ή σε στρέψη μεμονωμένα και όχι σε συνδυασμό διάτμησης και στρέψης.

Περιορισμένη έρευνα έχει γίνει για την κατάσταση συνδυασμού στρεπτικών και διατμητικών τάσεων. Ένας έλεγχος που προτείνεται σε σχέση με την εξίσωση στρεπτικής αντοχής είναι:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} \times f_{vd}} + \left(\frac{\tau_{vd}}{f_{vd}}\right)^2 \leq 1$$

Σαν μία εναλλακτική πιο συντηρητική προσέγγιση μπορεί να υιοθετηθεί το πιο κάτω κριτήριο.

$$\frac{\tau_{tor,d}}{k_{shape} \times f_{vd}} + \frac{\tau_{vd}}{f_{vd}} \leq 1$$

### 3.7 ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.

Πίν. 2.8 τιμές ορίων για κάθετη απόκλιση.

στοιχείο	$u_{inst}$	$u_{fin}$
δοκός σε δύο στηρίξεις	$l/300$ μέχρι $l/500$	$l/250$ μέχρι $l/350$

#### 3.7.1 ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΛΟΓΩ ΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ.

Περίπτωση φορτίου και στήριξης.	Απόκλιση λόγω κάμψης
Ομοιόμορφα καταμεμημένο φορτίο $Q$ (kN/m) σε δοκό με απλές στηρίξεις(αρθρώσεις).	$= \frac{5Ql^4}{32E_{0,mean}bh^3}$

- $l$  → μήκος σχεδιασμού.

Περίπτωση φορτίου και στήριξης.	συντελεστής ενίσχυσης απόκλισης λόγω διάτμησης
Ομοιόμορφα κατανομημένο φορτίο σε δοκό με απλές στηρίξεις(αρθρώσεις).	$= \left( 1 + 0,96 \left( \frac{E_{0,mean}}{G_{0,mean}} \right) \left( \frac{h}{l} \right)^2 \right)$

- $l$  → μήκος σχεδιασμού.

Για να βρούμε την απόκλιση που προκαλείται λόγω κάμψης και διάτμησης πολλαπλασιάζουμε την απόκλιση κάμψης με τον συντελεστή ενίσχυσης λόγω διάτμησης.

Απόκλιση λόγω κάμψης και διάτμησης	$= \frac{5Ql^4}{32E_{0,mean}bh^3} \left( 1 + 0,96 \left( \frac{E_{0,mean}}{G_{0,mean}} \right) \left( \frac{h}{l} \right)^2 \right)$
------------------------------------	--

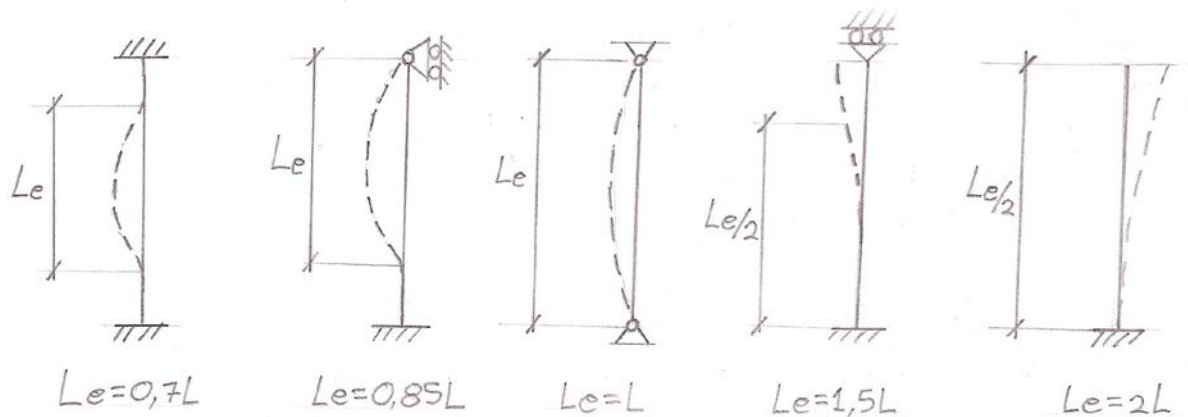
### 3.7.2 ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΤΙΣ ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ ΛΟΓΩ ΘΛΙΨΗΣ.

Όταν το  $k_{c,90} = 1$ , η παραμόρφωση είναι περίπου ίση με το 2-3% από το βάθος του μέλους και μπορεί να αγνοηθεί. Όταν το  $k_{c,90} = 4$ , η παραμόρφωση είναι περίπου ίση με το 10% από το βάθος του μέλους και πρέπει να ληφθεί υπ όψη στο σχεδιασμό.

παραμόρφωση λόγω θλίψης στις στηρίξεις	$= k_{c,90} \times f_{actor} \times h$
--	--

$$\text{Για } \begin{cases} k_{c90} = 1 \rightarrow f_{actor} = 0 \\ k_{c90} > 1 \rightarrow f_{actor} = 0,025 \end{cases}$$

### 3.8 ΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ.



Εικ.3.5.Ενεργά μήκη για διάφορους συνδυασμούς στηρίξεων.

Α)Όταν το  $\lambda_{rel,y} > 0,3$  ή το  $\lambda_{rel,z} > 0,3$  (ή και τα δύο είναι  $> 0,3$ ) τότε το μέλος μπορεί να λυγίσει και πρέπει να ικανοποιείται η σχέση:

$$\sigma_{c,0,d} \leq \min(k_{cz} \text{ ή } k_{cy}) \times f_{c,0,d}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A}$$

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} \times k_{sys} \times f_{c,0,k}}{\gamma_M}$$

$$k_{cy} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}$$

$$k_{cz} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}}$$

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$$

$$k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$$

$\beta_c = 0,2 \rightarrow$  η τιμή του  $\beta_c$  για συμπαγή ξυλεία είναι 0,2.

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ey}}{i_y}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{ez}}{i_z}$$

- $L_{ey} \rightarrow$  ενεργό μήκος του θλιβόμενου μέλους (για περίπτωση στήριξης μεταξύ δύο αρθρώσεων η τιμή του είναι  $L_{ey} = L$ ).
- $L \rightarrow$  μήκος του μέλους.
- $L_{ez} \rightarrow$  ενεργό μήκος του θλιβόμενου μέλους (για περίπτωση στήριξης μεταξύ δύο αρθρώσεων η τιμή του είναι  $L_{ez} = L$ ).

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}}$$

$$I_y = \frac{bh^3}{12}$$

$$I_z = \frac{hb^3}{12}$$

- $k_{cy}$  ή  $k_{cz}$  → συντελεστές αστάθειας.
- $\lambda_{rel,y}$  ή  $\lambda_{rel,z}$  → σχετικός λόγος λεπτότητας.
- $A$  → εμβαδό διατομής.
- $N_d$  → αξονική θλιπτική δύναμη.

Β) Όταν και τα δύο  $\lambda_{rel,y}$  και  $\lambda_{rel,z}$  είναι  $\leq 0,3$  τότε το μέλος δεν λυγίζει και πρέπει να ικανοποιείται το κριτήριο:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$$

### 3.9 ΑΞΟΝΙΚΟΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ.

Ένα μέλος που υπόκειται σε εφελκυσμό πρέπει να ελέγχεται στο πιο αδύναμο σημείο (δηλαδή στις συνδέσεις). Ο σχεδιασμός των συνδέσεων γίνεται μετά την επιλογή του μέλους. Όταν σχεδιαστούν οι συνδέσεις το μέλος πρέπει να ξαναελέγχεται λαμβάνοντας υπόψη την πραγματική καθαρή διατομή.

Πρέπει να ικανοποιείται η σχέση:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A_{net}}$$

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} \times k_{sys} \times k_h \times f_{t,0,k}}{\gamma_M}$$

- $N_d$  → αξονικό φορτίο εφελκυσμού.
- $A_{net}$  → καθαρό εμβαδό διατομής μετά το σχεδιασμό της σύνδεσης. (αν οι συνδέσεις σε κάθε άκρο είναι διαφορετικές πρέπει να χρησιμοποιήσουμε την μικρότερη καθαρή διατομή).

### 3.10 ΜΕΛΗ ΠΟΥ ΚΑΤΑΠΟΝΟΥΝΤΑΙ ΑΠΟ ΚΑΜΨΗ ΚΑΙ ΑΞΟΝΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ.

3.10.1 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΔΙΑΞΟΝΙΚΗΣ Ή ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗΣ ΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗΣ  
ΓΙΑ  $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$  (σε σχέση με το άξονα y-y, όπου η πλευρική στρεπτική  
αστάθεια λόγω κάμψης δεν συμβαίνει).

Μέλη με αξονικό και πλευρικό καμπτικό φορτίο, όπως και έκκεντρο θλιπτικό φορτίο κατά την διεύθυνση x-x ελέγχονται σε αυτήν την κατηγορία.

$$M_y = N \times e_z$$

- $M_y$  → ροπή από έκκεντρο φορτίο.
- $N$  → αξονικό θλιπτικό φορτίο.
- $e_z$  → απόσταση φορτίου από τον άξονα y-y.

**Συνδυασμός διαξονικής κάμψης και θλίψης.**

A) Όταν η τιμή και των δύο,  $\lambda_{rel,y}$  και  $\lambda_{rel,z}$  είναι για το καθ ένα  $\leq 0,3$ .

Πρέπει να ικανοποιούνται και οι δύο σχέσεις:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{myd}}{f_{myd}} + k_m \frac{\sigma_{mzd}}{f_{mzd}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{myd}}{f_{myd}} + \frac{\sigma_{mzd}}{f_{mzd}} \leq 1$$

- $k_m$  → τιμή του  $k_m$  για συμπαγή ξυλεία ορθογώνια διατομής 0,7.

B) Όταν η τιμή του  $\lambda_{rel,y} > 0,3$  ή του  $\lambda_{rel,z} > 0,3$  ή και των δύο είναι  $> 0,3$ . (δηλαδή έχουμε μειωμένη θλιπτική αντοχή λόγω λυγισμού)

Πρέπει να ικανοποιούνται και οι δύο σχέσεις:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy}f_{c,0d}} + \frac{\sigma_{myd}}{f_{myd}} + k_m \frac{\sigma_{mzd}}{f_{mzd}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz}f_{c,0d}} + k_m \frac{\sigma_{myd}}{f_{myd}} + \frac{\sigma_{mzd}}{f_{mzd}} \leq 1$$

**Συνδυασμός θλίψης και μονοαξονικής κάμψης στον άξονα y-y.**

A) Όταν η τιμή και των δύο,  $\lambda_{rel,y}$  και  $\lambda_{rel,z}$  είναι για το καθ ένα  $\leq 0,3$ .

Πρέπει να ικανοποιείται:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{myd}}{f_{myd}} \leq 1$$

B) Όταν η τιμή του  $\lambda_{rel,y} > 0,3$  ή του  $\lambda_{rel,z} > 0,3$  ή και των δύο είναι  $> 0,3$ . (δηλαδή έχουμε αστοχία λόγω λυγισμού)

Πρέπει να ικανοποιείται η σχέση:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz}f_{c,0d}} + k_m \frac{\sigma_{myd}}{f_{myd}} \leq 1$$

**3.10.2 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗΣ ΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗΣ ΓΙΑ ΛΟΓΟ ΛΕΠΤΟΤΗΤΑΣ  $\lambda_{rel,m} > 0,75$  (σε σχέση με τον άξονα y-y).**

Δεν δίνεται έλεγχος για μέλη που υπόκεινται σε θλίψη και διαξονική κάμψη για  $\lambda_{rel,m} > 0,75$ .

Πρέπει να ικανοποιείται η σχέση:

$$\left(\frac{\sigma_{myd}}{k_{crit}f_{myd}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz}f_{c,0,d}} \leq 1$$

Όταν το  $\lambda_{rel,m}$  είναι κοντά στο 0,75 (δηλαδή σε ένα εύρος +0,15) θα ελέγχεται με τον τύπο που δόθηκε επάνω και θα ελέγχεται ακόμη με τον:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz}f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{myd}}{f_{myd}} \leq 1$$

### 3.10.3 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΔΙΑΞΟΝΙΚΗΣ ΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΓΙΑ

$\lambda_{rel,m} < 0,75$  (σε σχέση με τον άξονα y-y).

Ή όταν εμποδίζεται ο πλευρικός στρεπτικός λυγισμός, δηλαδή το μέλος στηρίζεται πλευρικά κατά το μήκος του.

Πρέπει να ικανοποιούνται οι σχέσεις:

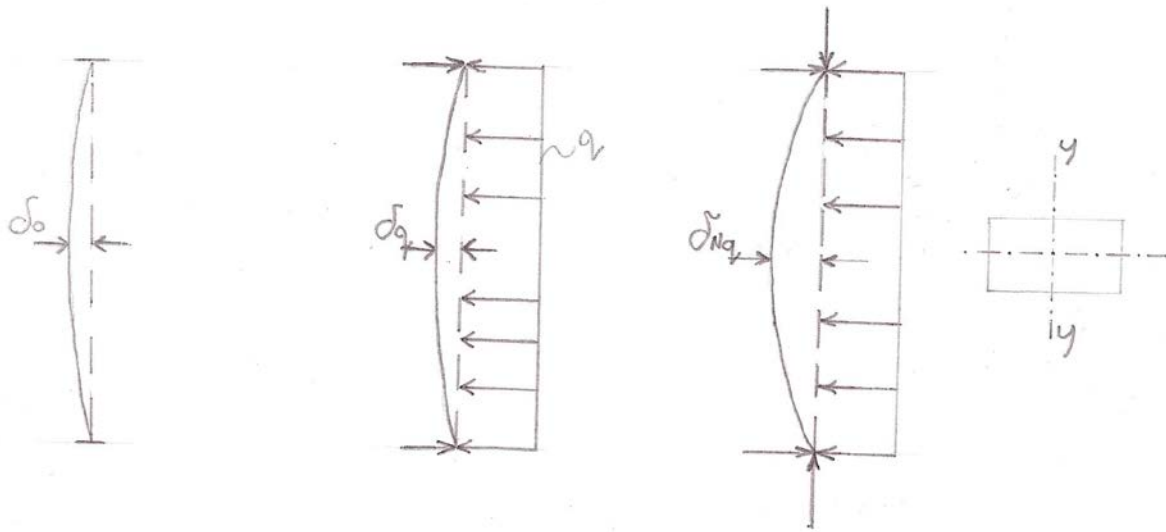
$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{myd}}{f_{myd}} + k_m \frac{\sigma_{mzd}}{f_{mzd}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{myd}}{f_{myd}} + \frac{\sigma_{mzd}}{f_{mzd}} \leq 1$$

Όπου εμφανίζεται πλευρικός στρεπτικός λυγισμός (δηλαδή  $\lambda_{rel,m} > 0,75$  και το μέλος δεν στηρίζεται πλευρικά κατά το μήκος του) ή η τάση εφελκυσμού είναι μικρή, πρέπει επίσης να ελέγχεται και σε κάμψη λαμβάνοντας υπ όψη τις επιπτώσεις τις πλευρικής στρεπτικής αστάθειας.



### 3.11 ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΙΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ. (Απόκλιση έξω από το επίπεδο).



Εικ.3.6.Απόκλιση υποστυλώματος.

Η απόκλιση των υποστυλωμάτων με αρχική απόκλιση και αξονικό φορτίο αντιμετωπίζεται στον EC5 σαν πρόβλημα αντοχής. Η απόκλιση έξω από το επίπεδο δεν εξετάζεται στον κώδικα. Όπως και να χει ίσως υπάρχει περίπτωση στο σχεδιασμό, όπου απαιτείται να ελεγχθεί η απόκλιση έξω από το επίπεδο. Η ακόλουθη μεθοδολογία δίνεται για τον υπολογισμό αυτής της παραμόρφωσης.

- Σύμφωνα με τον EC5 η μέγιστη αρχική απόκλιση από την ευθυγραμμία δεν πρέπει να υπερβαίνει το  $L/300$  για συμπαγή ξυλεία, όπου  $L \rightarrow$  μήκος του μέλους.

$$\delta_q = \frac{5qL^4}{32E_{0,mean}bh^3} \left( 1 + 0,96 \left( \frac{E_{0,mean}}{G_{0,mean}} \right) \left( \frac{h}{L} \right)^2 \right)$$

- $L \rightarrow$  ύψος υποστυλώματος (μέλους).
- $q \rightarrow$  δράση σε kN/m.
- $\delta_q \rightarrow$  απόκλιση έξω από το επίπεδο λόγω ομοιόμορφα κατανεμημένου φορτίου που προκαλεί κάμψη στον άξονα y-y και για στήριξη σε αρθρώσεις.

$$\delta_{N0} = \alpha \delta_0$$

- $\delta_{N0}$  → απόκλιση έξω από το επίπεδο λόγω αρχικής απόκλισης και αξονικού φορτίου.
- $\delta_0$  → αρχική απόκλιση του μέλους από την ευθυγραμμία (χωρίς την επιβολή φορτίου).

$$\alpha = \left( \frac{1}{1 - N_d/P_E} \right)$$

- $\alpha$  → συντελεστής ενίσχυσης.

$$P_{Ey} = \frac{\pi^2 E_{0,05} (bh^2/12)}{L^2}$$

- $L$  → ενεργό μήκος  $L_{ey}$ .
- $P_{Ey}$  → φορτίο λυγισμού.

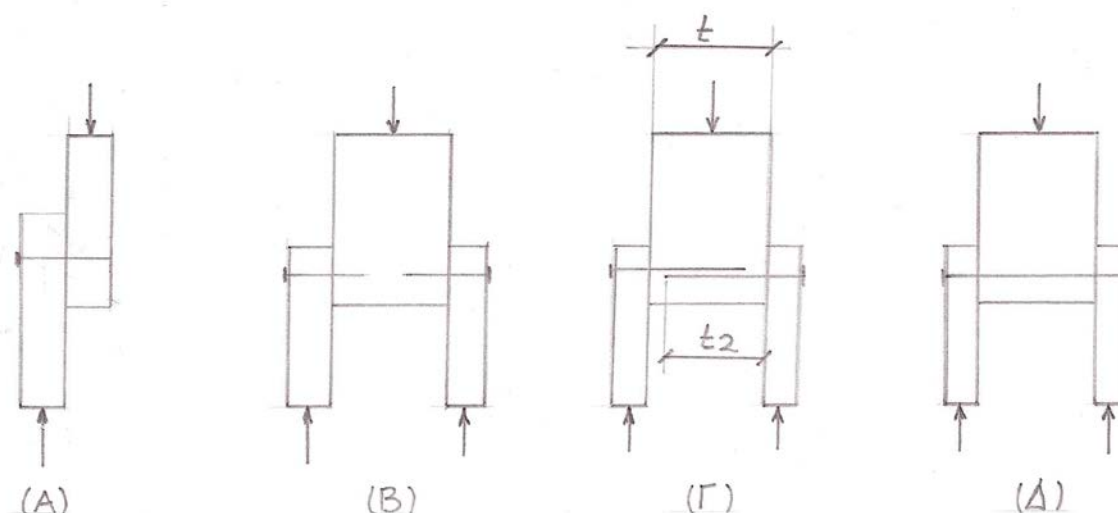
$$\delta_{Nq} = a\delta_0 + \alpha\delta_q$$

- $\delta_{Nq}$  → τελική συνολική απόκλιση από την ευθυγραμμία.

## 4. ΈΛΕΓΧΟΙ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟΝ EC5.

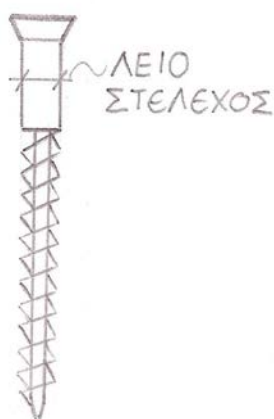
Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται έλεγχοι που αφορούν, μονότμητες συνδέσεις βιδών(μία τμήση σε κάθε συνδετήρα), μεταξύ συμπαγή ξύλου και χοντρής μεταλλικής πλάκας, όπου όταν η σύνδεση είναι κοντά στο άκρο του μέλους, τότε για συνδετήρες με διάμετρο  $d \leq 6\text{mm}$  ο μέγιστος αριθμός συνδετήρων σε μία σειρά παράλληλα με τις ίνες θα είναι 9 συνδετήρες, ενώ για συνδετήρες με διάμετρο  $d > 6\text{mm}$  ο μέγιστος αριθμός συνδετήρων σε μία σειρά παράλληλα με τις ίνες θα είναι 4 συνδετήρες.

- Χοντρή μεταλλική πλάκα θεωρείται όταν το πάχος της είναι ίσο ή μεγαλύτερο με τη διάμετρο ( $d$ ) του πείρου και η ανοχή για το περιθώριο της τρύπας του πείρου στη μεταλλική πλάκα είναι λιγότερο από  $0,1d$ .



Εικ.4.1.Οι συνδέσεις (Α),(Β),(Γ), είναι παραδείγματα μονής τμήσης με ένα επίπεδο τμήσης ανά συνδετήρα. Η σύνδεση (Δ) είναι παράδειγμα διπλής τμήσης με δύο επίπεδα τμήσης ανά συνδετήρα. Όπου χρησιμοποιούνται καρφιά μπορούν να επικαλύπτονται όπως φαίνεται στο (Γ).

#### 4.1 ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΒΙΔΑΣ.



Η τιμή που πρέπει να χρησιμοποιηθεί στις εξισώσεις αντοχής για τη διάμετρο του συνδετήρα εξαρτάται από τον τύπο συνδετήρα που χρησιμοποιείται και η τιμή για βίδες δίνεται στον πίνακα 2.9.

Πίν. 2.9 απαίτηση του EC5 για τη διάμετρο του συνδετήρα.

βίδες	διάμετρος d (mm)
α)Γενικά	α)Η διάμετρος της βίδας(διάμετρος στελέχους ή η εξωτερική διάμετρος του σπειρώματος)
β)Όταν καθορίζεται η ροπή διαρροής, λαμβάνεται υπ όψη η μειωμένη καμπτική αντοχή λόγω του μέρους της βίδας που έχει το σπείρωμα, χρησιμοποιώντας μία ενεργή διάμετρος, όπως παρουσιάζεται ακολούθως:	
β <sub>1</sub> )Βίδες με ομαλό στέλεχος-όπου η εξωτερική διάμετρο του σπειρώματος είναι ίση με τη διάμετρο του στελέχους και το ομαλό στέλεχος διεισδύει το δεύτερο μέλος το λιγότερο 4d.	β <sub>1</sub> )Η ενεργή διάμετρος, $d_{ef}$ είναι η διάμετρος του στελέχους d
β <sub>2</sub> )Όπου οι περιπτώσεις δεν συμφωνούν με το (β <sub>1</sub> ).	β <sub>2</sub> )Η ενεργή διάμετρος, $d_{ef}$ είναι 1,1 φορές η διάμετρος του κορμού του σπειρώματος.

#### 4.2 $F_{v,rk}$ (χαρακτηριστική ικανότητα μεταφοράς φορτίου ανά επίπεδο τμήσης ανά συνδετήρα).

Οι σχέσει αφορούν συνδέσεις χοντρής μεταλλικής πλάκας με ξύλο.

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} F_{v,Rk} = f_{h,k} t_1 d \left( \sqrt{2 + \frac{4M_{y,Rk}}{f_{h,k} t_1^2 d}} - 1 \right) + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ F_{v,Rk} = 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ F_{v,Rk} = f_{h,k} t_1 d \end{cases}$$

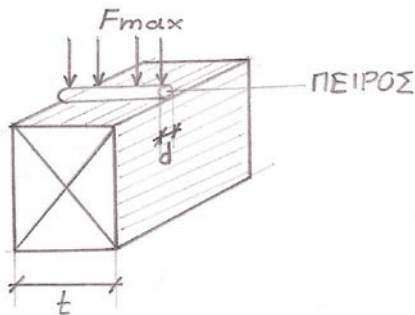
### 4.3 $M_{y,Rk}$ (χαρακτηριστική ροπή διαρροής).

Αν το  $d_{ef} \leq 6mm \rightarrow M_{y,Rk} = 0,3f_u d_{ef}^{2,6}$

Αν το  $d_{ef} > 6mm \rightarrow M_{y,Rk} = 0,3f_{uk} d_{ef}^{2,6}$

- $f_u$  → εφελκυστική αντοχή σε (N/mm<sup>2</sup>).
- $f_{uk}$  → χαρακτηριστική εφελκυστική αντοχή σε (N/mm<sup>2</sup>).
- $d_{ef}$  → ενεργή διάμετρος σε (mm).
- $M_{y,Rk}$  → (Nmm).

### 4.4 $f_{h,k}$ (χαρακτηριστική αντοχή πρόσχωσης).



Η αντοχή πρόσχωσης ( $f_h$ ) είναι η μέση θλιπτική αντοχή του ξύλου υπό τη δράση ενός άκαμπτου ευθύ πείρου, όπως φαίνεται στο σχήμα.

Αν το  $d \leq 6mm \rightarrow f_{h,k} = 0,082(1 - 0,01d)p_k$

Όταν χρησιμοποιούμε βίδες με διάμετρο  $> 8mm$  τότε η αντοχή πρόσχωσης είναι εξαρτώμενη από την κατεύθυνση που εφαρμόζεται σε σχέση με τις ίνες.

Αν το  $d > 6mm \rightarrow f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)p_k$

Αν το  $d > 8mm \rightarrow f_{h,a,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90}\sin^2 a + \cos^2 a}$

$k_{90} \rightarrow (1,35+0,015d) \rightarrow$ για «μαλακή ξυλεία».

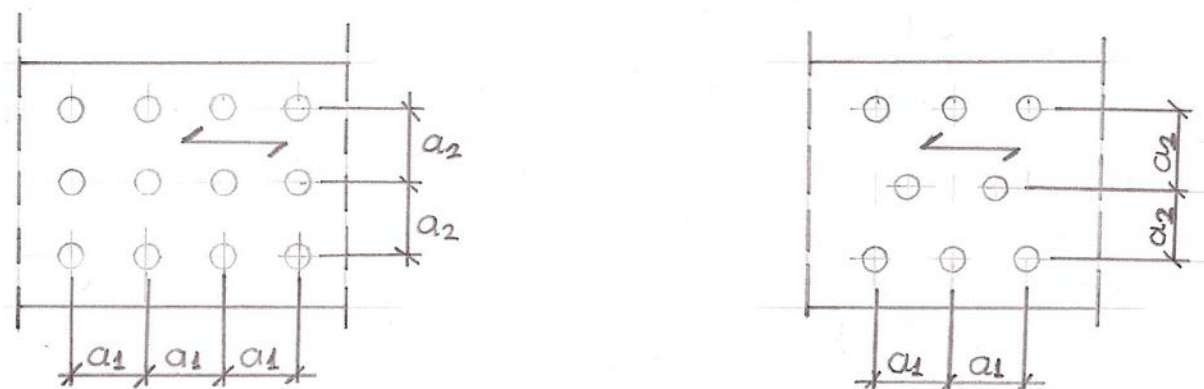
- $f_{h,k}$  → χαρακτηριστική αντοχή πρόσχωσης σε (N/mm<sup>2</sup>).
- $d$  → (mm).
- $p_k$  → (kg/m<sup>3</sup>).
- $a$  → γωνία του φορτίου του συνδετήρα σε σχέση με τις ίνες.
- $f_{h,0,k}$  → χαρακτηριστική αντοχή πρόσχωσης παράλληλα με τις ίνες σε (N/mm<sup>2</sup>).
- $f_{h,a,k}$  → χαρακτηριστική αντοχή πρόσχωσης υπό γωνία σε σχέση με τις ίνες σε (N/mm<sup>2</sup>).

#### 4.5 ΠΑΧΟΣ ΜΕΛΟΥΣ ( $t_1$ και $t_{steel}$ ) ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΒΙΔΑΣ.

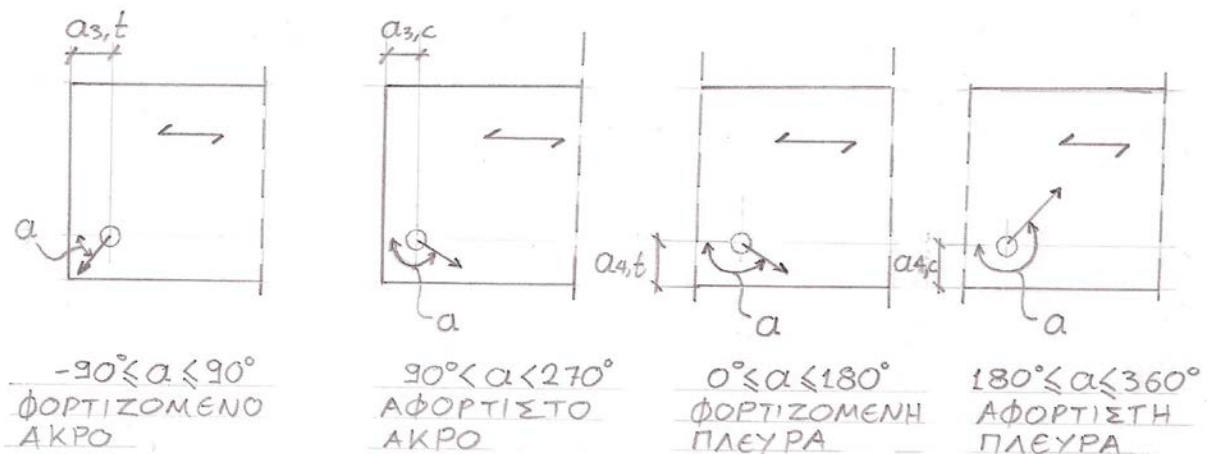
Για μονόμητες συνδέσεις το πάχος του μέλους ( $t_1$ ), είναι το μήκος διείσδυσης της βίδας στο δεύτερο μέλος όπως φαίνεται στο σχήμα και το ( $t_{steel}$ ) είναι το πάχος της μεταλλικής πλάκας.

Η ελάχιστη διείσδυση του σπειρώματος της βίδας στο δεύτερο μέλος πρέπει να είναι  $6d$  ( $d \rightarrow$  η εξωτερική διάμετρος του σπειρώματος), αλλά προσθέτουμε και  $1d$  που είναι η μύτη της βίδας, άρα η διείσδυση πρέπει να είναι τουλάχιστον  $7d$ .

#### 4.6 ΨΑΘΥΡΗ ΑΣΤΟΧΙΑ.



Εικ.4.2.Αποστάσεις παράλληλα( $a_1$ ) και κάθετα( $a_2$ ) στις ίνες.



Εικ.4.3.Αποστάσεις από το άκρο και την πλευρά του μέλους.

Οι τύποι για την χαρακτηριστική ικανότητα μεταφοράς φορτίου ανά επίπεδο τμήσης ανά συνδετήρα ισχύουν μόνο όταν δεν υπάρχει πρόωρη διάσπαση(σχίσσιμο) του ξύλου που θα έχει σαν αποτέλεσμα την ψαθυρή αστοχία του ξύλου. Για να προσπαθήσουμε να εξαλείψουμε το ρίσκο τέτοιας αστοχίας υπάρχουν απαιτήσεις για τις αποστάσεις, μεταξύ των συνδετήρων, από τις άκρες του μέλους, όπως και για κάθε πλευρά. Επίσης για να εμποδιστεί το σχίσσιμο του ξύλου όταν χρησιμοποιούμε βίδες >6mm σε διάμετρο πρέπει να γίνεται προδιάτρηση. Ακόμη πρέπει να αναφερθεί πως ίσως είναι απαραίτητο να γίνεται προδιάτρηση σε ξύλα που η χαρακτηριστική πυκνότητα ( $\rho_k$ ) είναι μεγαλύτερη από ( $500\text{kg/m}^3$ ) και για όλες τις βίδες σε «σκληρή ξυλεία».

Οι ελάχιστες αποστάσεις είναι:

**Αν  $d > 6\text{mm}$ .**

παράλληλα στις ίνες  $\rightarrow a_1 = (4 + |\cos\alpha|)d$

- $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$

κάθετα στις ίνες  $\rightarrow a_2 = 4d$

- $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$

φορτιζόμενο άκρο  $\rightarrow \alpha_{3t} = \max(7d; 80\text{mm})$

- $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$

αφόρτιστο άκρο  $\rightarrow \alpha_{3c}$

- $90^\circ < \alpha < 150^\circ \rightarrow \alpha_{3c} = \max[(1 + 6|\sin\alpha|)d; 4d]$

- $150^\circ \leq a < 210^\circ \rightarrow a_{3c} = 4d$
- $210^\circ \leq a < 270^\circ \rightarrow a_{3c} = \max[(1 + 6|\sin a|)d; 4d]$

φορτιζόμενη πλευρά  $\rightarrow a_{4t} = \max[(2 + 2|\sin a|)d; 3d]$

- $0^\circ \leq a \leq 180^\circ$

αφόρτιστη πλευρά  $\rightarrow a_{4c} = 3d$

- $180^\circ \leq a \leq 360^\circ$

**Αν το  $d \leq 6mm$**

**και το  $p_k$  είναι  $420kg/m^3 < p_k < 500kg/m^3$  τότε:**

παράλληλα στις ίνες  $\rightarrow a_1 = (7 + 8|\cos a|)0,7d$

- $0^\circ \leq a \leq 360^\circ$

κάθετα στις ίνες  $\rightarrow a_2 = 7 \times 0,7d$

- $0^\circ \leq a \leq 360^\circ$

φορτιζόμενο άκρο  $\rightarrow a_{3t} = (15 + 5\cos a)d$

- $-90^\circ \leq a \leq 90^\circ$

αφόρτιστο άκρο  $\rightarrow a_{3c} = 15d$

- $90^\circ \leq a \leq 270^\circ$

φορτιζόμενη πλευρά  $\rightarrow a_{4t}$

$\rightarrow d < 5mm \rightarrow a_{4t} = (7 + 2|\sin a|)d$

$\rightarrow d \geq 5mm \rightarrow a_{4t} = (7 + 5|\sin a|)d$



- $0^\circ \leq a \leq 180^\circ$

αφόρτιστη πλευρά  $\rightarrow a_{4c} = 7d$

- $180^\circ \leq a \leq 360^\circ$

**Αν το  $d \leq 6mm$**

**και το  $p_k$  είναι  $p_k \leq 420kg/m^3$  τότε:**

παράλληλα στις ίνες  $\rightarrow a_1$

$d < 5mm \rightarrow a_1 = (5 + 5|cosa|)0,7d$

$d \geq 5mm \rightarrow a_1 = (5 + 7|cosa|)0,7d$

- $0^\circ \leq a \leq 360^\circ$

κάθετα στις ίνες  $\rightarrow a_2 = 5 \times 0,7d$

- $0^\circ \leq a \leq 360^\circ$

φορτιζόμενο άκρο  $\rightarrow a_{3t} = (10 + 5cosa)d$

- $-90^\circ \leq a \leq 90^\circ$

αφόρτιστο άκρο  $\rightarrow a_{3c} = 15d$

- $90^\circ \leq a \leq 270^\circ$

φορτιζόμενη πλευρά  $\rightarrow a_{4t}$

$\rightarrow d < 5mm \rightarrow a_{4t} = (5 + 2|sina|)d$

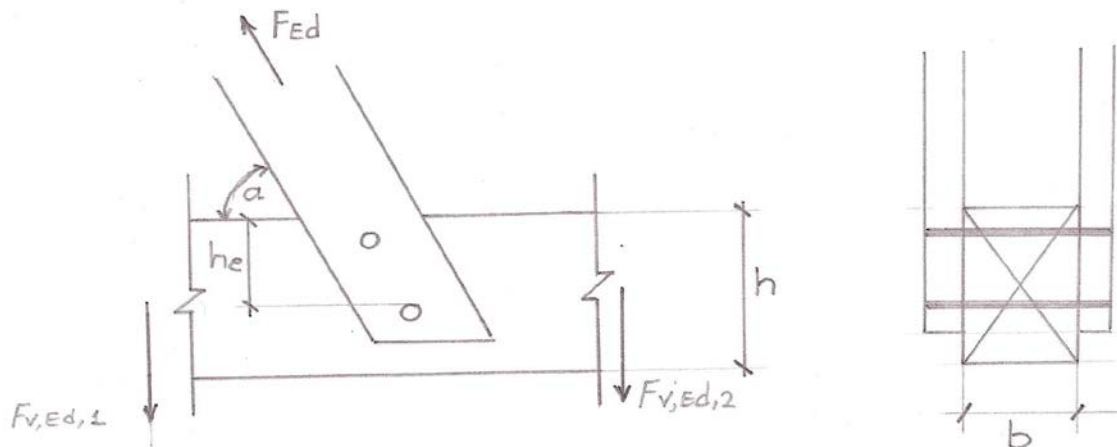
$\rightarrow d \geq 5mm \rightarrow a_{4t} = (5 + 5|sina|)d$

- $0^\circ \leq a \leq 180^\circ$

αφόρτιστη πλευρά →  $a_{4c} = 5d$

- $180^\circ \leq a \leq 360^\circ$

#### 4.7 ΨΑΘΥΡΗ ΑΣΤΟΧΙΑ ΛΟΓΩ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΥΠΟ ΓΩΝΙΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΙΝΕΣ.



$$F_{90,Rk} = 14b \times w \sqrt{\frac{h_e}{1 - \left(\frac{h_e}{h}\right)}}$$

$$w = 1$$

- $w$  → συντελεστής τροποποίησης.
- $b$  → πάχος του μέλους.
- $h_e$  → απόσταση της φορτιζόμενης πλευράς από τον πιο απομακρυσμένο κοχλία σε (mm).
- $h$  → το ύψος του μέλους σε (mm).
- $F_{90,Rk}$  → χαρακτηριστική ικανότητα απόσχισης σε (N).

$$F_{90,Rd} = k_{mod} \frac{F_{90,Rk}}{\gamma_M}$$

- $F_{90,Rd}$  → ικανότητα απόσχισης σχεδιασμού.

$$F_{v,Ed} = \max(F_{v,Ed1}; F_{v,Ed2})$$

- $F_{v,Ed1}$  και  $F_{v,Ed2}$  → διατμητικές δυνάμεις σχεδιασμού σε κάθε πλευρά της σύνδεσης.

Πρέπει να ικανοποιείται η σχέση:

$$F_{v,Ed} \leq \frac{2bh_e k_{mod} f_{v,k}}{3\gamma_M}$$

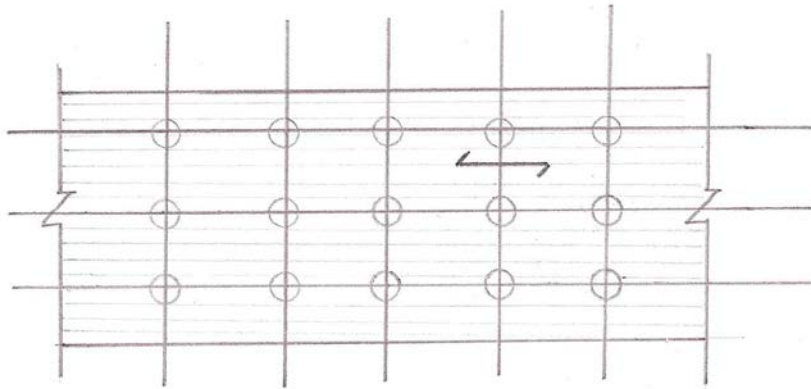
- $b$  → πλάτος της διατομής που παραλαμβάνει την τέμνουσα. (πάχος του μέλους)

→ θεωρώ ότι το τμήμα κάτω από τον πιο απομακρυσμένο κοχλία, ουσιαστικά δεν παραλαμβάνει τέμνουσα. (Ελευθερία Τσακανίκα, Ζανής Κοντέας 2010)

Αφού ελέγξουμε ότι η τέμνουσα μπορεί να παραληφθεί τότε πρέπει να ικανοποιείται η σχέση:

$$F_{v,Ed} \leq F_{90,Rd}$$

#### 4.8 ΠΟΛΛΑΠΛΟΙ ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ ΦΟΡΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΠΛΕΥΡΙΚΑ.



Εικ.4.4. Παράδειγμα: τρεις σειρές συνδετήρων παρ/λα στις ίνες και πέντε σειρές κάθετα στις ίνες.

$$F_{v,ef,Rk} = n_{ef} F_{v,Rk}$$

- $F_{v,ef,Rk}$  → ενεργή χαρακτηριστική ικανότητα μεταφοράς φορτίου ανά επίπεδο τμήσης μίας σειράς από συνδετήρες παράλληλα στις ίνες.
- $n_{ef}$  → ενεργός αριθμός από συνδετήρες ανά επίπεδο τμήσης στη σειρά (από συνδετήρες) παράλληλα στις ίνες.

#### ΕΝΕΡΓΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΥΝΔΕΤΗΡΩΝ.

Αν το  $d \leq 6mm$

A) Φορτιζόμενοι συνδετήρες παράλληλα στις ίνες.

Για μονόμητη ή δίμητη:

$$n_{ef} = n^{kef}$$

- $n_{ef}$  → ενεργός αριθμός συνδετήρων σε μία σειρά παράλληλα στις ίνες.
- $n$  → αριθμός συνδετήρων σε μία σειρά παράλληλα στις ίνες.

Για επικαλυπτόμενες βίδες:

$$n_{ef} = n_p^{kef}$$

- $n_p$  → αριθμός επικαλυπτόμενων βιδών σε μία σειρά παράλληλα στις ίνες (σημείωση: μία επικαλυπτόμενη βίδα σχηματίζεται από δύο βίδες).

B) Φορτιζόμενοι συνδετήρες κάθετα στις ίνες.

$$n_{ef} = n$$

$$n_{ef} = n_p^{kef}$$

- $n$  → πραγματικός αριθμός συνδετήρων σε μία σειρά κάθετα στις ίνες.
- $n_p$  → ο αριθμός επικαλυπτόμενων συνδετήρων σε μία σειρά κάθετα στις ίνες.

Πίν. 2.10 τιμές για τον εκθέτη  $k_{ef}$ .

αποστάσεις	$k_{ef}$	
	με προδιάτρηση	χωρίς προδιάτρηση
$\alpha_1=14d$	1.0	1.0
$\alpha_1=12d$	0.925	0.925
$\alpha_1=10d$	0.85	0.85
$\alpha_1=9d$	0.80	0.80
$\alpha_1=8d$	0.75	0.75
$\alpha_1=7d$	0.70	0.70
$\alpha_1=4d$	0.50	-

Γ) Συνδετήρες φορτιζόμενοι υπό γωνία σε σχέση με τις ίνες.

1) Η συνιστώσα δύναμη σχεδιασμού που δρα παράλληλα στις ίνες δεν πρέπει να υπερβαίνει την αντοχή της σύνδεσης παράλληλα στις ίνες όπως προσδιορίζεται στο κεφ. 4.8.1 (α).

2) Η συνιστώσα δύναμη σχεδιασμού που δρα κάθετα στις ίνες δεν πρέπει να υπερβαίνει την αντοχή της σύνδεσης κάθετα στις ίνες όπως προσδιορίζεται στο κεφ. 4.8.1 (β).

Για βίδες με  $d > 6\text{mm}$ .

A) Φορτιζόμενοι συνδετήρες παράλληλα στις ίνες.

$$n_{ef} = \min \left[ n; n^{0,9} \times \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \right]$$

B) Φορτιζόμενοι συνδετήρες κάθετα στις ίνες.

$$n_{ef} = n$$

Γ) Φορτιζόμενοι συνδετήρες υπό γωνία σε σχέση με τις ίνες → όπως προαναφέρθηκε για βίδες με  $d \leq 6\text{mm}$  στο Γ).1).2).

#### 4.8.1 ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΠΛΕΥΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΖΟΜΕΝΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ.

A) Φορτιζόμενη παράλληλα στις ίνες.

Μονός συνδετήρας:

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

Πολλαπλοί συνδετήρες:

$$F_{v,ef,Rd} = n_{sp} r_{pl} n_{ef} F_{v,Rd}$$

- $r_{pl}$  → σειρές (γραμμές) συνδετήρων παράλληλα στις ίνες.
- $n_{ef}$  → ενεργός αριθμός συνδετήρων σε κάθε σειρά παράλληλα στις ίνες.
- $n_{sp}$  → αριθμός επιπέδων διάτμησης στη σύνδεση.

B) Φορτιζόμενη κάθετα στις ίνες.

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

$$F_{v,ef,Rd} = n_{sp} r_{pl} n_{ef} F_{v,Rd}$$

- $r_{pl}$  → σειρές (γραμμές) συνδετήρων κάθετα στις ίνες.
- $n_{ef}$  → ενεργός αριθμός συνδετήρων σε κάθε σειρά κάθετα στις ίνες.
- $n_{sp}$  → αριθμός επιπέδων διάτμησης στη σύνδεση.

$$F_{v,ef,Rd,fin} = \min\{F_{90,Rd}; F_{v,ef,Rd}\}$$

- $F_{90,Rd}$  → ικανότητα απόσχισης σχεδιασμού (αναφέρθηκε στο κεφ. 4.7)

#### 4.9 ΑΞΟΝΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ( $F_{ax,Rk}$ ).

Όταν η διεύθυνση του σπειρώματος στο δεύτερο μέλος είναι  $>10d$  τότε πρέπει να γίνεται έλεγχος του μέρους της βίδας με το σπείρωμα σύμφωνα με τον EC3 (EN 1993-1-8).

Ελάχιστες αποστάσεις:

διεύθυνση των βιδών σε σχέση με τις ίνες	απόσταση μεταξύ βιδών	απόσταση από το άκρο
κάθετα στις ίνες	$\alpha_1=4d$	$\alpha_2=4d$
παράλληλα με τις ίνες (δηλαδή στο τέλος των ινών, στο σόκορο)	$\alpha_1=4d$	$\alpha_2=2,5d$

$$f_{ax,k} = 0,0036 p_k^{1,5} \rightarrow \text{σε (N/mm}^2\text{)}.$$

- $p_k$  → χαρακτηριστική πυκνότητα ξύλου σε ( $\text{kg/m}^3$ ).
- $f_{ax,k}$  → χαρακτηριστική αντοχή απόσυρσης βίδας τοποθετημένης κάθετα σε σχέση με τις ίνες, σε ( $\text{N/mm}^2$ ).

$$f_{ax,\alpha,k} = \frac{f_{ax,k}}{\sin^2 \alpha + 1,5 \cos^2 \alpha}$$

- $\alpha$  → γωνία που έχει τοποθετηθεί η βίδα σε σχέση με τις ίνες.
- $f_{ax,\alpha,k}$  → χαρακτηριστική αντοχή απόσυρσης βίδας τοποθετημένης υπό γωνία σε σχέση με τις ίνες, σε ( $\text{N/mm}^2$ ).

Για βίδες με  $d \leq 6mm$ .

$$f_{head,k} = 0,000007 p_k^2 \rightarrow \text{σε (N/mm}^2\text{)}.$$

- $p_k$  → χαρακτηριστική πυκνότητα ξύλου σε (kg/m<sup>3</sup>).
- $f_{head,k}$  → χαρακτηριστική ελκτική αντοχή κεφαλής βίδας σε (N/mm<sup>2</sup>).

$$F_{1ax,a,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} (\pi d l_{ef})^{0,8} f_{ax,a,k} \\ f_{head,k} d_h^2 \end{array} \right.$$

$$\text{για } \rightarrow 2,65mm \leq d \leq 3,75mm \rightarrow d_h = 2,25d$$

$$\text{για } \rightarrow d > 3,75mm \rightarrow d_h = 2d$$

- $d_h$  → διάμετρος κεφαλής της βίδας.
- $d$  → εξωτερική διάμετρος του σπειρώματος της βίδας σε (mm).
- $l_{ef}$  → διείσδυση του σπειρώματος της βίδας στο δεύτερο μέλος σε (mm). (πρέπει να είναι  $\geq 7d$ )
- $F_{1ax,a,Rk}$  → χαρακτηριστική ικανότητα απόσυρσης μίας βίδας τοποθετημένης υπό γωνία ( $\alpha$ ) σε σχέση με τις ίνες σε (N).

Για βίδες με  $d > 6mm$ .

Όταν έχουμε αξονικά φορτιζόμενες βίδες η αντοχή της σύνδεσης θα εξαρτάται και από την εφελκυστική αντοχή της βίδας και από την αντοχή έδρασης του υλικού πάνω στο οποίο εδράζεται η ροδέλα. Η εφελκυστική αντοχή της βίδας ελέγχεται με EC3.

Όταν χρησιμοποιείται μεταλλική πλάκα (αντι για ροδέλα σε σύνδεση ξύλου με ξύλο) η ικανότητα έδρασης ανά βίδα δεν πρέπει να υπερβαίνει εκείνη της στρογγυλής ροδέλας με διάμετρο που είναι το ελάχιστο  $12t$  (όπου  $t$  → είναι το πάχος της πλάκας) ή  $4d$  (όπου  $d$  → διάμετρος της βίδας).

Όταν θέλουμε να υπολογίσουμε την ικανότητα έδρασης κάτω από την ροδέλα, θα πρέπει να υπολογίζεται θεωρώντας μία αύξηση 300% στη χαρακτηριστική αντοχή του ξύλου κάθετα σε σχέση με τις ίνες στην περιοχή έδρασης (επαφής) της ροδέλας με το ξύλο.

$$f_{c,k} = 3f_{c,90,k}$$

- $f_{c,k}$  → χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή του ξύλου κάτω απ τη ροδέλα.
- $f_{c,90,k}$  → χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή του ξύλου κάθετα σε σχέση με τις ίνες.

$$F_{1ax,a,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} (\pi d l_{ef})^{0,8} f_{ax,a,k} \\ \text{ή} \\ f_{uk} \left[ \frac{\pi (0,7d)^2}{4} \right] \end{array} \right.$$

- $f_{uk}$  → χαρακτηριστική εφελκυστική αντοχή βίδας.

- Ο τύπος  $F_{1ax,a,Rk}$  αναφέρεται σε συνδέσεις, όπου η αντοχή έδρασης του ξύλου δεν σχετίζεται με την αντοχή της σύνδεσης (δηλαδή δεν εδράζεται κάποια ροδέλα πάνω σε ξύλο).
- $f_{uk} \left[ \frac{\pi(0,7d)^2}{4} \right]$  → ο τύπος μας δίνει την χαρακτηριστική εφελκυστική αντοχή της βίδας και βασίζεται στην αντοχή εφελκυσμού για μπουλόνια σύμφωνα με EN1993-1-8, αγνοώντας τον συντελεστή k και τα πλεονεκτήματα από τον μερικό συντελεστή που σχετίζεται με τις βίδες.

#### 4.10 ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΑΚΑΜΨΙΑ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΟΡΙΑΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.

Τα όρια ολίσθησης έχουν αφαιρεθεί στον σχεδιαστή να αποφασίσει.

τύπος συνδετήρα	μέτρο ολίσθησης $k_{ser}$ σε (N/mm)
βίδες	$p_m^{1,5} d / 23$

- $p_m$  → μέση πυκνότητα ξύλου σε (kg/m<sup>3</sup>).
- d → διάμετρος συνδετήρα σε (mm).
- $k_{ser}$  → μέτρο ολίσθησης ανά επίπεδο τμήσης, ανά συνδετήρα σε (N/mm).

Για συνδέσεις ξύλο με μέταλλο το μέτρο ολίσθησης ( $k_{ser}$ ) μπορεί να παρθεί  $k_{ser}=2 k_{ser}$ .

Για συνδέσεις ξύλου με μέταλλο, η στιγμιαία ολίσθηση θα είναι η μισή τιμή απ ότι σε μία σύνδεση ξύλου με ξύλο, δηλαδή η ακαμψία της θεωρητικά θα είναι δύο φορές το μέτρο ολίσθησης απ ότι σε μία σύνδεση ξύλου με ξύλο. Αυτό είναι κατά προσέγγιση (χονδρική εκτίμηση) ως προς την πραγματική συμπεριφορά καθώς αγνοεί την επιρροή του περιθωρίου μεταξύ του συνδετήρα και του μετάλλου, την περιστροφή του συνδετήρα στο μεταλλικό μέλος και την διαρροή του μεταλλικού μέλους όπου είναι σε επαφή με τον συνδετήρα, σαν αποτέλεσμα θα έχει μία υπερεκτίμηση της ακαμψίας. Παρ όλα αυτά ο EC5 δηλώνει ότι το μέτρο ολίσθησης για συνδέσεις μετάλλου με ξύλο και σκυροδέματος με ξύλο μπορεί να παρθεί  $k_{ser}=2 k_{ser}$ . Αλλά αν η κατασκευή που σχεδιάζεται είναι ευαίσθητη στη συμπεριφορά απόκλισης, προτείνεται να χρησιμοποιηθεί μικρότερη τιμή.

Η στιγμιαία ολίσθηση σε μία σύνδεση ( $u_{inst}$ ) είναι μία άθροιση της ολίσθησης στα αντίστοιχα μέλη που σχηματίζουν τη σύνδεση, και για μονόμητη σύνδεση ξύλου με ξύλο, η στιγμιαία ολίσθηση θα είναι:

$$u_{inst} = u_{inst1} + u_{inst2}$$

- $u_{inst}$  → συνολική στιγμιαία ολίσθηση στο πρώτο και στο δεύτερο μέλος.
- $u_{inst1}$  → στιγμιαία ολίσθηση στο πρώτο μέλος.
- $u_{inst2}$  → στιγμιαία ολίσθηση στο δεύτερο μέλος.



Αν ένα από τα μέλη της σύνδεσης είναι μέταλλο, για το ίδιο εφαρμοζόμενο φορτίο, η ολίσθηση στο μεταλλικό μέλος θα είναι μηδέν, ενώ στο δεύτερο μέλος θα παραμείνει ως έχει, και για αυτήν την περίπτωση:

$$u_{inst} = 0 + u_{inst2} = u_{inst2}$$

- $u_{inst2} \rightarrow$  στιγμιαία ολίσθηση στο δεύτερο μέλος.

Τύπος για την εύρεση της συνολικής ολίσθησης του πρώτου και του δεύτερου μέλους:

$$u_{inst} = \frac{F}{K_{ser}} + c$$

- $F \rightarrow$  Φορτίο οριακής κατάστασης λειτουργίας που ασκείται στην σύνδεση
- $K_{ser} \rightarrow$  μέτρο ολίσθησης του συνδετήρα ανά επίπεδο τμήσης στην περίπτωση λειτουργίας.
- $c \rightarrow$  περιθώριο μεταξύ συνδετήρα και μεταλλικής πλάκας(προαιρετικό) σε (mm).
- $u_{inst} \rightarrow$  συνολική στιγμιαία ολίσθηση του πρώτου και του δεύτερου μέλους-αν έχουμε σύνδεση ξύλου με μέταλλο, διπλασιάζοντας την ακαμψία, θα είναι σαν να διαιρούμε την ολίσθηση με το δύο(δηλαδή θα είναι η μισή τιμή απ ότι σε μία σύνδεση ξύλου με ξύλο).

Τιμές του  $K_{ser}$  για συνδέσεις με (n) συνδετήρες:

- $K_{ser,sc} \rightarrow$  single shear configuration, μέτρο ολίσθησης για μονότμητη σύνδεση(ένα επίπεδο τμήσης).
- $K_{ser,dc} \rightarrow$  double shear configuration, μέτρο ολίσθησης για δίτμητη σύνδεση(δύο επίπεδα τμήσης).

A)μονότμητη σύνδεση:

$$k_{ser,sc} = n \times k_{ser}$$

B)δίτμητη σύνδεση:

$$k_{ser,dc} = 2 \times n \times k_{ser}$$

Γ)άρθρωση(ένωση) με δύο μονότμητες συνδέσεις:

$$k_{ser,sc1} = n \times k_{ser}$$

$$k_{ser,sc2} = n \times k_{ser}$$

$$k_{ser,sc} = \frac{1}{\left(\frac{1}{k_{ser,sc1}} + \frac{1}{k_{ser,sc2}}\right)}$$

- $k_{ser,sc1}$  → μέτρο ολίσθησης της πρώτης σύνδεσης.
- $k_{ser,sc2}$  → μέτρο ολίσθησης της δεύτερης σύνδεσης.
- $n$  → αριθμός συνδετήρων ανά επίπεδο τμήσης.
- $k_{ser,sc}$  → μέτρο ολίσθησης της άρθρωσης.

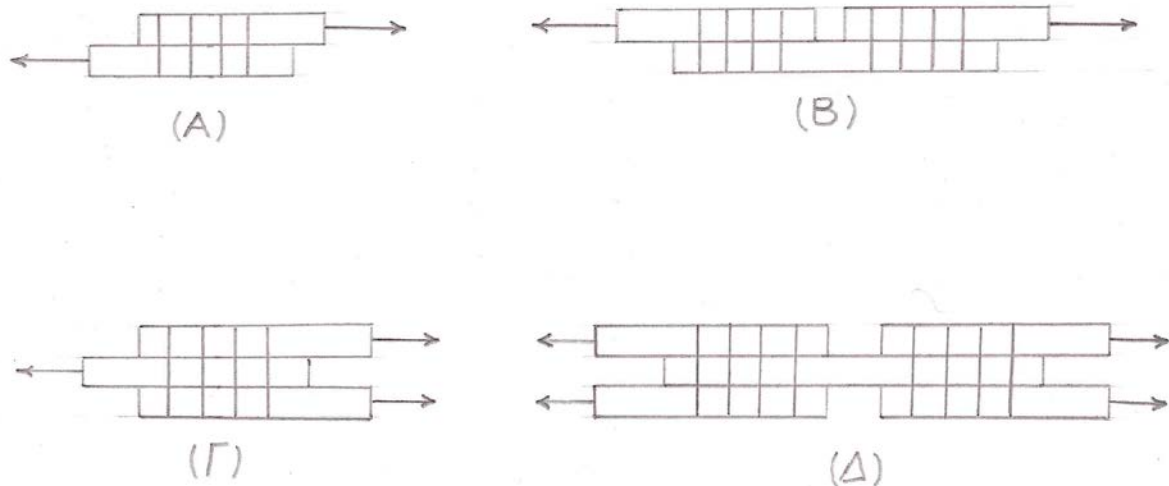
Δ) άρθρωση(ένωση) με δύο δίτημες συνδέσεις:

$$k_{ser,dc1} = 2 \times n \times k_{ser}$$

$$k_{ser,dc2} = 2 \times n \times k_{ser}$$

$$k_{ser,dc} = \frac{1}{\left(\frac{1}{k_{ser,dc1}} + \frac{1}{k_{ser,dc2}}\right)}$$

- $k_{ser,dc1}$  → μέτρο ολίσθησης της πρώτης σύνδεσης.
- $k_{ser,dc2}$  → μέτρο ολίσθησης της δεύτερης σύνδεσης.
- $k_{ser,dc}$  → μέτρο ολίσθησης της άρθρωσης.



**Εικ.4.5.(Α)μονότημη σύνδεση,(Β)άρθρωση με δύο μονότημες συνδέσεις,(Γ)δίτημη σύνδεση,(Δ)άρθρωση με δύο δίτημες συνδέσεις.**

Πρέπει να υπενθυμίσω ότι όταν η κατασκευή έχει μέλη, συνδέσεις, εξαρτήματα με διαφορετική ερπυστική συμπεριφορά τότε χρησιμοποιούμε μειωμένες ιδιότητες ακαμψίας.

# 5. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΞΥΛΙΝΩΝ ΜΕΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟΝ EC5.

---

Στα φύλλα του excel έχουν περαστεί έλεγχοι μελών στο ένα και έλεγχοι συνδέσεων στο άλλο, σύμφωνα με τον ευρωκώδικα 5 EN-1995.

Στους ελέγχους μελών έχουν περαστεί στο φύλλο excel οι έλεγχοι αντοχής κάμψης, διαξονικής κάμψης, θλίψης κάθετα στις ίνες (στις στηρίξεις), στρέψης, διάτμησης (με τη μία συνιστώσα παράλληλα στις ίνες), συνδυασμού στρέψης και διάτμησης (ο οποίος έλεγχος δεν αναφέρεται στον ευρωκώδικα, αλλά πρέπει να ελέγχεται σε συνδυασμό, λόγω δημιουργίας πρόσθετων διατμητικών δυνάμεων λόγω στρέψης), αξονικής θλίψης, αξονικού εφελκυσμού, συνδυασμού κάμψης, διαξονικής ή μονοαξονικής με θλίψη, συνδυασμού διαξονικής ή μονοαξονικής κάμψης και εφελκυσμού, έλεγχος παραμορφώσεων στις δοκούς και έλεγχος παραμορφώσεων στα υποστυλώματα (ο οποίος δεν απαιτείται από τον ευρωκώδικα). Οι πιο πάνω έλεγχοι αναφέρονται σε αυτήν την εργασία στο κεφάλαιο 3 (έλεγχοι μελών με EC5), στους οποίους συμπεριλαμβάνεται και έλεγχος ευστάθειας (λυγισμού) όπου απαιτείται. Οι έλεγχοι αφορούν μέλη στηριζόμενα σε αρθρώσεις, με ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο.

Στους ελέγχους συνδέσεων στο δεύτερο φύλλο excel γίνεται έλεγχος αντοχής πλευρικά φορτιζόμενης σύνδεσης, ξύλου με μεταλλική πλάκα, αποτελούμενη από μονότμητους συνδετήρες (βίδες) με προδιάτρηση. Δηλαδή γίνεται έλεγχος αντοχής σύνδεσης η οποία μπορεί να παραλάβει μόνο πλευρικά φορτία, προς οποιαδήποτε κατεύθυνση (είτε παράλληλα με τις ίνες, είτε κάθετα). Ακόμη προσδιορίζεται η πλευρική ακαμψία της σύνδεσης και ακολούθως η παραμόρφωσή της, χωρίς να γίνεται έλεγχος παραμόρφωσης, καθώς τα όρια της παραμόρφωσης έχουν αφεθεί στην κρίση του μηχανικού να τα προσδιορίσει. Οι έλεγχοι συνδέσεων έχουν περαστεί όπως αναφέρονται στο κεφάλαιο 4 (έλεγχοι συνδέσεων με EC5). Ακόμη γίνεται έλεγχος διατμητικής αντοχής του μέλους σύμφωνα με τη διάταξη της σύνδεσης, καθώς το μέλος ουσιαστικά δεν παραλαμβάνει τέμνουσα κάτω από τον πιο απομακρυσμένο συνδετήρα, ο οποίος έλεγχος επίσης αναφέρεται στο κεφάλαιο 4.

## 5.1 ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΦΥΛΛΟΥ ΕΛΕΓΧΩΝ ΜΕΛΩΝ.

Οι διατομές πρέπει να είναι ορθογωνικές από κωνοφόρα (softwood), τα μέλη να έχουν ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο και να στηρίζονται σε αρθρώσεις.

Στους ελέγχους οριακής κατάστασης λειτουργίας(παραμόρφωση δοκού κ απόκλιση υποστηλώματος έξω από το επίπεδο) τα φορτία πρέπει να είναι μόνιμα. Θεωρώ ότι όλα τα μέλη και οι συνδέσεις έχουν τις ίδιες χρονικά εξαρτώμενες ιδιότητες(πχ ερπυστική συμπεριφορά), δηλαδή δεν επηρεάζεται η διανομή τάσεων και ακαμψίας.

Στο φύλλο ελέγχων συμπληρώνουμε τις τιμές στα πράσινα κελιά όπως διευκρινίζεται παρακάτω:

**h:**διάσταση διατομής κάθετη με τον άξονα y.

**b:** διάσταση διατομής κάθετη με τον άξονα z.

**Iclear:**καθαρή απόσταση ανοίγματος μεταξύ των υποστηλωμάτων.

**Ibear:**μήκος έδρασης δοκού στη στήριξη σε κάθε πλευρά (θεωρούμε ότι το μήκος έδρασης θα είναι το ίδιο και στις δύο πλευρές).

**Ksys:** παράγοντας καταμερισμού φορτίου, όπου δεν ενώνονται τα δοκάρια κατά το μήκος τους μεταξύ τους τον παίρνουμε ίσο με 1, δηλαδή δεν τον λαμβάνουμε υπ όψη. (Ανάλυση στο κεφάλαιο 2.2.6)

**Kmod:**συντελεστής κλάση λειτουργίας και διάρκειας φορτίων.

**Kdef:**συντελεστής ερπυσμού.

**K2:**(Πίνακας στο κεφ. 3.5)

**Διαξονική κάμψη:**  $M_{yd} \leq$  της μονοαξονικής αντοχής η οποία αναγράφεται δίπλα.

**Θλίψη στις στηρίξεις:**  $a_{distance}$ : η απόσταση που εκτείνεται η δοκός πέραν της στήριξης (δηλαδή η απόσταση από εκεί που τελειώνει η έδραση της δοκού μέχρι το τέλος της δοκού).

**Συνδυασμός στρέψης και διάτμησης:**  $V_{d} \leq$  της μεμονωμένης διατμητικής αντοχής η οποία αναγράφεται δίπλα.

**Παραμόρφωση δοκού:**  $V_{d} \leq$  της θλιπτικής αντοχής στις στηρίξεις κάθετα στις ίνες η οποία αναγράφεται δίπλα.

**Συνδυασμός διαξονικής κάμψης και θλίψης για  $l_{rel,m} \leq 0,75$ :** Πρώτα κάνουμε τον έλεγχο διαξονικής κάμψης ώστε να εμφανιστούν οι μέγιστες τιμές  $M_{yd}$  και  $M_{zd}$ . Μετά συμπληρώνουμε τις τιμές  $M_{yd}$  και  $M_{zd}$  που πρέπει να είναι μικρότερες ή ίσες της διαξονικής αντοχής σε κάμψη, οι οποίες αναγράφονται δίπλα.

**Συνδυασμός μονοαξονικής κάμψης και θλίψης:**  $M_{yd} \leq$  της μεμονωμένης μονοαξονικής αντοχής σε κάμψη η οποία αναγράφεται δίπλα.

**Συνδυασμός μονοαξονικής κάμψης και εφελκυσμού:**  $M_{yd} \leq$  της μονοαξονικής αντοχής σε κάμψη η οποία αναγράφεται δίπλα.

**Απόκλιση υποστυλωμάτων έξω από το επίπεδο:**  $M_{yd} <$  από τη ροπή που μπορεί να παραλάβει το μέλος, για να είναι το μέλος εντός του επιθυμητού βέλους κάμψης.

**Max deviation:**μέγιστη απόκλιση που θέλουμε να έχει το υποσύλωμα.

**$\delta_{0y}$ :**αρχική απόκλιση του μέλους από την ευθυγραμμία, μετρημένη στο μέσον του υποστυλώματος(δηλαδή το μέλος δεν είναι ευθύγραμμο χωρίς την επιβολή φορτίου).

## 5.2 ΕΙΚΟΝΕΣ ΦΥΛΛΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΛΩΝ.

Έλεγχος ευρωκώδικα 5 (softwood) - Microsoft Excel

ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ		ΓΙΑ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗ ΚΑΜΨΗ	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΟΧΗΣ (C)	45	$\lambda_{rel,m}$	1,019049331
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ		$\sigma_{m,crit}$ (Mpa)	43,33333333
h (m)	0,6	$k_{ent}$	0,795713002
b (m)	0,1	W <sub>y</sub> (m <sup>2</sup> )	0,006
l <sub>clear</sub> (m)	1	l <sub>design</sub> (m)	2
l <sub>bear</sub> (m)	1	kh	1
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ		l <sub>ef</sub> (m)	3
k <sub>sys</sub>	1	f <sub>md</sub> (Mpa)	31,15384615
k <sub>mod</sub>	0,9	M <sub>yd</sub> (MNm) <=	0,148737123
k <sub>def</sub>	0,6	ΔΙΑΞΟΝΙΚΗ ΚΑΜΨΗ ΓΙΑ $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$	
ΚΑΜΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ		$\lambda_{rel,m}$	1,019049331
f <sub>mk</sub> (Mpa)	45	M <sub>yd</sub> (MNm)	0 <= 0,14873712
E <sub>0,05</sub> (Mpa)	10000	W <sub>y</sub> (m <sup>3</sup> )	0,006
ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ		W <sub>z</sub> (m <sup>3</sup> )	0,001
f <sub>vk</sub> (Mpa)	3,8	$\sigma_{myd}$	0
ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΤΙΣ ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ (ΚΑΘΕΤΑ ΣΤΙΣ ΙΝΕΣ)		f <sub>myd</sub> =f <sub>mzd</sub>	31,15384615
f <sub>c,90,k</sub> (Mpa)	3,1	km	0,7
		M <sub>zd</sub> (MNm) <=	NO CHECK POSSIBLE min 0,03115385 0,04450549
		ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΙΑ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΣΤΙΣ ΙΝΕΣ	

Έλεγχος ευρωκώδικα 5 (softwood) - Microsoft Excel

ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ (ΚΑΘΕΤΑ ΣΤΙΣ ΙΝΕΣ)		M <sub>zd</sub> (MNm) <=	NO CHECK POSSIBLE min 0,03115385 0,04450549
f <sub>c,90,k</sub> (Mpa)	3,1	ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΙΑ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΣΤΙΣ ΙΝΕΣ	
ΣΤΡΕΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ		f <sub>vd</sub> (Mpa)	2,630769231
f <sub>vk</sub> (Mpa)	3,8	V <sub>d</sub> (MN) <=	0,105230769
h/b	6	ΘΛΙΨΗ ΣΤΙΣ ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ (ΚΑΘΕΤΑ ΣΤΙΣ ΙΝΕΣ)	
k <sub>2</sub>	0	a <sub>distance</sub> (m)	
ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΛΟΓΩ ΚΑΜΨΗΣ, ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗΣ ΣΤΙΣ ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ		k <sub>c,90</sub>	1 max -1,701 1
E <sub>0,mean</sub> (Mpa)	15000	f <sub>c,90,d</sub> (Mpa)	2,146153846
$\sigma_{0,mean}$ (Mpa)	940	A (m <sup>2</sup> )	0,1
ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ		V <sub>d</sub> (MN) <=	0,214615385
f <sub>c,0,k</sub> (Mpa)	27	ΣΤΡΕΨΗ	
E <sub>0,05</sub> (Mpa)	10000	kshape	1,9 min 1,9 2
ΑΞΟΝΙΚΟΥ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ		h (m)	0,6
f <sub>t,0,k</sub> (Mpa)	27	b (m)	0,1
ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΕΞΩ ΑΠΟ ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ (ΓΙΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ)		f <sub>vd</sub> (Mpa)	2,630769231
E <sub>0,05</sub> (Mpa)	10000	T (MNm) <=	0
E <sub>c,mean</sub> (Mpa)	15000	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΣΤΡΕΨΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ (ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΤΟΝ ΕC5)	
		k <sub>2</sub>	0
		h (m)	0,6

Row	Column	Value / Description
38	A	ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΕΞΩ ΑΠΟ ΤΟ
39	A	ΕΠΙΠΕΔΟ (ΓΙΑ
40	A	ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ)
41	A	E <sub>0,05</sub> (MPa)
42	B	10000
43	A	E <sub>0,mean</sub> (MPa)
44	B	15000
45	A	Q <sub>0,mean</sub> (MPa)
46	B	940
47	H	T (MNm) <= 0
48	H	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΣΤΡΕΦΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ (ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΤΟΝ ΕC5)
49	H	k <sub>2</sub>
50	H	0
51	H	h (m)
52	H	0,6
53	H	b (m)
54	H	0,1
55	H	k <sub>shape</sub>
56	H	1,9
57	H	V <sub>d</sub> (MN)
58	I	0 <= 0,10523077
59	H	f <sub>vd</sub> (MPa)
60	I	2,630769231
61	H	T <sub>vd</sub> (MPa)
62	H	0
63	H	T (MNm) <= 0
64	H	ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΓΙΑ ΔΟΚΟ ΣΕ ΔΥΟ ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ ΛΟΓΩ ΚΑΜΨΗΣ, ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗΣ ΣΤΙΣ ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ, ΜΕ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΟ ΦΟΡΤΙΟ
65	H	k <sub>c,90req</sub>
66	H	0
67	H	factor
68	H	0
69	H	V <sub>d</sub> (MN)
70	I	0 <= 0,21461538
71	H	Samp factor
72	I	2,378723404
73	H	u <sub>comp</sub> (m)
74	H	0
75	H	deflection(m)
76	I	0,001050984

Row	Column	Value / Description
90	A	l (m)
91	B	0,66
92	A	h (m)
93	B	0,66
94	A	b (m)
95	B	0,1
96	A	E <sub>0,05</sub> (MPa)
97	B	10000
98	A	E <sub>0,mean</sub> (MPa)
99	B	15000
100	A	Q <sub>0,mean</sub> (MPa)
101	B	940
102	H	T (MNm) <= 0,10523077
103	H	f <sub>vd</sub> (MPa)
104	I	2,630769231
105	H	T <sub>vd</sub> (MPa)
106	H	0
107	H	T (MNm) <= 0
108	H	ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΓΙΑ ΔΟΚΟ ΣΕ ΔΥΟ ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ ΛΟΓΩ ΚΑΜΨΗΣ, ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗΣ ΣΤΙΣ ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ, ΜΕ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΟ ΦΟΡΤΙΟ
109	H	k <sub>c,90req</sub>
110	H	0
111	H	factor
112	H	0
113	H	V <sub>d</sub> (MN)
114	I	0 <= 0,21461538
115	H	Samp factor
116	I	2,378723404
117	H	u <sub>comp</sub> (m)
118	H	0
119	H	deflection(m)
120	I	0,001050984
121	A	l (m)
122	B	0,66
123	A	h (m)
124	B	0,66
125	A	b (m)
126	B	0,1
127	A	E <sub>0,05</sub> (MPa)
128	B	10000
129	A	E <sub>0,mean</sub> (MPa)
130	B	15000
131	A	Q <sub>0,mean</sub> (MPa)
132	B	940
133	H	T (MNm) <= 0,10523077
134	H	f <sub>vd</sub> (MPa)
135	I	2,630769231
136	H	T <sub>vd</sub> (MPa)
137	H	0
138	H	T (MNm) <= 0
139	H	ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΓΙΑ ΔΟΚΟ ΣΕ ΔΥΟ ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ ΛΟΓΩ ΚΑΜΨΗΣ, ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗΣ ΣΤΙΣ ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ, ΜΕ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΟ ΦΟΡΤΙΟ
140	H	k <sub>c,90req</sub>
141	H	0
142	H	factor
143	H	0
144	H	V <sub>d</sub> (MN)
145	I	0 <= 0,21461538
146	H	Samp factor
147	I	2,378723404
148	H	u <sub>comp</sub> (m)
149	H	0
150	H	deflection(m)
151	I	0,001050984

### 5.3 ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΦΥΛΛΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ.

Οι ελέγχοι αναφέρονται σε:

- 1)συνδετήρες μονότημους(μία τμήση σε κάθε συνδετήρα).
- 2)ο τύπος συνδετήρα είναι, βίδα με ομαλό στέλεχος, δηλαδή η εξωτερική διάμετρος του σπειρώματος είναι ίση με τη διάμετρο του λείου στελέχους.

3)με προδιάτρηση.

4)συνδέσεις που αποτελούνται από «μαλακή ξυλεία».

5)συνδέσεις μεταξύ ξύλου μετάλλου.

6)σύνδεση με χοντρή μεταλλική πλάκα.

7)όταν η σύνδεση είναι κοντά στο άκρο του μέλους, τότε για συνδετήρες με διάμετρο  $d \leq 6\text{mm}$  ο μέγιστος αριθμός συνδετήρων σε μία σειρά παράλληλα με τις ίνες θα είναι 9 συνδετήρες, ενώ για συνδετήρες με διάμετρο  $d > 6\text{mm}$  ο μέγιστος αριθμός συνδετήρων σε μία σειρά παράλληλα με τις ίνες θα είναι 4 συνδετήρες.

Στο φύλλο ελέγχων συμπληρώνουμε τις τιμές στα πράσινα κελιά, όπως διευκρινίζεται παρακάτω:

**Μήκος βίδας:** το συνολικό μήκος του λείου στελέχους και του σπειρώματος της βίδας.

**Μήκος στελέχους:** το μήκος του στελέχους αν υπάρχει.

**d στελέχους:** η διάμετρος του λείου στελέχους της βίδας.

**d κορμού:** διάμετρος του κορμού του σπειρώματος.

**f<sub>u</sub>:** τάση διαρροής της βίδας.

**f<sub>uk</sub>:** χαρακτηριστική εφελκυστική αντοχή της βίδας.

**Κατηγορία C:** κατηγορία αντοχής «μαλακής ξυλείας».

**b:** πλάτος διατομής.

**h:** ύψος διατομής.

**t<sub>1</sub>:** πάχος ξύλινου μέλους.

**t<sub>steel</sub>:** πάχος μεταλλικής πλάκας.

**a:** γωνία δράσης συνδετήρα σε σχέση με τις ίνες.

**dist:** για κάθε ελάχιστη απόσταση ( $a_1, a_2, a_{3t}, a_{3c}, a_{4t}, a_{4c}$ ) συμπληρώνουμε την απόσταση η οποία πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση της ελάχιστης απόστασης που αναγράφεται αριστερά.

**k<sub>mod</sub>:** συντελεστής που επιλέγεται βάση της κλάσης διαρκείας και της κλάσης λειτουργίας.

**h<sub>e</sub>:** απόσταση της φορτιζόμενης πλευράς από τον πιο απομακρυσμένο κοχλία.

**n<sub>sp</sub>:** αριθμός επιπέδων τμ

**n, n<sub>p</sub>, r<sub>pl</sub>:** όπως αναφέρονται στο κεφάλαιο 4.8.1

**a(βιδών με ίνες):** η γωνία που είναι τοποθετημένες οι βίδες σε σχέση με τις ίνες.

**$k_{def}$ :** συντελεστής ερπυσμού.

**clearance:** περιθώριο της τρύπας στην μεταλλική πλάκα (μεταξύ βίδας και μεταλλικής πλάκας)που επιτρέπει την εφαρμογή της βίδας, το οποίο πρέπει να είναι μικρότερο από 0,1d.

**Στην πλευρική ακαμψία συνδέσεων:**

**n:** αριθμός συνδετήρων σε μία σειρά στη σύνδεση.

**rows:** αριθμός σειρών (γραμμών) συνδετήρων στη σύνδεση.

**shear planes:** αριθμός επιπέδων τμήσης στη σύνδεση.

**$F_{v,d}$ :** Δύναμη σχεδιασμού στις συνδέσεις και στην άρθρωση.

## 5.4 ΕΙΚΟΝΕΣ ΦΥΛΛΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΙΔΑΣ																	
2	μήκος βίδας (mm)	60																
3	μήκος στελεχους (mm)	23																
4	d στελεχους (mm)	3																
5	d κορμου (mm)	3																
6	d σπειρ/τος (mm)	3																
7	min διεύδυση στελεχους στο δευτερο μελος για εκμεταλευση πληρους d (mm)		20															
9	πραγματικη διεύδυση στελεχους στο δευτερο μελος (mm)		20															
11	min απαιτουμενη διεύδυση σπειρ/τος στο δευτερο μελος (mm)		35															
13	πραγματικη διεύδυση σπειρ/τος στο δευτερο μελος (mm)		35		ΕΠΑΡΚΗΣ	no check with ec3												
15	deff (mm)	5																
16	$f_u$ (Mpa)	180																
17	$f_{uk}$ (Mpa)	0																
18	$M_{y,rk}$ (Nmm)	3545,812536																
19	$F_{v,rk}$ (N)	1521,76136																
20	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΞΥΛΟΥ																	
21	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ C	10																
22	$f_{c,90,k}$ (Mpa)	2,2																
23	$\rho_k$ ( $kg/m^3$ )	310																
24	$f_{v,k}$ (Mpa)	1,8																



Έλεγχος συνδέσεων ευρωκωδικά 5 - Microsoft Excel

Κεντρική Εισαγωγή Διάταξη σελίδας Τύποι Δεδομένα Αναθεώρηση Προβολή

Επιμόρφωση Προχέρο Γραμματοσειρά Στοιχείωση Αριθμός

Γενική Μορφοποίηση υπό ορούς Μορφοποίηση ως πίνακα Στυλ κελιών Εισαγωγή Διαγραφή Μορφοποίηση Κελιά Ταξινόμηση & Εύρεση & Φίλτρο & Επέξεργασία

23	ρk (kg/m <sup>3</sup> )	310																	
24	f <sub>v,k</sub> (MPa)	1,8																	
25	ρm (kg/m <sup>3</sup> )	370																	
26	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ																		
27	b (mm)	90																	
28	h (mm)	150																	
29	t <sub>1</sub> (mm)	90																	
30	t <sub>steel</sub> (mm)	5																	
31	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΠΡΟΣΧΩΣΗΣ																		
32	γωνία δύναμης σε σχέση με τις ίνες α(μοίρες)	0																	
34	k90	1,425																	
35	f <sub>h,a,k</sub> (MPa)	24,149																	
36	f <sub>h,o,k</sub> (MPa)	NO CHECK POSSIBLE																	
37	ΨΑΘΥΡΗ ΑΣΤΟΧΙΑ																		
38	ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ (mm)																		
39	ΠΑΡ/ΛΑ ΣΤΙΣ ΙΝΕΣ	a1	d>6mm	d<=6	d<=6	pk<=420	min dist	final	dist										
40	ΚΑΘΕΤΑ ΣΤΙΣ ΙΝΕΣ	a2	no check	no check	42	42	20	<=	60										
41	ΦΟΡΤ/ΝΟ ΑΚΡΟ	a3,t	no check	no check	17,5	75	75	<=	25										
42	ΑΦΟΡ/ΣΤΟ ΑΚΡΟ	a3,c	no check	no check	no check	no check	no check	<=	90										
43	ΦΟΡ/ΝΗ ΠΛΕΥΡΑ	a4,t	no check	no check	25	25	25	<=	30										
44	ΑΦΟΡ/ΣΤΗ ΠΛΕΥΡΑ	a4,c	no check	no check	25	25	25	<=	32										
45	ΨΑΘΥΡΗ ΑΣΤΟΧΙΑ ΛΟΓΩ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΥΠΟ ΓΩΝΙΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΙΝΕΣ																		

Ετοιμο

Έλεγχος συνδέσεων ευρωκωδικά 5 - Microsoft Excel

Κεντρική Εισαγωγή Διάταξη σελίδας Τύποι Δεδομένα Αναθεώρηση Προβολή

Επιμόρφωση Προχέρο Γραμματοσειρά Στοιχείωση Αριθμός

Γενική Μορφοποίηση υπό ορούς Μορφοποίηση ως πίνακα Στυλ κελιών Εισαγωγή Διαγραφή Μορφοποίηση Κελιά Ταξινόμηση & Εύρεση & Φίλτρο & Επέξεργασία

44	ΑΦΟΡ/ΣΤΗ ΠΛΕΥΡΑ	a4,c	no check	no check	25	25	<=	32											
45	ΨΑΘΥΡΗ ΑΣΤΟΧΙΑ ΛΟΓΩ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΥΠΟ ΓΩΝΙΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΙΝΕΣ																		
48	kmod	0,9																	
49	F <sub>90,rk</sub> (N)	34506,52112																	
50	h <sub>e</sub> (mm)	175																	
51	F <sub>90,rd</sub> (N)	23889,13001																	
52	ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΣΕΧΔΙΑΣΜΟΥ																		
53	F <sub>v,ed</sub> (N) <=	9346,153846																	
54	ΠΟΛΛΑΠΛΟΙ ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ ΦΟΡΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΠΛΕΥΡΙΚΑ																		
56	n <sub>sp</sub>	2																	
57	kef	0,925																	
58	ΦΟΡΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΠΑΡ/ΛΑ ΜΕ ΤΙΣ ΙΝΕΣ																		
59	n <sub>παρ/λα</sub>	3																	
60	n <sub>p</sub> παρ/λα		np allowed																
61	r <sub>p1</sub> παρ/λα	1																	
62	n <sub>ef</sub> παρ/λα	2,762721838																	
63	F <sub>v,rd</sub> (N)	1053,527096																	
64	F <sub>v,ef,rd παρ/λα</sub> (N) <=	5821,204628																	
65	ΦΟΡΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΚΑΘΕΤΑ ΜΕ ΤΙΣ ΙΝΕΣ																		
66	n <sub>καθετα</sub>	3																	
67	n <sub>p</sub> καθετα	0																	

Ετοιμο

Έλεγχος συνδέσεων ευρωκώδικα 5 - Microsoft Excel

Κεντρική Εισαγωγή Διάταξη σελίδας Τύποι Δεδομένα Αναθεώρηση Προβολή

Επικόλληση Γραμματοσειρά Στοιχείωση Αριθμός

Αναδίπλωση κειμένου Συγχώνευση και στίχιση στο κέντρο Μορφοποίηση υπό βρους Μορφοποίηση ως πίνακα Στυλ κελιών Εισαγωγή Διαγραφή Μορφοποίηση Κελιά Ταξινόμηση & Εύρεση & Φίλτρο Επεξεργασία

62	nef παρ/λα	2,762721838																
63	Fv,rd (N)	1053,527096																
64	Fv,ef,rd παρ/λα (N)<=	5821,204628								35	επαρκές	ΑΝ ΟΙ ΒΙΔΕΣ ΔΕΝ ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΟΝΤΑΙ ΤΟΤΕ ΑΓΝΟΟΥΜΕ ΤΟ ΣΧΟΛΙΟ						
65	ΦΟΡΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΚΑΘΕΤΑ ΜΕ ΤΙΣ ΙΝΕΣ																	
66	n καθετα	3																
67	np καθετα	0	np allowed															
68	rpl καθετα	3																
69	nef καθετα	1																
70	Fv,rd (N)	1053,527096																
71	Fv,ef,rd καθετα (N)<=	6321,162573																
72	ΑΞΟΝΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΥΝΔΕΣΗΣ																	
73	ΑΠΟ ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ																	
74	a1 για βίδες καθετα(mm)	20																
75	a2 για βίδες καθετα(mm)	20																
76	lef απαιτούμενο (mm)	35																
77	lef πραγματικό (mm)	35	επαρκές															
78	fak,k (N/mm <sup>2</sup> )	19,64920762																
79	fak,a,k (N/mm <sup>2</sup> )	19,64920762																
80	α (βιδων με ινες)	98																
81	fhead,k (N/mm <sup>2</sup> )	0,6727																
82	dh (mm)	10																
83	F1ax,a,rk (N)	67,27																
84	ΠΛΕΥΡΙΚΗ ΑΚΑΜΨΙΑ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ																	

Ετοιμο Φύλλο1 Φύλλο2 Φύλλο3

8:20 μμ 20/10/11

## 6. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ.

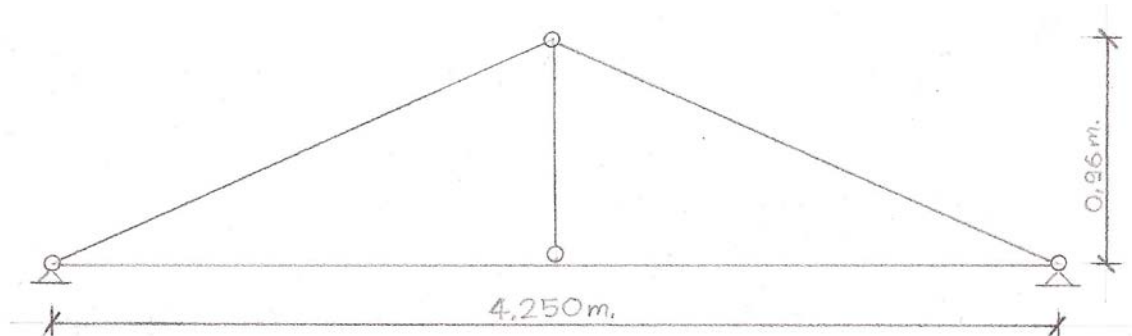
Τα λογισμικά με τα οποία έγινε η σύγκριση είναι:

1) Το wood express, το οποίο κάνει έλεγχο μελών και συνδέσεων σύμφωνα με το πρότυπο EC5 ENV-1995. Στον έλεγχο μελών περιλαμβάνεται και έλεγχος παραμορφώσεων, ενώ στις συνδέσεις δεν κάνει έλεγχο παραμορφώσεων και δεν προσδιορίζει την ολίσθηση.

2) Το scia engineer, το οποίο κάνει έλεγχο μελών και όχι συνδέσεων σύμφωνα με το πρότυπο EC5 ENV-1995. Δεν κάνει έλεγχο παραμορφώσεων, αλλά προσδιορίζει τα σιγμιαία και τα τελικά βέλη κάμψης.

Το πρότυπο EC5 ENV-1995 είναι ο ευρωκώδικας 5 στις αρχές της δεκαετίας του '90.

### 6.1. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΤΟΧΗΣ ΜΕΛΩΝ ΜΕ ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (WOOD EXPRESS).



Εικ. 6.1. Πλαίσιο που ελέγχτηκε από το λογισμικό.

Το εμπορικό λογισμικό όπως προαναφέρθηκε κάνει ελέγχους αντοχής μελών σύμφωνα με το πρότυπο EC5 ENV-1995, ενώ οι έλεγχοι που έχουν γίνει στο φύλλο του excel έχουν γίνει σύμφωνα με το πρότυπο EC5 EN-1995.

Οι συγκρίσεις και τα συμπεράσματα είναι τα εξής:

1. Στον έλεγχο κάμψης για τον προσδιορισμό του σχετικού λόγου λεπτότητας  $\lambda_{rel,m}$  λαμβάνει τα μέλη αμφίπακτα εξαιτίας του ότι οι συνδέσεις είναι ημιάκαμπτες. Αυτή η θεώρηση είναι λάθος διότι υπάρχουν στα άκρα ροπές, οι οποίες όμως είναι σχεδόν μηδενικές, άρα η στρεπτική ακαμψία της σύνδεσης θα είναι πολύ μικρή, λόγω λίγων συνδετήρων (τρεις σε κάθε πλευρά του μέλους) με διάμετρο 5mm. Η τιμή του σχετικού λόγου λεπτότητας  $\lambda_{rel,m}$  σύμφωνα με τους ελέγχους στο excel και αλλάζοντας το ενεργό μήκος  $l_{ef}$  για στήριξη σε δύο πακτώσης είναι ίδια.

2.Ο συντελεστής  $k_m$  παίρνεται ίσος με 0,7.(Αναφέρεται διότι στο άλλο εμπορικό λογισμικό παίρνεται ίσος με μονάδα και δεν αλλάζει).

3.Οι αντοχές σχεδιασμού είναι ακριβώς ίδιες με αυτές των ελέγχων του excel, μη λαμβάνοντας υπ όψη στο σχεδιασμό τον συντελεστή  $k_h$ .

4.Πρόβλημα εντοπιστηκε στον έλεγχο λυγισμού. Το μήκος λυγισμού θλιβόμενων μελών κατά τη διεύθυνση  $y$  ( $L_{ey}=L$ ) είναι σωστό, αλλά για τη διεύθυνση  $z$  πολλαπλασιάζει το μήκος του μέλους με 0,34 δηλαδή ( $L_{ez}=0,34L$ ), ενώ σύμφωνα με το πρότυπο των δικών μου ελέγχων για τον καθορισμό του ενεργού μήκους λυγισμού θλιβόμενων μελών (BS 5268-2:2002 table 21) το μικρότερο ενεργό μήκος λυγισμού θα δίνεται από την περίπτωση αμφίπακτου μέλους το οποίο είναι ( $L_{ez}=0,7L$ ). Δηλαδή όπου πλήρη πάκτωση ή έλεγχος της κατεύθυνσης δεν μπορεί να διασφαλιστεί και οι ιδιότητες ακαμψίας των συνδέσεων στα άκρα είναι γνωστές, τότε λύσεις κατά προσέγγιση μπορούν να καθοριστούν χρησιμοποιώντας ανάλυση δευτέρας τάξης, η οποία λογικά θα έδινε ενεργό μήκος λυγισμού μεγαλύτερο από αυτό του αμφίπακτου μέλους. Για το μήκος λυγισμού κατά τη διεύθυνση  $y$  πιστεύω το ότι θεωρεί το μέλος στηριζόμενο σε αρθρώσεις είναι σωστό, διότι οι συνδέσεις κατ εκτίμηση προσεγγίζουν περισσότερο την περίπτωση της άρθρωσης, λόγω του ότι η στρεπτική ακαμψία της σύνδεσης θα είναι μικρή (λίγοι συνδετήρες με διάμετρο 5mm).

Η λυγηρότητα ( $\lambda_z$ ) λόγω διαφορετικού μήκους λυγισμού κατά τη μία πλευρά είναι λάθος ακόμη και θεωρώντας το μέλος αμφίπακτο.

Ο σχετικός λόγος λεπτότητας  $\lambda_{rel,y}$  που αντιστοιχεί σε κάμψη περί του άξονα  $y-y$  είναι σωστός, ενώ ο  $\lambda_{rel,z}$  είναι λάθος και αυτό οφείλεται στο λάθος μήκος λυγισμού.

Ο τύπος εύρεσης των συντελεστών  $k_y$  και  $k_z$  είναι διαφορετικός απ ότι στους δικούς μου ελέγχους (ελαφρώς διαφοροποιημένος) και δίνει αποτέλεσμα κοντά σε αυτό του δικού μου ελέγχου (για τον  $k_y$ ) και τελείως άλλο αποτέλεσμα για τον συντελεστή  $k_z$ , ο οποίος επηρεάζεται επίσης από το λάθος μήκος λυγισμού.

Ο συντελεστής αστάθειας ( $k_{c,y}$ ) αποκλίνει λίγο (αλλά αποκλίνει) λόγω διαφορετικού  $k_y$ . Ο συντελεστής ( $k_{c,z}$ ) αποκλίνει πάρα πολύ, λόγω όσων προανέφερα πιο πάνω. Δηλαδή υπάρχει σημαντικό λάθος διότι επιλέγουμε τον μικρότερο από τους δύο συντελεστές αστάθειας και πολλαπλασιάζουμε με την αντοχή θλίψης σχεδιασμού. Γι αυτό αναφέρω τα παρακάτω με νούμερα και συγκεκριμένα:

Έλεγχος όπου συμβαίνει λυγισμός:

$$\sigma_{c,0,d} \leq \min \begin{cases} k_{c,z} \times f_c, 0, d \\ k_{c,y} \times f_c, 0, d \end{cases}$$

		Η ευνοϊκότερη περίπτωση που δίνει και την υψηλότερη αντοχή-παραδοχή αμφίπακτου μέλους(η οποία θεωρώ ότι είναι λάθος)	Περίπτωση στήριξης σε αρθρώσεις(η οποία θεωρώ ότι είναι η σωστή)
	woodexpress	excel 1	excel 2
kcy	0,847	0,795	0,795
kcz	0,986	0,599	0,337

Όπως φαίνεται το εμπορικό λογισμικό για την τιμή  $Lez=0.34L$  κάνει λάθος. Λαμβάνει το ενεργό μήκος λυγισμού θλιβόμενου μέλους μικρότερο από αυτό του αμφίπακτου μέλους, τη στιγμή που το συγκρατούν στη θέση του δύο πλάκες μεταλλικές πάχους 2mm, πάχος το οποίο δεν θεωρώ ότι έχει μεγάλη ακαμψία για την συγκεκριμένη κατεύθυνση λυγισμού (δηλαδή το ύψος της διατομής είναι  $h=2mm$ ). Ακόμη και να είχε την απαραίτητη ακαμψία η μεταλλική πλάκα, θα έπρεπε να μπορούσαν τα 6 καρφιά διαμέτρου  $d=5mm$  (τρία από την κάθε πλευρά του μέλους, τα οποία φορτίζονται αξονικά για αυτή την κατεύθυνση λυγισμού), να κρατήσουν την μεταλλική πλάκα στη θέση της με επαρκή στρεπτική ακαμψία κατά τη συγκεκριμένη κατεύθυνση. Η χαρακτηριστική αξονική αντοχή απόσυρσης βίδας αντίστοιχης διαμέτρου  $d=5mm$  και αντίστοιχου μήκους 45mm είναι 67 N, ενώ για στρογγυλά καρφιά η χαρακτηριστική αξονική αντοχή απόσυρσης λαμβάνεται ίση με το μηδέν για το ελάχιστο μήκος διείσδυσης στο δεύτερο μέλος το οποίο είναι  $8d$  και η ελάχιστη διείσδυση στο δεύτερο μέλος που επιτρέπει την πλήρη αξιοποίηση της αξονικής αντοχής απόσυρσης είναι  $12d$ . Άρα με δεδομένο ότι το μήκος διείσδυσης είναι  $(45-2=43mm)$   $8,6d$ , η χαρακτηριστική αξονική αντοχή απόσυρσης θα είναι σχεδόν μηδενική. Δηλαδή τα καρφιά, τα οποία για τη συγκεκριμένη κατεύθυνση λυγισμού φορτίζονται αξονικά, έχουν χαρακτηριστική αξονική αντοχή απόσυρσης σχεδόν μηδενική και ακολούθως δεν μπορούν να συγκρατήσουν την μεταλλική πλάκα με επαρκή στρεπτική ακαμψία, ώστε να θεωρηθεί πάκτωση. (Πόσο μάλλον να πολλαπλασιαστεί το μήκος με μία τιμή 0,34 η οποία είναι κατά πολύ μικρότερη από αυτή που θα πολλαπλασιάζαμε αν είχαμε πλήρη πάκτωση).

Τελικό συμπέρασμα όσον αφορά τους ελέγχους μελών είναι ότι το λογισμικό θα δώσει πολύ μεγαλύτερη τελική επιτρεπόμενη τάση απ ότι πρέπει. Βέβαια στον συγκεκριμένο έλεγχο η δράση σχεδιασμού είναι πολύ μικρότερη από την αντοχή του μέλους που υπολογίζει και ελέγχει το λογισμικό.

## 6.2. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΜΕ ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (WOOD EXPRESS).

Πρώτα θα ήταν σκόπιμο να αναφερθεί ότι το εμπορικό λογισμικό κάνει έλεγχο συνδέσεων σύμφωνα με το πρότυπο EC5 ENV-1995, ενώ οι έλεγχοι στο φύλλο του excel όπως και αυτοί που αναφέρονται σε αυτήν την εργασία είναι σύμφωνα με το πρότυπο EC5 EN-1995. Δεν έχει γίνει ανάγνωση στο συγκεκριμένο πρότυπο (ENV) με το οποίο κάνει ελέγχους το εμπορικό λογισμικό, αλλά από το έγγραφο αποτελεσμάτων του λογισμικού γίνεται αντιληπτό ότι μεταξύ των δύο πρότυπων υπάρχει διαφορά ως ένα βαθμό στη μέθοδο ελέγχου συνδέσεων, γι αυτό δεν θα ελεγηθεί με ακρίβεια, αλλά κατ'επίληψη, καθώς τα τελικά

αποτελέσματα λογικά πρέπει να είναι κοντά. Τα αποτελέσματα που συνδέσεων από το εμπορικό λογισμικό είναι για συνδέσεις ξύλου με λεπτή μεταλλική πλάκα χωρίς προδιάτρηση, με καρφιά διαμέτρου  $d=5\text{mm}$  και μήκος  $45\text{ mm}$ , ενώ οι έλεγχοι που έχουν περαστεί στο excel είναι για συνδέσεις ξύλου με χοντρή μεταλλική πλάκα και βίδες με προδιάτρηση, πράγμα που ενισχύει τη διαφορά των αποτελεσμάτων, διότι στο ίδιο πρότυπο (EN) οι έλεγχοι είναι ελαφρώς διαφορετικοί για κάθε τύπο συνδετήρα. Δηλαδή κάθε τύπος συνδετήρα έχει διαφορετική αντοχή για ίδια διάμετρο συνδετήρα. Γι αυτό σας αναφέρω τα πιο κάτω συμπεράσματά μου αναλυτικά, ώστε όσο το δυνατό να καταλάβετε πώς οδηγήθηκα σε αυτά.

Όταν κάθετη δύναμη, οριζόντια δύναμη και ροπή ασκούνται στη σύνδεση σύμφωνα με το πρότυπο EC5 EN-1995, αντλείται από εξίσωση που δίνεται τη μέγιστη δράση η οποία δρα στον πιο φορτισμένο συνδετήρα, ανά επίπεδο τμήσης και πρέπει να επαληθευτεί, ότι η μέγιστη δράση δεν είναι μεγαλύτερη από την πλευρική αντοχή σχεδιασμού, ανά επίπεδο τμήσης του συνδετήρα. Ακόμη πρέπει να ελεγχθεί και η αντοχή του ξύλινου μέλους για (διατμητικές) δυνάμεις οι οποίες δρουν κάθετα και οριζόντια στη σύνδεση, διότι πρέπει να ληφθούν υπ όψη και οι διατμητικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στη σύνδεση λόγω ροπής.

Έλεγχος στο φύλλο του excel για σύνδεση η οποία παραλαμβάνει οριζόντια δύναμη, κάθετη και ροπή, δεν έχει γίνει, αλλά όπως αναφέρθηκε πιο πάνω επαληθεύεις ότι η μέγιστη δράση στον πιο φορτισμένο συνδετήρα δεν είναι μεγαλύτερη από την ικανότητα μεταφοράς πλευρικού φορτίου σχεδιασμού ανά επίπεδο τμήσης του συνδετήρα  $F_{v,rd}$  (έλεγχος ο οποίος έχει περαστεί στο φύλλο του excel). Επίσης το λογισμικό φαίνεται να μην ελέγχει την αντοχή του μέλους στη σύνδεση από τις πρόσθετες διατμητικές δυνάμεις που δημιουργούνται λόγω ροπής και παίρνει για τον καθορισμό της αντοχής ( $R_d=F_{v,rd}$ ) την ικανότητα μεταφοράς πλευρικού φορτίου σχεδιασμού.

Ο τύπος που χρησιμοποιεί το λογισμικό για την εύρεση της μέγιστης δράσης, η οποία δρα στον πιο φορτισμένο συνδετήρα είναι διαφορετικός από αυτόν του πρότυπου EN-1995. Στο έγγραφο του λογισμικού δίνεται δύναμη στο κέντρο της σύνδεσης χωρίς να δίνεται κατεύθυνση και συνήθως είναι διαφορετική η αντοχή παράλληλα ως προς τις ίνες, με αυτή κάθετα, όπως και για τη μέγιστη δύναμη στον πιο φορτισμένο συνδετήρα, επίσης δεν δίνει κατεύθυνση. Ακόμη υπάρχουν διαφορές ως ένα βαθμό στους τύπους εύρεσης της χαρακτηριστικής ροπής διαρροής  $M_{y,rk}$  και της χαρακτηριστικής ικανότητας μεταφοράς πλευρικού φορτίου ανά επίπεδο τμήσης  $F_{v,rk}$  (σε σύγκριση με τους αντίστοιχους λεπτής μεταλλικής πλάκας, στο φύλλο excel έχουν περαστεί έλεγχοι συνδέσεων με χοντρή μεταλλική πλάκα).

Κατά εκτίμηση θα ήταν λογική λίγο μεγαλύτερη ικανότητα σχεδιασμού μεταφοράς πλευρικού φορτίου  $F_{v,rd}$  για βίδες με  $d=5\text{mm}$ ,  $d_{\text{eff}}=5\text{mm}$ , απ ότι με αντίστοιχης διαμέτρου καρφιά που έχουν οι συνδέσεις στους ελέγχους του εμπορικού λογισμικού, όπως και συμβαίνει σύμφωνα με τους ελέγχους στο excel για τους λόγους τους οποίους σας αναφέρω πιο κάτω.(επίσης αναφέρω ότι για την εκμετάλλευση όλης της διαμέτρου του στελέχους προεκτάθηκε η βίδα για να συμφωνεί με τον κανονισμό).

Σύμφωνα με το πρότυπο EC5 EN-1995 θα ήταν αναμενόμενο οι βίδες να δώσουν λίγο μεγαλύτερη αντοχή σχεδιασμού μεταφοράς πλευρικού φορτίου ανά επίπεδο τμήσης ανά συνδετήρα  $F_{v,rd}$  για τους εξής λόγους:

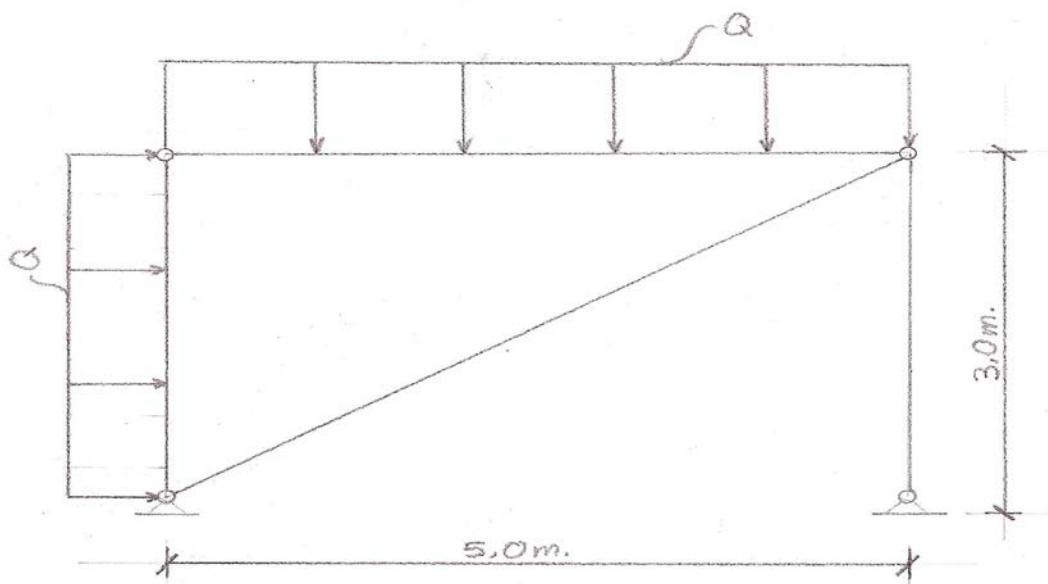
1) Στην χαρακτηριστική ικανότητα μεταφοράς πλευρικού φορτίου  $F_{v, rk}$  συμβάλει κατά ένα πολύ μικρό ποσοστό και η χαρακτηριστική αντοχή αξονικής απόσυρσης του συνδετήρα, όπου για βίδες είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των καρφιών.

2) Λόγω προδιάτρησης, η οποία δίνει αυξημένη αντοχή πρόσχωσης  $f_{h, k}$  σε σχέση με την αντίστοιχη αντοχή χωρίς προδιάτρηση.

Συγκεκριμένα η τιμή σχεδιασμού  $F_{v, rd}$  σύμφωνα με τους ελέγχους στο excel για βίδες είναι 1054 N και η αντίστοιχη του λογισμικού για καρφιά είναι 934 N, δηλαδή σύμφωνα με το πρότυπο EN-1995 θα μου φαινόταν λογική η μειωμένη ικανότητα σχεδιασμού μεταφοράς πλευρικού φορτίου. Ακόμη η μέγιστη δύναμη στο κέντρο της σύνδεσης που δίνει το λογισμικό είναι στον κόμβο 1, και είναι  $F_a = -3,597 \text{ kN}$ , χωρίς να δίνει κατεύθυνση, η οποία σύμφωνα με τους ελέγχους στο excel μπορεί να παραληφθεί προς οποιαδήποτε κατεύθυνση, είτε κάθετα, είτε παράλληλα ως προς τις ίνες, λαμβάνοντας υπ όψη και την αντοχή απόσχισης σχεδιασμού  $F_{90, rd}$  του ξύλινου μέλους.

Τέλος δεν γίνεται να ειπωθεί κάτι για την αξιοπιστία με ακρίβεια όσον αφορά τις συνδέσεις, λόγω διαφορετικής μεθόδου επίλυσης ως ένα βαθμό, αλλά η εκτίμηση μου είναι ότι τα αποτελέσματα των αντοχών των συνδέσεων φαίνονται λογικά, με την προϋπόθεση ότι αγνοούνται οι διατμητικές δυνάμεις που σχηματίζονται λόγω ροπής στο μέλος, όπου δεν έχουν γίνει οι αντίστοιχοι έλεγχοι στο excel για να μπορούν να αντληθούν οι τιμές που μπορεί να πάρουν, αν και λογικά επειδή υπάρχουν πολύ μικρές ροπές στις συνδέσεις και οι διατμητικές δυνάμεις που αναπτύσσονται λόγω ροπής θα είναι μικρές.

### 6.3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΑΝΤΟΧΗΣ ΜΕΛΩΝ ΜΕ ΕΜΠΟΡΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ (SCIA ENGINEER).



Εικ. 6.2. Πλαίσιο που ελέγχτηκε από το λογισμικό.

Το εμπορικό λογισμικό κάνει έλεγχο σύμφωνα με το πρότυπο EC5 ENV-1995. Οι έλεγχοι που έχουν γίνει στο excel έχουν γίνει σύμφωνα με το πρότυπο EC5 EN-1995 και οι

διαφορές που έχουν εντοπιστεί είναι ότι ο συντελεστής  $k_m$  στο εμπορικό λογισμικό λαμβάνεται ίσος με μονάδα, ενώ σύμφωνα με το πρότυπο EC5 EN-1995 ο συντελεστής  $k_m$  είναι ίσος με 0,7 και δε λαμβάνεται υπ όψη ο συντελεστής  $k_h$ . Ο συντελεστής  $k_m$  επηρεάζει ελέγχους όπου υπάρχει συνδυασμός καταπονήσεων σε κάποιο μέλος π.χ. αξονική θλίψη και κάμψη. Ο συντελεστής  $k_h$  συμβάλει μόνο στην καμπτική και εφελκυστική αντοχή ανάλογα με το μέγεθος της διατομής. Οι τιμές που μπορεί να πάρει είναι, μονάδα η κατώτατη και 1,3 η μέγιστη. Σε μεμονωμένες καταπονήσεις, όπου δεν συμβάλει ο συντελεστής  $k_m$  και λαμβάνοντας τον συντελεστή  $k_h$  ίσο με μονάδα οι επιτρεπόμενες τάσεις σχεδιασμού είναι ίδιες. Έτσι αλλάζοντας στο φύλλο του excel το συντελεστή  $k_m$  από 0,7 σε 1 και τον συντελεστή  $k_h$  με μονάδα τα τελικά αποτελέσματα είναι ίδια με αυτά του εμπορικού λογισμικού. Μία μικροδιαφορά η οποία δεν οδηγεί σε διαφορετικά αποτελέσματα είναι ότι ένας από τους δύο συντελεστές αστάθειας ( $k_{c,y}$  ή  $k_{c,z}$ ) αποκλίνει λίγο, αλλά ο μικρότερος από τους δύο συντελεστές επιλέγεται, ο οποίος επηρεάζει τη θλιπτική αντοχή σχεδιασμού και είναι ίδιος με τους ελέγχους στο φύλλο excel. Όταν η διατομή είναι τετράγωνη, οι συντελεστές αστάθειας  $k_{c,y}$  και  $k_{c,z}$  πρέπει να είναι ίσοι, δηλαδή το μέλος έχει ίδια αστάθεια και στις δύο διευθύνσεις, τότε και οι δύο συντελεστές είναι σωστοί. Τα τελικά αποτελέσματα αντοχών μελών σε σύγκριση με τους ελέγχους στο excel είναι ίδια.



## 7.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

---

Πριν αναφερθούν τα συμπεράσματά από την ενασχόληση με αυτήν την εργασία αναφέρονται πρώτα κάποιες ελλείψεις του ευρωκώδικα 5, που συνέβαλαν σε αυτά.

Το κείμενο του ευρωκώδικα 5 έχει λιγότερα ενεργά μήκη για διάφορες περιπτώσεις φορτίων και στηρίξεων για τον προσδιορισμό του σχετικού λόγου λεπτότητας και ακολούθως της καμπτικής αντοχής απ ότι αναφέρει οι Kermani and Porteus (2007). Ο ευρωκώδικας 5 έχει συνολικά πέντε περιπτώσεις, ενώ οι Kermani and Porteus (2007) έχουν έντεκα. Ακόμη δεν δίνει πληροφορίες για τον προσδιορισμό του ενεργού μήκους θλιβόμενου μέλους. Οι Kermani and Porteus (2007) δίνουν πληροφορίες για διάφορες περιπτώσεις στήριξης σύμφωνα με το βρετανικό πρότυπο BS 5268-2:2002. Δεν δίνονται τύποι για βέλη κάμψης στο κεφάλαιο 7.2 του ευρωκώδικα 5. Δίνονται μόνο επιτρεπόμενα όρια παραμόρφωσης. Οι Kermani and Porteus (2007) δίνουν τύπους για βέλη κάμψης, για διάφορες περιπτώσεις φορτίων και στηρίξεων, όπου αναφέρουν ότι περισσότερες περιπτώσεις υπάρχουν στο εθνικό προσάρτημα (NA.2.6.2 of the UKNA to EC5). Για αυτή την εργασία χρησιμοποιήθηκε η αγγλική έκδοση του EC5 EN-1995, η οποία αντικαθιστά το πρότυπο ENV-1995. Οι Kermani and Porteus (2007) αναφέρουν κάποια προτεινόμενα σχέδια τροποποίησης τα οποία δεν ξέρω πότε και αν θα τεθούν σε ισχύ. Ο ευρωκώδικας, όπως και η βιβλιογραφία πέραν του Kermani and Porteus (2007), η οποία αναφέρεται στον ευρωκώδικα 5 (E.C. Ozelton 2002, Arya Chanakya 2003, Ελισαίος Κατσαραγάκης 2000, Ελευθερία τσακανίκα, Ζανής Κοντέας 2010), δεν δίνει τύπο εύρεσης ικανότητας απόσχισης για πλατύφυλλα, που είναι απαραίτητος για τον προσδιορισμό αντοχής της σύνδεσης κάθετα ως προς τις ίνες. Βέβαια αναφέρουν οι Kermani and Porteus (2007) ότι ξύλινα δικτυώματα, σκελετοί, ζευκτά, κανονικά κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας είδη μαλακής ξυλείας (κωνοφόρα) και η χαρακτηριστική ικανότητα απόσχισης των κωνοφόρων βασίζεται σε γραμμικά ελαστική προσέγγιση μηχανικών δοκιμών θραύσης. Δηλαδή όποιος μηχανικός θελήσει να χρησιμοποιήσει πλατύφυλλα, θα πρέπει ο ίδιος να ψάξει σε ερευνητική βιβλιογραφία για να βρει τύπο ικανότητας απόσχισης για σκληρή ξυλεία (πλατύφυλλα).

Αναφέρονται οι ελλείψεις διότι κάποιες ελλείψεις του ευρωκώδικα 5 μάλλον καλούνται να καλύψουν τα εθνικά προσάρτηματα. Η έλλειψη ικανότητας απόσχισης για πλατύφυλλα, ίσως να ευθύνεται για τα ελάχιστα μέχρι τώρα λογισμικά που επιλύουν συνδέσεις σύμφωνα με τον ευρωκώδικα 5 (βρέθηκαν δύο). Ένα από αυτά είναι και αυτό που συγκρίθηκε με τα αποτελέσματα των ελέγχων συνδέσεων του excel, στο οποίο δεν ήμουν ο χειριστής του λογισμικού και έτσι δεν ξέρω αν επιλύει συνδέσεις με πλατύφυλλα. Είναι γνωστό μόνο ότι επιλύει ζευκτά αποκλειστικά και όχι οποιαδήποτε κατασκευή. Το άλλο που βρέθηκε να επιλύει μέλη με ευρωκώδικα 5, αναφερόταν στην ιστοσελίδα ότι επιλύει και συνδέσεις, χωρίς να αναφέρει με ποιο κανονισμό. Το πιο ολοκληρωμένο λογισμικό που βρέθηκε να κάνει ελέγχους ξύλινων φορέων με τον ευρωκώδικα 5, δηλαδή κάνει ελέγχους αντοχής μελών, παραμορφώσεων και σχεδιασμό έναντι πυρκαγιάς. Επιλύει συνδέσεις με άλλους κανονισμούς και όχι σύμφωνα με τον ευρωκώδικα 5. Από αυτά συμπεραίνεται ότι για να γίνει έλεγχος συνδέσεων σε μία κατασκευή σύμφωνα με τον ευρωκώδικα 5 θα πρέπει ο χρήστης του λογισμικού να περάσει στο λογισμικό τους ελέγχους, αν αυτό είναι δυνατό από το λογισμικό. Διαφορετικά θα πρέπει να πάρει τις δυνάμεις από τις «ενώσεις» που δίνει το

λογισμικό για κάποια συγκεκριμένη κατασκευή και να κάνει ο ίδιος τους ελέγχους. Και οι δύο λύσεις απαιτούν επίπονη εργασία από τον μηχανικό.

Τέλος θα αναφερθώ στα εμπορικά λογισμικά, με τα οποία έγινε και η σύγκριση των αποτελεσμάτων. Το ένα λογισμικό επιλύει μόνο ζευκτά, αλλά επιλύει μέλη με ελέγχους αντοχής, παραμορφώσεων και συνδέσεις, χωρίς να κάνει έλεγχο παραμορφώσεων στις συνδέσεις και χωρίς να δίνει την ολίσθηση. Η απόκλιση της τελικής επιτρεπόμενη τάσης στον έλεγχο αξονικής θλίψης διαφέρει από τα αποτελέσματα των ελέγχων του excel λόγω του ότι έχει λάβει το λογισμικό λάθος ενεργό μήκος λυγισμού και αυτό δεν μπορώ να γνωρίζω που οφείλεται και αν μπορεί να αλλάξει, διότι δεν χειρίστηκα εγώ το πρόγραμμα, απλά έκανα τη σύγκριση των αποτελεσμάτων από το έγγραφο του προγράμματος (εγώ χειρίστηκα το άλλο λογισμικό). Πάντως το ότι επιλύει μόνο ζευκτά και δεν μπορεί να επιλύσει κατασκευή με ξύλινο φορέα εξ ολοκλήρου, σημαίνει ότι έχει πολύ περιορισμένες δυνατότητες και δεν είναι το κατάλληλο λογισμικό για κάποιον που θέλει να σχεδιάσει ολόκληρο το φορέα του κτιρίου από ξύλο. Το άλλο λογισμικό κάνει μόνο έλεγχο αντοχής μελών, χωρίς να ελέγχει όπου επιθυμούμε την αντοχή θλίψης κάθετα ως προς τις ίνες (στις στηρίξεις) και δεν κάνει έλεγχο παραμορφώσεων, δίνει τα στιγμιαία βέλη κάμψης και τα τελικά βέλη κάμψης λόγω στιγμιαίας και ερπυστικής παραμόρφωσης, χωρίς να τα ελέγχει. Ο συντελεστής km λαμβάνεται ίσος με μονάδα, χωρίς να αλλάζει, αλλά τα αποτελέσματα είναι ίδια με αυτά των ελέγχων του excel, με δεδομένες τις μικροαλλαγές οι οποίες έγιναν και αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο με τις συγκρίσεις. Άρα με δεδομένο ότι το λογισμικό δεν κάνει έλεγχο παραμορφώσεων, συνδέσεων και έλεγχο έναντι πυρκαγιάς, βγαίνει το συμπέρασμα ότι απαιτείται επίπονη εργασία από την πλευρά του χρήστη, ώστε να περάσει τους απαραίτητους ελέγχους στο λογισμικό (δίνεται αυτή η επιλογή σύμφωνα με το εγχειρίδιο χρήσης του λογισμικού) για να γίνει ολοκληρωμένη στατική μελέτη.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.**

1. Jack Porteus, Abdy Kermani "structural timber design to eurocode 5", Blackwell publishing (2007).
2. Eurocode 5:BS EN 1995-1-1:2004.
3. Ελισαίος Κατσαραγάκης "ξύλινες κατασκευές", πανεπιστημιακές εκδόσεις Ε.Μ.Π. (2000).
4. Ελευθερία-Τσακανίκα Θεοχάρη, Ζανής Κοντέας "EN 1995-1-1, Ευρωκώδικας 5, σχεδιασμός ξύλινων κατασκευών", ΤΕΕ Αθήνα (2010).
5. Chanakya Arya "design of structural elements", Spon press (2003).
6. E.C. Ozelton "timber designer 's manual", Blackwell science (2002).
7. Nemetschek "scia engineer".
8. Runet "wood express".

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.

## ΕΓΓΡΑΦΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ.

### 1) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΛΩΝ ΤΟΥ EXCEL (ΑΝΑΦΕΡΟΝΤΑΙ ΣΤΟΥΣ ΕΛΕΓΧΟΥΣ ΜΕΛΩΝ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ SCIA ENGINEER).

#### Μέλος Β1

ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΟΧΗΣ (C)	14
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ	
h (m)	0,32
b (m)	0,1
$I_{clear}$ (m)	3
$I_{bear}$ (m)	0
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ	
$k_{sys}$	1
$k_{mod}$	0,6
ΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ	
$\lambda_{rel,y}$	0,60345281
$\lambda_{rel,z}$	1,931048991
$\lambda_y$	32,47595264
$\lambda_z$	103,9230485
$I_y$ (m <sup>4</sup> )	0,000273067
$I_z$ (m <sup>4</sup> )	2,66667E-05
$i_y$ (m)	0,092376043
$i_z$ (m)	0,028867513
A (m <sup>2</sup> )	0,032
$L_{e,y}$ (m)	3
$L_{e,z}$ (m)	3
$k_{c,y}$	0,916512035
$k_{c,z}$	0,240474685
$k_y$	0,712422928
$k_z$	2,527580002
$\beta_c$	0,2
$f_{c,0,d}$ (Mpa)	7,384615385
ΓΙΑ $\lambda_{rel,y}$ ή $\lambda_{rel,z} > 0,3$	
$N_d$ (MN) <=	0,056826018
ΓΙΑ $\lambda_{rel,y}$ ΚΑΙ $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$	
$N_d$ (MN) <=	NO CHECK POSSIBLE

<b>ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗΣ ΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗΣ</b>			
A (m <sup>2</sup> )		0,032	
f <sub>c,0,d</sub> (Mpa)		7,384615385	
M <sub>yd</sub> MNm		0,00759	<= 0,011027692
σ <sub>myd</sub> (Mpa)		4,447265625	
f <sub>myd</sub> (Mpa)		6,461538462	
k <sub>m</sub>		1	
k <sub>c,z</sub>		0,240474685	
k <sub>crit</sub>		1	
ΓΙΑ λ <sub>rel,m</sub> <= 0,75			
ΓΙΑ λ <sub>rel,y</sub> ΚΑΙ λ <sub>rel,z</sub> <= 0,3			
Nd (MN) <=		NO CHECK POSSIBLE	
ΓΙΑ λ <sub>rel,y</sub> ή λ <sub>rel,z</sub> > 0,3			
Nd (MN) <=		0,017714528	
ΓΙΑ 0,90 >= λ <sub>rel,m</sub> > 0,75			
Nd (MN) <=		NO CHECK POSSIBLE	min 0,029906858 0,017714528
ΓΙΑ λ <sub>rel,m</sub> > 0,90			
Nd (MN) <=		NO CHECK POSSIBLE	

## **Μέλος Β2**

ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΟΧΗΣ (C)	14
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ	
h (m)	0,35
b (m)	0,18
I <sub>clear</sub> (m)	5
I <sub>bear</sub> (m)	0
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ	
k <sub>sys</sub>	1
k <sub>mod</sub>	0,6
<b>ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗΣ ΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗΣ</b>	
A (m <sup>2</sup> )	0,063
f <sub>c,0,d</sub> (Mpa)	7,384615385
M <sub>yd</sub> MNm	0,02185 <= 0,023746154
σ <sub>myd</sub> (Mpa)	5,945578231
f <sub>myd</sub> (Mpa)	6,461538462
k <sub>m</sub>	1
k <sub>c,z</sub>	0,277111346
k <sub>crit</sub>	1
ΓΙΑ λ <sub>rel,m</sub> <= 0,75	

ΓΙΑ $\lambda_{rel,y}$ ΚΑΙ $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$		
Nd (MN) <=	NO CHECK POSSIBLE	
ΓΙΑ $\lambda_{rel,y}$ ή $\lambda_{rel,z} > 0,3$		
Nd (MN) <=	0,010294447	
ΓΙΑ $0,90 \geq \lambda_{rel,m} > 0,75$		
Nd (MN) <=	NO CHECK POSSIBLE	min 0,019766873 0,010294447
ΓΙΑ $\lambda_{rel,m} > 0,90$		
Nd (MN) <=	NO CHECK POSSIBLE	

<b>ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΙΑ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΣΤΙΣ ΙΝΕΣ</b>	
$f_{vd}$ (Μpa)	0,784615385
$V_d$ (MN) <=	0,032953846

### Μέλος Β3

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΟΧΗΣ (C)	14
<b>ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ</b>	
h (m)	0,11
b (m)	0,11
$l_{clear}$ (m)	3
$l_{bear}$ (m)	0
<b>ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ</b>	
$k_{sys}$	1
$k_{mod}$	0,6
<b>ΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ</b>	
$\lambda_{rel,y}$	1,755499083
$\lambda_{rel,z}$	1,755499083
$\lambda_y$	94,47549859
$\lambda_z$	94,47549859
$I_y$ (m <sup>4</sup> )	1,22008E-05
$I_z$ (m <sup>4</sup> )	1,22008E-05
$i_y$ (m)	0,031754265
$i_z$ (m)	0,031754265
A (m <sup>2</sup> )	0,0121
$L_{e,y}$ (m)	3
$L_{e,z}$ (m)	3
$k_{c,y}$	0,286549859
$k_{c,z}$	0,286549859

$k_y$	2,186438423
$k_z$	2,186438423
$\beta_c$	0,2
$f_{c,0,d}$ (Mpa)	7,384615385
ΓΙΑ $\lambda_{rel,y}$ ή $\lambda_{rel,z} > 0,3$	
$N_d$ (MN) $\leq$	0,025604332
ΓΙΑ $\lambda_{rel,y}$ ΚΑΙ $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$	
$N_d$ (MN) $\leq$	NO CHECK POSSIBLE

#### **Μέλος Β4**

ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΟΧΗΣ (C)	14
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ	
h (m)	0,145
b (m)	0,025
$I_{clear}$ (m)	5,831
$I_{bear}$ (m)	0
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ	
$k_{sys}$	1
$k_{mod}$	0,6

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗΣ ΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ	
ΓΙΑ $\lambda_{rel,m} > 0,75$	
$M_{vd}$ (MNm)	0,00005 $\leq$ 0,00011537
A (m <sup>2</sup> )	0,003625
$f_{t,0,d}$ (Mpa)	3,692307692
$\sigma_{myd}$ (Mpa)	0,570749108
$f_{myd}$ (Mpa)	6,461538462
$k_{crit}$	0,203812742
$N_d$ (MN) $\leq$	0,012202349
ΓΙΑ $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$	
$N_d$ (MN) $\leq$	NO CHECK POSSIBLE
ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΙΑ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΣΤΙΣ ΙΝΕΣ	
$f_{vd}$ (Mpa)	0,784615385
$V_d$ (MN) $\leq$	0,001896154

**2)ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΛΩΝ ΤΟΥ EXCEL (ΑΝΑΦΕΡΟΝΤΑΙ ΣΤΟΥΣ ΕΛΕΓΧΟΥΣ ΜΕΛΩΝ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ WOOD EXPRESS).**

**Ράβδοι 1, 2**

ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΟΧΗΣ (C)	16
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ	
h (m)	0,17
b (m)	0,09
$I_{clear}$ (m)	2,332
$I_{bear}$ (m)	0
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ	
$k_{sys}$	1
$k_{mod}$	0,9
<b>ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΙΑ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΣΤΙΣ ΙΝΕΣ</b>	
$f_{vd}$ (Mpa)	1,246153846
$V_d$ (MN) <=	0,012710769
<b>ΓΙΑ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗ ΚΑΜΨΗ</b>	
$\lambda_{rel,m}$	0,414877669
$\sigma_{m,crit}$ (Mpa)	92,95652155
$k_{crit}$	1
$W_y$ (m <sup>2</sup> )	0,0004335
$I_{design}$ (m)	2,332
kh	1
$I_{ef}$ (m)	2,15896
$f_{md}$ (Mpa)	11,07692308
$M_{yd}$ (MNm) <=	0,004801846
<b>ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗΣ ΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗΣ</b>	
A (m <sup>2</sup> )	0,0153
$f_{c,0,d}$ (Mpa)	11,76923077
$M_{yd}$ MNm	0,001316 <= 0,004801846
$\sigma_{myd}$ (Mpa)	3,035755479
$f_{myd}$ (Mpa)	11,07692308
$k_m$	0,7
$k_{cz}$	0,337166637
$k_{crit}$	1
ΓΙΑ $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$	
ΓΙΑ $\lambda_{rel,y}$ ΚΑΙ $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$	
$N_d$ (MN) <=	NO CHECK POSSIBLE
ΓΙΑ $\lambda_{rel,y}$ ή $\lambda_{rel,z} > 0,3$	
$N_d$ (MN) <=	0,049065916

ΓΙΑ $0,90 \geq \lambda_{rel,m} > 0,75$				
Nd (MN) <=	NO CHECK POSSIBLE	min	0,056153184	0,049065916
ΓΙΑ $\lambda_{rel,m} > 0,90$				
Nd (MN) <=	NO CHECK POSSIBLE			
<b>ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗΣ ΚΑΜΨΗΣ ΚΑΙ ΘΛΙΨΗΣ</b>				
A (m <sup>2</sup> )			0,0153	
f <sub>c,d</sub> (Mpa)			11,76923077	
M <sub>vd</sub> MNm			0,001414	<= 0,004801846
σ <sub>myd</sub> (Mpa)			3,261822376	
f <sub>myd</sub> (Mpa)			11,07692308	
k <sub>m</sub>			0,7	
k <sub>cz</sub>			0,337166637	
k <sub>crit</sub>			1	
ΓΙΑ $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$				
ΓΙΑ $\lambda_{rel,y}$ ΚΑΙ $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$				
Nd (MN) <=	NO CHECK POSSIBLE			
ΓΙΑ $\lambda_{rel,y}$ ή $\lambda_{rel,z} > 0,3$				
Nd (MN) <=	0,048198554			
ΓΙΑ $0,90 \geq \lambda_{rel,m} > 0,75$				
Nd (MN) <=	NO CHECK POSSIBLE	min	0,055448724	0,048198554
ΓΙΑ $\lambda_{rel,m} > 0,90$				
Nd (MN) <=	NO CHECK POSSIBLE			

### Ράβδος 3-4

ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΟΧΗΣ (C)	16
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ	
h (m)	0,15
b (m)	0,09
I <sub>clear</sub> (m)	4,25
I <sub>bear</sub> (m)	0
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ	
k <sub>sys</sub>	1
k <sub>mod</sub>	0,9
<b>ΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ</b>	
λ <sub>rel,y</sub>	1,75382488
λ <sub>rel,z</sub>	2,923041467
λ <sub>y</sub>	98,14954576
λ <sub>z</sub>	163,5825763
I <sub>y</sub> (m <sup>4</sup> )	2,53125E-05
I <sub>z</sub> (m <sup>4</sup> )	9,1125E-06



$i_y$	(m)	0,04330127
$i_z$	(m)	0,025980762
A	(m <sup>2</sup> )	0,0135
$L_{e,y}$	(m)	4,25
$L_{e,z}$	(m)	4,25
$k_{c,y}$		0,287048294
$k_{c,z}$		0,109489677
$k_y$		2,183333343
$k_z$		5,034389854
$\beta_c$		0,2
$f_{c,0,d}$	(Mpa)	11,76923077
ΓΙΑ $\lambda_{rel,y}$ ή $\lambda_{rel,z} > 0,3$		
$N_d$	(MN) <=	0,017396225
ΓΙΑ $\lambda_{rel,y}$ ΚΑΙ $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$		
$N_d$	(MN) <=	NO CHECK POSSIBLE
ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ		
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΟΧΗΣ (C)		16
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ		
h	(m)	0,15
b	(m)	0,09
$I_{clear}$	(m)	4,25
$I_{bear}$	(m)	0
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ		
$k_{sys}$		1
$k_{mod}$		0,6
<b>ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΙΑ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΣΤΙΣ ΙΝΕΣ</b>		
$f_{vd}$	(Mpa)	0,830769231
$V_d$	(MN) <=	0,007476923
<b>ΓΙΑ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗ ΚΑΜΨΗ</b>		
$\lambda_{rel,m}$		0,504281552
$\sigma_{m,crit}$	(Mpa)	62,91784232
$k_{crit}$		1
$W_y$	(m <sup>2</sup> )	0,0003375
$I_{design}$	(m)	4,25
kh		1
$I_{ef}$	(m)	3,615
$f_{md}$	(Mpa)	7,384615385
$M_{vd}$	(MNm) <=	0,002492308

## Ράβδος 5

ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΤΟΧΗΣ (C)	16
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ	
h (m)	0,9
b (m)	0,09
$l_{clear}$ (m)	0,96
$l_{bear}$ (m)	0
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ	
$k_{sys}$	1
$k_{mod}$	0,6
ΑΞΟΝΙΚΟΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ	
kh	1
A (m <sup>2</sup> )	0,081
$f_{t,0,d}$ (Mpa)	4,615384615
$N_d$ (MN) <=	0,373846154

### 3)ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΤΟΥ EXCEL (ΑΝΑΦΕΡΟΝΤΑΙ ΣΤΟΥΣ ΕΛΕΓΧΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ WOOD EXPRESS).

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΙΔΑΣ		
μηκος βιδας (mm)	60	
μηκος στελεχους (mm)	25	
d στελεχους (mm)	5	
d κορμου (mm)	3	
d σπειρ/τος (mm)	5	
min διεισδυση στελεχους στο δευτερο μελος για εκμεταλευση πληρους d (mm)	20	
πραγματικη διεισδυση στελεχους στο δευτερο μελος (mm)	20	
min απαιτουμενη διεισδυση σπειρ/τος στο δευτερο μελος (mm)	35	
πραγματικη διεισδυση σπειρ/τος στο δευτερο μελος (mm)	35	ΕΠΑΡΚΗΣ
deff (mm)	5	no check with ec3
$f_u$ (Mpa)	180	
$f_{uk}$ (Mpa)	0	
$M_{y,rk}$ (Nmm)	3545,812536	
$F_{v,rk}$ (N)	1521,76136	

**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΞΥΛΟΥ**

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ C	16
$f_{c,90,k}$ (Mpa)	2,2
$\rho_k$ (kg/m <sup>3</sup> )	310
$f_{v,k}$ (Mpa)	1,8
$\rho_m$ (kg/m <sup>3</sup> )	370

**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ**

b (mm)	90	
h (mm)	150	
t1 (mm)	90	
tsteel (mm)	5	>= 5

**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΠΡΟΣΧΩΣΗΣ**

γωνια δυναμης σε σχεση με τις ινες α(μοίρες)	0
k90	1,425
$f_{h,a,k}$ (MPa)	24,149

$f_{h,0,k}$  (MPa) NO CHECK POSSIBLE

**ΨΑΘΥΡΗ ΑΣΤΟΧΙΑ**

ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ (mm)	
ΠΑΡ/ΛΑ ΣΤΙΣ ΙΝΕΣ	a1
ΚΑΘΕΤΑ ΣΤΙΣ ΙΝΕΣ	a2
ΦΟΡΤ/ΝΟ ΑΚΡΟ	a3,t
ΑΦΟΡ/ΣΤΟ ΑΚΡΟ	a3,c
ΦΟΡ/ΝΗ ΠΛΕΥΡΑ	a4,t
ΑΦΟΡ/ΣΤΗ ΠΛΕΥΡΑ	a4,c

	d<=6	d<=6	min dist	dist
d>6mm	420<pk<500	pk<=420	final	(mm)
no check	no check	42	42	<= 60
no check	no check	17,5	20	<= 25
no check	no check	75	75	<= 75
no check	no check	no check	no check	<= 50
no check	no check	25	25	<= 25
no check	no check	25	25	<= 25

**ΨΑΘΥΡΗ ΑΣΤΟΧΙΑ ΛΟΓΩ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΥΠΟ ΓΩΝΙΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΙΝΕΣ**

kmod	0,9
F90,rk (N)	34506,52112
he (mm)	125
F90,rd (N)	23889,13001

**ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΣΕΧΔΙΑΣΜΟΥ**

$F_{v,ed}$ (N) <=	9346,153846
-------------------	-------------

**ΠΟΛΛΑΠΛΟΙ ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ ΦΟΡΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΠΛΕΥΡΙΚΑ**

nsp	2
kef	0,925

**ΦΟΡΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΠΑΡ/ΛΑ ΜΕ ΤΙΣ ΙΝΕΣ**

n παρ/λα	3	np allowed
np παρ/λα		
rpl παρ/λα	1	
nef παρ/λα	2,762721838	
$F_{v,rd}$ (N)	1053,527096	

Fv,ef,rd παρ/λα (N)<=		5821,204628	
ΦΟΡΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΚΑΘΕΤΑ ΜΕ ΤΙΣ ΙΝΕΣ			
n καθετα		1	
nr καθετα		0	nr allowed
rpl καθετα		3	
nef καθετα		1	
Fv,rd (N)		1053,527096	
Fv,ef,rd καθετα (N)<=		6321,162573	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΑΠΟ ΣΥΝΔΕΤΗΡΕΣ			
a1 για βιδες καθετα(mm)		20	
a2 για βιδες καθετα(mm)		20	
lef απαιτουμενο (mm)		35	
lef πραγματικο (mm)		35	επαρκες
fax,k (N/mm <sup>2</sup> )		19,64920762	
fax,a,k (N/mm <sup>2</sup> )		19,64920762	
α (βιδων με ινες)		90	
fhead,k (N/mm <sup>2</sup> )		0,6727	
dh (mm)		10	
F1ax,a,rk (N)		67,27	

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ SCIA ENGINEER, WOOD EXPRESS ΕΙΝΑΙ ΣΕ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ ΑΡΧΕΙΑ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΔΙΣΚΟ.**