



Π Ρ Ο Σ Κ Λ Η Σ Η

Η ΕΝΩΣΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΤΟ

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ –

ΤΜΗΜΑ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

και ο

ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

έχουν την τιμή να σας προσκαλέσουν στην Ημερίδα που θα διεξαχθεί το

Σάββατο 16 Απριλίου 2005 στις 09.00

στον συνεδριακό χώρο του ΤΕΕ/ΤΜ

με τίτλο

«Θέματα Τεχνολογίας Σκυροδέματος και Δομικών Χαλύβων με τα Νέα

Ευρωπαϊκά Πρότυπα ΕΛΟΤ ΕΝ»

Πληροφορίες: - ΕΝΩΣΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ, τηλ. 210.6911 886
- ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ - Τμήμα Μαγνησίας,
τηλ. 24210.26574
- ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ,
τηλ. 24210.21381



Η Μ Ε Ρ Ι Δ Α
«Θέματα Τεχνολογίας Σκυροδέματος και Δομικών Χαλύβων με τα Νέα
Ευρωπαϊκά Πρότυπα ΕΛΟΤ ΕΝ»

Σάββατο, 16 Απριλίου 2005

Π Ρ Ο Γ Ρ Α Μ Μ Α

- 09.00 - 09.30 Προσέλευση, παραλαβή έντυπου υλικού Ημερίδας
- 09.30 - 09.45 Χαιρετισμοί
- 09.45 - 10.25 «Το Σκυρόδεμα και το Θαλάσσιο Περιβάλλον»
*Ι. Μαρίνος, Κ. Γεωργίου,
Χημ. Μηχ/κος, Πολ. Μηχ/κος, αντίστοιχα*
- 10.25 - 10.45 «Τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα Τσιμέντου ΕΛΟΤ ΕΝ 197»
Δ. Τσαματσούλης, Δρ. Χημ. Μηχ/κος
- 10.45 - 11.00 «Υπολογισμός Διάρκειας Ζωής Κατασκευών από Σκυρόδεμα και Πειραματική
Επιβεβαίωση»
Ευαγ. Παπαδάκης, Δρ. Χημ. Μηχ/κος
- 11.00 - 11.15 Συζήτηση
- 11.15 - 11.30 Διάλειμμα
- 11.30 - 11.45 «Η Ευρωπαϊκή Τυποποίηση - Σήμανση CE»
Θ. Πάνου, Αρχ. Μηχ/κος, Διεύθυνση Τυποποίησης ΕΛΟΤ
- 11.45 - 12.00 «Το Νέο Ευρωπαϊκό Πρότυπο για το Σκυρόδεμα -
Διαφορές ΚΤΣ-97 με ΕΛΟΤ ΕΝ 206-1»
Νικ. Μαρσέλλος, Πολ. Μηχ/κος
- 12.00 - 12.15 «Το Νέο Ευρωπαϊκό Πρότυπο για τα Αδρανή Σκυροδέματος ΕΛΟΤ ΕΝ 12620»
Ελ. Τσιάβου, Μεταλ. Μηχ/κος
- 12.15 - 12.30 «Από τον ΚΤΧ - 2000 στο pr EN 10080»
Θεοδ. Βουδικλάρης, Πολ. Μηχ/κος
- 12.30 - 12.45 «Εφαρμογές Θραυστομηχανικής στο Σκυρόδεμα»
*Φιλ. Πεردικάρης, καθ. Οπλισμένου Σκυροδέματος,
Τμ. Πολ. Μηχ/κων, Πολυτεχνική Σχολή Παν/μίου Θεσσαλίας*
- 12.45 - 13.00 Γενική συζήτηση -- παρεμβάσεις - κλείσιμο Ημερίδας
- 13.15 Δεξίωση -- Ξενοδοχείο Volos Palace, αίθουσα Μαγνησία

«Από τον Κανονισμό Τεχνολογίας Χαλύβων – 2000 στο σχέδιο Προτύπου prEN 100880»

Θ.Γ. Βουδικλάρης
Πολ. Μηχανικός ΕΜΠ

Κείμενα διανεμηθέντα στην Ημερίδα

**«Θέματα Τεχνολογίας Σκυροδέματος και Δομικών Χαλύβων με τα Νέα Ευρωπαϊκά
Πρότυπα ΕΛΟΤ ΕΝ»**

που οργανώθηκε από την ΕΝΩΣΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ, το ΤΕΕ/ΤΜΗΜΑ
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ και τον Σύλλογο Πολιτικών Μηχανικών Μαγνησίας

Σάββατο 16 Απριλίου 2005

ΧΑΛΥΒΕΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Θ. Γ. Βουδικλάρης
Πολιτικός Μηχανικός

1. Σκοπός

Σκοπός του παρόντος είναι η γνωριμία του επιβλέποντος μηχανικού με το υλικό και η παροχή των στοιχείων που αυτός χρειάζεται για τη διαπίστωση ή τον έλεγχο της ποιότητας και των χαρακτηριστικών του χάλυβα σκυροδέματος (ως υλικού - όχι ως εργασίας διαμορφώσεως οπλισμού) που θα χρησιμοποιήσει στο έργο του και θα τον οδηγήσουν στην αποδοχή και παραλαβή του ή στην αιτιολογημένη απόρριψη.

2. Το υλικό

Οι χάλυβες σκυροδέματος, ως υλικό, θα μπορούσαν να χωρισθούν σε δύο μεγάλες ομάδες.

Στην πρώτη ομάδα θα κατετάσσοντο οι χάλυβες που οφείλουν τις φυσικές ιδιότητες και τα μηχανικά χαρακτηριστικά τους (τάση διαρροής, τάση θραύσεως, μήκυνση θραύσεως κλπ.) στη "χημεία" του υλικού, στη σύνθεση του κράματος δηλαδή και τις αναλογίες των συστατικών του. Στη δεύτερη ομάδα θα κατετάσσοντο οι χάλυβες που οφείλουν τις ιδιότητές τους σε κάποια κατεργασία (εν θερμώ ή εν ψυχρώ), που δεν επεμβαίνει στο κράμα και τις αναλογίες των συστατικών του.

Ως γενική παρατήρηση θα μπορούσε να σημειωθεί ότι οι κατεργασμένοι χάλυβες πετυχαίνουν τις επιδόσεις ή αποκτούν τις επιθυμητές ιδιότητές τους με φθηνότερο τρόπο (σε σύγκριση με τους χάλυβες "κράματος"), διατρέχουν όμως τον κίνδυνο απώλειας (προσωρινής ή μόνιμης) των βελτιωμένων ιδιοτήτων τους σε ψηλές θερμοκρασίες και άρα παρουσιάζουν αυξημένο κίνδυνο και αυξημένη ανάγκη προστασίας έναντι πυρκαγιάς.

Μέχρι πριν από λίγα χρόνια, ο πιο γνωστός τρόπος διακρίσεως των χαλύβων σκυροδέματος ήταν (σε συμφωνία και με τους Γερμανικούς Κανονισμούς και DIN που ακολουθούσε η χώρα μας) ο διαχωρισμός τους στις κατηγορίες St I , St III και St IV (η κατηγορία St II είχε προ πολλού καταργηθεί και "ξεχαστεί"). Οι κατηγορίες St III και St IV (οι "σκληροί" χάλυβες) διακρίνονταν σε υποκατηγορίες St IIIa , St IIIb και St IVa, St IVb αντίστοιχα, όπου η ένδειξη **a** έδειχνε τους φυσικώς σκληρούς χάλυβες ενώ η ένδειξη **b** τους εν ψυχρώ κατεργασμένους. Στην κατηγορία St I η τάση διαρροής ήταν 2200 kp/cm^2 και η επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας 1400 kp/cm^2 , στην κατηγορία St III οι αντίστοιχες τιμές ήταν 4200 kp/cm^2 για τη διαρροή και 2400 kp/cm^2 για την επιτρεπόμενη τάση και στην κατηγορία St IV οι τιμές ήταν 5000 kp/cm^2 και 2600 kp/cm^2 ή 2800 kp/cm^2 αντίστοιχα.

Στον Νέο Γερμανικό Κανονισμό Σκυροδέματος του 1972, οι συμβολισμοί τροποποιήθηκαν σε BSt 22/34 (για το St I), BSt 42/50 (για το St III) και BSt 50/55 (για το St IV), όπου ο αριθμητής του κλάσματος έδειχνε το εγγυημένο όριο διαρροής και ο παρανομαστής το εγγυημένο όριο θραύσεως σε εφελκυσμό, π.χ. για το BSt 22/ 34 έδειχνε όριο διαρροής 2200 kp/cm^2 και όριο θραύσεως 3400 kp/cm^2 . Άλλωστε με τον ίδιο τρόπο εμφανιζόταν εξ αρχής και προ πολλού χρόνου ο χαρακτηρισμός των χαλύβων προεντάσεως (ένδειξη διαρροής και θραύσεως).

Σήμερα η ποιότητα, οι διαστάσεις, οι ανοχές και οι λοιπές απαιτήσεις χαρακτηριστικών που πρέπει να ικανοποιούνται από τους χάλυβες του οπλισμού σκυροδέματος που κυκλοφορούν, προδιαγράφονται στα Πρότυπα ΕΛΟΤ-959

Το βασικό τμήμα αυτού του κειμένου γράφτηκε και δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά, στο «Βοήθημα για τη χρήση του Κανονισμού μελέτης και κατασκευής έργων από σκυρόδεμα», που εκδόθηκε από την ΕΠΕΣ στις αρχές του 1997 επί προεδρίας Σταμ. Σταθόπουλου. Το παρόν περιλαμβάνει συμπληρώσεις, διαφοροποιήσεις και επικαιροποιήσεις σε αρκετά σημεία.

“Χάλυβες Οπλισμού Σκυροδέματος” και ΕΛΟΤ-971 “Συγκολλησιμοί Χάλυβες Οπλισμού Σκυροδέματος” (2^η έκδοση 1994, επίκειται αναθεώρηση *), που έγιναν υποχρεωτικά με την υπ’ αριθμ. Β 21538/2228/3-12-1987 (ΦΕΚ 702/Β/4-12-87) Απόφαση του Υπουργού Βιομηχανίας, όπως (ύστερα από διαδοχικές τροποποιήσεις - καταργήσεις - επαναφορές) διαμορφώθηκε τελικά με την Υπουργ. Απόφ. 15283/Φ7/422/8-8-95 (ΦΕΚ 746/Β/30-8-95). Σύμφωνα με αυτά καθορίζονται τρεις κατηγορίες χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος με βάση την χαρακτηριστική τιμή του ορίου διαρροής τους (εμφανούς ή συμβατικού για μήκυνση 0.2%), ήτοι οι κατηγορίες S220, S400 και S400s, S500 και S500s, που κάθε μία τους έχει τάση ορίου διαρροής 220 MPa (2200 kp/cm²), 400 MPa (4000 kp/cm²) και 500 MPa (5000 kp/cm²) αντίστοιχα.

Η ένδειξη **s** δείχνει τους συγκολλησίμους χάλυβες. Για τον χάλυβα S220 δεν υπάρχει ιδιαίτερη κατηγορία S220s, είναι όμως σχεδόν πάντα συγκολλησίμους. Οι λοιποί χάλυβες S400 και S500 είναι επίσης συγκολλησίμους, αλλά υπό προϋποθέσεις.

Κατά τα Πρότυπα ΕΛΟΤ ο λόγος της τάσεως θραύσεως προς την τάση διαρροής που προκύπτει από τη δοκιμή εφελκυσμού, πρέπει να είναι τουλάχιστον 1.05, ώστε να εξασφαλίζεται κάποια “κράτυνση” του χάλυβα, να υπάρχει επαρκής “προειδοποίηση” για την επερχόμενη θραύση και να «ενεργοποιηθεί» η υπερστατικότητα του φορέα και η ανακατανομή της εντάσεως. Ο Νέος Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος (σχέση 3.1) απαιτεί επί πλέον να είναι ο λόγος της τάσεως θραύσεως προς την χαρακτηριστική τιμή της τάσεως διαρροής τουλάχιστον 1.10.

Ο Ευρωκώδικας 2 (Κατασκευές από Σκυρόδεμα) προς τον οποίο συνεχώς προσαρμόζεται ο ΝΚΩΣ, διατυπώνει με τον παρακάτω διαφορετικό τρόπο παρεμφερείς απαιτήσεις (πργρ. 3.2.4.2), με διάκριση ως προς τους χάλυβες μεγάλης και συνήθους ολκιμότητας (μια διάκριση που δεν υπάρχει ακόμα στη χώρα μας, στα Πρότυπα του ΕΛΟΤ).

* **Μεγάλη ολκιμότητα** : λόγος χαρακτηριστικών τιμών θραύσεως - διαρροής μεγαλύτερος από 1.08 και μήκυνση υπό το μέγιστο φορτίο (στο υψηλότερο σημείο της καμπύλης τάσεων - παραμορφώσεων) τουλάχιστον 5%.

* **Συνήθης ολκιμότητα** : λόγος χαρακτηριστικών τιμών θραύσεως - διαρροής μεγαλύτερος από 1.05 και μήκυνση υπό το μέγιστο φορτίο τουλάχιστον 2.5% .

Στον Ευρωκώδικα 8 (Αντισεισμικές Κατασκευές) στον Πίνακα 2.1 της πργρ. 2.2 του Μέρους 1 - 3, διατυπώνονται πρόσθετες απαιτήσεις, για ακόμα μεγαλύτερες μηκύνσεις και λόγους αντοχής - διαρροής, για τον χάλυβα οπλισμού στις κρίσιμες περιοχές, με την επιφύλαξη αντίστοιχων εξελίξεων στην τεχνολογία παραγωγής και την τυποποίηση των χαλύβων στην Ευρώπη. Στην πραγματικότητα προαναγγέλλεται η δημιουργία μιας νέας κατηγορίας χαλύβων “αντισεισμικής - **extra ολκιμότητας**”, που σήμερα δεν περιλαμβάνεται στο ENV 10080 και που εκτιμάται ότι θα έχει λόγο τάσεων αντοχής - διαρροής 1.15 ως 1.20 (η ολκιμότητα του χάλυβα έχει τη σημασία που έχει η «πλαστικότητα» στο ωπλισμένο σκυρόδεμα, και γι’ αυτό είναι επιθυμητή).

Είναι προφανές ότι οι νέες κατηγορίες αντιστοιχούν προς τις παλιές St I, St III και St IV (αν και υπάρχουν σημαντικές διαφορές στη σύνθεση των κραμάτων και ακόμα μεγαλύτερες στις μεθόδους παραγωγής, με επίπτωση κυρίως στην συγκολλησιμότητα) και γι’ αυτό πολλοί τις ονομάζουν ακόμα με το “παλιό” τους όνομα, ίσως και για τη διευκόλυνση της συνεννόησης με τους τεχνίτες.

(*) Σήμερα μπορούμε να πούμε ότι «επέκειτο». Η αναθεώρηση αυτή δεν έγινε και δεν φαίνεται ότι θα γίνει ποτέ, παρέμεινε μόνον ως πρόθεση. Η παρατήρηση ισχύει για όλες τις αναφορές στην αναμενόμενη αναθεώρηση που γίνονται στη συνέχεια του κειμένου.

Οι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος παράγονται σε ράβδους κυκλικής ή πρακτικά κυκλικής διατομής, με ένα από τους παρακάτω τρόπους:

- * θερμή έλαση χωρίς παραπέρα κατεργασία (όλοι οι χάλυβες S220, αλλά και μερικοί S400 και S500)
- * θερμή έλαση με άμεση θερμική κατεργασία
- * ψυχρή κατεργασία με στρέψη ή/και ολκή του αρχικού προϊόντος που προέρχεται από θερμή έλαση

Η μέθοδος παραγωγής επιλέγεται από τον παραγωγό, ο οποίος όμως υποχρεούται να την γνωστοποιήσει στον χρήστη, αν του ζητηθεί. Οι χάλυβες χαρακτηρίζονται πάντως μόνο από τις φυσικές και μηχανικές τους ιδιότητες, ανεξάρτητα από τη μέθοδο παραγωγής τους.

Ο χάλυβας S220 έχει λεία επιφάνεια, ενώ οι χάλυβες S400 και S500 έχουν γενικώς νευρώσεις (εξέχουσες γλυφές, υπάρχουν επίσης και «έγγλυφοι» χάλυβες, σχεδόν άγνωστοι στη χώρα μας) στην επιφάνειά τους, για τη βελτίωση της ικανότητας πρόσφυσης, και είναι συνήθως προϊόν θερμής έλασης και θερμικής ή ψυχρής κατεργασίας. Ο χάλυβας S500 μπορεί να είναι λείος όταν χρησιμοποιείται σε δομικά πλέγματα (η πρόσφυση αυξάνεται με τις εγκαρσίως ηλεκτροσυγκολλημένες ράβδους), χωρίς αυτό να αποκλείει τη χρήση ανάγλυφων ράβδων S500 για την παραγωγή δομικών πλεγμάτων.

Υπενθυμίζεται ότι ο Νέος Κανονισμός Σκυροδέματος (σχόλια 17.2.2) συνιστά τη χρήση **νευροχαλύβων** όταν υπάρχει πρόβλημα απομειώσεως της συνάφειας π.χ. λόγω σεισμού.

Όλοι οι χάλυβες που χρησιμοποιούνται παρουσιάζουν τα εξής κοινά χαρακτηριστικά:

- * Μέτρο ελαστικότητας : $E = 2.0 \times 10^5 \text{ MPa}$ ($2.0 \times 10^6 \text{ kp/cm}^2$)
- * Μέτρο ολισθήσεως (διατμησεως) : $G = 8.0 \times 10^4 \text{ MPa}$ ($0.8 \times 10^6 \text{ kp/cm}^2$)
- * Συντελεστή θερμικής διαστολής : $\alpha = 12 \times 10^{-6} / \text{grad}$
- * Πυκνότητα : $d = 7.85 \text{ kg/dm}^3$ ή t/m^3 ή g/cm^3

Οι παραπάνω τιμές ισχύουν για θερμοκρασία περί τους 20°C , μεταβαλλόμενες αισθητά υπό την επίδρασή της (π.χ. τα E και G μειώνονται κατά 40% περίπου στους 650°C , ενώ ο συντελεστής α θερμικής διαστολής αυξάνει κατά 15% περίπου για την ίδια θερμοκρασία). Η μεταβολή είναι ανομοιόμορφη.

Στο εμπόριο κυκλοφορεί και **ανοξειδωτος χάλυβας** ωπλισμένου σκυροδέματος, εισαγωγής, από κράμα πλούσιο σε Cr και Ni, με νευρώσεις, σε ράβδους και πλέγμα, κατηγορίας S500, που ικανοποιεί τα Πρότυπα ΕΛΟΤ (όχι όμως το ισοδύναμο σε άνθρακα, που υπερβαίνεται λόγω υψηλής περιεκτικότητας σε Cr και Ni, άρα ο χάλυβας αυτός δεν κατατάσσεται στους συγκολλησίμους, κατά τα αναφερόμενα παρακάτω). Η συγκόλληση αυτών των χαλύβων είναι δυνατή (στη θέση συγκολλήσεως δημιουργείται πάντως σχετικώς αδύνατο σημείο), απαιτεί όμως ειδικά ηλεκτρόδια, τα περιγραφόμενα στο Πρότυπο ΕΛΟΤ είναι ακατάλληλα. Ακόμα πιο απαιτητική είναι η συγκόλλησή του με τους άλλους χάλυβες. Η τιμή του ανοξειδωτου χάλυβα είναι περίπου δεκαπλάσια της τιμής του συνήθους και χρησιμοποιείται σε πολύ μικρές ποσότητες, σε περιπτώσεις πολύ διαβρωτικού περιβάλλοντος, θαλασσίων έργων, συντήρησης - ενίσχυσης μνημείων κλπ. Στα επόμενα δεν θα ασχοληθούμε περισσότερο με τον ανοξειδωτο χάλυβα, του οποίου πάντως η ύπαρξη και η δυνατότητα χρησιμοποίησεως σε πολύ ειδικές περιπτώσεις, πρέπει να είναι γνωστή στους μηχανικούς.

Γενική Παρατήρηση : Οι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος και ιδιαίτερα οι χάλυβες S400, S400s, S500, S500s είναι ένα υλικό δύσκολο, γενικώς ευαίσθητο, συχνά “δύστροπο”, που αντιδρά στη δική μας συμπεριφορά με τρόπο μερικές φορές αππροσδόκητο. Η θερμότητα, η κακή μηχανική μεταχείριση, οι κάμψεις και επαναφορές κλπ. μπορούν να επηρεάσουν τις μηχανικές του ιδιότητες πολύ περισσότερο απ’ όσο θα περίμενε κανείς και ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής του (γι’ αυτό και πρέπει να αποφεύγεται η επανευθυγράμμιση διαμορφωμένων ήδη, με κάμψεις, οπλισμών και, όταν αυτό δεν είναι οικονομικώς εφικτό, θα πρέπει αυτές οι ράβδοι να θεωρούνται ως “μειωμένης αξιοπιστίας” και να χρησιμοποιούνται ως κατασκευαστικός, μη φέρων ή δευτερεύων οπλισμός). Για το λόγο αυτό, η ακριβής τήρηση των Προτύπων και των Προδιαγραφών **και στο εργοτάξιο** είναι αναγκαία, ιδιαίτερα όμως αναγκαία είναι αν πρόκειται για τους ελέγχους αποδοχής. Ο επιβλέπων μηχανικός, ο ελεγκτής μηχανικός, ο διαιτητής, ο πραγματογνώμονας πρέπει να γνωρίζουν (κάτι που ισχύει για όλους τους εργαστηριακούς ελέγχους) ότι ο έλεγχος πρέπει να γίνεται με απολύτως πιστή τήρηση των σχετικών Οδηγιών, αλλιώς τα λαμβανόμενα αποτελέσματα δεν είναι επαρκώς αξιόπιστα.

3. Διαστάσεις - Ανοχές

Οι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος παράγονται σε ράβδους κυκλικής ή πρακτικά κυκλικής διατομής και παραδίδονται σε ευθύγραμμες ράβδους (12μετρες ή 14μετρες ή άλλου μήκους κατά παραγγελία) ή ρόλλους, ανάλογα με τη διάμετρο και την κατηγορία τους. Οι εισαγόμενοι χάλυβες παραδίδονται γενικώς σε 12μετρες ράβδους ή ρόλλους.

Οι “ονομαστικές” διαμέτροι παραγωγής των χαλύβων αυτών σε mm είναι οι επόμενες :

* **4 , 5** (μόνο για τις ποιότητες S400 και S500, όχι για την S220 - στην αναθεώρηση των Προτύπων θα προστεθούν επίσης οι διαμέτροι 4.2 , 4.6 και 5.5 mm), **6 , 8 , 10 , 12 , 14 , 16 , 18 , 20 , 22 , 25 , 28** και **32** (στην αναθεώρηση θα προστεθούν επίσης οι διαμέτροι 36 και 40 mm).

Από αυτές τις **ονομαστικές διαμέτρους** προκύπτουν υπολογιστικά η **ονομαστική διατομή** και η **ονομαστική μάζα**, όπως εμφανίζονται στον Πίνακα 2 του Προτύπου ΕΛΟΤ - 959 και τον Πίνακα 3 του ΕΛΟΤ - 971 .

Στους ίδιους Πίνακες δίνονται επακριβώς και οι **ανοχές** (διατομής, μάζας) που είναι, αδρομερώς:

- περί το $\pm 10\%$ για τις διαμέτρους 4, 5 και 6 mm
- περί το $\pm 8\%$ για τις διαμέτρους 8, 10 και 12 mm
- περί το $\pm 6\%$ για τις διαμέτρους 14, 16, 18 και 20 mm και
- περί το $\pm 5\%$ για τις διαμέτρους 22, 25, 28 και 32 mm

Ο έλεγχος των ανοχών γίνεται ύστερα από προσδιορισμό της **πραγματικής διατομής**, κατά την πργρ. 4.2 του ΕΛΟΤ - 959 ή την πργρ. 5.2 του ΕΛΟΤ - 971, με τρία δοκίμια συνολικού βάρους μικρότερου των 10 kg, των οποίων μετριέται ακριβώς το μήκος και η μάζα, και ο μέσος όρος τους συγκρίνεται προς το θεωρητικό μέγεθος της ονομαστικής διατομής.

Στους λείους χάλυβες η διάμετρος της ράβδου μπορεί να μετρηθεί απ’ ευθείας, με το παχύμετρο (για τις ανάγκες του εργοταξίου, όχι για την κατά το Πρότυπο αποδοχή).

Στους χάλυβες με νευρώσεις το παχύμετρο δίνει εσφαλμένη ένδειξη διαμέτρου (μικρότερη ή μεγαλύτερη από την πραγματική, ανάλογα με τη θέση τοποθετήσεώς του), καθώς στη διαμόρφωση και το μέγεθος της ονομαστικής

διατομής μετέχουν και οι επιφάνειες της διατομής των νευρώσεων. Σ' αυτήν την περίπτωση η **πραγματική** διάμετρος της ράβδου προσδιορίζεται έμμεσα, από τη μάζα της, ως η διάμετρος που αντιστοιχεί σε λεία ράβδο κυκλικής διατομής ίσου μήκους και ίσης μάζας. Η πραγματική διατομή υπολογίζεται από τη σχέση

$$A = 127.4 \times m/l$$

όπου A είναι η πραγματική διατομή σε mm², m είναι η μάζα σε gr, l είναι το μήκος του δοκιμίου σε mm και $127.4 = 1000 / 7.85$.

Σε περίπτωση πραγματογνωμοσύνης και ενσωματωμένων χαλυβδίνων ράβδων, που δεν μπορούν να ζυγισθούν, μπορεί να μετρηθεί η διάμετρος του κυκλικού πυρήνα για να συγκριθεί προς τις δηλούμενες από την βιομηχανία παραγωγής του χάλυβα για κάθε ονομαστική διάμετρο, ώστε να προσδιορισθεί εκείνη η ονομαστική διάμετρος προς την οποία αντιστοιχεί, λαμβανομένων υπ' όψη και των επιτρεπόμενων ανοχών. Ενδεικτικά και προσεγγιστικά αναφέρεται ότι η διάμετρος του κυκλικού πυρήνα είναι μικρότερη της ονομαστικής κατά 0.5 mm στη ράβδο Φ 10 και κατά 1 mm στη ράβδο Φ 25.

4. Σήμανση - Αναγνώριση

Οι χάλυβες με νευρώσεις πρέπει να δείχνουν τη χώρα προέλευσης του προϊόντος, την ποιότητα του χάλυβα και το εργοστάσιο (την μονάδα) παραγωγής του. Δυστυχώς δεν υπάρχει ακόμα διεθνής προδιαγραφή σήμανσεως (εκτός μόνο για τη χώρα προέλευσης και το εργοστάσιο παραγωγής) κοινή για όλους τους παραγωγούς, αν και φαίνεται να βρισκόμαστε αρκετά κοντά σε μια τέτοια φάση (ENV 10080 της TC 19 - Apr. 1995). Έτσι, προς το παρόν τουλάχιστον, κάθε παραγωγός εφαρμόζει τον δικό του τρόπο σήμανσεως και διακρίσεως των προϊόντων του από τους άλλους, τουλάχιστον ως προς την ποιότητα και την συγκολλησιμότητα, επιλέγοντας συνήθως να ακολουθήσει κάποια από τις ξένες ή διεθνείς προδιαγραφές (DIN 488 ή ENV 10080 ή EUN 80/69 ή EUN 80/85 κλπ.). Μερικές φορές μάλιστα ο παραγωγός τροποποιεί κατά την κρίση του τη δική του σήμανση, έτσι αν θέλει κανείς να είναι **ασφαλώς ενήμερος** πρέπει να έρθει σε επαφή με το εργοστάσιο ή με την αρμόδια Υπηρεσία του ΚΕΔΕ ή με τον ΕΛΟΤ.

Δεν θα ήταν μεγάλη υπερβολή να πει κανείς ότι στη σήμανση των χαλύβων σκυροδέματος επικρατεί σήμερα ένα μικρό χάος.

Η σήμανση γίνεται με τις γλυφές που δημιουργούνται στην επιφάνεια των ράβδων, όπως στο παρακάτω σκαρίφημα. Εδώ και 30 σχεδόν χρόνια, σύμφωνα με τη EURONORM 80-69, γίνεται χρήση τριών ομάδων πλαγίων νευρώσεων A, B και C, που χωρίζονται μεταξύ τους με μια ενισχυμένη (παχύτερη) νευρώση και επαναλαμβάνονται ανά διαστήματα σε όλο το μήκος της ράβδου, περίπου ανά μέτρο μήκους. Σήμερα, ύστερα από τη EURONORM 80-85 και κατά το ENV 10080, η ομάδα A (δύο συνεχόμενες παχιές νευρώσεις) δείχνει μόνο την έναρξη της σήμανσης και την κατεύθυνση ανάγνωσης, η ομάδα B τη χώρα προέλευσης και η ομάδα C την μονάδα παραγωγής.

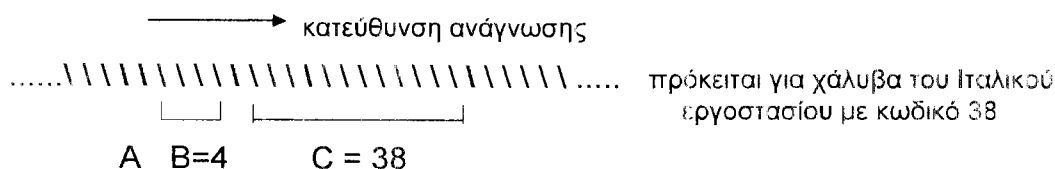
Κατά το ENV 10080 η σήμανση της χώρας προέλευσης (ομάδα B), για τις ευρωπαϊκές χώρες που ο χάλυβας τους χρησιμοποιείται συνηθέστερα στην Ελλάδα, είναι η παρακάτω:

Αυστρία - Γερμανία	:	1 γραμμή	\
Βέλγιο - Ολλανδία - Λουξεμβούργο - Ελβετία	:	2 γραμμές	\\
Γαλλία	:	3 γραμμές	\\\
Ιταλία	:	4 γραμμές	\\ \\
Βρετανία - Ιρλανδία - Ισλανδία	:	5 γραμμές	\\ \\ \\
Δανία - Σουηδία - Νορβηγία - Φινλανδία	:	6 γραμμές	\\ \\ \\ \\

Ισπανία - Πορτογαλία	: 7 γραμμές	
Ελλάδα	: 3 γραμμές	
Άλλες χώρες	: 9 γραμμές	

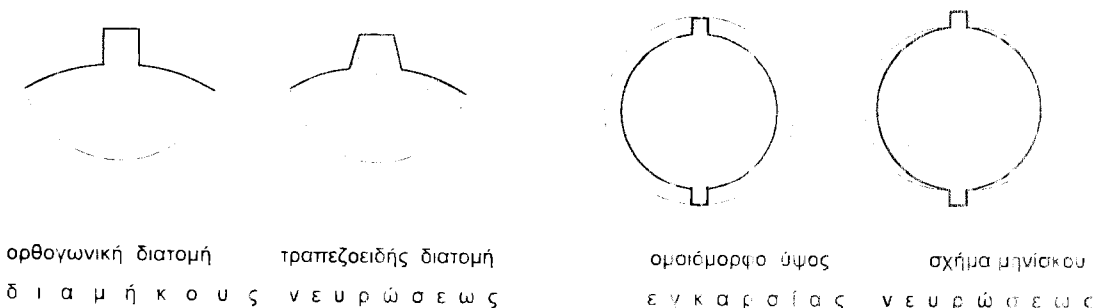
Θα πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι στην Ευρώπη εξακολουθεί να χρησιμοποιείται και η EURONORM 80-85, που έχει κάποιες διαφορές με την προηγούμενη σήμανση, εκ των οποίων θα αναφερθεί η χαρακτηριστικότερη για μάζ: με 8 γραμμές σημαίνεται η Ελλάδα και η Τουρκία. Στο ISO 6935-2: 1991 μόλις, με 8 γραμμές σημαίνονται η Ελλάδα, η Τουρκία και η Τσεχοσλοβακία.

Οι μονάδες παραγωγής έχουν, σε κάθε χώρα, ένα κωδικό αριθμό. Αν ο αριθμός αυτός είναι σχετικά μικρός (έστω και λίγο μεγαλύτερος του 10), σημειώνεται με ίσο αριθμό πλαγίων νευρώσεων στην ομάδα C. Αν είναι αρκετά ή πολύ μεγάλος (π.χ. 38 ή 114), τότε η ομάδα υποδιαιρείται εσωτερικά, με παχύτερες νευρώσεις, σε υποομάδες που ο αριθμός νευρώσεων κάθε μιας τους, δίνει το αντίστοιχο ψηφίο του κωδικού. Τα πολλαπλάσια του 10 αποφεύγονται ως κωδικοί εργοστασίου. Μονάδες παραγωγής διαφορετικών χωρών, που έχουν κοινή σήμανση για τη χώρα προέλευσης, έχουν υποχρεωτικά διαφορετική σήμανση των μονάδων παραγωγής.



Οι γλυφές είναι (στην ελληνική αγορά) πάντα εξέχουσες και θα μπορούσαν να χωρισθούν σε δύο κατηγορίες. Στις κατά τον διαμήκη άξονα της ράβδου (η ύπαρξή τους δεν είναι υποχρεωτική) ή παράλληλες προς αυτόν (τουλάχιστον προ της στρεπτικής εν ψυχρώ κατεργασίας) και τις εγκάρσιες ως προς αυτόν, κάθετες ή κεκλιμένες (πλάγιες, ελικοειδείς) με διάφορες κλίσεις.

Η διατομή της γλυφής είναι είτε "ορθογωνική" είτε "τραπεζοειδής" με διάφορες κλίσεις πλευρών. Η προεξοχή των διαμήκων γλυφών (ορθογωνικών ή τραπεζοειδών) είναι γενικώς ομοιόμορφη κατά το μήκος τους. Οι εγκάρσιες γλυφές είναι άλλοτε σταθερού και άλλοτε (στη συντριπτική πλειοψηφία τους, σε όλους τους ελληνικούς χάλυβες) απομειωμένου ύψους, σε σχήμα μηνίσκου. Ο συνδυασμός μορφής και αριθμού γλυφών, μεγέθους, κλίσεων απλών ή πολλαπλών, αποστάσεων, ζευγών κλπ. δίνει την ποικιλία δυνατοτήτων που απαιτείται για τη διάκριση των προϊόντων κατά κατηγορία χάλυβα ή/και κατά παραγωγό.



Τα Πρότυπα του ΕΛΟΤ δεν καθορίζουν διαστάσεις, μορφή, πυκνότητα κλπ. των γλυφών ούτε απαιτήσεις αναπτύξεως κάποιας δυνάμεως προσφύσεως, αφήνοντας σιωπηρά τη σχετική αρμοδιότητα και πρωτοβουλία στα εργοστάσια παραγωγής. Αντιθέτως το Ευρωπαϊκό Δοκιμαστικό Πρότυπο ENV 10080 (και πλέον και ο Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων) ορίζει υποχρεώσεις γεωμετρίας των νευρώσεων, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή πρόσφυση στο σκυρόδεμα. Συναρτήσει της ονομαστικής διαμέτρου της ράβδου, απαιτούνται:

- * μια ελάχιστη επιφάνεια προβολής των νευρώσεων
- * ύψος μεταξύ του 5 και του 10% της ονομαστικής διαμέτρου
- * απόσταση νευρώσεων επί του άξονος μεταξύ μισής και μιας διαμέτρου
- * μερικές άλλες απαιτήσεις ως προς την κλίση των γλυφών ή των πλευρών της τραπεζοειδούς διατομής νευρώσεως κλπ.

Θα μπορούσε να πει κανείς ότι οι χάλυβες που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά ικανοποιούν γενικώς τις παραπάνω απαιτήσεις, παρουσιάζοντας ένα ύψος **εγκαρσίας** νευρώσεως (μέγιστο, στο μέσον της) λίγο μεγαλύτερο από το 5% της ονομαστικής διαμέτρου. Μερικές (λίγες) φορές όμως, η φθορά των ράουλων των ελάστρων ευθύνεται για ουσιαστική μείωση αυτού του ύψους (όχι υποχρεωτικά σε χάλυβες ελληνικής παραγωγής), μέχρι σημείου (στις ακραίες περιπτώσεις) να αναρωτιέται κανείς αν ο χάλυβας είναι ανάγλυφος ή λείος.

Το ΚΕΔΕ και τα λοιπά εργαστήρια δεν κάνουν έλεγχο “αναγλύφου” ούτε διαθέτουν κριτήριο αποδοχής. Ο χρήστης και ο επιβλέπων μηχανικός δεν βοηθούνται στην αντιμετώπιση του προβλήματος - πρέπει μόνοι τους να πάρουν την απόφαση αποδοχής ή απορρίψεως του πιθανώς ελαττωματικού χάλυβα, κατά την κρίση τους.

5. Απαιτήσεις - Δοκιμές

Δεν επιτρέπεται η παραγωγή χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος με επανέλαση ετοιμών προϊόντων, σιδηροτροχιών, χαλυβδοφύλλων κλπ.

Δεν επιτρέπεται η χρήση οπλισμού που παρουσιάζει στην εξωτερική του εμφάνιση απολεπίσεις (από σφάλματα ελάσεως), παραμορφώσεις ή αλλοιώσεις, ρωγμές, χαλαρές πλάκες σκουριάς ή κατάσταση που δείχνει προχωρημένη διάβρωση (αν αφηθεί μια ράβδος να πέσει στο έδαφος από ένα ύψος π.χ. 1 m και εκτιναχθούν κομμάτια σκουριάς, θεωρείται η διάβρωση προχωρημένη). Κατά τη διαχείριση του οπλισμού (μεταφορά, αποθήκευση κλπ.) πρέπει να αποφεύγονται οι μηχανικές βλάβες (εγκοπές) ή πλαστικές παραμορφώσεις, οι θραύσεις συγκολλήσεων των πλεγμάτων ή των “κλωβών” οπλισμών, οι ρυπάνσεις που βλάπτουν τη συνάφεια, οι μειώσεις διατομών ή συνάφειας από διάβρωση, η απώλεια της δυνατότητας αναγνώρισης ή πιστοποίησης του είδους των χαλύβων κλπ.

Η κοπή των χαλύβων πρέπει να γίνεται, κατά προτίμηση, με μηχανικά μέσα. Τα άκρα ράβδων που έχουν υποστεί κατεργασία εν ψυχρώ με συστροφή, πρέπει να αφαιρούνται, ιδιαίτερα αν γίνεται συγκόλληση σ' αυτά τα μη συνεστραμμένα άκρα.

Απαγορεύεται η παραγωγή, κατοχή, πώληση οπλισμών σκυροδέματος που δεν ανταποκρίνονται σε μία από τις ποιότητες S220, S400, S400s, S500 και S500s. Η ποιότητα πρέπει να αναγράφεται στα παραστατικά έγγραφα εμπορίας και διακινήσεως του υλικού (τιμολόγια, δελτία αποστολής, διασαφήσεις κλπ.).

Τα πιστοποιητικά ελέγχου ποιότητας εκδίδονται από τον ΕΛΟΤ. Οι δειγματοληψίες ενεργούνται για τους εγχώριους χάλυβες στη μονάδα παραγωγής τους, για τους εισαγόμενους τρίτων χωρών στα τελωνεία εισαγωγής τους και για τους χάλυβες χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή χωρών της ΑΕΛΕ (Association Europeenne Libre Echanges, Ευρωπαϊκή Ζώνη Ελευθέρων Συναλλαγών - ΕΖΕΣ) που δεν προσεχώρησαν στην Ε.Ε., στους χώρους αποθηκείσεώς τους.

Από την παραπάνω υποχρέωση απαλλάσσονται τα εγχώρια προϊόντα που καλύπτονται από Σήμα (συμμόρφωσης) Ποιότητας ή συνοδεύονται από Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης (Ποιότητας) που χορηγείται ή εκδίδεται από τον ΕΛΟΤ. Από τον έλεγχο εξαιρούνται οι χάλυβες που παράγονται σε χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή της ΑΕΛΕ στην οποία ισχύει σύστημα πιστοποίησης ποιότητας αναγνωρισμένο από το Κράτος αυτό, υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει συμφωνία αμοιβαίας αναγνώρισης των διαδικασιών πιστοποίησης και ελέγχου με τη

χώρα μας (καμιά ακόμα) και ότι υπάρχουν πιστοποιητικά που αποδεικνύουν ότι τα εισαγόμενα προϊόντα ικανοποιούν τις απαιτήσεις των Προτύπων ΕΛΟΤ. Διαφορετικά θα πρέπει να ελέγχονται από τον ΕΛΟΤ, μια και δεν υπάρχει ακόμα κοινό Ευρωπαϊκό Πρότυπο και τα ισχύοντα Εθνικά Πρότυπα διαφέρουν μεταξύ τους. Έτσι ο ΕΛΟΤ καλείται στην Ε.Ε. και πιστοποιεί (κατόπιν αιτήσεώς τους) χαλυβουργεία των χωρών της.

Ο χρήστης διατηρεί το δικαίωμα να εκτελέσει και εκείνος δοκιμές και ελέγχους που θα πιστοποιούν την ποιότητα του χρησιμοποιούμενου υλικού, **οι έλεγχοι πάντως είναι έλεγχοι εργαστηρίου και ΔΕΝ μπορούν να γίνουν από τον επιβλέποντα μηχανικό με πρόχειρα μέσα**. Οι αρμόδιες Υπηρεσίες μπορούν επίσης να ενεργήσουν, σε οποιοδήποτε σημείο της χώρας και σε οποιοδήποτε στάδιο διακίνησης και εμπορίας, αυτεπάγγελτο δειγματοληπτικό έλεγχο για τη διαπίστωση της πιστότητας του προϊόντος προς τα χορηγηθέντα πιστοποιητικά ή συνοδευτικά έγγραφα.

Η λήψη των προς έλεγχο δοκιμών γίνεται με τον περιγραφόμενο στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ της υπ' αρ. 15283/Φ7/422/8-8-95 Υπ. Αποφ. τρόπο, που είναι συνοπτικά ο επόμενος:

Κάθε παρτίδα ελέγχου δεν μπορεί να ξεπερνάει τους 100 τόννους και περιλαμβάνει προϊόντα της ίδιας ποιότητας, της ίδιας ονομαστικής διαμέτρου, από το ίδιο χυτήριο. Από κάθε παρτίδα λαμβάνονται 15 δοκίμια από διαφορετικές ράβδους, για τον έλεγχο των μηχανικών ιδιοτήτων και 2 δοκίμια από διαφορετικές ράβδους για τον έλεγχο της χημικής σύνθεσης (μόνο για συγκολλησίμους χάλυβες). Λαμβάνονται επίσης 15 δοκίμια για τη δοκιμασία αναδίπλωσης ή κάμψης - ανάκαμψης, αναλόγως ποιότητας και διαμέτρου, κατά τον Πίνακα 1 του ΕΛΟΤ - 959. Το μήκος κάθε δοκιμίου θα είναι τουλάχιστον 20 d, και πάντως αρκετά μεγάλο ώστε να διατίθεται τουλάχιστον το μήκος ελέγχου της μήκυνσης θραύσεως 5d, πλέον το απαραίτητο για τη τοποθέτηση των σιαγόνων της μηχανής ελέγχου. Υποδεικνύεται ελάχιστο μήκος **δοκιμίου** 60 cm για τις συνήθεις διαμέτρους, για κάθε δοκιμή, ή 120 cm μήκος **δείγματος** ώστε να προκύπτουν από το ίδιο τεμάχιο δείγματος και τα δύο δοκίμια για τον έλεγχο εφελκυσμού και τον έλεγχο αναδίπλωσης ή κάμψης - ονάκαμψης (το δεύτερο είναι προτιμότερο, γιατί η εκτέλεση των δοκιμών σε κομμάτια της ίδιας ράβδου επιτρέπει μερικές φορές τη συναγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων).

Για κάθε ενεργούμενο έλεγχο εφελκυσμού (διαρροής, θραύσεως, μήκυνσης θραύσεως) προσδιορίζονται όλες οι επί μέρους τιμές x_i των 15 δοκιμών, η μέση τιμή m_{15} και η τυπική απόκλιση s_{15} . Η παρτίδα είναι αποδεκτή όταν πληρούται η σχέση

$$m_{15} - 2.33 s_{15} \geq C_v$$

όπου C_v είναι η χαρακτηριστική τιμή (διαρροής, θραύσεως κλπ.) που καθορίζεται στον Πίνακα 1 των Προτύπων ΕΛΟΤ 959 και 971 (π.χ. 500 MPa για τη διαρροή, 550 MPa για τη θραύση και 12% για τη μήκυνση θραύσεως του χάλυβα S500).

Αν η συνθήκη δεν πληρούται τότε υπολογίζεται ο δείκτης

$$k_1 = (m_{15} - C_v) / s_{15}$$

Αν $k_1 < 2$ η παρτίδα απορρίπτεται .

Αν $k_1 \geq 2$ ο αριθμός των δοκιμών συμπληρώνεται σε 60 και η παρτίδα ελέγχεται με το κριτήριο

$$m_{60} - 1.93 s_{60} \geq C_v$$

Τους ελέγχους σε αναδίπλωση, κάμψη - ανάκαμψη και τήρηση διαστάσεων πρέπει να ικανοποιούν όλα τα δοκίμια. Αν δύο το πολύ αποτελέσματα (από τα 15)

δεν τηρούν τις απαιτήσεις, τότε ο αριθμός των δοκιμών αυξάνεται σε 60 και η παρτίδα γίνεται αποδεκτή, αν δύο μόνο από τα 60 αποτελέσματα δεν συμφωνούν με τις απαιτήσεις των προδιαγραφών.

Τα ελεγχόμενα δοκίμια δεν πρέπει να έχουν υποστεί καμιά προηγούμενη κατεργασία, πλην πιθανώς της τεχνητής γήρανσης κατά το αρθρ. 5 του ΕΛΟΤ - 959 (για χάλυβες ψυχρής κατεργασίας ή αρχικώς καμπυλωμένα δοκίμια που προέρχονται από κουλούρα).

Για τους συγκολλησίμους χάλυβες, στο Πιστοποιητικό Ελέγχου πρέπει να αναφέρεται και η χημική τους σύνθεση (ανάλυση χυτηρίου).

Οι διενεργούμενες δοκιμές είναι οι επόμενες:

* **έλεγχος εφελκυσμού.** Γίνεται κατά το Πρότυπο ΕΛΟΤ 1045 (EURONORM 1002-80). Προσδιορίζεται η τάση διαρροής, η τάση θραύσης και η μήκυνση θραύσης επί του αυτού δοκιμίου, επί του οποίου έχει ήδη γίνει ο έλεγχος διαστάσεων και ανοχών. Ως διατομή θεωρείται η **πραγματική** διατομή όπως υπολογίζεται από τη μάζα.

* **δοκιμή αναδίπλωσης** (για λείους χάλυβες μέχρι Φ32, για νευροχάλυβες μέχρι Φ12). Η αναδίπλωση γίνεται με κάμψη των δοκιμίων κατά 180° γύρω από κυλινδρικά στελέχη διαμέτρου 2d για τον χάλυβα S220, 3d για τον S400 και 4d για τον S500, κατά τον Πίνακα 1 του ΕΛΟΤ - 959. Κατά τη δοκιμή δεν πρέπει να προκληθεί θραύση του δοκιμίου ή να εμφανισθούν εγκάρσιες ή λοξές ρωγμές στην εφελκυσόμενη πλευρά του.

* **δοκιμή κάμψης - ανάκαμψης.** Εκτελείται στους νευροχάλυβες με διάμετρο μεγαλύτερη των 12 mm αντί για τη δοκιμή αναδίπλωσης. Τα δείγματα διαχωρίζονται σε 4 κατηγορίες ονομαστικών διαμέτρων,

α) από 12 ως και 18 mm

β) από 20 ως και 25 mm

γ) από 28 ως και 30 mm και

δ) 32 mm (ως και 40 mm κατά το αναθεωρημένο Πρότυπο)

κατά τον Πίνακα 1 του ΕΛΟΤ - 959. Οι αντίστοιχες διάμετροι του κυλινδρικού στελέχους της δοκιμής είναι 6d, 8d, 10d και 12d για τον χάλυβα S400 και 8d, 10d, 12d και 14d για τον χάλυβα S500. Η δοκιμή εκτελείται κατά το κεφάλαιο 7 και τις διατάξεις του Παραρτήματος του ΕΛΟΤ - 959. Για την αποδοχή απαιτείται να μη προκληθεί θραύση ή εμφάνιση εγκάρσιων ή λοξών ρωγμών στο δοκίμιο.

* **έλεγχος χημικής σύνθεσης** (για τους συγκολλησίμους χάλυβες). Η συγκολλησιμότητα θεωρείται αυταπόδεικτη αν η χημική σύσταση του υλικού σε C, P, S και N δεν υπερβαίνει τις μέγιστες τιμές που αναφέρονται στον Πίνακα 2 του ΕΛΟΤ - 971 και συγχρόνως το **ισοδύναμο σε άνθρακα** δεν υπερβαίνει το 0.50% στη σύνθεση του ρευστού χάλυβα κατά τη χύτευσή του και το 0.53% (το 0.52% στο ENV 10080 και την επικείμενη αναθεώρηση του Προτύπου) στη σύνθεση του τελικού προϊόντος (που μόνο αυτό μπορεί να ελεγχθεί με τη χημική - φασματογραφική ανάλυση των δοκιμίων). Το ισοδύναμο σε άνθρακα εκφράζεται με το άθροισμα:

$$C + Mn / 6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Cu + Ni) / 15$$

όπου C, Mn, Cr, Mo, V, Cu και Ni είναι τα ποσοστά % των στοιχείων αυτών, όπως προσδιορίστηκαν με τη χημική ανάλυση.

6. Συγκολλησιμότητα - Συγκόλληση

Όταν μιλούμε για συγκόλληση των χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος στο εργοτάξιο, εννοούμε πάντα **ηλεκτροσυγκόλληση**. Απαγορεύεται η συγκόλληση με φλόγα οξυγόνου ή ασετυλίνης, ή με σφυρηλάτηση.

Οι συγκολλήσεις πρέπει πάντα να γίνονται υπό αυστηρή τήρηση των σχετικών μέτρων ασφαλείας, από τεχνίτες πεπειραμένους και ικανούς. Η θέση συγκολλήσεως πρέπει να επιλέγεται σε ευθύγραμμο τμήμα της ράβδου (π.χ. σε απόσταση 50 cm από την καμπύλη).

Οι χάλυβες S220 είναι (σε συντριπτική πλειοψηφία) πάντα συγκολλησιμοί

Οι χάλυβες S400 και S500 επιδέχονται συγκόλληση υπό προϋποθέσεις, που αφορούν κυρίως στις συνθήκες συγκολλήσεως (τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, τη μέθοδο και τη μηχανή συγκολλήσεως, την ένταση του χρησιμοποιούμενου ηλεκτρικού ρεύματος κλπ.), που δεν είναι δυνατόν να προσδιορισθούν με γενικό τρόπο. Για τις κατάλληλες, **πραγματικές συνθήκες του έργου**, συγκολλούνται και ελέγχονται δοκίμια κατά το πρότυπο ΕΛΟΤ 971, ήτοι μόνο με παράθεση καθ' υπερκάλυψη και ηλεκτροσυγκόλληση που ελέγχεται με τη δοκιμή εφελκυσμού και τη δοκιμή κάμψεως. Η ηλεκτροσυγκόλληση αυτών των χαλύβων εκτελείται στο έργο μόνον εφ' όσον τα κατασκευασθέντα προηγούμενως δοκίμια περάσουν επιτυχώς τις παραπάνω δοκιμασίες. Η εφελκυστική αντοχή του συγκολλημένου δοκιμίου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το 90% της αντοχής ασυγκόλλητου δοκιμίου από το ίδιο δείγμα (που πάντως πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των προδιαγραφών). Η αποδοχή της κατά 10% μειωμένης αντοχής, δικαιολογείται (χωρίς να αναγράφεται στο Πρότυπο) από την εκκεντρότητα των αξόνων των παρατιθεμένων ράβδων και την εκκεντρότητα της συγκόλλησης.

Οι χάλυβες S400s και S500s είναι αυτονόητα συγκολλησιμοί (εφ' όσον η χημική τους σύνθεση ικανοποιεί τις προαναφερθείσες απαιτήσεις) **ανεξαρτήτως συνθηκών**, για τους τύπους σύνδεσης (σταυρωτά, με υπερκάλυψη, μετωπικά) και με τις μεθόδους συγκόλλησης (σημειακή με ηλεκτρική αντίσταση, ημιαυτόματη σε προστατευτική ατμόσφαιρα CO₂ / Ar, με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια, αυτογενής) που αναφέρονται στον Πίνακα 1 του ΕΛΟΤ - 971. Η συγκόλληση πάντως επηρεάζει δυσμενώς, τοπικά, την ολκιμότητα του χάλυβα.

Η ηλεκτροσυγκόλληση με παράθεση καθ' υπερκάλυψη γίνεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, με παράθεση των δύο ράβδων, ονομαστικής διαμέτρου d , στην απόσταση που επιτρέπουν οι γλυφές (σχεδόν εν επαφή) και εφαρμογή δύο ραφών συγκόλλησης, μήκους $5d$ καθεμιάς, με τρόπο που να μένει ανάμεσά τους διάκενο 20 mm περίπου, κατά το Σχήμα 1 του ΕΛΟΤ - 959. Η εφαρμογή της ραφής ξεκινάει από έξω προς τα μέσα (για κάθε τμήμα της και για τοποθέτηση των ράβδων κατά την οριζόντια έννοια) και **δεν επιτρέπεται** να γίνει και από τις δύο πλευρές του δοκιμίου (πάντως η αμφίπλευρη συγκόλληση επιτρέπεται από τον Structural Welding Code for Reinforcing Steel της American Welding Society, ίσως όμως για διαφορετικούς χάλυβες ή διαφορετική τεχνολογία παραγωγής). Για τοποθέτηση των ράβδων κατά την κατακόρυφη έννοια, η συγκόλληση πρέπει πάντα να έχει κατεύθυνση εκ των κάτω προς τα άνω.

Για τη συγκόλληση πρέπει να χρησιμοποιηθούν ηλεκτρόδια με επένδυση όξινη, διοξειδίου του τιτανίου (ρουτιλίου) ή με επένδυση βασική, με χαρακτηριστικά ανάλογα με εκείνα του βασικού μετάλλου (ερμηνεύεται ότι το Πρότυπο εννοεί τα μηχανικά χαρακτηριστικά, όχι σύνθεσης κράματος) και με διάμετρο ηλεκτροδίων που καθορίζεται από τη διάμετρο των δοκιμίων ως εξής : για Φ5 ως Φ10 - ηλεκτρδ. 2 mm , για Φ12 ως Φ14 - ηλεκτρδ. 2.5 mm , για Φ16 ως Φ20 - ηλεκτρδ. 3.25 mm και για Φ22 και άνω - ηλεκτρδ. 4 ως 5 mm . Με απλά λόγια τα πιο εύκολα, τα πιο ενδεδειγμένα ηλεκτρόδια για συγκόλληση ράβδων κατά παράθεση (την λιγώτερο απαιτητική) είναι αυτά του ρουτιλίου, που όμως ως υλικό συγκολλήσεως ίσως δεν φτάνουν πάντα την

αντοχή των χαλύβων S500. Ακόμα καλύτερα και πιο σίγουρα ως υλικό, πολύ καταλληλότερα (και ίσως κατ' αποκλειστικότητα) για μετωπική συγκόλληση, αλλά και πολύ απαιτητικότερα σε ποιότητα εργασίας, είναι αυτά που η "πιάτσα" ονομάζει **βασικά ηλεκτρόδια** (καθόλου ακριβά, με μικρές απαιτήσεις εντάσεως ηλεκτρικού ρεύματος), που έχουν όμως την πρόσθετη ανάγκη να είναι «ξερά», χωρίς υγρασία.

Τα παραπάνω θα πρέπει να θεωρηθούν ισχύοντα κυρίως για τους χάλυβες που προδιαγράφονται στα Πρότυπα ΕΛΟΤ 959 και 971. Πιθανές συγκολλήσεις μεταξύ των χαλύβων αυτών με τους παληούς χάλυβες St I , St III και St IV , που η ανάγκη τους είναι δυνατόν να προκύψει σε περιπτώσεις προσθηκών, ενισχύσεων κλπ., δεν προδιαγράφονται στα Πρότυπα και η οποιαδήποτε περιγραφή του τρόπου, της μεθοδολογίας και των υλικών εκτελέσεώς τους ξεπερνάει τους στόχους του παρόντος. Για τη στοιχειώδη μόνο ενημέρωση του αναγνώστη σημειώνεται:

α) Η συγκόλληση θα γίνεται μόνο με παράθεση, όχι μετωπικά

β) Η αντοχή της μπορεί να ανταποκρίνεται στη φέρουσα ικανότητα του ισχυρότερου από τους συγκολλούμενους χάλυβες, που όμως σε εκείνη τη θέση θα θεωρείται στους υπολογισμούς ως χάλυβας της κατώτερης εκ των δύο κατηγορίας

γ) Η πιθανώς απαιτούμενη επανευθυγράμμιση της παληάς ράβδου θα γίνεται μόνο με σύγχρονη, **προσεγγμένη** θέρμανσή της, ακόμα και αν πρόκειται για St I ή S220, με κανόνες, τρόπους και προδιαγραφές που χρειάζονται ιδιαίτερη αναφορά.

Εξ άλλου είναι γνωστό ότι η σύνδεση διαφορετικών μετάλλων - που μπορεί να μην είναι συγκόλληση - δημιουργεί γενικώς ευαίσθητες περιοχές λόγω φαινομένων ηλεκτρολύσεως.

Το Πρότυπο δεν ορίζει το πάχος της ραφής, γι' αυτό θα πρέπει να θεωρηθεί ισχύουσα η υπόδειξη των Συστάσεων Επισκευών, να καταναλώνεται όγκος ηλεκτροδίου τουλάχιστον $0.5 d^3$ για μήκος ραφής $5 d$. Σε πολλές ξένες προδιαγραφές το πάχος αυτό ορίζεται σε $0.3 d$. Στην πράξη η ηλεκτροκόλληση εφαρμόζεται συνήθως με τρόπο που να γεμίζει περίπου το μεταξύ των ράβδων διάκενο, στα απαιτούμενα μήκη. Φυσικά ισχύει πάντα η απαίτηση για τις συγκολλήσεις σιδηρών κατασκευών (που συνήθως υπερκαλύπτεται άνετα από την προηγούμενη υπόδειξη και την επικρατούσα συνήθεια, ακόμα και όταν η μηχανική αντοχή του υλικού του ηλεκτροδίου είναι μικρότερη από την αντοχή του χάλυβα των συγκολλούμενων ράβδων), να μπορεί η ραφή να αναλάβει τη συνολική δύναμη εφελκυσμού, όπου ως επιφάνεια ραφής θεωρείται το άθροισμα $\Sigma(al)$, a το πάχος της ραφής και l τα επί μέρους (παρόλληλα προς την εφελκυστική δύναμη) μήκη, για τάση μικρότερη από την επιτρεπόμενη τάση διατμήσεως.

Η μετωπική ηλεκτροσυγκόλληση εκτελείται μόνο σε ράβδους με ονομαστική διάμετρο d ίση ή μεγαλύτερη των 20 mm και **μόνο για συγκολλήσιμους χάλυβες**. Τα προς συγκόλληση άκρα κόβονται έτσι ώστε να αποκτήσουν σχήμα άκρου κατασαβιδιού και φέρονται σε απόσταση 2 mm περίπου. Το ενδιάμεσο γεμίζει με διαδοχικές στρώσεις κολλήσεως, κατά τον εμφανόμενο τρόπο στο Σχήμα 1 του ΕΛΟΤ - 971. Στο σημείο συγκόλλησης η διάμετρος μπορεί να φθάσει μέχρι $1.2 d$. Κατά τον έλεγχο της συγκόλλησης (χωρίς και πάλι αυτό να αναγράφεται στο Πρότυπο), η θραύση πρέπει να γίνει έξω από τη συγκόλληση, αν αυτή έχει γίνει σωστά, για εφελκυστική δύναμη σύμφωνη προς την πραγματική διατομή της ράβδου και την ελεγμένη τάση θραύσεως, χωρίς μείωση.

Η ηλεκτροσυγκόλληση σταυρωτά γίνεται χωρίς προετοιμασία (δεν αφορά αυτήν που γίνεται στο εργοστάσιο για την κατασκευή των πλεγμάτων), συνήθως για τη βελτίωση της σγκύρωσης, και πρέπει τότε να μπορεί να αναλάβει δύναμη ίση προς $0.3 f_y A_s$ (Καν. Σκυροδ. 3.1.5). Γενικά οι λοιπές συγκολλήσεις (σημειακή με ηλεκτρική

αντίσταση, σε ατμόσφαιρα αδρανούς αερίου κλπ.), γίνονται κατά τις υποδείξεις των κατασκευαστών των μηχανών συγκόλλησης.

Σε όλους γενικώς τους τύπους συγκολλήσεων, η απότομη ψύξη με κατάβρεγμα (για να «ατσαλώσει» κατά την λαϊκή αντίληψη ή για να αποφευχθεί ο κίνδυνος εγκαύματος), αποτελεί μικρό τεχνικό έγκλημα και επομένως απαγορεύεται.

Τα συγκολλημένα δοκίμια ελέγχονται σε εφελκυσμό και κάμψη, χωρίς θερμική κατεργασία πριν ή μετά τη συγκόλληση.

Η δοκιμή σε κάμψη των συγκολλημένων δοκιμίων (που αποτελεί έλεγχο της συγκολλησιμότητας του χάλυβα και όχι έλεγχο της συγκολλήσεως) γίνεται κατά γωνία 90°, γύρω από κυλινδρικά στελέχη με διαμέτρους που ορίζονται στον Πίνακα 3 του ΕΛΟΤ - 959 και εξαρτώνται από την ποιότητα του χάλυβα και τη διάμετρο των δοκιμίων. Για ηλεκτροσυγκόλληση με υπερκάλυψη και μονόπλευρη ραφή, το διάκενο μεταξύ των δύο τμημάτων της ραφής πρέπει να βρίσκεται κατά τη δοκιμή στο κέντρο της αναδίπλωσης και η ραφή συγκόλλησης στην εφελκυσόμενη ζώνη. Δεν πρέπει να εμφανισθεί ρωγμή στο βασικό μέταλλο, ακόμα και αν γίνει έναρξη ρωγμής στη συγκόλληση. Για τη μετωπική ηλεκτροσυγκόλληση και τις άλλες, δεν τίθεται θέμα κάμψης ή αναδίπλωσης, αφού η συγκολλησιμότητα προϋποτίθεται.

7. Ο χάλυβας σκυροδέματος στην καθημερινή πράξη

Δεν προκύπτει από καμιά διάταξη υποχρέωση του επιβλέποντος μηχανικού να ελέγξει ή να διατάξει τον έλεγχο των χαλύβων που θα χρησιμοποιήσει στο έργο. Θα ήταν άλλωστε παράλογο, την τελευταία στιγμή προ της χρήσεως, να απαιτείται ο έλεγχος ενός βιομηχανικού υλικού στο εργοτάξιο ή η αποστολή του σε εργαστήριο, για τις μικρές σχετικώς ποσότητες που χρησιμοποιούνται στη συνηθισμένη οικοδομή, ιδιαίτερα όταν ο επιβλέπων μηχανικός δεν ερωτάται και δεν μετέχει στην προμήθεια του χάλυβα, που συνήθως υφίσταται κατεργασία μακριά από το έργο και αποτελείται από ράβδους που προέρχονται από διαφορετικές "παρτίδες" και ίσως από διαφορετικά εργοστάσια. Σήμερα, διεθνώς, η προστασία του καταναλωτή επιτυγχάνεται με άλλους τρόπους, με το Σήμα Ποιότητας, με τη Διασφάλιση Ποιότητας, με τον Έλεγχο στην πηγή παραγωγής ή την αποθήκη και με ανάληψη της πλήρους ευθύνης από τον παραγωγό ή τον εισαγωγέα, κατά τα προαναφερθέντα.

Παρά ταύτα ο επιβλέπων μηχανικός, που ενδιαφέρεται για την ποιότητα του έργου που κατασκευάζει και έχει επίγνωση του ότι χειρίζεται ένα "υλικό ασφαλείας", πρέπει να ξέρει τις απαιτήσεις των προδιαγραφών και των Κανονισμών και να έχει τα μάτια του ανοιχτά, ώστε με την παραμικρή ανησυχητική ένδειξη ή υποψία, να εφαρμόσει το σχετικό δικαίωμα του χρήστη και να προχωρήσει στην αναζήτηση των απαιτούμενων Πιστοποιητικών ή την εφαρμογή ελέγχων. Παρόμοια ή και μεγαλύτερη ευαισθησία θα πρέπει να επιδειχθεί ίσως και σε ένα μεγάλο έργο, δημόσιο ή ιδιωτικό, ιδίως αν πρόκειται για έργο ιδιαίτερης σημασίας, από το οποίο εξαρτάται η ασφάλεια μεγάλου αριθμού προσώπων ή σημαντικών λειτουργιών ή καλλιτεχνικών θησαυρών κλπ.

Αυτοί οι έλεγχοι πάντως, δεν απαιτείται να έχουν την έκταση όλων των θεσμοθετημένων για τη χορήγηση του Πιστοποιητικού ελέγχων (σε αριθμό δοκιμίων, πλήθος διαμέτρων κλπ.), αλλά μπορούν να έχουν διερευνητικό χαρακτήρα. Ο επιβλέπων μηχανικός θα μπορούσε να διαλέξει τη διατομή ή τις διατομές που εκείνος θεωρεί "κρίσιμες" για να ελέγξει μερικά δοκίμια, όχι υποχρεωτικά 15, π.χ. μόνο 3 από κάθε μία. Τα αποτελέσματα αυτής της διερεύνησης θα τον οδηγήσουν να την θεωρήσει κατά την κρίση του επαρκή ή να προχωρήσει σε περαιτέρω ή και πλήρη έλεγχο ή και απόρριψη.

Διαφορετική είναι η υποχρέωση για τον επιχειρηματία ή τον εργολάβο ενός σημαντικού (κυρίως Δημόσιου) έργου, που πρέπει με τη Σύμβασή του με τον προμηθευτή ή από τα Πιστοποιητικά ή και με τους προβλεπόμενους ελέγχους να βεβαιωθεί για την ικανότητα και την καταλληλότητα του χάλυβα που θα ενσωματώσει στο έργο και συγχρόνως να παρακολουθεί συνεχώς την πιστότητα και ταυτότητα του χρησιμοποιούμενου χάλυβα προς τον ελεγχθέντα ή τον πιστοποιούμενο από τα Πιστοποιητικά. Αιτορίας άξιον είναι βέβαια, πώς αυτός θα πεισθεί ότι τα επιδεικνυόμενα Πιστοποιητικά αφορούν τον χάλυβα που παραλαμβάνει, αφού η τηρούμενη διαδικασία δεν εξασφαλίζει τέτοια βεβαιότητα. Κάποια προσπάθεια για την επίλυση του προβλήματος έχει κάνει ο ΚΤΧ, με το Τεχνικό Δελτίο Παράδοσης που πρέπει να συνοδεύει σε κάθε στάδιο διακίνησης μια ποσότητα χαλύβων.

Δυστυχώς η έλλειψη θεσμοθετημένης σήμανσης για τη διάκριση του χάλυβα S400 από τον S500 και του συγκολλησίμου χάλυβα από τον κοινό, δυσχεραίνει τη δουλειά της επίβλεψης, δεδομένου ότι είναι πολύ δύσκολη η απομνημόνευση της (διαφορετικής) σήμανσης όλων των ελληνικών εργοστασίων και αδύνατη η γνώση της σήμανσης όλων των ευρωπαϊκών εργοστασίων, για την αναγνώριση.

Από αυτή την άποψη, διευκολύνει την κατάσταση η σχεδόν πλήρης επικράτηση του χάλυβα S500 (εδώ χωρίς διάκριση από τον S500s) στην αγορά και η σχεδόν πλήρης εξαφάνιση κάθε άλλης ποιότητας, τουλάχιστον για την ελληνική παραγωγή. Ασφαλώς, η πλήρης αυτή επικράτηση οφείλεται κατά μεγάλο μέρος και στην ανυπαρξία διαφοράς τιμής μεταξύ του S400 και του S500, που σήμερα (Οκτώβριος 2000) κυμαίνεται περί τις 100 δρχ. / χγρ. και για τους δύο, χωρίς ΦΠΑ. Παρόμοια τάση έχει επικρατήσει και σε ολόκληρη σχεδόν την Ευρώπη, χωρίς αυτό να φθάνει μέχρις αδυναμίας εισαγωγής χάλυβα S400 ή S400s. Η διαφαινόμενη σήμερα τάση στην Ευρώπη είναι προς την κατεύθυνση της υψηλότερης κατηγορίας S500 ή μάλλον S500s, με δύο διακρίσεις ως προς την ολκιμότητα (το ENV 10080 αφορά το S500s).

Η καθυστέρηση που παρατηρήθηκε στην απόσυρση του St I , αλλά και η εξακολούθηση χρήσεως του S220 (πολύ μικρή πάντως και τείνουσα στον μηδενισμό) θα πρέπει να αποδοθεί στη δυσχέρεια μεταφοράς των 12-μετρων ή 14-μετρων ράβδων σπλισμού των άλλων κατηγοριών στις απομακρυσμένες ή δυσπρόσιτες περιοχές ή κάποια νησιά απροσπέλαστα για την νταλικά. Το πρόβλημα λύνεται συνήθως είτε με την διαμόρφωση των σπλισμών στην περιοχή αγοράς τους και την μεταφορά στο έργο έτοιμων "κλωβών" σπλισμών ή τεμαχίων, μήκους που μπορεί γενικώς να μεταφερθεί με κοινό φορτηγό αυτοκίνητο, είτε με την μεταφορά του σπλισμού σε "κουλούρες" (άλλοτε γινόταν και σε "φουρκέτες") αντί για ράβδους, για διαμέτρους που πάντως δεν μπορούν να υπερβούν το Φ16. Η κάμψη του χάλυβα για τη δημιουργία της κουλούρας μπορεί να προκαλέσει μικρή μείωση της τάσεως διαρροής, ίσως 100 ως 200 kp/cm², που είναι ασήμαντη για την αντοχή του χάλυβα και τη λειτουργία του στο έργο, είναι όμως ικανή να τον βγάλει εκτός προδιαγραφών αν βρίσκεται στην περιοχή των ορίων των απαιτήσεων (γι' αυτό και απαιτείται η τεχνητή γήρανση πριν από τον έλεγχο αποδοχής). Η ευθυγράμμιση του χάλυβα της κουλούρας γίνεται τώρα πια με "ισιωτική" μηχανή ή ακόμα με το παλιό "τράβηγμα" που αποτελεί μια μορφή ψυχρής κατεργασίας, που ίσως προκαλεί και κάποια βελτίωση. Σε αντίθετη περίπτωση, ένας σχολαστικός μηχανικός θα μπορούσε να απαγορεύσει την κατασκευή των συνδετήρων του δικού του έργου από κουλούρα, για να μη χάνει αυτή την αντοχή των 100 ως 200 kp/cm².

Είναι εντυπωσιακό ότι η πληροφορία για την αντικατάσταση των παλιών κατηγοριών St I, St III, St IV με τις αντίστοιχες S220, S400 και S500 δεν έχει φθάσει ακόμα στο ΥΠΕΧΩΔΕ, δέκα τρία χρόνια μετά την υποχρεωτική αυτή μεταβολή. Το Πρακτικό της Επιτροπής Διαπιστώσεως Τιμών του Α' Τριμήνου 2000 (το πιο πρόσφατο) δίνει για τους χάλυβες St I και St III την ίδια τιμή 91.25 δρχ/χγρ και για

τον St IV (δομικό πλέγμα) 144.40 δρχ./χγρ. χωρίς ΦΠΑ, αναγράφοντας **εσφαλμένα** ότι στο St III αντιστοιχούν και το S400 και το **S500** (που είναι St IV), προφανώς ευρισκόμενο σε αδυναμία, αφού ορίζει ως St IV μόνο το δομικό πλέγμα, που έχει σημαντική διαφορά τιμής από το S500.

Η συγκολλησιμότητα που προσφέρει ο χάλυβας S500s, δεν φαίνεται να είναι σημαντικό πλεονέκτημα έναντι του S500 στις συνήθεις συνθήκες, δεδομένου ότι δεν παρουσιάζουν διαφορά αντοχής μεταξύ τους και ότι η συγκόλληση οπλισμών στο συνηθισμένο εργοτάξιο είναι (τουλάχιστον μέχρι σήμερα) ενδεχόμενο σπάνιο. Για το λόγο αυτό η πιθανή ευαισθησία συγκολλησιμίου χάλυβα σε θερμοκρασίες όχι και τόσο υψηλές πρέπει να συνεκτιμάται κατά τη λήψη της απόφασης προμήθειας, ώστε να αποφεύγεται η χρήση του στις περιπτώσεις αυξημένου κινδύνου πυρκαγιάς ή να λαμβάνονται πρόσθετα μέτρα ασφαλείας.

Από το άλλο μέρος είναι βέβαιο ότι η αυξημένη ολκιμότητα (ιδιότητα απαραίτητη για την πλαστιμότητα των φορέων) αυτών των χαλύβων που παράγονται με τη μέθοδο Temprore (βλέπε στα επόμενα), είναι ασφαλώς επιθυμητή για αντισεισμικές κατασκευές, όπως αυτές που κατασκευάζονται στη χώρα μας.

Ο C.E.B. δίνει καμπύλες που συνδέουν τη θερμοκρασία του χάλυβα με την πτώση της αντοχής του, διαφορετικές για τους χάλυβες τους κατεργασμένους εν θερμώ ή εν ψυχρώ (σ' αυτούς, τους δεύτερους με ταχύτερο ρυθμό). Η πτώση της αντοχής αρχίζει από τη θερμοκρασία των 250 °C και είναι γενικώς ραγδαία, η αντοχή πρακτικά εξαφανίζεται (πέφτει περίπου στο 30%) στους 600 με 700 °C. Ήδη αυτό και μόνο δείχνει την ανάγκη γνώσεως της μεθόδου παραγωγής και των ιδιοτήτων του χρησιμοποιούμενου χάλυβα, για τη στάθμιση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων του σε κάθε περίπτωση. Πιθανώς το πλεονέκτημα της μεγάλης αντοχής ή της ολκιμότητας ή της συγκολλησιμότητας ή και άλλο δεν μπορεί πάντα να αντισταθμίσει το μειονέκτημα της απώλειας της αντοχής σε περίπτωση πυρκαγιάς.

Υπενθυμίζεται ότι ο Κανονισμός Πυροπροστασίας, δίνει τα απαιτούμενο πάχη επικαλύψεως των οπλισμών, για χάλυβες των οποίων η κρίσιμη θερμοκρασία T_{cr} είναι τουλάχιστον ίση προς 550 °C (Παράρτημα Α, πργρ. 2). Κρίσιμη είναι η μέγιστη θερμοκρασία στην οποία μπορεί να θερμανθεί ο χάλυβας ώστε, αποψυχάμενος εν συνεχεία στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, να έχει χάσει τμήμα της αντοχής του μικρότερο από 15%. Απαιτήση όμως δηλώσεως από τη βιομηχανία ή ελέγχου από την πολιτεία, της κρίσιμης θερμοκρασίας των κυκλοφορούντων χαλύβων δεν έχει διατυπωθεί στα Πρότυπα του ΕΛΟΤ και έτσι κανένας σήμερα δεν γνωρίζει το χαρακτηριστικό αυτό για τον χάλυβα που προμηθεύεται και χρησιμοποιεί. Για την κατ' αρχήν ενημέρωση, θα μπορούσε να πει κανείς ότι οι χάλυβες Temprore, ικανοποιούν γενικώς την απαίτηση $T_{cr} \geq 550$ °C. Οι χάλυβες κράματος δεν παρουσιάζουν καμία μείωση (εκτός από τους χάλυβες ψυχρής διαμόρφωσης).

Πολύ χρήσιμες θα ήταν επίσης οι καμπύλες που θα έδειχναν τη μεταβολή (πτώση) της αντοχής συναρτήσει της θερμοκρασίας, για διάρκειες εκθέσεως 30', 60', 120' κλπ. ή για τις διάφορες στάθμες θερμοκρασίας του χάλυβα, ήτοι κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς, για να μπορεί κανείς να εκτιμήσει στοιχειωδώς τον κίνδυνο αμέσου καταρρεύσεως (προστασία του πυροσβέστη). Γιατί τότε η πτώση της αντοχής είναι πολύ μεγαλύτερη από 15%, και όχι μόνο για τους χάλυβες temprore. Τα πρότυπα του ΕΛΟΤ δεν διατυπώνουν τέτοια απαίτηση, ούτε οι μονάδες παραγωγής των χαλύβων δίνουν τέτοια στοιχεία.

Προσοχή πρέπει να δοθεί και στην περίπτωση που η μελέτη προβλέπει χρήση χάλυβα S400 ή S400s και τελικώς χρησιμοποιείται S500 ή S500s στις ίδιες διατομές γιατί, παρά την αύξηση της αντοχής, είναι δυνατόν να προκύψουν παραβιάσεις διατάξεων των Κανονισμών (κυρίως στην περιοχή των πλαστικών αρθρώσεων και στον ικανοτικό έλεγχο). Παραβίαση των απαιτήσεων του ικανοτικού ελέγχου μπορεί

να προκύψει και από την (όχι σπάνια) διαφορά της **πραγματικής** από την ονομαστική αντοχή του χρησιμοποιούμενου χάλυβα, χωρίς παράβαση των Προτύπων του ΕΛΟΤ.

8. Η Ελληνική αγορά σήμερα

Είναι αναγκαίο, ο μελετητής και ο επιβλέπων μηχανικός να γνωρίζουν όσο το δυνατόν περισσότερα για το υλικό που χρησιμοποιούν, για τις συνθήκες που επικρατούν στην ελληνική αγορά, για τις δικές τους δυνατότητες επιλογής, για τους πιθανούς κινδύνους που караδοκούν κλπ.

Ίσως ο πιο μεγάλος κίνδυνος που караδοκεί, αφορά τους παρανόμως ή ημιπαρανόμως εισαγόμενους χάλυβες, που διαθέτουν ψευδή ή παραπλανητικά πιστοποιητικά συμμορφώσεως προς τα πρότυπα του ΕΛΟΤ και που ενδεχομένως ρηγματώνονται στη θέση κάμψεως ή υστερούν σημαντικά ως προς το αναμενόμενο όριο διαρροής και την ολκιμότητα. Η προσοχή των τεχνιτών που κατεργάζονται τις χαλύβδινες ράβδους πρέπει να είναι συνεχής για τη διαπίστωση των ενδεχομένων ρηγματώσεων, όσο συνεχής πρέπει να είναι και η επίκληση αυτής της προσοχής από τον επιβλέποντα μηχανικό, αλλά και η προσοχή του ίδιου. Η αστυνόμευση των σχετικών εισαγωγών από την πολιτεία, πρέπει να βελτιωθεί.

Μια άλλη αδυναμία που εμφανίζεται στην ελληνική αγορά, είναι η αδυναμία εξακρίβωσης της ταυτότητας του χάλυβα για τον οποίο εκδόθηκαν τα (νόμιμα) πιστοποιητικά του ΕΛΟΤ, προς τον προμηθευόμενο από τον χρήστη. Κανείς δεν μπορεί να βεβαιώσει ότι τα πιστοποιητικά που εκδόθηκαν για μια συγκεκριμένη ποσότητα, δεν επιδεικνύονται για πολλαπλάσια ποσότητα. Κανείς δεν μπορεί επίσης να βεβαιώσει ότι τα επιδεικνυόμενα πιστοποιητικά, ανταποκρίνονται πράγματι στην παραδιδόμενη ποσότητα. Πρόκειται επίσης για πρόβλημα, που επιχειρεί να επιλύσει ο ΚΤΧ με το Τεχνικό Δελτίο Παράδοσης.

Στα επόμενα θα επιχειρηθεί η χορήγηση των σχετικών στοιχείων για τις έξι μεγαλύτερες εγχώριες μονάδες παραγωγής χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος, ήτοι ο κωδικός τους, η εφαρμοζόμενη μέθοδος παραγωγής, οι παραγόμενες ποιότητες και η σήμανση αναγνωρίσεώς τους.

Οι εφαρμοζόμενες από τις βιομηχανίες αυτές μέθοδοι παραγωγής είναι βασικά οι εξής δύο:

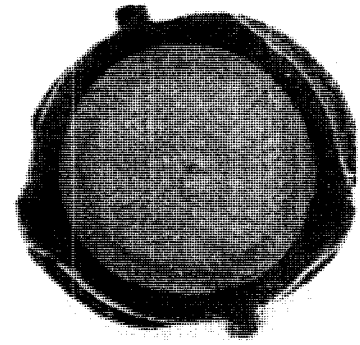
α) Η κατάλληλη σύνθεση του κράματος, ώστε να αποκτηθούν οι επιθυμητές ιδιότητες. Ο φθηνότερος τρόπος για την αύξηση της αντοχής είναι η αύξηση της περιεκτικότητας σε άνθρακα, πράγμα όμως που συνεπάγεται δυσμενείς παρενέργειες (ψαθυρότητα, μείωση ολκιμότητας και ικανότητας συγκολλησεως) στο λαμβανόμενο προϊόν και γι' αυτό εφαρμόζεται συγκρατημένα. Καλύτερη, αλλά πιο ακριβή, είναι η μέθοδος με την προσθήκη και άλλων στοιχείων, όπως το μέταλλο Βανάδιο (V) ή το Τιτάνιο (Ti).

β) Η μέθοδος Temproce. Πρόκειται για μέθοδο θερμικής κατεργασίας που έχει επικρατήσει σε μεγάλο βαθμό, στην Ελλάδα και διεθνώς (με μικρές παραλλαγές σε κάθε βιομηχανία), με την οποία παράγονται συγκολλησιμοι χάλυβες και συνίσταται, πολύ συνοπτικά και απλουστευτικά, στην παρακάτω διαδικασία:

Η χαλύβδινη ράβδος φέρεται, αμέσως μετά τη θερμή έλαση, από μια θερμοκρασία περί τους 1000 ως 1050 °C, σε ταχεία, έντονη ψύξη, η οποία προκαλεί μια "βαφή" του μετάλλου (με την έννοια που έχει η λέξη στη μεταλλουργία για την κατεργασία των χαλύβων, με την επίτευξη επιφανειακής σκλήρυνσης κλπ.), σε βάθος 1.5 ως 2.0 mm ή ίσως και 2.5 mm (μεταβαλλομένου βαθμού κατά την ακτίνα), ενώ το


εσωτερικό της διατομής παραμένει διάπυρο (κατά την κατεργασία), ελατό και άκλιμο (στο τελικό αποτέλεσμα). Η διατηρούμενη με αυτόν τον τρόπο θερμότητα στο εσωτερικό, εκλούμενη σιγά - σιγά, προκαλεί ένα είδος ανόπτησης του υλικού, που σταθεροποιεί έτσι τις κτηθείσες ιδιότητες, μεταξύ των οποίων είναι και η ολκιμότητα. Άλλη όμως θερμική κατεργασία ή καταπόνηση σε υψηλές θερμοκρασίες δεν επιτρέπεται, γιατί διακινδυνεύεται η απώλεια των βελτιωμένων μηχανικών ιδιοτήτων που αποκτήθηκαν. Η σύνθεση του αρχικού κράματος δεν διαφέρει σχεδόν από τη σύνθεση του κράματος για χάλυβα S220. Η διαφοροποίηση των κατηγοριών S400s και S500s, γίνεται με διαφοροποίηση του βάθους "βαφής", που εξαρτάται από τον ρυθμό της ψύξεως που αναφέρθηκε στην περιγραφή της μεθόδου. Δεν θα έπρεπε να περάσει απαρατήρητο, ότι σε περίπτωση έντονης διάβρωσης, καταστρέφεται πρώτο το ισχυρότερο μέρος της διατομής.

Άλλο ένα λεπτό σημείο υπάρχει στη διαδικασία παραγωγής χαλύβων με τη μέθοδο Tempcore. Στην δημιουργία των ιδιοτήτων του χάλυβα με την κατάλληλη σύνθεση του κράματος, η εσφαλμένη δοσολογία είναι κάτι σχετικώς απίθανο, και πάντως χωρίς καταστροφικές συνέπειες όταν τυχόν συμβεί και περάσει απαρατήρητο. Στη διαδικασία όμως της μεθόδου Tempcore, το σφάλμα θερμοκρασίας ψύξεως ή μάλλον ταχύτητας ψύξεως του διάπυρου χάλυβα είναι λιγότερο απίθανο και περισσότερο κρίσιμο, με συνέπεια (στην περίπτωση σφάλματος) το τελικό προϊόν να παρουσιάζει μειωμένη αντοχή (ίσως και πτώση μέχρι την κατηγορία S220) ή ακόμα και ψαθυρότητα, κάτι που συνεπάγεται ρωγμή στη θέση κάμψεως, πράγματα που πρέπει να γνωρίζει ο επιβλέπων μηχανικός, ο τεχνίτης και ο χρήστης.



Εγκάρσια τομή ράβδου

Η γενική σήμανση αναγνώρισης των κατηγοριών S400, S400s, S500 και S500s που ακολουθείται από τις ελληνικές βιομηχανίες (περίπου κατά το DIN 488) είναι η ακόλουθη:

Η κυλινδρική χαλύβδινη ράβδος θεωρείται ότι χωρίζεται σε δύο ημικυλίνδρους, συνήθως από το επίπεδο που ορίζουν οι δύο διαμήκεις (μη υποχρεωτικές), αντιδιαμετρικές, παράλληλες προς τον άξονα νευρώσεις. Στην καμπύλη παράτιλη επιφάνεια κάθε ημικυλίνδρου χαράσσονται οι εγκάρσιες νευρώσεις της ράβδου, όμοιες ή ανόμοιες, από τη μορφή, τις κλίσεις και την πυκνότητα των οποίων προσδιορίζεται για κάθε παραγωγό, η ποιότητα του χάλυβα. Η ένδειξη  μιας νευρώσεως με μικρότερη κλίση, σε μορφή διαγωνίου, μεταξύ δύο άλλων επίσης κεκλιμένων, δείχνει συγκολλησιμο χάλυβα - δεν ισχύει το αντίθετο (υπάρχουν συγκολλησιμοί χάλυβες που δεν ακολουθούν αυτή τη σήμανση).

Παρά το ότι η παραγωγή και η χρησιμοποίηση χαλύβων σκυροδέματος τείνει να περιορισθεί στην κατηγορία του S500 ή μάλλον του S500s, είναι αναγκαία η δυνατότητα αναγνώρισης και των λοιπών κατηγοριών, για τις περιπτώσεις των ήδη εκτελουμένων έργων και για τις περιπτώσεις που ο μηχανικός ενεργεί ως **δισπαστής ή πραγματογνώμονας** και εξετάζει υπάρχοντα, παλιά έργα. Στην τελευταία αυτή περίπτωση, καλό είναι ο μηχανικός να αναζητήσει τον τρόπο σήμανσης της εποχής κατασκευής του έργου.

Η παρατηρούμενη ποικιλία στον ακολουθούμενο από τα εργοστάσια τρόπο σήμανσεως, που δίνει ίσως την εντύπωση αυθαιρεσίας, ερμηνεύεται ως αναμονή οριστικοποιήσεως των διεθνών προδιαγραφών, ώστε να αποφευχθεί η πιθανώς άσκοπη ή προσωρινή αντικατάσταση των χαρακτηριστικών συσκευών των ράουλων, που πάντως δεν είναι δυσχερές και δεν στοιχίζει σημαντικά.

Σήμερα όλες οι ελληνικές μονάδες παράγουν μόνον οπλισμό κατηγορίας S500s. Η αναγραφή των άλλων κατηγοριών που φαίνεται στα επόμενα, γίνεται μόνον για την διαπίστωση της κατηγορίας παλαιότερων χαλύβων, σε περιπτώσεις ενισχύσεων, πραγματογνωμοσυνών, διαιτησιών κλπ.

Η αναφορά που γίνεται παρακάτω στις μεγαλύτερες σχετικές ελληνικές βιομηχανίες, τηρεί τη αύξουσα σειρά του κωδικού αριθμού τους.

1. ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ Α.Ε.

Κωδικός Αριθμός : 13

Μέθοδος παραγωγής : Κατάλληλη σύνθεση κράματος, κυρίως με χρήση του στοιχείου Βανάδιο (V), για συγκολλησίμους και μη συγκολλησίμους χάλυβες. Επίσης, εναλλακτικά, με την μέθοδο της θερμικής κατεργασίας (Tempcore).


Παραγόμενοι χάλυβες : S400 , S500 και S500s

Σήμανση : Η σήμανση της Χαλυβουργικής χαρακτηρίζεται από τη χρήση του γράμματος X (στους χάλυβες θερμικής κατεργασίας), το οποίο υπάρχει ανάγλυφο αμέσως μετά από την τυπική σήμανση και επαναλαμβάνεται ανά μέτρο περίπου ή του γράμματος V (στους βαναδιούχους χάλυβες) με τον ίδιο ως άνω τρόπο. Η διάκριση των κατηγοριών γίνεται ως εξής :

S400 : συνεχόμενα X και από τις δύο πλευρές της ράβδου (δεν παράγεται πλέον)

S400s : Δεν παράγεται

S500 : συνεχόμενα X από τη μια πλευρά και πλάγιες γραμμές / / / / / από την άλλη, χωρίς την τυπική σήμανση με τους κωδικούς χώρας - εργοστασίου (προς κατόργηση)

S500s : Δύο σειρές πλαγίων νευρώσεων (μιας σε κάθε πλευρά) αντιθέτου φοράς, εκ των οποίων οι νευρώσεις της μιας σειράς είναι παράλληλες μεταξύ τους, ενώ της άλλης σειράς έχουν εναλλασσόμενες γωνίες κλίσεως, ως προς τον άξονα της ράβδου . Ακολουθείται η τυπική σήμανση, μετά την οποία υπάρχει το ψηφίο X ή το V κατά περίπτωση, ως άνω.

2. ΣΙΔΕΝΟΡ Α.Ε.

Κωδικός Αριθμός : 14

Μέθοδος παραγωγής : Tempcore


Παραγόμενοι χάλυβες : S400s , S500s

Σήμανση : Γίνεται με χρήση απλών, εγκάρσιων γλυφών και πλέον και με την χάραξη των ψηφίων S / D αμέσως μετά την τυπική σήμανση.

S400 : Δεν παράγεται

S400s : Παράγεται κατόπιν παραγγελίας. Πλάγιες νευρώσεις και από τις δύο πλευρές, με αντίθετες κλίσεις, θετική από τη μία πλευρά / / / / / και αρνητική από την άλλη \ \ \ \ \ , που έχει και διαφορετική απόσταση νευρώσεων.

S500 : Δεν παράγεται

S500s : Δύο σειρές πλαγίων νευρώσεων, αντιθέτου κλίσεως, παραλλήλων από τη μία πλευρά / / / / / και με εναλλασσόμενες κλίσεις, ως προς τον άξονα της ράβδου, από την άλλη πλευρά. πλευρά 

3. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΑ Α.Ε.

Κωδικός Αριθμός : 15 .

Μέθοδος παραγωγής : Tempcore για τους συγκολλησίμους και εναλλακτικά βελτίωση του κράματος με άνθρακα για τους συνήθεις.

Παραγόμενοι χάλυβες : S400 και S500s

Σήμανση : Γίνεται με τη χρήση απλών εγκαρσίων νευρώσεων, μιας ή δύο κλίσεων και με χάραξη των ψηφίων E / X αμέσως μετά την τυπική σήμανση.

S400 : Παράγεται κατόπιν παραγγελίας. Πλάγιες νευρώσεις και από τις δύο πλευρές, με αντίθετες κλίσεις, θετική από τη μία πλευρά / / / / / / και αρνητική από την άλλη \ \ \ \ \ \ . Η σήμανση του εργοστασίου γινόταν παληότερα με μία

επί πλέον λοξή γραμμή, που πύκνωνε τοπικά τις λοιπές $/// // //$ ανά αποστάσεις που εξαρτιώνταν από τη διάμετρο, περίπου ανά 70 ως 80 cm. Σήμερα ακολουθείται η «τυπική σήμανση» με τον κωδικό χώρας 8 και τον κωδικό μονάδας παραγωγής 15.

S400s : Δεν παράγεται

S500 : Δεν παράγεται

S500s : Δύο σειρές πλαγίων νευρώσεων με αντίθετες κλίσεις, εκ των οποίων οι νευρώσεις της μιας σειράς είναι παράλληλες μεταξύ τους, ενώ της άλλης σειράς έχουν εναλλασσόμενες γωνίες κλίσεως, ως προς τον άξονα της ράβδου.

4. ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ Α.Ε.

Κωδικός Αριθμός : 18

Μέθοδος παραγωγής : Tempcore

Παραγόμενοι χάλυβες : S500s

Σήμανση : Γίνεται με τη χρήση απλών εγκάρσιων γλυφών, και πλέον και με τη χάραξη των ψηφίων **X / Θ** αμέσως μετά την τυπική σήμανση.

S400 : Δεν παράγεται

S400s : Δεν παράγεται

S500 : Δεν παράγεται

S500s : Δύο σειρές πλαγίων νευρώσεων, με αντίθετες κλίσεις, παραλλήλων μεταξύ τους $/// // //$ στη μία σειρά και με εναλλασσόμενες γωνίες κλίσεως, ως προς τον άξονα της ράβδου $\backslash \backslash \backslash \backslash$ από την άλλη.

5. ΣΟΒΕΛ Α.Ε.

Κωδικός Αριθμός : 24

Μέθοδος παραγωγής : Tempcore

Παραγόμενοι χάλυβες : S500s

Σήμανση : Όμοια με της ΣΙΔΕΝΟΡ, με εγκάρσιες κεκλιμένες νευρώσεις και χάραξη των ψηφίων **S / D** αμέσως μετά την τυπική σήμανση.

Πρόκειται για καινούργια, σύγχρονη μονάδα, «αδελφή» της ΣΙΔΕΝΟΡ, εγκατεστημένη στην περιοχή της Θεσσαλονίκης.

6. Α.Β.Ε. "Ο. ΔΑΡΙΓΚ & ΣΙΑ"

Κωδικός Αριθμός : -

Μέθοδος παραγωγής : -

Παραγόμενοι χάλυβες : -

Σήμανση : -

Η Επιχείρηση εισάγει "σύρματα" από λείο ή ανάγλυφο χάλυβα, από τα οποία παράγει δομικά πλέγματα.

Εισάγει επίσης και εμπορεύεται χάλυβα σε ράβδους.

9. Κόστος ελέγχων

Θα παρατεθούν κάποια στοιχεία των δαπανών ελέγχου του σιτισμού σκυροδέματος, ώστε να φανεί ότι δεν είναι καθόλου αποτρεπτικές του ελέγχου και να ενθαρρυνθεί ο επιβλέπων μηχανικός να τους υποδεικνύει και ο κύριος του έργου να τους ενεργεί, για την καλύτερη εξασφάλιση της σωστής ποιότητας.

Το κόστος των ελέγχων που γίνονται από τα Εργαστήρια Δημοσίων Έργων καθορίζεται σήμερα από το εγκεκριμένο Τιμολόγιο Εργαστηριακών και επί τόπου Δοκιμών ΚΕΔΕ (ΦΕΚ 72/Β/28-1-2002), περιλαμβάνει και τους στατιστικούς υπολογισμούς και είναι το αναγραφόμενο πιο κάτω. Στα ιδιωτικά εργαστήρια το κόστος είναι μεγαλύτερο και ποικίλλει από εργαστήριο σε εργαστήριο.

έλεγχος εφελκυσμού (βάρος, διαστάσεις,
διαρροή, θραύση, μήκυνση θραύσης) 9,68 € ή δοχ 3300 ανά
δοκίμιο

Έλεγχος μηχανικών χαρακτηριστικών παρτίδας	
για δεκάδα δοκιμίων	135.00 € ή δρχ 46000 ανά δεκάδα
για δεκαπεντάδα δοκιμίων	205.43 € ή δρχ 70000 ανά ομάδα
δοκιμή αναδίπλωσης	3.23 € ή δρχ 1000 ανά δοκίμιο
δοκιμή κάμψης - ανάκαμψης	4.99 € ή δρχ 1700 ανά δοκίμιο
Έλεγχος χημικής σύνθεσης (φασματοσκοπικός)	44.02 € ή δρχ 15000 ανά δοκιμή
έλεγχος διαβρώσεως (τρία δοκίμια)	29.35 € ή δρχ 15000 ανά τριάδα

Ο έλεγχος χημικής σύνθεσης εκτελείται (πλην του ΚΕΔΕ) από λίγα μόνο εργαστήρια ακόμα, κυρίως τα εργαστήρια των Πολυτεχνείων, το Γενικό Χημείο του Κράτους, την ΕΒΕΤΑΜ (θυγατρική της ΕΤΒΑ, διαπιστευμένο εργαστήριο) και τα εργαστήρια των χαλυβουργιών. Μερικά ιδιωτικά εργαστήρια (κυρίως από τα ειδικευμένα σε ναυπηγικές εργασίες) δηλώνουν ικανότητα εκτελέσεως του ελέγχου, δεν είναι όμως βέβαιο ότι δεν παίζουν απλώς το ρόλο του μεσάζοντα. Η ανάλυση κοστίζει περί τις 40.000 με 50.000 δρχ. ανά δοκιμή (Απρίλιος 2000).

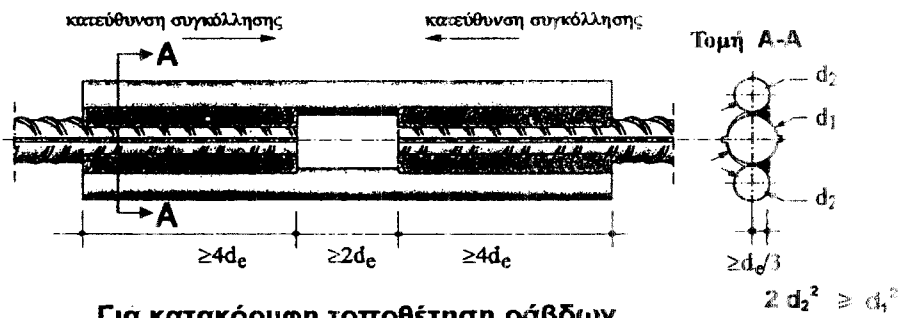
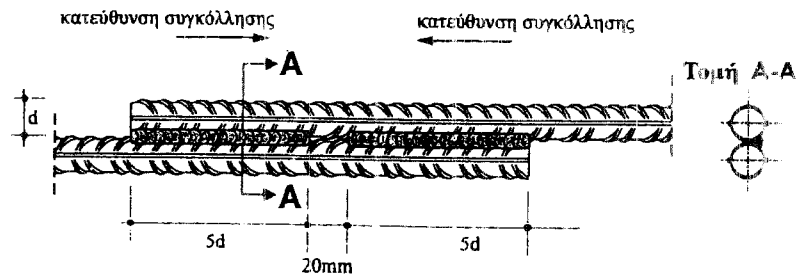
10. Ο Κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων

Τον Δεκέμβριο του 1998 συστάθηκε από τον Υφυπουργό ΠΕΧΩΔΕ Επιτροπή, για τη σύνταξη **Κανονισμού Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος**, με προθεσμία ενός έτους για την περαίωση.

Η Επιτροπή συνέταξε ένα Κανονισμό, με επιδίωξη αυτός να βρίσκεται σε αρμονία με τα Πρότυπα του ΕΛΟΤ, τους ελληνικούς Κανονισμούς, Ωπλισμένου Σκυροδέματος και Αντισεισμικό, τους Ευρωκώδικες 2 και 8, το ευρωπαϊκό prEN 10080 - Jan. 1999 και τις σύγχρονες τάσεις επί του αντικειμένου, ενώ συγχρόνως θα προετοιμάζει τις βιομηχανίες παραγωγής και τους μηχανικούς για τις επικείμενες νέες απαιτήσεις.

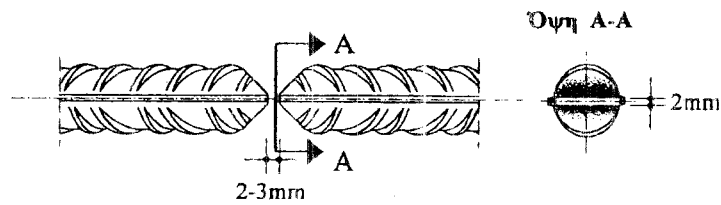
Το Σχέδιο του Κανονισμού τέθηκε σε δημόσια κρίση τον Οκτώβριο του 1999 (ΕΔ ΤΕΕ 2073/1-11-1999), και το τελικό κείμενο εγκρίθηκε με την υπ' αριθμ. Δ14/36010/29-2-2000 Υπουργική Απόφαση, δημοσιεύθηκε στο ΦΕΚ 381/Β/24-3-2000 και ισχύει μετά τρίμηνο από της δημοσιεύσεως, ήτοι από 25-6-2000. Δημοσιεύθηκε επίσης στο τεύχος 2100/8-5-2000 του ΕΔ του ΤΕΕ.

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΠΑΡΑΘΕΣΗ ΤΩΝ ΡΑΒΔΩΝ

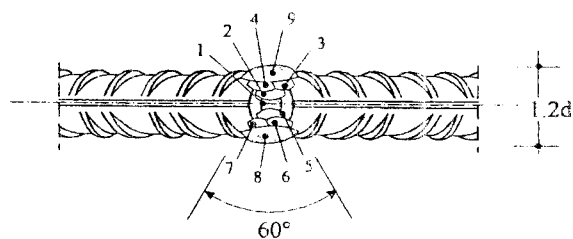


**Για κατακόρυφη τοποθέτηση ράβδων
η συγκόλληση γίνεται εκ των κάτω προς τα άνω**

ΜΕΤΩΠΙΚΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ



προετοιμασία επιφανειών μετώπου



διαδοχική εκτέλεση ραφών

Η ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΟΥ ΧΑΛΥΒΑ

Οι τελευταίοι (αλλά και οι προηγούμενοι) σεισμοί μας έδωσαν την ευκαιρία να ξαναδούμε, και την υποχρέωση να ξανασκεφτούμε, την πιθανή συμπεριφορά στον επόμενο σεισμό, των κτιρίων (κυρίως αυτών που είναι κοντά στη θάλασσα) των οποίων οι οπλισμοί παρουσιάζουν διάβρωση, από εκείνον τον βαθμό διαβρώσεως που απλώς αποτινάσσει (προς το παρόν) την επικάλυψη του σκυροδέματος μέχρι αυτόν που μηδενίζει την πρόσφυση ή και εξαφανίζει τις ράβδους του οπλισμού. Και να αναλογισθούμε πόσο μάταιη μπορεί να είναι η επίτευξη υψηλής αντοχής και ολκιμότητας στον χάλυβα και η επίτευξη τέλει διαμόρφωσης και τοποθέτησης, όταν οι ράβδοι είναι καταδικασμένες να διαβρωθούν σε μεγάλο βαθμό, μέσα σε μικρό χρόνο. **Αυτός ο κίνδυνος και η ανάγκη αντιμετώπισης, είναι ακόμα περισσότερο έντονοι για τον σημερινό τρόπο παραγωγής των χαλύβων, με τη μέθοδο tempcore.**

Επομένως, δεν επιτρέπεται η φροντίδα για την επίτευξη ποιότητας να σταματάει στην επιδίωξη για το σωστό υλικό και τη σωστή τοποθέτησή του, πρέπει να επεκτείνεται στην εξασφάλιση της διάρκειας ζωής του. Δεν είναι χωρίς σημασία ότι, σε παγκόσμιο επίπεδο, το μεγάλο ενδιαφέρον έχει μετατοπισθεί από την αντοχή στην ανθεκτικότητα.

Εν προκειμένω μιλούμε για την προστασία από τη διάβρωση των **ενσωματωμένων χαλύβων** στο σκυρόδεμα, γιατί η προστασία πριν από την ενσωμάτωση είναι απλώς θέμα φροντίδας και τηρήσεως των απαιτήσεων του ΚΤΧ 6.2 και 6.3 . Ο ΚΤΧ κάνει επίσης υποδείξεις για την προστασία των «αναμονών», ήτοι του τμήματος ενσωματωμένων χαλύβων που μένει ελεύθερο και έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Τέσσερις «δρόμοι» υπάρχουν για την απόκτηση αυτού του επιθυμητού αποτελέσματος, της αποφυγής της διαβρώσεως. Κάθε «δρόμος» συνεπάγεται διαφορετική δαπάνη.

1. Οι αναξειδωτοί χάλυβες. Είναι χάλυβες με κράμα γενικώς πλούσιο σε νικέλιο και χρώμιο, στοιχεία που τους καθιστούν σχεδόν πλήρως απρόσβλητους από την οξείδωση. Το μεγάλο τους μειονέκτημα είναι η εξαιρετικά μεγάλη τιμή τους, περισσότερο από δεκαπλάσια από αυτήν του κοινού χάλυβα.

Η χρήση τους είναι γι' αυτό πολύ περιορισμένη, κυρίως στη στήριξη και ενίσχυση μνημείων, ιδιαίτερα όταν οι δυσκολίες προσπελάσεως αποτρέπουν την

«συχνή» επέμβαση αποκαταστάσεως (π.χ. τα μοναστήρια του Αγίου Όρους) ή ακόμα όταν το περιβάλλον είναι εξαιρετικά διαβρωτικό και δεν υπάρχει άλλη λύση. Ενδείκνυνται ακόμα για μικροποσότητες σε θαλάσσιες κατασκευές, όταν η δαπάνη τους είναι πολύ μικρό ποσοστό του συνολικού προϋπολογισμού του έργου.

Πάντως υφίσταται σήμερα εν εξελίξει έρευνα για την παραγωγή σχεδόν ανοξειδωτου χάλυβα, με πολύ μεγάλη μείωση του νικελίου ή και του χρωμίου και χρήση άλλων φθηνών στοιχείων, με στόχο να υποβιβασθεί η τιμή στο 40% της σημερινής ή και ακόμα χαμηλότερα, ήτοι μόνο 2 ως 2,50 φορές μεγαλύτερη από την τιμή του κοινού χάλυβα.

2. Χάλυβες με επιφανειακή προστασία. Αναφέρονται και από τον ΚΤΧ-2000. Πρόκειται για χάλυβες των οποίων η επιφάνεια προστατεύεται από την προσβολή των διαβρωτικών παραγόντων είτε με επιψευδαργύρωση (γαλβάνισμα) ή άλλη μεταλλική επικάλυψη (ανοξειδωτου χάλυβα, τιτανίου κλπ.) είτε με εποξειδική επίστρωση είτε με επάλειψη με άλλο ανοξειδωτο ή αντιοξειδωτικό επίστρωμα. Περισσότερο συνηθής είναι η χρήση της επιψευδαργύρωσης, καθώς οι άλλες λύσεις θεωρούνται (περισσότερο) ύποπτες για **σημαντική** μείωση της συνάφειας με το σκυρόδεμα. Σε κάθε περίπτωση, η «επιδερμίδα» που συνιστά την επιφανειακή προστασία, είναι ευαίσθητη στις κάμψεις και στην μηχανική, αλλά και τη θερμική καταπόνηση π.χ. της συγκολλήσεως.

3. Προστασία από το σκυρόδεμα. Η προστασία παρέχεται κυρίως και συνηθώς με το αλκαλικό περιβάλλον που δημιουργεί το σκυρόδεμα γύρω από τον χάλυβα, υπό την προϋπόθεση ότι αυτό εξακολουθεί να διαθέτει (οριακά) τουλάχιστον $pH > 9.5$ (όσο μεγαλύτερο τόσο καλύτερα).

Η αύξηση της περιεκτικότητας του τσιμέντου, η χρήση ειδικού τσιμέντου, η χρήση αναστολέων διάβρωσης, η αύξηση του πάχους του σκυροδέματος επικάλυψης των χαλύβων, η μείωση της αναλογίας του νερού, αλλά επίσης η πολύ καλή συμπύκνωση, μειώνουν το πορώδες και την διαπερατότητα του σκυροδέματος, δυσχεραίνουν τη δίοδο της υγρασίας και των βλαπτικών στοιχείων, και βελτιώνουν την προστασία. Η επίχρωση του σκυροδέματος ή η επίχρωση της επιφανείας του με στεγανοποιητικά οργανικά ή ανόργανα υλικά (ακρυλικά, εποξειδικά, υδρύαλο κλπ.) προσθέτει επίσης στην προστασία. Οι αναστολείς διαβρώσεως παρουσιάζουν το πλεονέκτημα της δυνατότητας εφαρμογής τους ακόμα και επί υπάρχοντος σκελετού, δια ψεκασμού, πέραν της δυνατότητας αναμίξεώς τους στο νωπό σκυρόδεμα, πάντοτε στην κατάλληλη ποσότητα, για τις συγκεκριμένες συνθήκες περιβάλλοντος.

Η προστασία του χάλυβα από τη διάβρωση δια του εγκιβωτισμού του σε **κατάλληλο για τις συνθήκες του συγκεκριμένου περιβάλλοντος** σκυρόδεμα, είναι η κατ' αποκλειστικότητα χρησιμοποιούμενη μέθοδος, στη συντριπτική πλειοψηφία του αριθμού των περιπτώσεων των κατασκευών από ωπλισμένο σκυρόδεμα. Για τον λόγο αυτόν, η τήρηση των απαιτήσεων των Κανονισμών για την αυξημένη περιεκτικότητα σε τσιμέντο και τη μείωση της αναλογίας του νερού, στην περίπτωση δυσμενών συνθηκών, συνιστά κυρίαρχη υποχρέωση όλων των παραγόντων που συμμετέχουν στην παραγωγή των έργων, αλλά και της εποπτεύουσας πολιτείας. Για τη χρησιμοποίηση «φτωχού» σκυροδέματος στις παραθαλάσσιες περιοχές, με τσιμέντο λιγότερο από 330 kg/m^3 , είναι δυνατόν να θεωρηθεί ανεύθυνος ο ιδιοκτήτης (όταν βρίσκεται σε άγνοια), είναι αδύνατο όμως να θεωρηθούν ανεύθυνοι οι γνωρίζοντες ή οφείλοντες να γνωρίζουν και αμελούντες (μηχανικός, κατασκευαστής, παραγωγός σκυροδέματος και ελέγχουσα πολιτεία), ιδιαίτερα όταν παριστάνουν ότι επιδιώκουν την ποιότητα. Και πάντως είναι, σε κάθε περίπτωση, ανεπίτρεπτη, απαράδεκτη και επικίνδυνη. Η απόκτηση της ενδεδειγμένης **πραγματικής** ποιότητας, που θα εξασφαλίσει την απαιτούμενη ασφάλεια για όλη τη διάρκεια της ζωής του έργου, δεν μπορεί να επιτευχθεί ούτε με την αδιαφορία και τον «στρουθοκαμηλισμό», ούτε με κάποια καμουφλαρισμένη «μαϊμουδιά» της δήθεν ποιότητας για χατίρι του κέρδους.

4. Καθοδική προστασία. Η οξειδωση – διάβρωση του χάλυβα είναι αποτέλεσμα μιας σύνθετης ηλεκτροχημικής αντίδρασης στην οποία, συνήθως, ο χάλυβας αναλύεται ως άνοδος σε μια ηλεκτρολυτική διαδικασία, στη οποία συμμετέχουν (και είναι απαραίτητα) το οξυγόνο και η ηλεκτρική αγωγιμότητα του σκυροδέματος (την οποία γενικώς εξασφαλίζει το νερό των πόρων). Η συνθετότητα και πολυπλοκότητα του φαινομένου είναι πάρα πολύ μεγαλύτερη, καθώς μικρά, «τοπικά» γαλβανικά στοιχεία (μικροστοιχεία) μπορούν να σχηματισθούν πάνω στη ίδια ράβδο, για διαφορετικές αιτίες σε κάθε θέση, όπως είναι η ύπαρξη εγχοπών στον χάλυβα, ή διαφοράς βαθμού οξειδώσεως, ή επαφής με άλλο μέταλλο, ή διαφοράς υγρασίας στο περιβάλλον σκυρόδεμα, ή ακόμα λόγω μικρών ανομοιομορφιών του κράματος ή και διαφοράς τάσεως λειτουργίας. Μπορούν επίσης να δημιουργηθούν «μακροστοιχεία» λόγω συνθηκών περιβάλλοντος, π.χ. λόγω διαχύσεως χλωριόντων στο επίπεδο σπλισμού που βρίσκεται προς τη θάλασσα, ενώ το «προστατευμένο» πίσω επίπεδο μένει απρόσβλητο ή λιγότερο προσβαλλόμενο.

Όταν η είσοδος του οξυγόνου και της υγρασίας δια των πόρων του σκυροδέματος, δεν μπορεί να αποτραπεί, η διάβρωση μπορεί να αποφευχθεί με την

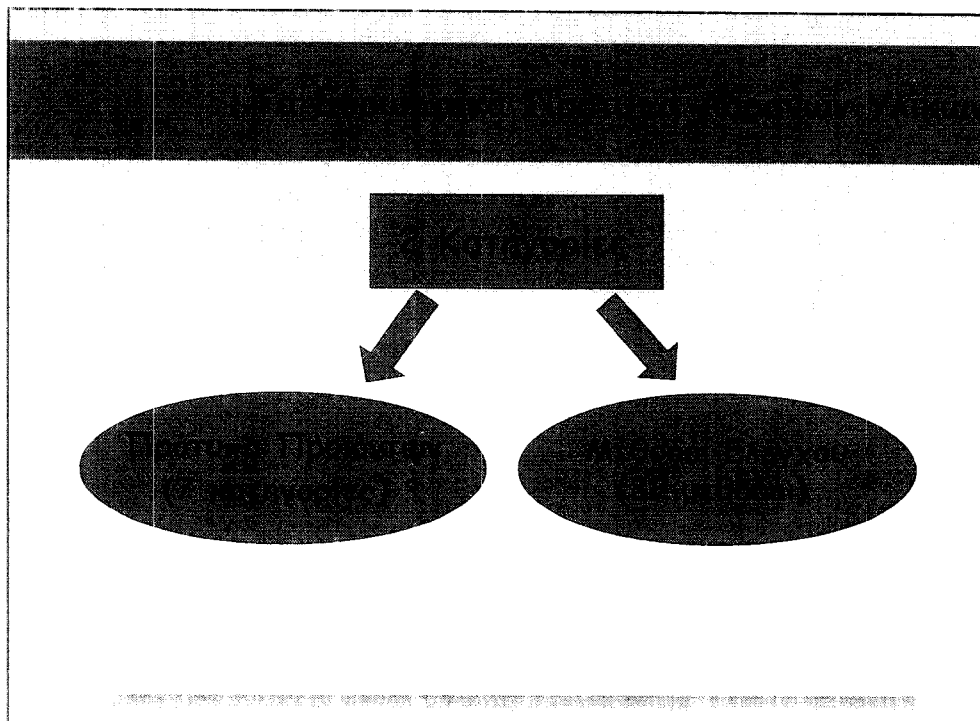
χρησιμοποίηση ενός μετάλλου – ανόδου με μεγαλύτερο ηλεκτρικό δυναμικό από τον χάλυβα οπλισμού του σκυροδέματος (π.χ. ψευδάργυρο), που θα θυσιάζεται και θα αναλίσκεται αντί γι' αυτόν και που θα πρέπει ή να αντικαθίσταται ανά χρονικά διαστήματα, ή να τοποθετείται εξ αρχής σε τέτοια ποσότητα (υπολογιζόμενη) που να επαρκεί για όλη την προγραμματισμένη διάρκεια ζωής του έργου. Αυτή η μέθοδος συνιστά την καθοδική προστασία.

Καθοδική προστασία επιτυγχάνεται επίσης με την ένταξη των χαλύβων του σκελετού και τη σύνδεσή τους με τον αρνητικό πόλο, σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα συνεχούς ρεύματος που θα λειτουργεί συνεχώς, καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του έργου. Ως βοηθητική άνοδος χρησιμοποιείται πλέγμα τιτανίου, επιφανειακά καλυμμένου με οξειδία τιτανίου. Ο έλεγχος της καλής λειτουργίας του συστήματος μπορεί να γίνει με ρύθμιση του δυναμικού προστασίας (συνήθως πάνω από 500 mV), με τη βοήθεια ηλεκτροδίων αναφοράς, ενσωματωμένων στο σκυρόδεμα.

Θεωρητικώς η καθοδική προστασία, εφαρμοζόμενη σωστά, μπορεί να αναστείλει και να προστατεύσει πλήρως από τη διάβρωση. Η μέθοδος πάντως χρησιμοποιείται σε λίγες, «απαιτητικές» περιπτώσεις, ίσως γιατί δεν αποτελεί κτήμα του μέσου μηχανικού, για τον οποίο χρειάζεται μεγαλύτερη ενημέρωση και χορήγηση πλήρων τεχνικών οδηγιών για την εφαρμογή. Ασφαλώς συμβάλλουν και οι οικονομικοί λόγοι, αλλά ενδεχομένως και κάποιες αποτυχίες της μεθόδου, που έχουν συμβεί ακριβώς για τον λόγο της εσφαλμένης εφαρμογής.

**Το Νέο Ευρωπαϊκό Πρότυπο Αδρανών
Σκυροδέματος
EN 12620**

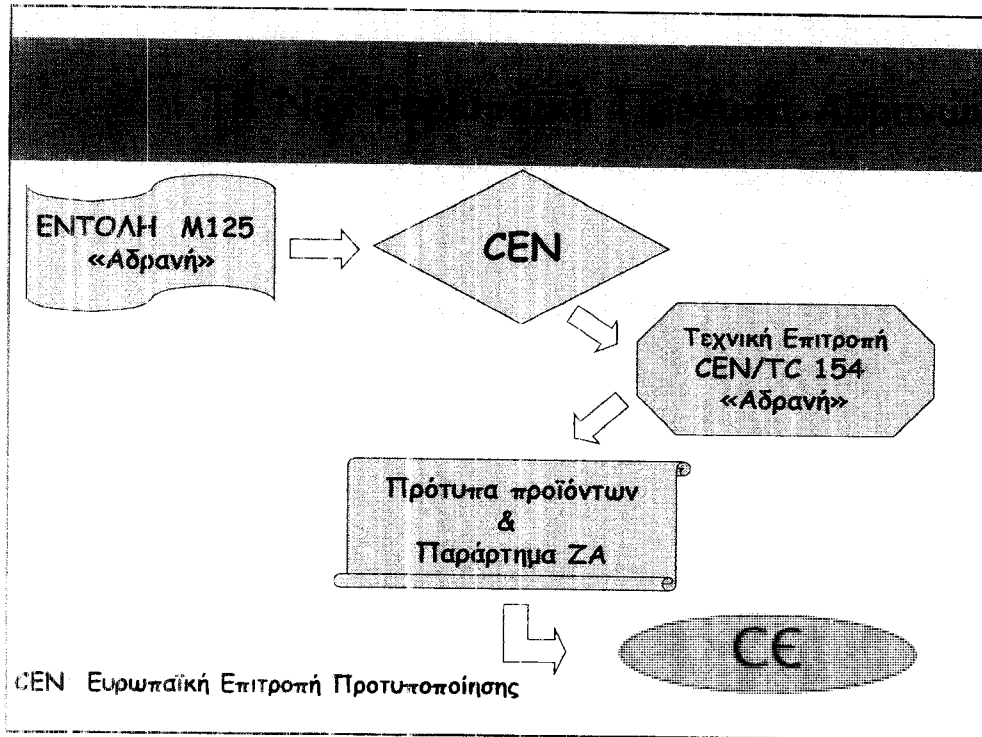
Ελ. Τσιάβου
Μεταλ. Μηχ/κος



7 Ομάδες ανάλογα με τις χρήσεις:

- Αδρανή σκυροδέματος (ΕΛΟΤ EN 12620)
- Αδρανή ασφαλτομιγμάτων (ΕΛΟΤ EN 13043)
- Αδρανή Κονιαμάτων (ΕΛΟΤ EN 13139)
- Αδρανή για Ογκόλιθους για λιμενικά και υδραυλικά έργα (ΕΛΟΤ EN 13383-1)
- Αδρανή για έρμα σιδηροδρομικής γραμμής (ΕΛΟΤ EN 13450)
- Αδρανή για βάσεις και υποβάσεις σταθεροποιημένες ή μη (ΕΛΟΤ EN 13242)
- Ελαφροβαρή Αδρανή (ΕΛΟΤ EN 13055)

- Καθεστώς Εθνικού Προτύπου μέχρι τον Μάρτιο 2003 (όπου παράλληλα ισχύουν και τα Εθνικά Πρότυπα)
- Καταληκτική ημερομηνία απόσυρσης των ασύμβατων Εθνικών Προτύπων 1/6/2004
- Υποχρεωτική Εφαρμογή Σήμανσης CE Αδρανών, 1/6/2004



Περιλαμβάνει:

- Εύρος Εφαρμογής
- Προβλεπόμενοι Έλεγχοι
- Ορισμούς
- Απαιτούμενα-χαρακτηριστικά ποιότητας των υλικών
- Αξιολόγηση της Συμμόρφωσης
- Ονομασία Αδρανών
- Σήμανση

Υποχρεωτική Εφαρμογή Σήμανσης CE Αδρανών (1/6/2004)

- ☞ Αποτελεί υποχρεωτικό διαβατήριο για την διακίνηση των αδρανών υλικών και πρέπει να εμφανίζεται στα δελτία αποστολής ή ως συνοδευτική ετικέτα της συσκευασίας
- ☞ Αποτελεί ευδιάκριτο αρκτικόλεξο ότι τα προϊόντα μπορούν να πωλούνται στην αγορά (είναι εύκολα αναγνωρίσιμο)
- ☞ Ο Παραγωγός με το CE δηλώνει ότι τα αδρανή καλύπτουν τις ελάχιστες απαιτήσεις στα κύρια χαρακτηριστικά

CE = ασφάλεια + καταλληλότητα όχι κατ' ανάγκη ποιότητα προϊόντος

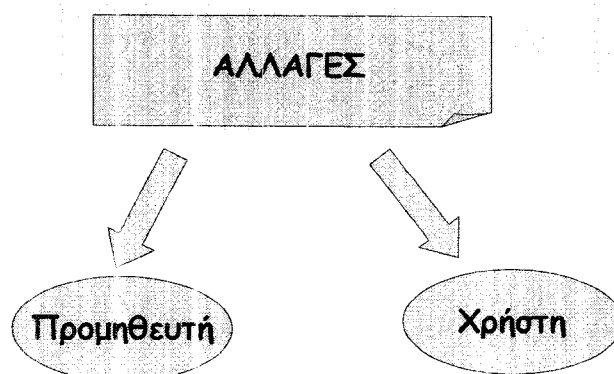
Σύστημα Συμμόρφωσης	Αξιολόγηση προϊόντος		Αξιολόγηση προϊόντος	Πιστοποίηση Ελέγχου Παραγωγής	
	Πρώτη δοκιμή τύπου προϊόντος	Έλεγχος παραγωγής εργοστασίου		Αρχική Επιθεώρηση ·Εργοστασίου ·Ελέγχου Παραγωγής Εργοστασίου	Συνεχής Επιθεώρηση, Αξιολόγηση & Αναγνώριση του Ελέγχου Παραγωγής Εργοστασίου
2+	Παραγωγός		---	Κοινοποιημένος Φορέας Πιστοποίησης	
4	Παραγωγός		---	---	

Ο Παραγωγός δηλώνει την συμμόρφωση των προϊόντων του με τα εναρμονισμένα πρότυπα

Είναι δυνατόν να εφαρμοστεί στα:

- ❖ Φυσικά αδρανή, ορυκτής προέλευσης, τα οποία μπορεί να έχουν υψοστεί και μηχανική κατεργασία (ασβεστολιθικά, φυσικών αποθέσεων, όπως ποταμίσια, κ.ά.)
- ❖ Τεχνητά αδρανή, κυρίως ορυκτής αρχικής προέλευσης, τα οποία έχουν προκύψει από βιομηχανική κατεργασία (σκωρία, ιπτάμενη τέφρα)
- ❖ Ανακυκλωμένα, υλικά από κατεδαφίσεις σκυροδέματος, τοιχοποιίας

Ποια η συσχέτιση του όμως με τον ΚΤΣ ?



Προϊόντα-Παραγωγή

- Ονοματολογία
- Κατηγορίες αδρανών
- Καθορισμός μεγέθους κόκκων αδρανών (d/D)
- Έλεγχος Παραγωγής εργοστασίου (Factory Production Control)
- Σήμανση CE

Μέθοδοι Ελέγχου

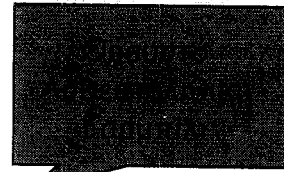
- Εισαγωγή νέων δοκιμών
- Διαφορές με τις ισχύουσες ελληνικές
- Χρήση Εναλλακτικών Δοκιμών για έλεγχο ίδιου χαρακτηριστικού

- ✓ Ονομασία αδρανών d/D, βάση του μεγέθους των κόκκων
- ✓ Έννοια της Κατηγορίας
- ✓ Το ίδιο κοκκομετρικό κλάσμα μπορεί να ενταχθεί σε δύο διαφορετικές κατηγορίες ανάλογα με το διερχόμενο % στο κόσκινο D
- ✓ Νέα όρια των επιτρεπόμενων ανοχών της τυπικής κοκκομετρίας, που δηλώνει ο προμηθευτής
- ✓ Στην άμμο δεν ορίζεται όριο στο κλάσμα 0,25 mm
- ✓ Νέος ορισμός παιπάλης : κοκκομετρικό κλάσμα με μέγιστο κόκκο 0,063 mm αντί 0,075 που καθόριζε ο ΚΤΣ
- ✓ Στα χονδρόκοκκα κλάσματα ορίζονται όρια για τα ενδιάμεσα κόσκινα
- ✓ Καθορισμός ελάχιστης συχνότητας ελέγχων για τον παραγωγό

~~Γαργπίλι~~



8/11.2 ή 6.3/10 ή ??



Λατομείο Χ ασβεστόλιθος 4/12,5 Gc85/20 G25/15 ή FI₁₅ LA₃₀ PSV₄₄ M_{DE25} WA_{0.5}

✓ Χρήση Εναλλακτικών Δοκιμών για έλεγχο ίδιου χαρακτηριστικού, όπως:

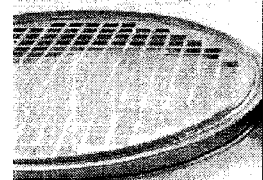
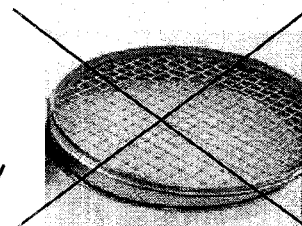
- Ανθεκτικότητα στην αποσάθρωση με χρήση Θεϊκού Μαγνησίου (Υγεία Αδρανών)
- Αντίσταση σε Ψύξη/Απόψυξη

✓ Κατάργηση της σειράς των αμερικάνικων κοσκίνων

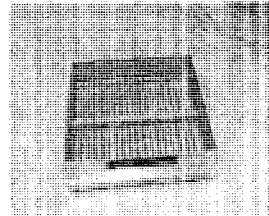
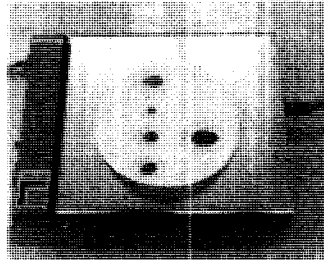
~~No. 4~~ 4 mm

~~No. 8~~ 2 mm

✓ Διάτρητη μεταλλική πλάκα : από 125 mm έως 4 mm



- ✓ Εφαρμογή έμμεσων μεθόδων προσδιορισμού αργιλικών προσμίξεων στην άμμο σκυροδέματος (Ισοδύναμο άμμου-μπλε του μεθυλενίου) στο κλάσμα 0/2 mm
- ✓ Για τον προσδιορισμό της παιπάλης, αντικαθίσταται το αμερικάνικο κόσκινο No 200 με το κόσκινο 0,063 mm
- ✓ Εισαγωγή Δοκιμή Δείκτη Πλακοειδούς



- Ονομασία Άμμου: 0/4
- Κατηγορία Παιπάλης: f_{16} ,
(σημαίνει ότι: 10% < παιπάλη < 16%)
- Ισοδύναμο Άμμου EN < Ισοδύναμο Άμμου ASTM
- Αποκαλύπτεται ευκολότερα η ύπαρξη αργιλικών με το Ισοδύναμο Άμμου κατά EN
- Καθοριστικό ρόλο πρέπει να έχει η τιμή του Μπλε του Μεθυλενίου
- Η τιμή του Ισοδυναμού Άμμου είναι μεγαλύτερη σε ξηρές άμμους (στο πρότυπο EN 933-8: υγρασία $\leq 2\%$)

CE 01234 (Αριθμός Αναγνώρισης του Φορέα Πιστοποίησης) ΛΑΤΟΜΕΙΟ Α.Ε. Ελλάδα 04 (Έτος σήμανσης CE) 0123-CPD-0456 (Αρ. Πιστοποιητικού Συμμόρφωσης Ε.Κ.) EN 12620 Αδρνή σκυροδέματος (Περιγραφή προϊόντος)		
Σχήμα	Τιμή (κατά δήλωση παραγωγού)	F_{15}, S_{15}
Μέγεθος	Ονοματολογία	d/D (π.χ. 0/4)
Πυκνότητα	Τιμή (κατά δήλωση παραγωγού)	Mg/m^3
Καθαρότητα		
Ποιότητα καιπάλης	Τιμή (αποδεκτή/απορριπτέα από κατώτατο όριο)	%
Περιεκτικότητα σε κελύφη	Κατηγορία	MB, SE
Αντίσταση σε θρυμματισμό	Κατηγορία	SC_{10}
Αντίσταση σε σπάλωση	Κατηγορία	LA_{25}, SZ_{18}
Αντίσταση σε σπότρωση	Κατηγορία	PSV_{50}
Αντίσταση σε φθορά	Κατηγορία	AAV_{10}, AN_7
Σύνθεση / Περιεκτικότητα	Κατηγορία	M_{DE10}
Χλωριόντα	Τιμή (κατά δήλωση παραγωγού)	% C
Ευδιάλυτα θειικά	Κατηγορία	$AS_{0.2}$
Ολικό θείο	Τιμή (αποδεκτή/απορριπτέα από κατώτατο όριο)	% S
Υδατοπορρόφηση	Τιμή (κατά δήλωση παραγωγού)	% WA
Εκπομπή ραδιενέργειας	Τιμή (κατά δήλωση παραγωγού), όπως απαιτείται	
Αποδέσμευση επικίνδυνων ουσιών	Τιμή (κατά δήλωση παραγωγού), όπως απαιτείται	
Ανθεκτικότητα σε ψύξη-απόψυξη	Ουσία X: 0,1 μm^3	F_1 ή MS_{18}
Ανθεκτικότητα σε αλκαλοπυριτική δράτικότητα	Τιμή (κατά δήλωση παραγωγού)	
	Τιμή (κατά δήλωση παραγωγού), όπως απαιτείται	

Ευχαριστούμε πολύ
για την προσοχή σας !!!!!

«Το νέο Ευρωπαϊκό Πρότυπο για το Σκυρόδεμα - Διαφορές ΚΤΣ-97 με ΕΛΟΤ EN 206-1»

Νικ.Μαρσέλλος
Πολιτ.Μηχανικός Ε.Μ.Π.

1. Εισαγωγή

Ποια είναι τα κύρια σημεία που συντελούν στην διασφάλιση της ποιότητας και της συμπεριφοράς του οπλισμένου σκυροδέματος;

Κορίως τα εξής:

- * Η σωστή επικάλυψη του οπλισμού
- * Η σωστή συντήρηση του σκυροδέματος
- * Η συμπίκνωσή του, κατά την διάστρωσή του
- * Ο χαμηλός λόγος Νερού / προς Τσιμέντο και
- * Η τήρηση της ελάχιστης περιεκτικότητας σε τσιμέντο, καθώς και του κατάλληλου τύπου (I, II, SR, κλπ)

Συνήθως οι δΟΣΟΛΟΓΙΕΣ τσιμέντου κυμαίνονται από 270 kg/m^3 έως 350 kg/m^3 . Ειδικά στο “παραθαλάσσιο σκυρόδεμα”, που είναι σε απόσταση 1 km από την παραλία, η ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου είναι 330 kg/m^3 . Αλλά και η ελάχιστη επικάλυψη αλλάζει από τα 2,5 cm σε 3,5 cm όπως και ο λόγος Ν/Τ από max 0,70 σε max 0,60.

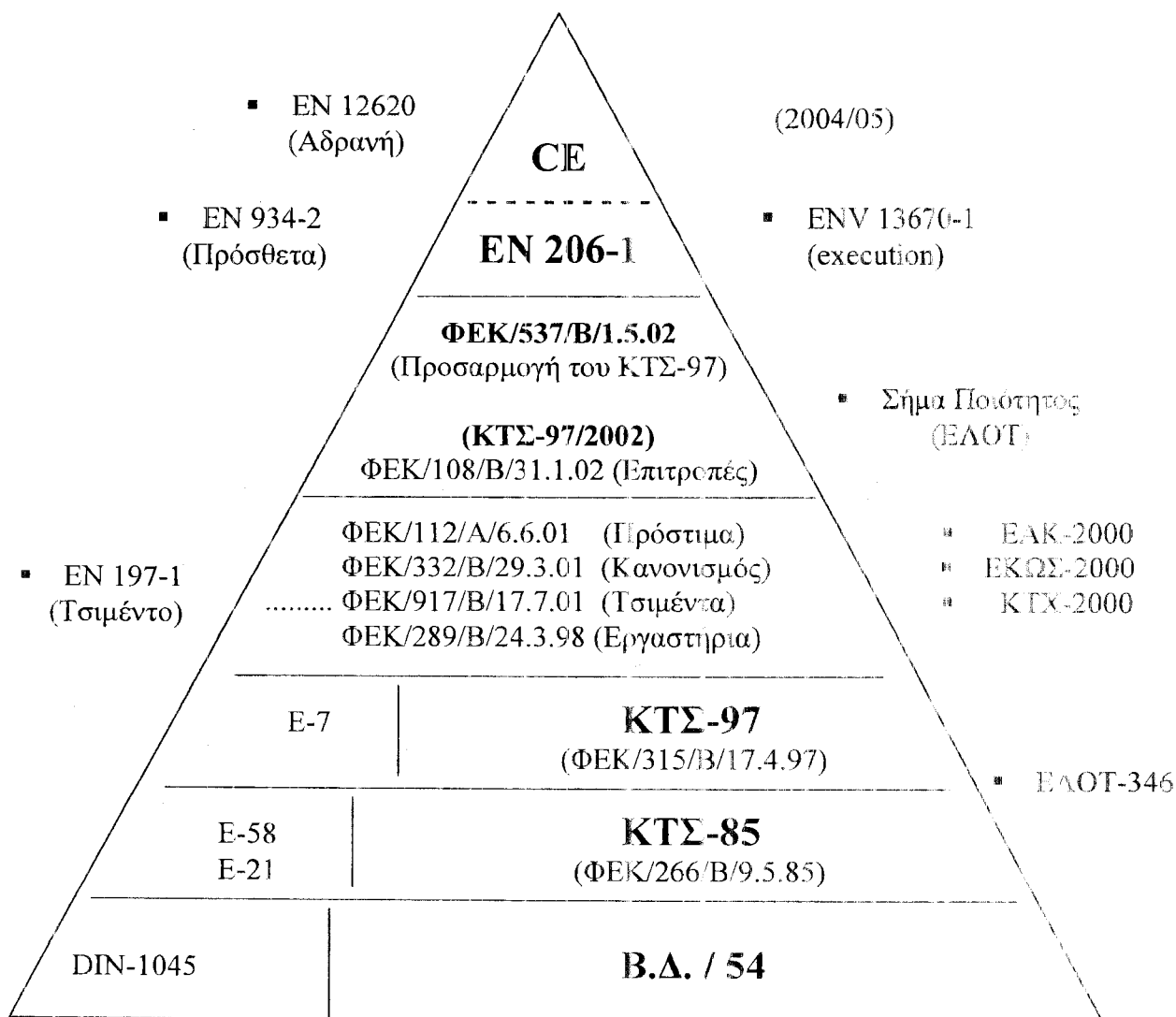
Όλα αυτά, που προβλέπονται στον ΚΤΣ-97/2002, ήδη με το νέο Ευρωπαϊκό Πρότυπο για το σκυρόδεμα ΕΛΟΤ EN 206-1, αλλάζουν και γίνονται αυστηρότερα (βλέπε Πίνακα : F1 του Προτύπου). Η θεσπιζόμενη δε ελάχιστη κατηγορία αντοχής κάνει ένα άλμα από την συνήθη C20/25 για την Χώρα μας, σε C25/30 ή C30/37 για τις διάφορες κατηγορίες έκθεσης στο περιβάλλον (exposure classes).

2. Η ιστορία των Κανονισμών Σκυροδέματος

Στο Σχήμα :1 φαίνονται διαγραμματικά η πορεία των Ελληνικών Κανονισμών Σκυροδέματος από το Βασιλικό Διάταγμα του 1954 (Β.Δ./54) και το Γερμανικό DIN-

1045 μέχρι τους Κανονισμούς Τεχνολογίας Σκυροδέματος του 1985, 1997 και 2002 (ΚΤΣ-85, ΚΤΣ-97, ΚΤΣ-97 / Προσαρμογή 2002), και το EN 206-1.

(Σχήμα 1)



“ Η Νομοθεσία σχετική με το Σκυρόδεμα ”

1. Οι κυριότερες απαιτήσεις του ΚΤΣ-97/2002

Στον παρακάτω Πίνακα :1 φαίνονται οι πιο σημαντικές απαιτήσεις που πρέπει να τηρούνται κατά την εκτέλεση ενός Τεχνικού Έργου.

Έκδοση Ιανουάριος 2004

Ελάχιστες Απαιτήσεις Κανονισμού (ΚΤΣ-97)

1. Σωστή παραγγελία	<i>Σωστή παραγγελία</i> Ετοιμού σκυροδέματος, δηλαδή κατηγορία αντοχής και κατηγορία κάθισης (συνήθως : S3). Επιθυμητή και η υπενθύμιση ελάχιστης περιεκτικότητας τσιμέντου (270-300 ή 330/ παραθαλάσσιο στο 1 km/παράλια).
2. Σωστή παραλαβή	<i>Σωστή παραλαβή</i> Ετοιμού σκυροδέματος, προσοχή ο χρόνος από την στιγμή της φόρτωσης μέχρι την εκφόρτωση/διάσπρωση δεν θα πρέπει να είναι παραπάνω από 1 ½ ώρα (2 ώρες όταν έχει γίνει προσθήκη επιβραδυντικού).
3. Λήψη δοκιμίων σκυροδέματος	<i>Λήψη δοκιμίων σκυροδέματος</i> συνήθως 6 δοκίμια από 6 διαφορετικές βαρέλες, όταν η ποσότητα είναι μέχρι 150 m ³ /ημέρα. Για μεγαλύτερες ποσότητες (>150) λήψη 12 δοκιμίων.
4. Μεταφορά	<i>Μεταφορά</i> των δοκιμίων εντός 20-32 ωρών για συμβατική συντήρησή τους σε υγρό θάλαμο συντήρησης δοκιμίων σε Δημόσιο Εργαστήριο ή Αναγνωρισμένο Ιδιωτικό.
5. Μέτρηση της κάθισης	<i>Μέτρηση της κάθισης</i> ιδιαίτερα σε περίπτωση λεπτών διατομών με πυκνό σπλισμό, όπου μπορεί να χρειασθεί κάθιση: 18-21,0 cm (κατηγορία : S4).
6. Αύξηση της εργασιμότητας	<i>Αύξηση της εργασιμότητας</i> μόνο με Υπέρ-ρευματοποιητικό στο έργο, μετά από 3' λεπτά επανάμιξη του σκυροδέματος.
7. Απαγορεύεται η προσθήκη νερού	<i>Απαγορεύεται η προσθήκη νερού στο σκυρόδεμα στο έργο.</i>
8. Δόνηση του σκυροδέματος	<i>Δόνησης του σκυροδέματος</i> τουλάχιστον 2 δονητές επί-τόπου ανά 30-40 cm, τουλάχιστον 5"-10" ανά θέση, αναλόγως πόσο σφιχτό είναι το σκυρόδεμα.
9. Καλή συντήρηση	<i>Καλή συντήρηση του σκυροδέματος</i> τουλάχιστον επί 7 ημέρες. Μέτρα προστασίας για κρύο ή ζεστό καιρό (ΕΛΟΤ 515/ΕΛΟΤ 517). Πιθανή χρήση ειδικών χημικών υγρών συντήρησης (curing membranes).
10. Φύλαξη των πιστοποιητικών	<i>Φύλαξη πιστοποιητικών αντοχής</i> μεταβίβαση τους στους ιδιοκτήτες, κατά την μεταβίβαση του διαμερισματος. (§ 15,16/ΚΤΣ-97)

Προσοχή: Με την προσαρμογή του ΚΤΣ-97 στο Πρότυπο για Τσιμέντο EN 197-1 έγιναν σ' αυτόν αρκετές αλλαγές όπως:

- Αλλαγές στους χρόνους αφαίρεσης ξυλοτύπων (§ 11.6) αναλόγως με την κατηγορία αντοχής του τσιμέντου (και όχι με τον τύπο).
- Νέοι τύποι τσιμέντων και νέες κατηγορίες αντοχής π.χ. τύποι I, II, III, IV και αντοχής: 32,5-42,5-52,5 Μπα.
- Παραμένει ισχύον το τσιμέντο με αντίσταση στα θειικά (SR) για περιπτώσεις σκυροδέματος που υφίσταται χημική προσβολή (Βιολογικοί καθαρισμοί, αγωγοί αποχέτευσης ΕΥΔΑΠ κλπ)
- Προστίθεται η κατηγορία κάθισης: S5, οπότε γίνεται η κατηγορία S4(16-21 cm) και η S5 (>22,0 cm) δηλαδή προσομοιάζει σχεδόν με την ρευστότητα του αυτοσυμπυκνούμενου σκυροδέματος (self-compacting concrete).

4. Το νέο ΕΛΟΤ EN 206-1

Τα κυριότερα σημεία του νέου Ευρωπαϊκού Προτύπου είναι :

- Πιθανή ισχύς με τον Ιούλιο /2004 ή μέσα στο 2005.
- Εντελώς νέα συλλογιστική. Η ιδιότης της ανθεκτικότητας (durability) του σκυροδέματος είναι η επικρατούσα σε σχέση με μόνη την θλιπτική αντοχή.
- Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ανθεκτικότητα είναι η κατηγορία έκθεσης στο περιβάλλον (exposure class) την οποία υφίσταται η κατασκευή.
- Οι κατηγορίες αντοχής φθάνουν μέχρι C100/115.
- **Κατηγορίες έκθεσης:**

XO = **Εσωτερικό** σκυρόδεμα, χωρίς κίνδυνο διάβρωσης σε πολύ ξηρό περιβάλλον (συνήθως άοπλο).

XC1/XC4 = Σκυρόδεμα οπλισμένο που εκτίθεται σε ξηρό/υγρό αέρα και υγρασία, σε επαφή με νερό, πέδιλα θεμελιώσεων κλπ (με κίνδυνο **ενανθράκωσης**).

XD1/XD3 = Σκυρόδεμα οπλισμένο σε επαφή σε νερό που περιέχει **χλωριόντα** (πλην θαλασσίαν αλάτων), πισίνες, σε επαφή με βιομηχανικό νερό που

περιέχει χλωριόντα, οδοστρώματα, δάπεδα σταθμών αυτοκινήτων, σε επαφή με αντιπαγετικά άλατα κλπ.

XS1/XS3 = Σκυρόδεμα σε επαφή με **χλωριόντα από θαλάσσιο νερό**, λιμενικές εγκαταστάσεις και κατασκευές (στη ζώνη παλίρροιας, κυματισμού κλπ).

XF1/XF4 = Σκυρόδεμα που εκτίθεται σε κύκλους **ψύξης/απόψυξης** (τήξης) ενώ είναι υγρό με ή χωρίς οντι-παγετικά άλατα (de-icing salts), κατακόρυφες επιφάνειες εκτεθειμένες σε βροχή, καταστρώματα γεφυρών, δρόμοι κλπ.

XA1/XA3 = Σκυρόδεμα σε **χημική προσβολή**, από φυσικά εδάφη και υπόγεια ύδατα όπως **θειικά** (SO₄) από 2000 έως 24000 mg/kg στο έδαφος ή 200 έως 6000 mg/l στο υπόγειο ύδωρ είτε PH=4,0 έως 6,5 κλπ.

- * Αποτέλεσμα όλων των κατηγοριών έκθεσης είναι να υπάρχουν απαιτήσεις για την ελάχιστη περιεκτικότητα σε τσιμέντο, κυμαινόμενη από 260-360 kg/m³, μέγιστος λόγος N/T κυμαινόμενος από N/T < 0,65 έως NT < 0,45 και ελάχιστες κατηγορίες αντοχής από C20/25 έως C35/45 με πιο συνήθη την C25/30 ή C30/37 (Πίνακας : F1)
- * Καθιέρωση κριτηρίων συμμορφώσεως για **“πιστοποιημένο σκυρόδεμα”** (concrete with production control certification) όπου επαρκούν 2 δειματοληψίες / ανά εβδομάδα έναντι της καθημερινής δειματοληψίας (ή 1/ανά 150 m³) στο μη-πιστοποιημένο σκυρόδεμα.

3. Συμπεράσματα

Όπως καταλαβαίνετε έρχεται καταναγκασμός υποχρεωτικών αλλαγών, που θα πρέπει η Πολιτεία και οι Μελετητές να τις περάσουν στα Τεύχη Δημοπράτησης των έργων, όταν βεβαίως ο ΕΛΟΤ παραδώσει την **Ελληνική Μετάφραση** του EN 206-1 καθώς

και το Εθνικό προσάρτημα του Πρότυπου. Στις άλλες χώρες (Γερμανία, Δανία, Γαλλία, Αγγλία κλπ) αυτά είναι έτοιμα ή σχεδόν έτοιμα. Εμείς τι κάνουμε; Να άλλο ένα πεδίο πίεσης του ΣΠΜΕ και του ΤΕΕ προς την Πολιτεία, το ΥΠΕΧΩΔΕ, το Υπ.Ανάπτυξης, τον ΕΛΟΤ.

Όπως θα παρατηρήσατε οι απαιτήσεις από το ΒΔ/54, στον ΚΤΣ-97 και το EN 206-1, συνεχώς αυξάνουν. Γι'αυτό ας τηρήσουμε τουλάχιστον τα 10 παραπάνω σημεία, δεδομένου ότι με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο αυτά θα είναι τότε τελείως ανεπαρκή διότι ο μέγιστο λόγος Ν/Τ, η ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου, και η κατηγορία αντοχής (C25/30 ή C30/37 θα είναι πιθανώς η τυπική) θα είναι τα κρίσιμα στοιχεία.

Ένα ακόμη τελικό σχόλιο:

Όπως καταλάβατε το C16/20 απέθανε, σε λίγο θα πεθάνει και το C20/25, πάμε λοιπόν για C25/30 σαν μέση τυπική κατηγορία αντοχής για μια ποιοτική κατασκευή!



Σήμανση CE στα Δομικά προϊόντα

**Κατάλογος προτύπων με τα οποία πρέπει να
αποδεικνύεται η συμμόρφωση των προϊόντων που
κυκλοφορούν στο εμπόριο**

Μάρτιος 2005

Σήμανση CE στα προϊόντα Δομικών Κατασκευών - Οδηγία 89/106/ΕΟΚ, (Π.Δ.334/94)

Πεδίο εφαρμογής

Το πεδίο εφαρμογής αυτής της οδηγίας είναι ευρύτατο. Περιλαμβάνει αφενός τα συνήθη οικοδομικά υλικά αλλά επεκτείνεται σε όλα τα προϊόντα τα οποία ενσωματώνονται κατά τρόπο διαρκή στα έργα και είναι κατάλληλα για τη χρήση για την οποία προορίζονται (ορισμός δομικού προϊόντος). Με αυτό τον τρόπο στις διατάξεις της οδηγίας υπάγεται μία μεγάλη γκάμα προϊόντων που εκτείνεται από τα τσιμέντα, αδρανή, άσφαλτο και φθάνει έως τα μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης, τον εξοπλισμό οδών και τα καλώδια χαμηλής τάσης. Συνεπώς υπάρχουν προϊόντα που υπάγονται σε δύο ή περισσότερες οδηγίες (π.χ. ηλεκτρικά καλώδια χαμηλής τάσης)

Σήμανση CE

Η σήμανση CE τοποθετείται από τον παραγωγό του προϊόντος αφού προηγουμένως έχει προβεί σε όλες τις απαραίτητες ενέργειες αξιολόγησης της συμμόρφωσης που του υποδεικνύει το ίδιο το πρότυπο με το οποίο συμμορφώνεται το προϊόν του. Ο παραγωγός υποχρεούται να θέτει την σήμανση CE από την ημερομηνία που καθορίζει η κοινή Απόφαση των Υπουργών Ανάπτυξης και ΠΕΧΩΔΕ. Η απόφαση αυτή εκδίδεται μετά απο ανακοίνωση στην εφημερίδα των Ε.Κ

(Προσοχή: Οι ΥΑ καθυστερούν να εκδοθούν αλλά η υποχρέωση αποδοχής του CE marking, ισχύει συγχρόνως σε όλη την ευρωπαϊκή αγορά. Η νομική υποχρέωση αρχίζει τουλάχιστον μετά το πέρας της μεταβατικής περιόδου που αναφέρεται στην ανακοίνωση της εφημερίδας των Ε.Κ.).

Αυτή η σήμανση έχει ένα πληροφοριακό μέρος που συνοδεύει το προϊόν (στη συσκευασία ή στα συνοδευτικά έγγραφα) και αναφέρει τον αριθμό του ευρωπαϊκού προτύπου ή της ευρωπαϊκής τεχνικής έγκρισης, τις χαρακτηριστικές του τιμές όπως αυτές προσδιορίζονται από τις προαναφερόμενες προδιαγραφές, τον αριθμό της προδιαγραφής και τη συμμετοχή ή όχι οργανισμού αξιολόγησης της συμμόρφωσής του.

Προσοχή: Οι τιμές αυτές πρέπει να είναι οι ελάχιστες (χειρότερες) στη συγκεκριμένη παρτίδα του προϊόντος.

Οι υποχρεώσεις της σήμανσης CE καθορίζονται από την ευρωπαϊκή προδιαγραφή και την επαβεβαίωση του συστήματος αξιολόγησης της συμμόρφωσης από την υπουργική απόφαση. Κάθε ευρωπαϊκό πρότυπο προϊόντος που έχει ανακοινωθεί στην Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, καλείται εναρμονισμένο ευρωπαϊκό πρότυπο. Αναπόσπαστο μέρος του προτύπων αυτών είναι το προσάρτημα ZA όπου καθορίζονται αναλυτικά όλες οι υποχρεώσεις του παραγωγού και η συμμετοχή ή όχι οργανισμού αξιολόγησης της συμμόρφωσης ή εργαστηρίου.

Συστήματα αξιολόγησης της συμμόρφωσης

Τα συστήματα αξιολόγησης της συμμόρφωσης είναι 6 όπως εμφανίζονται στον πίνακα Σπάνια συναντώνται τα συστήματα 1 και 2, κύρια εμφανίζεται το 4 ενώ το 2+, 3 και 1+ εμφανίζονται κατά φθίνουσα σειρά

Πίνακας: Συστήματα αξιολόγησης της συμμόρφωσης και Καθήκοντα Παραγωγών και Κοινοποιημένων Οργανισμών							
Απόσπασμα από το Π.Δ.334/94 Παράρτημα II		Καθήκοντα		Συστήματα Αξιολόγησης Συμμόρφωσης			
Συστήματα αξιολόγησης της συμμόρφωσης		1+	1	2+	2	3	4
(i) Πιστοποίηση της συμμόρφωσης του προϊόντος από έναν κοινοποιημένο οργανισμό πιστοποίησης με βάση:							
Καθήκοντα παραγωγού							
(1) Έλεγχος της παραγωγής στο εργοστάσιο	1	Π	Π				
(2) Αποστολή δειγμάτων για δοκιμές μετά από λήψη στο εργοστάσιο από τον παραγωγό σύμφωνα με προδιαγεγραμμένο πρόγραμμα δοκιμών	2		Π				
Καθήκοντα κοινοποιημένου οργανισμού							
(3) αρχική δοκιμή τύπου του προϊόντος	3	ΚΟ	ΚΟ				
(4) αρχικός έλεγχος του εργοστασίου και του ελέγχου παραγωγής στο εργοστάσιο	4	ΚΟ	ΚΟ				
(5) συνεχής επιτήρηση, αξιολόγηση και έγκριση του ελέγχου παραγωγής στο εργοστάσιο	5	ΚΟ	ΚΟ				
(6) Δειγματοληψία δειγμάτων από το εργοστάσιο, την αγορά ή στο έργο	6	ΚΟ					
(ii) Δήλωση της συμμόρφωσης του προϊόντος από τον παραγωγό με βάση:							
Πρώτη δυνατότητα:							
Καθήκοντα παραγωγού							
(1) αρχική δοκιμή τύπου του προϊόντος	7	Π	Π				
(2) έλεγχος της παραγωγής στο εργοστάσιο	8	Π	Π				
(3) δοκιμή δειγμάτων στο εργοστάσιο σύμφωνα με προδιαγεγραμμένο πρόγραμμα δοκιμών	9	Π					
Καθήκοντα κοινοποιημένου οργανισμού							
πιστοποίηση του ελέγχου της παραγωγής στο εργοστάσιο με βάση:							
Αρχικός έλεγχος του εργοστασίου και του ελέγχου παραγωγής στο εργοστάσιο	10	ΚΟ	ΚΟ				
Συνεχής επιτήρηση, αξιολόγηση και έγκριση του ελέγχου της παραγωγής στο εργοστάσιο	11	ΚΟ					
Δεύτερη δυνατότητα:							
(1) αρχική δοκιμή τύπου του προϊόντος από κοινοποιημένο εργαστήριο	12					Ερ	Έκθεση από το εργαστήριο
(2) Έλεγχος της παραγωγής στο εργοστάσιο	13					Π	
Τρίτη δυνατότητα							
(α) αρχική δοκιμή τύπου από τον παραγωγό	14					Π	
(β) έλεγχος της παραγωγής στο εργοστάσιο	15					Π	

Π: παραγωγός

ΚΟ: κοινοποιημένος οργανισμός

Ερ: κοινοποιημένο εργαστήριο

Κωδικός Προτύπου	Ελληνικός Τίτλος	Αγγλικός Τίτλος	Αναφορά	Οδηγία	Ημερομηνία υποχρέωσης σημασης (89/106/EEC)	Τέλος μεταβατικής περιόδου (89/106/EEC)	ΗΜΕΡ.ΕΚΔ.	ΓΛ / ΣΕΛ
EN 40-5:2002	Ιστοί φωτισμού - Μέρος 5: Απαιτήσεις για χαλύβδινους ιστούς φωτισμού	Lighting columns - Part 5: Requirements for steel lighting columns	Cited in OJC 97(2004-04-22),C 212(2002-09-06)	89/106/EEC	1/2/2003	1/2/2005	31/5/2002	EN / 23
EN 40-6:2002	Ιστοί φωτισμού - Μέρος 6 : Απαιτήσεις για ιστούς φωτισμού από αλουμίνιο	Lighting columns - Part 6: Requirements for aluminium lighting columns	Cited in OJC 97(2004-04-22),C 212(2002-09-06)	89/106/EEC	1/2/2003	1/2/2005	31/5/2002	EN / 20
EN 40-7:2002	Ιστοί φωτισμού - Μέρος 7: Απαιτήσεις για ιστούς φωτισμού από οπλισμένο με ίνες σύνθετο πολυμερές	Lighting columns - Part 7: Requirements for fibre reinforced polymer composite lighting columns	Cited in OJC 165(2003-07-16)	89/106/EEC	1/10/2003	1/10/2004	18/4/2003	EN / 20
EN 197-1:2000	Τσιμέντο - Σύσταση, προδιαγραφές και κριτήρια συμμόρφωσης - Κοινά τσιμέντα	Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements	Cited in OJC 20(2001-01-23)	89/106/EEC	1/4/2001	1/4/2002	3/1/1993	EN / 28
EN 413-1:2004	Τσιμέντο τοιχοποιίας - Μέρος 1: Προδιαγραφή	Masonry cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria	Expected	89/106/EEC	1/12/2004	1/12/2005	3/7/1996	EN / 19
EN 523:2003	Περιελίξεις από χάλυβα για προενταμένους τένοντες - Ορολογία, απαιτήσεις, έλεγχος ποιότητας	Steel strip sheaths for prestressing tendons - Terminology, requirements, quality control	Cited in OJC 67(2004-03-17)	89/106/EEC	1/6/2004	1/6/2005	15/10/1998	EL / 12
EN 588-2:2001	Σωλήνες από ινοτσιμέντο για οχετούς και αποχετεύσεις - Μέρος 2: Ανθρωποθυρίδες και θυρίδες επίσκεψης	Fibre cement pipes for drains and sewers - Part 2: Manholes and inspection chambers	Cited in OJC 154(2002-06-28)	89/106/EEC,93/38/EEC	1/10/2002	1/10/2003	11/2/2002	EN / 31
EN 671-1:2001	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Συστήματα με εύκαμπτους σωλήνες - Μέρος 1 : Πυροσβεστικές φωλιές με ημιάκαμπτο σωλήνα	Fixed firefighting systems - Hose systems - Part 1: Hose reels with semi-rigid hose	Cited in OJC 202(2001-07-18)	89/106/EEC,96/98/EC	1/2/2002	1/4/2004	30/5/2003	EL / 25
EN 671-2:2001	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Συστήματα με εύκαμπτους σωλήνες - Μέρος 2 : Πυροσβεστικές φωλιές με επίπεδους σωλήνες	Fixed firefighting systems - Hose systems - Part 2: Hose systems with lay-flat hose	Cited in OJC 202(2001-07-18)	89/106/EEC,96/98/EC	1/2/2002	1/4/2004	30/5/2003	EL / 21
EN 681-1:1996/A2:2002	Ελαστομερή στεγανωτικά - Απαιτήσεις για τα υλικά στεγάνωσης συνδέσμων σωλήνων σε εφαρμογές ύδρευσης και αποχέτευσης - Μέρος 1: Βουλκανισμένο ελαστικό	Elastomeric seals - Material requirements for pipe joint seals used in water and drainage applications - Part 1: Vulcanized rubber	Cited in OJC 212(2002-09-06)	89/106/EEC	1/1/2003	1/1/2004	8/11/2002	EN / 4
EN 681-2:2000/A1:2002	Ελαστομερή στεγανωτικά - Απαιτήσεις για τα υλικά στεγάνωσης συνδέσμων σωλήνων που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές ύδρευσης και αποχέτευσης - Μέρος 2: Θερμοπλαστικά ελαστομερή	Elastomeric seals - Material requirements for pipe joint seals used in water and drainage applications - Part 2: Thermoplastic elastomers	Cited in OJC 212(2002-09-06)	89/106/EEC	1/1/2003	1/1/2004	8/11/2002	EN / 5
EN 681-3:2000/A1:2002	Ελαστομερή στεγανωτικά - Απαιτήσεις για τα υλικά στεγάνωσης συνδέσμων σωλήνων που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές ύδρευσης και αποχέτευσης - Μέρος 3: Αφρώδη υλικά βουλκανισμένου ελαστικού	Elastomeric seals - Material requirements for pipe joint seals used in water and drainage applications - Part 3: Cellular materials of vulcanized rubber	Cited in OJC 212(2002-09-06)	89/106/EEC	1/1/2003	1/1/2004	8/11/2002	EN / 4
EN 681-4:2000/A1:2002	Ελαστομερή στεγανωτικά - Απαιτήσεις για τα υλικά στεγάνωσης συνδέσμων σωλήνων σε εφαρμογές ύδρευσης και αποχέτευσης - Μέρος 4: Στεγανωτικά στοιχεία από χυτή πολυουρεθάνη	Elastomeric seals - Material requirements for pipe joint seals used in water and drainage applications - Part 4: Cast polyurethane sealing elements	Cited in OJC 212(2002-09-06)	89/106/EEC	1/1/2003	1/1/2004	8/11/2002	EN / 4
EN 682:2002	Ελαστομερή στεγανωτικά - Απαιτήσεις για τα υλικά στεγάνωσης που χρησιμοποιούνται σε σωλήνες και εξαρτήματα που μεταφέρουν αέριο και ρευστούς υδρογονάνθρακες	Elastomeric Seals - Materials requirements for seals used in pipes and fittings carrying gas and hydrocarbon fluids	Cited in OJC 154(2002-06-28)	89/106/EEC	1/10/2002	1/12/2003	17/12/2004	
EN 771-1:2003	Προδιαγραφή στοιχείων τοιχοποιίας - Μέρος 1: Κεραμικά τούβλα	Specification for masonry units - Part 1: Clay masonry units	Cited in OJC 84(2004-04-03),C 271(2003-11-12)	89/106/EEC	1/12/2004	1/12/2005	16/7/2003	EN / 46

Κωδικός Προτύπου	Ελληνικός Τίτλος	Αγγλικός Τίτλος	Αναφορά	Οδηγία	Ημερομηνία υποχρέωσης σημασης (89/106/EEC)	Τέλος μεταβατικής περιόδου (89/106/EEC)	ΗΜΕΡ.ΕΚΔ.	ΓΛ / ΣΕΛ
EN 771-2:2003	Προδιαγραφή στοιχείων τοιχοποιίας - Μέρος 2 : Αοβεαστοπιρτικά στοιχεία τοιχοποιίας	Specification for masonry units - Part 2: Calcium silicate masonry units	Cited in OJC 84(2004-04-03),C 271(2003-11-12)	89/106/EEC	1/12/2004	1/12/2005	10/7/2003	EN / 32
EN 771-3:2003	Προδιαγραφές στοιχείων τοιχοποιίας - Μέρος 3: Στοιχεία τοιχοποιίας από σκυρόδεμα (με συνήθη και ελαφρά αδρανή)	Specification for masonry units - Part 3: Aggregate concrete masonry units (Dense and light-weight aggregates)	Cited in OJC 84(2004-04-03),C 271(2003-11-12)	89/106/EEC	1/12/2004	1/12/2005	11/11/2003	EN / 29
EN 771-4:2003	Προδιαγραφή στοιχείων τοιχοποιίας - Μέρος 4: Στοιχεία τοιχοποιίας από αυτόκλειστο κυψελωτό σκυρόδεμα	Specification for masonry units - Part 4: Autoclaved aerated concrete masonry units	Cited in OJC 84(2004-04-03),C 271(2003-11-12)	89/106/EEC	1/12/2004	1/12/2005	11/11/2003	EN / 24
EN 771-5:2003	Προδιαγραφές στοιχείων τοιχοποιίας - Μέρος 5 : Στοιχεία τοιχοποιίας από τεχνητούς λίθους	Specification for masonry units - Part 5: Manufactured stone masonry units	Cited in OJC 84(2004-04-03),C 271(2003-11-12), Expected	89/106/EEC	1/3/2005	1/3/2006	8/6/2004	EN / 22
EN 845-1:2003	Προδιαγραφή για βοηθητικά εξαρτήματα τοιχοποιίας - Μέρος 1: Αγκύρια, λάμες στερέωσης, λάμες ανάρτησης και στηρίγματα	Specification for ancillary components for masonry - Part 1: Ties, tension straps, hangers and brackets	Cited in OJC 271(2003-11-12)	89/106/EEC	1/2/2004	1/2/2005	10/7/2003	EN / 51
EN 845-2:2003	Προδιαγραφή για βοηθητικά εξαρτήματα τοιχοποιίας - Μέρος 2: Υπέρθυρα	Specification for ancillary components for masonry - Part 2: Lintels	Cited in OJC 271(2003-11-12)	89/106/EEC	1/2/2004	1/2/2005	10/7/2003	EN / 36
EN 845-3:2003	Προδιαγραφή για βοηθητικά εξαρτήματα τοιχοποιίας - Μέρος 3: Χαλύβδινο πλέγμα σπλισμού οριζόντιων αρμών	Specification for ancillary components for masonry - Part 3: Bed joint reinforcement of steel meshwork	Cited in OJC 271(2003-11-12)	89/106/EEC	1/2/2004	1/2/2005	10/7/2003	EN / 24
EN 934-2:2001	Πρόσθετα σκυροδέματος, κονιαμάτων και ενεμάτων - Μέρος 2: Πρόσθετα σκυροδέματος - Ορισμοί απαιτήσεις, συμμόρφωση, σήμανση και επισήμανση	Admixtures for concrete, mortar and grout - Part 2: Concrete admixtures - Definitions, requirements, conformity, marking and labelling	Cited in OJC 40(2002-02-14)	89/106/EEC	1/5/2002	1/5/2003	9/1/2002	EN / 20
EN 934-4:2001	Πρόσθετα σκυροδέματος, κονιαμάτων και ενεμάτων - Μέρος 4: Πρόσθετα ενεμάτων για προεντεταμένους τένοντες - Ορισμοί, απαιτήσεις, συμμόρφωση, σήμανση και επισήμανση	Admixtures for concrete, mortar and grout - Part 4: Admixtures for grout for prestressing tendons - Definitions, requirements, conformity, marking and labelling	Cited in OJC 40(2002-02-14)	89/106/EEC	1/5/2002	1/5/2003	4/2/2002	EN / 13
EN 998-1:2003	Προδιαγραφή κονιαμάτων τοιχοποιίας- Μέρος 1: Εξωτερικά και εσωτερικά επιχρίσματα	Specification for mortar for masonry - Part 1: Rendering and plastering mortar	Cited in OJC 271(2003-11-12)	89/106/EEC	1/2/2004	1/2/2005	10/7/2003	EN / 19
EN 998-2:2003	Προδιαγραφή κονιαμάτων τοιχοποιίας- Μέρος 2: Κονίαμα τοιχοποιίας	Specification for mortar for masonry - Part 2: Masonry mortar	Cited in OJC 271(2003-11-12)	89/106/EEC	1/2/2004	1/2/2005	10/7/2003	EN / 24
EN 1337-4:2004	Εφέδρανα δομημάτων - Μέρος 4: Κυλινδρικά εφέδρανα	Structural bearings - Part 4: Roller bearings	Expected	89/106/EEC	1/2/2005	1/2/2006	20/8/2004	
EN 1337-6:2004	Εφέδρανα δομημάτων - Μέρος 6: Εφέδρανα εξισορρόπησης	Structural bearings - Part 6: Rocker bearings	Expected	89/106/EEC	1/2/2005	1/2/2006	20/8/2004	
EN 1337-7:2000	Εφέδρανα κατασκευών - Μέρος 7 : Εφέδρανα σφαιρικά και κυλινδρικά τύπου PTFE	Structural bearings - Part 7: Spherical and cylindrical PTFE bearings	Cited in OJC 180(2001-06-26)	89/106/EEC	1/10/2001	1/10/2002	13/3/2001	EN / 22
EN 1337-7:2004	Εφέδρανα κατασκευών - Μέρος 7 : Εφέδρανα σφαιρικά και κυλινδρικά τύπου PTFE	Structural bearings - Part 7: Spherical and cylindrical PTFE bearings	Expected	89/106/EEC	1/12/2004	1/6/2005	13/3/2001	EN / 22
EN 1338:2003	Κυβόλιθοι από σκυρόδεμα - Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής	Concrete paving blocks - Requirements and test methods	Cited in OJC 271(2003-11-12)	89/106/EEC	1/3/2004	1/3/2005	4/7/2003	EN / 64
EN 1339:2003	Πλάκες πεζοδρομίου από σκυρόδεμα - Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής	Concrete paving flags - Requirements and test methods	Cited in OJC 271(2003-11-12)	89/106/EEC	1/3/2004	1/3/2005	4/7/2003	EN / 68
EN 1340:2003	Κράσπεδα από σκυρόδεμα - Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής	Concrete kerb units - Requirements and test methods	Cited in OJC 67(2004-03-17)	89/106/EEC	1/2/2004	1/2/2005	23/5/2003	EN / 73
EN 1344:2002	Κεραμικά επιστρώσεων - Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής	Clay pavers - Requirements and test methods	Cited in OJC 320(2002-12-20)	89/106/EEC	1/1/2003	1/1/2004	16/4/2002	EN / 50
EN 1423:1997/A1:2003	Προϊόντα οριζόντιας σήμανσης οδών - Προϊόντα επίτασης - Γυάλινα σφαιρίδια, αντιολισθητικά αδρανή και μίγματα αυτών	Road marking materials - Drop on materials - Glass beads, antiskid aggregates and mixtures of the two	Cited in OJC 67(2004-03-17)	89/106/EEC	1/5/2004	1/5/2005	22/12/2004	

Κωδικός Προτύπου	Ελληνικός Τίτλος	Αγγλικός Τίτλος	Αναφορά	Οδηγία	Ημερομηνία υποχρέωσης σημασης (89/106/EEC)	Τέλος μεταβολικής περιόδου (89/106/EEC)	ΗΜΕΡ.ΕΚΔ.	ΓΛ / ΣΕΛ
EN 1433:2002	Κανάλια αποστράγγισης σε ζώνες κυκλοφορίας πεζών και οχημάτων - Ταξινόμηση, σχεδιασμός και απαιτήσεις δοκιμών, σήμανση και αξιολόγηση της συμμόρφωσης	Drainage channels for vehicular and pedestrian areas - Classification, design and testing requirements, marking and evaluation of conformity	Cited in OJC 75(2003-03-27)	89/106/EEC,93/38/EEC	1/8/2003	1/8/2004	9/1/2003	EN / 54
EN 1463-1:1997/A1:2003	Προϊόντα οριζόντιας σήμανσης οδών - Ανακλαστήρες οδοστρωμάτων - Μέρος 1: Απαιτήσεις αρχικών επιδόσεων	Road marking materials - Retroreflecting road studs - Part 1: Initial performance requirements	Expected	89/106/EEC	1/12/2004	1/12/2005	18/5/2004	
EN 1916:2002	Τσιμεντοσωληνες και ειδικά τεμάχια από σκυρόδεμα άοπλο ή οπλισμένο ή ενισχυμένο με ίνες χάλυβα	Concrete pipes and fittings, unreinforced, steel fibre and reinforced	Cited in OJC 47(2003-02-27)	89/106/EEC,93/38/EEC	1/8/2003	23/11/2004	2/5/2003	EN / 84
EN 1917:2002	Ανθρωποθυρίδες και φρεάτια επίσκεψης από σκυρόδεμα άοπλο ή οπλισμένο ή ενισχυμένο με ίνες χάλυβα	Concrete manholes and inspection chambers, unreinforced, steel fibre and reinforced	Cited in OJC 320(2002-12-20)	89/106/EEC,93/38/EEC	1/8/2003	23/11/2004	2/5/2003	EN / 69
EN 12050-1:2001	Εγκαταστάσεις άντλησης αποβλήτων για κτίρια και γήπεδα - Αρχές κατασκευής και δοκιμών - Μέρος 1: Εγκαταστάσεις άντλησης που περιέχουν κοπρανώδη υλικά	Wastewater lifting plants for buildings and sites - Principles of construction and testing - Part 1: Lifting plants for wastewater containing faecal matter	Cited in OJC 202(2001-07-18)	89/106/EEC,93/38/EEC	1/11/2001	1/11/2002	16/7/2001	EN / 15
EN 12050-2:2000	Εγκαταστάσεις άντλησης αποβλήτων για κτίρια και γήπεδα - Αρχές κατασκευής και δοκιμών - Μέρος 2: Εγκαταστάσεις άντλησης από μη κοπρανώδη υλικά	Wastewater lifting plants for buildings and sites - Principles of construction and testing - Part 2: Lifting plants for faecal-free wastewater	Cited in OJC 180(2001-06-26)	89/106/EEC,93/38/EEC	1/10/2001	1/10/2002	21/6/2001	EN / 14
EN 12050-3:2000	Εγκαταστάσεις άντλησης αποβλήτων για κτίρια και γήπεδα - Αρχές κατασκευής και δοκιμών - Μέρος 3: Εγκαταστάσεις άντλησης για απόβλητα που περιέχουν κοπρανώδη υλικά για περιορισμένες εφαρμογές	Wastewater lifting plants for buildings and sites - Principles of construction and testing - Part 3: Lifting plants for wastewater containing faecal matter for limited applications	Cited in OJC 180(2001-06-26)	89/106/EEC,93/38/EEC	1/10/2001	1/10/2002	21/6/2001	EN / 13
EN 12050-4:2000	Εγκαταστάσεις άντλησης αποβλήτων για κτίρια και γήπεδα - Αρχές κατασκευής και δοκιμών - Μέρος 4: Αντεπίστροφες βαλβίδες για απόβλητα μη περιέχοντα κοπρανώδη υλικά και απόβλητα περιέχοντα κοπρανώδη υλικά	Wastewater lifting plants for buildings and sites - Principles of construction and testing - Part 4: Non-return valves for faecal-free wastewater and wastewater containing faecal matter	Cited in OJC 180(2001-06-26)	89/106/EEC,93/38/EEC	1/10/2001	1/10/2002	21/6/2001	EN / 11
EN 12094-1:2003	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Εξαρτήματα για συστήματα κατάσβεσης με αέριο - Μέρος 1: Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής για ηλεκτρικές διατάξεις αυτομάτου ελέγχου και χρονοκαυστήρησης	Fixed firefighting systems - Components for gas extinguishing systems - Part 1: Requirements and test methods for electrical automatic control and delay devices	OJ C 67 of 2004-03-17	89/106/EEC	1/2/2004	1/5/2006	18/6/2003	EL / 38
EN 12094-2:2003	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Εξαρτήματα για συστήματα κατάσβεσης με αέριο - Μέρος 2: Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής για μη ηλεκτρικές διατάξεις αυτομάτου ελέγχου και χρονοκαυστήρησης	Fixed firefighting systems - Components for gas extinguishing systems - Part 2: Requirements and test methods for non-electrical automatic control and delay devices	OJ C 67 of 2004-03-17	89/106/EEC	1/2/2004	1/5/2006	18/6/2003	EL / 21
EN 12094-3:2003	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Εξαρτήματα για συστήματα κατάσβεσης με αέριο - Μέρος 3: Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής για χειροκίνητους μηχανισμούς ενεργοποίησης και διακοπής	Fixed firefighting systems - Components for gas extinguishing systems - Part 3: Requirements and test methods for manual triggering and stop devices	OJ C 67 of 2004-03-17	89/106/EEC	1/1/2004	1/9/2005	18/4/2003	EN / 16
EN 12094-5:2000	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Εξαρτήματα για συστήματα κατάσβεσης με αέριο - Μέρος 5: Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής για βαλβίδες επιλογής υψηλής και χαμηλής πίεσης και των ενεργοποιητών τους σε συστήματα CO2	Fixed firefighting systems - Components for gas extinguishing systems - Part 5: Requirements and test methods for high and low pressure selector valves and their actuators for CO2 systems	Cited in OJC 202(2001-07-18)	89/106/EEC	1/10/2001	1/4/2004	15/2/2001	EN / 14

Κωδικός Προτύπου	Ελληνικός Τίτλος	Αγγλικός Τίτλος	Αναφορά	Οδηγία	Ημερομηνία υποχρέωσης σημασης (89/106/EEC)	Τέλος μεταβατικής περιόδου (89/106/EEC)	ΗΜΕΡ.ΕΚΔ.	ΓΛ / ΣΕΛ
EN 12094-6:2000	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Εξαρτήματα για συστήματα κατάσβεσης με αέριο - Μέρος 6: Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής για το μη ηλεκτρικό αδρανιστικό μηχανισμό σε συστήματα CO2	Fixed firefighting systems - Components for gas extinguishing systems - Part 6: Requirements and test methods for non-electrical disable devices for CO2 systems	Cited in OJC 202(2001-07-18)	89/106/EEC	1/10/2001	1/4/2004	15/2/2001	EN / 10
EN 12094-7:2000	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Εξαρτήματα για συστήματα κατάσβεσης με αέριο - Μέρος 7: Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής για ακροφύσια σε συστήματα CO2	Fixed firefighting systems - Components for gas extinguishing systems - Part 7: Requirements and test methods for nozzles for CO2 systems	Cited in OJC 202(2001-07-18)	89/106/EEC	1/10/2001	1/4/2004	15/2/2001	EN / 15
EN 12094-9:2003	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Εξαρτήματα για συστήματα κατάσβεσης με αέριο - Μέρος 9: Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής για ειδικούς πυρανιχνευτές	Fixed firefighting systems - Components for gas extinguishing systems - Part 9: Requirements and test methods for special fire detectors	OJ C 67 of 2004-03-17	89/106/EEC	1/1/2004	1/9/2005	18/4/2003	EN / 18
EN 12094-10:2003	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Εξαρτήματα για συστήματα κατάσβεσης με αέριο - Μέρος 10: Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής για μανόμετρα και πρεσοστατικούς διακόπτες	Fixed firefighting systems - Components for gas extinguishing systems - Part 10: Requirements and test methods for pressure gauges and pressure switches	OJ C 67 of 2004-03-17	89/106/EEC	1/2/2004	1/5/2006	18/6/2003	EL / 14
EN 12094-11:2003	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Εξαρτήματα για συστήματα κατάσβεσης με αέριο - Μέρος 11: Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής για μηχανικές διατάξεις ζύγισης	Fixed firefighting systems - Components for gas extinguishing systems - Part 11: Requirements and test methods for mechanical weighing devices	OJ C 67 of 2004-03-17	89/106/EEC	1/1/2004	1/9/2005	18/4/2003	EN / 14
EN 12094-12:2003	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Εξαρτήματα για συστήματα κατάσβεσης με αέριο - Μέρος 12: Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής για πνευματικές διατάξεις συναγερμού	Fixed firefighting systems - Components for gas extinguishing systems - Part 12: Requirements and test methods for pneumatic alarm devices	OJ C 67 of 2004-03-17	89/106/EEC	1/1/2004	1/9/2005	18/4/2003	EN / 18
EN 12094-13:2001	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Εξαρτήματα για συστήματα κατάσβεσης με αέριο - Μέρος 13: Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής για βαλβίδες ελέγχου και βαλβίδες αντεπιστροφής	Fixed firefighting systems - Components for gas extinguishing systems - Part 13: Requirements and test methods for check valves and non-return valves	Cited in OJC 202(2001-07-18)	89/106/EEC	1/1/2002	1/4/2004	29/6/2001	EL / 18
EN 12101-2:2003	Συστήματα ελέγχου καπνού και θερμότητας - Μέρος 2: Προδιαγραφή για συνήθη καπνό και ανεμιστήρες απαγωγής θερμότητας	Smoke and heat control systems - Part 2: Specification for natural smoke and heat exhaust ventilators	OJ C 67 of 2004-03-17	89/106/EEC	1/4/2004	1/9/2005	12/11/2003	
EN 12101-3:2002	Συστήματα ελέγχου καπνού και θερμότητας - Μέρος 3: Προδιαγραφή για μηχανικούς απαγωγείς καπνού και θερμότητας	Smoke and heat control systems - Part 3: Specification for powered smoke and heat exhaust ventilators	OJ C 67 of 2004-03-17	89/106/EEC	1/4/2004	1/4/2005	20/3/2002	EN / 37
EN 12259-1:1999 + A1:2001	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Εξαρτήματα για συστήματα καταιονισμού και ψεκασμού νερού - Μέρος 1: Καταιονιστήρες	Fixed firefighting systems - Components for sprinkler and water spray systems - Part 1: Sprinklers	OJ C40 of 2002-02-14	89/106/EEC	1/4/2002	1/9/2005	25/9/2001	EL / 62
EN 12259-2:1999/A1:2001	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Εξαρτήματα για συστήματα καταιονισμού και ψεκασμού νερού - Μέρος 2: Συστήματα βαλβίδας συναγερμού υγρού τύπου	Fixed firefighting systems - Components for sprinkler and water spray systems - Part 2: Wet alarm valve assemblies	OJ C358 of 2001-12-15	89/106/EEC	1/1/2002	1/9/2005	29/8/2001	EN / 7
EN 12259-2:1999/A1:2001	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Εξαρτήματα για συστήματα καταιονισμού και ψεκασμού νερού - Μέρος 2: Συστήματα βαλβίδας συναγερμού υγρού τύπου	Fixed firefighting systems - Components for sprinkler and water spray systems - Part 2: Wet alarm valve assemblies	OJ C358 of 2001-12-15	89/106/EEC	1/1/2002	1/9/2005	29/8/2001	EN / 7
EN 12259-3:2000/A1:2001	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Εξαρτήματα για συστήματα καταιονισμού και ψεκασμού νερού - Μέρος 3: Συστήματα βαλβίδας συναγερμού ξηρού τύπου	Fixed firefighting systems - Components for sprinkler and water spray systems - Part 3: Dry alarm valve assemblies	OJ C358 of 2001-12-15	89/106/EEC	1/1/2002	1/9/2005	29/8/2001	EN / 7

Κωδικός Προτύπου	Ελληνικός Τίτλος	Αγγλικός Τίτλος	Αναφορά	Οδηγία	Ημερομηνία υποχρέωσης σημασης (89/106/EEC)	Τέλος μεταβατικής περιόδου (89/106/EEC)	ΗΜΕΡ.ΕΚΔ.	ΓΛ / ΣΕΛ
EN 12259-3:2000/A1:2001	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Εξαρτήματα για συστήματα καταιονισμού και ψεκασμού νερού - Μέρος 3: Συστήματα βαλβίδας συναγερμού ξηρού τύπου	Fixed firefighting systems - Components for sprinkler and water spray systems - Part 3: Dry alarm valve assemblies	OJ C358 of 2001-12-15	89/106/EEC	1/1/2002	1/9/2005	29/8/2001	EN / 7
EN 12259-4:2000/A1:2001	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Εξαρτήματα για συστήματα καταιονισμού και ψεκασμού νερού - Μέρος 4: Υδροκίνητες διατάξεις συναγερμού	Fixed firefighting systems - Components for sprinkler and water spray systems - Part 4: Water motor alarms	OJ C358 of 2001-12-15	89/106/EEC	1/1/2002	1/4/2004	29/8/2001	EN / 5
EN 12259-5:2002	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Εξαρτήματα για συστήματα καταιονισμού και ψεκασμού νερού - Μέρος 5: Ανιχνευτές ροής νερού	Fixed firefighting systems - Components for sprinkler and water spray systems - Part 5: Water flow detectors	OJ C47 of 2003-02-27	89/106/EEC	1/7/2003	1/9/2005	18/11/2002	EN / 28
EN 12380:2002	Βαλβίδες εισαγωγής ατμοσφαιρικού αέρα για συστήματα αποχέτευσης - Απαιτήσεις, μέθοδοι δοκιμών και αξιολόγηση της συμμόρφωσης	Air admittance valves for drainage systems - Requirements, tests methods and evaluation of conformity	Cited in OJC 165(2003-07-16)	89/106/EEC	1/10/2003	1/10/2004	9/1/2003	EN / 20
EN 12416-1:2001	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Συστήματα σκόνης - Μέρος 1: Απαιτήσεις και μέθοδοι δοκιμής για εξαρτήματα	Fixed firefighting systems - Powder systems - Part 1: Requirements and test methods for components	Cited in OJC 202(2001-07-18)	89/106/EEC	1/1/2002	1/4/2004	9/8/2001	EL / 30
EN 12416-2:2001	Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης - Συστήματα σκόνης - Μέρος 2: Σχεδιασμός, κατασκευή και συντήρηση	Fixed firefighting systems - Powder systems - Part 2: Design, construction and maintenance	OJ C40 of 2002-02-14	89/106/EEC	1/4/2002	1/4/2004	30/5/2003	EL / 38
EN 12566-1:2000/A1:2003	Μικρά συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων μέχρι 50 ισοδύναμους κατοίκους - Μέρος 1: Προκατασκευασμένες σηπτικές δεξαμενές Αδρανή για σκυρόδεμα	Small wastewater treatment systems for up to 50 PT - Part 1: Prefabricated septic tanks	No	89/106/EEC,93/38/EEC	1/12/2004	1/12/2005	29/10/2004	
EN 12620:2002	Αδρανή για σκυρόδεμα	Aggregates for concrete	Cited in OJC 320(2002-12-20)	89/106/EEC	1/7/2003	1/6/2004	23/10/2002	EN / 44
EN 12676-1:2000/A1:2003	Αντιθαμβωτικά συστήματα οδών - Μέρος 1: Επίδοση και χαρακτηριστικά	Anti-glare screens for roads - Part 1: Performance and characteristics	Cited in OJC 97(2004-04-22),C 271(2003-11-12)	89/106/EEC	1/2/2004	1/2/2006	27/10/2003	EN / 10
EN 13043:2002	Αδρανή ασφαλτομιγμάτων και επιφανειακών επιστρώσεων οδών, αεροδρομίων και άλλων περιοχών κυκλοφορίας οχημάτων	Aggregates for bituminous mixtures and surface treatments for roads, airfields and other trafficked areas	Cited in OJC 47(2003-02-27)	89/106/EEC	1/7/2003	1/6/2004	28/11/2002	EN / 37
EN 13055-1:2002	Ελαφρά αδρανή - Μέρος 1: Ελαφρά αδρανή για σκυροδέματα, κονιάματα και ενέματα	Lightweight aggregates - Part 1: Lightweight aggregates for concrete, mortar and grout	Cited in OJC 212(2002-09-06)	89/106/EEC	1/3/2003	1/6/2004	3/9/2002	EN / 33
EN 13055-2:2004	Ελαφρά αδρανή - Μέρος 2: Ελαφρά αδρανή ασφαλτομιγμάτων, επιφανειακών επιστρώσεων και εφαρμογών με σταθεροποιημένα ή μη σταθεροποιημένα υλικά	Lightweight aggregates - Part 2: Lightweight aggregates for bituminous mixtures and surface treatments and for unbound and bound applications	Expected	89/106/EEC	1/5/2005	1/5/2006	3/11/2004	EN / 39
EN 13101:2002	Βαθμίδες φρεατίων επίσκεψης - Απαιτήσεις, σήμανση, δοκιμές και αξιολόγηση της συμμόρφωσης	Steps for underground man entry chambers - Requirements, marking, testing and evaluation of conformity	Cited in OJC 165(2003-07-16)	89/106/EEC	1/8/2003	1/8/2004	9/1/2003	EN / 31
EN 13139:2002	Αδρανή κονιαμάτων	Aggregates for mortar	Cited in OJC 212(2002-09-06)	89/106/EEC	1/3/2003	1/6/2004	7/6/2002	EN / 31
EN 13162:2001	Θερμομονωτικά προϊόντα κτιρίων - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από ορυκτόμαλλο (MW) - Προδιαγραφή	Thermal insulation products for buildings - Factory made mineral wool (MW) products - Specification	Cited in OJC 120(2003-05-22),C 358(2001-12-15)	89/106/EEC	1/3/2002	13/5/2003	25/9/2001	EN / 26
EN 13163:2001	Θερμομονωτικά προϊόντα κτιρίων - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από διογκωμένη πολυστερίνη (EPS) - Προδιαγραφή	Thermal insulation products for buildings - Factory made products of expanded polystyrene (EPS) - Specification	Cited in OJC 120(2003-05-22),C 358(2001-12-15)	89/106/EEC	1/3/2002	13/5/2003	25/9/2001	EN / 35
EN 13164:2001	Θερμομονωτικά προϊόντα κτιρίων - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από εξηλασμένο αφρό πολυστερίνη (XPS) - Προδιαγραφή	Thermal insulation products for buildings - Factory made products of extruded polystyrene foam (XPS) - Specification	Cited in OJC 120(2003-05-22),C 358(2001-12-15)	89/106/EEC	1/3/2002	13/5/2003	25/9/2001	EN / 31

Κωδικός Προτύπου	Ελληνικός Τίτλος	Αγγλικός Τίτλος	Αναφορά	Οδηγία	Ημερομηνία υποχρέωσης σημασης (89/106/EEC)	Τέλος μεταβατικής περιόδου (89/106/EEC)	ΗΜΕΡ.ΕΚΔ.	ΓΛ / ΣΕΛ
EN 13164:2001/A1:2004	Θερμομονωτικά προϊόντα κτιρίων - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από εξηλασμένο αφρό πολυστερίνη (XPS) - Προδιαγραφή	Thermal insulation products for buildings - Factory made products of extruded polystyrene foam (XPS) - Specification	Expected	89/106/EEC	1/12/2004	1/12/2004	18/8/2004	
EN 13165:2001	Θερμομονωτικά προϊόντα κτιρίων - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από άκαμπτο αφρό πολυουρεθάνης (PUR) - Προδιαγραφή	Thermal insulation products for buildings - Factory made rigid polyurethane foam (PUR) products - Specification	Cited in OJC 120(2003-05-22),C 358(2001-12-15)	89/106/EEC	1/3/2002	13/5/2003	25/9/2001	EN / 33
EN 13166:2001	Θερμομονωτικά προϊόντα κτιρίων - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από φαινολικό αφρό (PF) - Προδιαγραφή	Thermal insulation products for buildings - Factory made products of phenolic foam (PF) - Specification	Cited in OJC 120(2003-05-22),C 358(2001-12-15)	89/106/EEC	1/3/2002	13/5/2003	25/9/2001	EN / 27
EN 13167:2001	Θερμομονωτικά προϊόντα κτιρίων - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από κυψελωτό γυαλί (CG) - Προδιαγραφή	Thermal insulation products for buildings - Factory made cellular glass (CG) products - Specification	Cited in OJC 120(2003-05-22),C 358(2001-12-15)	89/106/EEC	1/3/2002	13/5/2003	25/9/2001	EN / 25
EN 13168:2001	Θερμομονωτικά προϊόντα κτιρίων - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από ξυλόμαλλο (WW) - Προδιαγραφή	Thermal insulation products for buildings - Factory made wood wool (WW) products - Specification	Cited in OJC 120(2003-05-22),C 358(2001-12-15)	89/106/EEC	1/3/2002	13/5/2003	25/9/2001	EN / 26
EN 13169:2001	Θερμομονωτικά προϊόντα κτιρίων - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από διογκωμένο περλίτη (EPB) - Προδιαγραφή	Thermal insulation products for buildings - Factory made products of expanded perlite (EPB) - Specification	Cited in OJC 120(2003-05-22),C 358(2001-12-15)	89/106/EEC	1/3/2002	13/5/2003	25/9/2001	EN / 32
EN 13170:2001	Θερμομονωτικά προϊόντα κτιρίων - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από διογκωμένο φελό (ICB) - Προδιαγραφή	Thermal insulation products for buildings - Factory made products of expanded cork (ICB) - Specification	Cited in OJC 120(2003-05-22),C 358(2001-12-15)	89/106/EEC	1/3/2002	13/5/2003	25/9/2001	EN / 25
EN 13171:2001	Θερμομονωτικά προϊόντα κτιρίων - Βιομηχανικώς παραγόμενα προϊόντα από ίνες ξύλου (WF) - Προδιαγραφή	Thermal insulating products for buildings - Factory made wood fibre (WF) products - Specification	Cited in OJC 120(2003-05-22),C 358(2001-12-15)	89/106/EEC	1/3/2002	13/5/2003	25/9/2001	EN / 27
EN 13242:2002	Αδρανή υλικών σταθεροποιημένων με υδραυλικές κονίες ή μη σταθεροποιημένων για χρήση στα τεχνικά έργα και την οδοποιία	Aggregates for unbound and hydraulically bound materials for use in civil engineering work and road construction	Cited in OJC 75(2003-03-27)	89/106/EEC	1/10/2003	1/6/2004	31/3/2003	EN / 35
EN 13249:2000	Γεωυφάσματα και προϊόντα σχετικά με γεωυφάσματα - Απαιτούμενα χαρακτηριστικά για χρήση σε έργα οδοποιίας και άλλα έργα σχετικά με τη κυκλοφορία οχημάτων (εξαιρούνται σιδηροδρομικές γραμμές και ασφαλτικές επιστρώσεις)	Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in the construction of roads and other trafficked areas (excluding railways and asphalt inclusion)	Cited in OJC 180(2001-06-26)	89/106/EEC	1/10/2001	1/10/2002	13/6/2001	EN / 28
EN 13250:2000	Γεωυφάσματα και προϊόντα σχετικά με γεωυφάσματα - Απαιτούμενα χαρακτηριστικά για χρήση στη κατασκευή σιδηροδρόμων	Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in the construction of railways	Cited in OJC 180(2001-06-26)	89/106/EEC	1/10/2001	1/10/2002	17/1/2001	EN / 29
EN 13251:2000	Γεωυφάσματα και προϊόντα σχετικά με γεωυφάσματα - Απαιτούμενα χαρακτηριστικά για χρήση σε χωματουργικά έργα, θεμελιώσεις και κατασκευές αντιστήριξης	Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in earthworks, foundations and retaining structures	Cited in OJC 180(2001-06-26)	89/106/EEC	1/10/2001	1/10/2002	15/6/2001	EN / 29
EN 13252:2000	Γεωυφάσματα και προϊόντα σχετικά με γεωυφάσματα - Απαιτούμενα χαρακτηριστικά για χρήση σε συστήματα αποστράγγισης	Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in drainage systems	Cited in OJC 180(2001-06-26)	89/106/EEC	1/10/2001	1/10/2002	15/6/2001	EN / 28
EN 13253:2000	Γεωυφάσματα και προϊόντα σχετικά με γεωυφάσματα - Απαιτούμενα χαρακτηριστικά για χρήση σε έργα ελέγχου επιφανειακής διάβρωσης (προστασία ακτοπρασών, επενδύσεις όχθων)	Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in erosion control works (coastal protection, bank revetments)	Cited in OJC 180(2001-06-26)	89/106/EEC	1/10/2001	1/10/2002	15/6/2001	EN / 29
EN 13254:2000	Γεωυφάσματα και προϊόντα σχετικά με γεωυφάσματα - Απαιτούμενα χαρακτηριστικά για χρήση στην κατασκευή δεξαμενών και φραγμάτων	Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in the construction of reservoirs and dams	Cited in OJC 180(2001-06-26)	89/106/EEC	1/10/2001	1/10/2002	15/2/2001	EN / 30

Κωδικός Προτύπου	Ελληνικός Τίτλος	Αγγλικός Τίτλος	Αναφορά	Οδηγία	Ημερομηνία υποχρέωσης σημασης (89/106/EEC)	Τέλος μεταβατικής περιόδου (89/106/EEC)	ΗΜΕΡ.ΕΚΔ.	ΓΑ / ΣΕΑ
EN 13255:2000	Γεωυφάσματα και προϊόντα σχετικά με γεωυφάσματα - Απαιτούμενα χαρακτηριστικά για χρήση στην κατασκευή καναλιών	Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in the construction of canals	Cited in OJC 180(2001-06-26)	89/106/EEC	1/10/2001	1/10/2002	15/2/2001	EN / 30
EN 13256:2000	Γεωυφάσματα και προϊόντα σχετικά με γεωυφάσματα - Απαιτούμενα χαρακτηριστικά για χρήση στην κατασκευή συράγγων και υπογείων κατασκευών	Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in the construction of tunnels and underground structures	Cited in OJC 180(2001-06-26)	89/106/EEC	1/10/2001	1/10/2002	15/6/2001	EN / 24
EN 13257:2000	Γεωυφάσματα και προϊόντα σχετικά με γεωυφάσματα - Απαιτούμενα χαρακτηριστικά για χρήση σε χώρους ταφής στερεών αποβλήτων	Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in solid waste disposals	Cited in OJC 180(2001-06-26)	89/106/EEC	1/10/2001	1/10/2002	15/6/2001	EN / 30
EN 13265:2000	Γεωυφάσματα και προϊόντα σχετικά με γεωυφάσματα - Απαιτούμενα χαρακτηριστικά για χρήση σε έργα συγκράτησης υγρών αποβλήτων	Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in liquid waste containment projects	Cited in OJC 180(2001-06-26)	89/106/EEC	1/10/2001	1/10/2002	15/6/2001	EN / 28
EN 13383-1:2002	Φυσικοί ογκόλιθοι - Μέρος 1: Προδιαγραφή	Armourstone - Part 1: Specification	Cited in OJC 212(2002-09-06)	89/106/EEC	1/3/2003	1/6/2004	12/11/2002	EN / 35
EN 13450:2002	Αδρανή για έρμα σιδηροδρομικών γραμμών	Aggregates for railway ballast	Cited in OJC 47(2003-02-27)	89/106/EEC	1/10/2003	1/6/2004	2/5/2003	EN / 32
EN 13564-1:2002	Διατάξεις αντεπιστροφής για αποχετεύσεις κτιρίων - Μέρος 1: Απαιτήσεις	Anti-flooding devices for buildings - Part 1: Requirements	Cited in OJC 320(2002-12-20)	89/106/EEC	1/5/2003	1/5/2004	10/9/2002	EN / 11
EN 13565-1:2003	Γεωμετρικές προδιαγραφές προϊόντων (GPS) - Υφή επιφάνειας: Μέθοδος τομής: επιφάνειες με στρωσιγενείς λειτουργικές ιδιότητες - Μέρος 1: Συνθήκες διήθησης και γενικών μετρήσεων	Fixed firefighting systems - Foam systems - Part 1: Requirements and test methods for components	OJ C 263 of 2004-10-26	89/106/EEC	1/12/2004	1/3/2007	29/5/1998	EN / 6
EN 14396:2004	Σταθερές κλίμακες ανθρωποθυρίδων	Fixed ladders for manholes	Expected	89/106/EEC	1/12/2004	1/12/2005	19/5/2004	

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΖΩΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ

Ευάγγελος Γ. Παπαδάκης

Δρ. Χημικός Μηχανικός

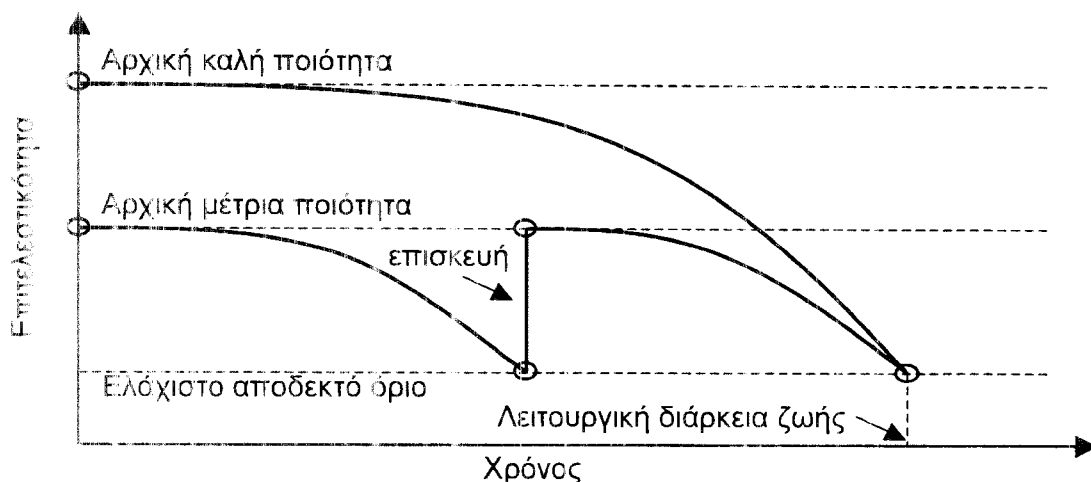
Ε.Γ. Παπαδάκης & Συνεργάτες – Τεχνολογία & Ανθεκτικότητα Κατασκευών
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΠΑΤΡΩΝ Α.Ε.

vgp@psp.org.gr

1. ΒΑΣΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΦΘΟΡΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια παρατηρούνται έντονα προβλήματα μη ικανοποιητικής ανθεκτικότητας (γήρανσης) των κατασκευών, με την διάβρωση του οπλισμού να αναδεικνύεται ως το σημαντικότερο πρόβλημα στις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα όχι μόνον σημαντικό οικονομικό κόστος, επειδή το κόστος επισκευών είναι σχεδόν ίσο με το κόστος μιας νέας κατασκευής, αλλά και σημαντικές επιπτώσεις στην ασφάλεια της κατασκευής έναντι επιβαλλόμενων δράσεων, όπως ο σεισμός.

Ο τύπος και ο ρυθμός των διεργασιών φθοράς του σκυροδέματος και του οπλισμού του καθορίζει την αντίσταση των υλικών, των στοιχείων και των τμημάτων που συνθέτουν την κατασκευή. Αυτό ανακλάται στην ασφάλεια, την λειτουργικότητα και την εμφάνιση της κατασκευής, δηλαδή στην **επιτελεστικότητα** της (performance). Ως **διάρκεια χρήσιμης ζωής** (ή **λειτουργική ζωή** ή απλώς **διάρκεια ζωής**, working life, service lifetime) μιας κατασκευής ορίζεται η περίοδος του χρόνου μέσα στην οποία η επιτελεστικότητα της κατασκευής διατηρείται σε ένα αποδεκτό, σύμφωνα με προδιαγραφές επίπεδο, ακολουθώντας ένα κανονικό πρόγραμμα συντήρησης. Μια επιθυμητή διάρκεια ζωής μπορεί να επιτευχθεί είτε λόγω καλής αρχικής ποιότητας κατασκευής είτε λόγω συνεχών σοβαρών επισκευών μιας κακής αρχικής ποιότητας κατασκευής (Σχ. 1). Αντικείμενο του άρθρου αυτού είναι η παροχή πληροφοριών σε θέματα προσομοίωσης των μηχανισμών φθοράς και ποσοτικής εκτίμησης της διάρκειας ζωής των κατασκευών από σκυρόδεμα.



Σχήμα 1. Σχέση επιτελεστικότητας – διάρκειας ζωής κατασκευών από σκυρόδεμα.

Ως **ανθεκτικότητα** (durability) μιας κατασκευής σε διάρκεια ορίζεται η ικανότητά της να αντιστέκεται σε περιβαλλοντικές επιδράσεις χωρίς η επιτελεστικότητά της να υποχωρεί κάτω από ένα ελάχιστο αποδεκτό όριο. Τρεις κύριοι παράγοντες καθορίζουν την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος στον χρόνο: η *σύνθεση σκυροδέματος* (ποιότητα και σχετική ποσότητα των συστατικών του σκυροδέματος), ο *σχεδιασμός*, η *υλοποίηση και η συντήρηση της κατασκευής* και οι *περιβαλλοντικές συνθήκες* στις οποίες εκτίθεται. Ως **φθορά** (deterioration) μιας κατασκευής στον χρόνο ορίζεται κάθε απώλεια επιτελεστικότητας και είναι αποτέλεσμα διαφόρων *περιβαλλοντικών δράσεων: μηχανικών, φυσικών, χημικών και βιοχημικών διεργασιών*. Το τελικό αποτέλεσμα όλων αυτών των μηχανισμών είναι συνήθως ρηγμάτωση ή/και διάβρωση του σκυροδέματος [1-5].

Στις **μηχανικές διεργασίες** που προκαλούν ρηγμάτωση περιλαμβάνονται η αρχική συστολή, η αρχική καθίζηση, η άμεση φόρτιση και οι επιβαλλόμενες παραμορφώσεις. Η μηχανική απόξεση ή σπηλαιώση προκαλεί διάβρωση του σκυροδέματος.

Στις **φυσικές διεργασίες** που προκαλούν ρηγμάτωση περιλαμβάνονται οι θερμοκρασιακές διαφορές, η συστολή ξήρανσης, και η επίδραση του παγετού.

Οι **χημικές διεργασίες** που προκαλούν φθορά του σκυροδέματος διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, σε αυτές που επιδρούν στο σκυρόδεμα και σε αυτές που επιδρούν στον χαλύβδινο οπλισμό του σκυροδέματος. Στην πρώτη υποκατηγορία ανήκει η *χημική δράση επιβλαβών ουσιών* (μορίων ή ιόντων) στο σκυρόδεμα, που στην πράξη οι πιο συνήθεις είναι: η *επίδραση οξέων* (συμπεριλαμβανομένων των αλάτων αμμωνίου και μαγνησίου καθώς και του μαλακού νερού), η *επίδραση θεικών* και η *αλκαλοπυριτική αντίδραση*.

Οι ράβδοι οπλισμού στο σκυρόδεμα προστατεύονται από την διάβρωση μέσω ενός λεπτού στρώματος οξειδίου του σιδήρου που σχηματίζεται στην επιφάνειά τους (παθητικοποίηση χάλυβα) λόγω της υψηλής αλκαλικότητας (pH περίπου 12.6) του περιβάλλοντος σκυροδέματος. Η *διάβρωση* μπορεί να αρχίσει όταν καταστραφεί αυτό το προστατευτικό στρώμα:

- είτε λόγω *διείσδυσης χλωριόντων (Cl)* και υπέρβασης μιας κρίσιμης συγκέντρωσης.
- είτε λόγω *μείωσης του pH* του νερού των πόρων σε τιμές κάτω του 9. Αυτή η μείωση της αλκαλικότητας είναι αποτέλεσμα της *ενανθράκωσης του σκυροδέματος*, δηλαδή της αντίδρασης του με το CO₂ που διαχέεται στους πόρους του από το περιβάλλον.

Σε θαλάσσιο περιβάλλον, παράκτιες περιοχές και εκεί που γίνεται χρήση αλάτων τήξης χιονιού, η *διείσδυση χλωριόντων* είναι ο κύριος μηχανισμός έναρξης και συντήρησης της *διάβρωσης* του οπλισμού. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, και ιδίως σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές πλούσιες σε εκπομπές CO₂, η *ενανθράκωση* του σκυροδέματος είναι ο κύριος μηχανισμός που οδηγεί σε αποπαθητικοποίηση του οπλισμού. Πάντως, και στις δύο περιπτώσεις η *διεργασία αυτής καθαυτής της διάβρωσης απαιτεί την παρουσία τόσο υγρασίας όσο και οξυγόνου για να προχωρήσει ποσοπικά*.

Τέλος, αρκετές **βιοχημικές διεργασίες**, όπως η ανάπτυξη μικροοργανισμών στις επιφάνειες σκυροδέματος, με εξέχουσα την βιολογική δράση σε συστήματα αποχέτευσης, οδηγούν σε βαθμιαία διάβρωση του σκυροδέματος.

2. ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ EN 206 ΚΑΙ ΘΕΜΑΤΑ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Το νέο *Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 206* [6], το οποίο σύντομα θα ισχύσει και στην χώρα μας αντικαθιστώντας τον ΚΤΣ-97, προδιαγράφει απαιτήσεις για τα συστατικά υλικά του σκυροδέματος, τις ιδιότητες του νωπού και σκληρυμένου σκυροδέματος, τους περιορισμούς στην σύνθεση σκυροδέματος, τα τεχνικά χαρακτηριστικά σκυροδέματος, την παραλαβή νωπού σκυροδέματος, την διαδικασία ελέγχου παραγωγής, τα κριτήρια συμμόρφωσης και την επιθεώρηση συμμόρφωσης. Καθορίζει αρμοδιότητες για τον *σχεδιαστή μηχανικό, τον παραγωγό και τον χρήστη*.

Σύμφωνα με το ΕΝ 206, περιβαλλοντικές δράσεις είναι εκείνες οι χημικές και φυσικές δράσεις στις οποίες εκτίθεται το σκυρόδεμα και επιδρούν σε αυτό ή τον οπλισμό του, και δεν θεωρούνται ως τυπικά φορτία κατά τον δομικό σχεδιασμό. Οι κύριες δράσεις φθοράς που λαμβάνονται υπόψη είναι η διάβρωση του οπλισμού προκαλούμενη είτε μέσω ενανθράκωσης είτε επίδρασης χλωριόντων, η δράση πταιγεται και η χημική προσβολή. Οι περιβαλλοντικές δράσεις ταξινομούνται σε διάφορες **κατηγορίες έκθεσης** και παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Η επιλογή της κατηγορίας έκθεσης σκυροδέματος εξαρτάται από τις διατάξεις που ισχύουν στον τόπο χρήσης του σκυροδέματος.

Πίνακας 1. Κατηγορίες έκθεσης σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 206.

Κατηγορία	Περιγραφή του περιβάλλοντος	Ενδεικτικά παραδείγματα
1 Χωρίς κίνδυνο διάβρωσης ή άλλης προσβολής		
XC0	Για άοπλο σκυρόδεμα: Όλες οι εκθέσεις, εκτός εάν υπάρχει δράση πταιγεται ή χημική προσβολή Για σκυρόδεμα με οπλισμό ή άλλα ενσωματωμένα μέταλλα: Πολύ ξηρό	Σκυρόδεμα εσωτερικών χώρων με πολύ χαμηλή υγρασία αέρα
2 Διάβρωση που προκαλείται μέσω ενανθράκωσης		
Όταν σκυρόδεμα με οπλισμό ή άλλα ενσωματωμένα μέταλλα εκτίθεται σε ατμοσφαιρικό αέρα και υγρασία, η έκθεση να κατηγοριοποιείται ως ακολούθως:		
XC1	Ξηρό ή μόνιμα υγρό	Σκυρόδεμα εσωτερικών χώρων με χαμηλή υγρασία αέρα, σκυρόδεμα μόνιμα βυθισμένο σε νερό
XC2	Υγρό, σπάνια ξηρό	Επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε μακροχρόνια επαφή με νερό, πολλές θεμελιώσεις
XC3	Μέτρια υγρασία	Σκυρόδεμα εσωτερικών χώρων με μέτρια ή υψηλή υγρασία αέρα, σκυρόδεμα εξωτερικών χώρων προφυλαγμένο από την βροχή
XC4	Κυκλική εναλλαγή υγρανσης-ξηρανσης	Επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε επαφή με νερό, εκτός κατηγορίας έκθεσης XC2
3 Διάβρωση που προκαλείται μέσω χλωριόντων εκτός θαλάσσιου νερού		
Όταν σκυρόδεμα με οπλισμό ή άλλα ενσωματωμένα μέταλλα εκτίθεται σε επαφή με νερό που περιέχει χλωριόντα περιλαμβάνοντας τα αντιπαγωτικά άλατα, από πηγές άλλες εκτός θαλάσσιου νερού, η έκθεση να κατηγοριοποιείται ως ακολούθως:		
XD1	Μέτρια υγρασία	Επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε χλωριόντα μεταφερόμενα μέσω αέρα
XD2	Υγρό, σπάνια ξηρό	Πισίνες, σκυρόδεμα εκτεθειμένο σε βιομηχανικά νερά που περιέχουν Cl ⁻
XD3	Κυκλική εναλλαγή υγρανσης-ξηρανσης	Τμήματα γεφυρών εκτεθειμένα σε σταγονίδια που περιέχουν Cl ⁻ , πεζοδρόμια, δάπεδα χώρων στάθμευσης
4 Διάβρωση που προκαλείται μέσω χλωριόντων θαλάσσιου νερού		
Όταν σκυρόδεμα με οπλισμό ή άλλα ενσωματωμένα μέταλλα εκτίθεται σε επαφή με χλωριόντα από θαλάσσιο νερό ή αέρα που μεταφέρει άλατα θαλάσσιου νερού, η έκθεση να κατηγοριοποιείται ως ακολούθως:		
XS1	Εκτεθειμένο σε άλατα μεταφερόμενα μέσω αέρα αλλά όχι σε άμεση επαφή με θαλάσσιο νερό	Παραθαλάσσιες κατασκευές
XS2	Μόνιμα βυθισμένο σε νερό	Τμήματα θαλασσιών κατασκευών
XS3	Ζώνη διαβροχής	Τμήματα θαλασσιών κατασκευών

Πίνακας 1. (συνεχίζεται)

Κατηγορία	Περιγραφή του περιβάλλοντος	Ενδεικτικά παραδείγματα
5 Δράση παγετού με ή χωρίς αντιπαγωτικά μέσα		
Όταν σκυρόδεμα εκτίθεται σε σημαντική δράση παγετού παρουσία υγρασίας, η έκθεση να κατηγοριοποιείται ως ακολούθως:		
XF1	Μέτριος κορεσμός σε νερό, χωρίς αντιπαγωτικά μέσα	Κατακόρυφες επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε βροχή και παγετό
XF2	Μέτριος κορεσμός σε νερό, με αντιπαγωτικά μέσα	Κατακόρυφες επιφάνειες σκυροδέματος σε έργα οδοποιίας εκτεθειμένες σε παγετό και σε αντιπαγωτικά άλατα μεταφερόμενα μέσω αέρα
XF3	Υψηλός κορεσμός σε νερό, χωρίς αντιπαγωτικά μέσα	Οριζόντιες επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε βροχή και παγετό
XF4	Υψηλός κορεσμός σε νερό, με αντιπαγωτικά μέσα ή θαλάσσιο νερό	Οδοί και καταστρώματα γεφυρών εκτεθειμένα σε αντιπαγωτικά άλατα. Επιφάνειες σκυροδέματος εκτεθειμένες σε παγετό και άμεση διαβροχή που περιέχει αντιπαγωτικά άλατα. Ζώνη διαβροχής θαλασσιών κατασκευών που εκτίθεται σε παγετό
6 Χημική προσβολή		
Όταν σκυρόδεμα εκτίθεται σε χημική προσβολή από φυσικά εδάφη και υπόγεια νερά όπως δίνεται στον Πίνακα 2, η έκθεση να κατηγοριοποιείται ως ακολούθως: Σημείωση: Μια ειδική μελέτη χρειάζεται για να καθορίσει τις σχετικές συνθήκες έκθεσης όπου υπάρχουν όρια εκτός του Πίνακα 2, άλλα δραστικά χημικά, χημικά μολυσμένο έδαφος ή νερό, και υψηλή ταχύτητα νερού σε συνδυασμό με τα χημικά του Πίνακα 2.		
XA1	Ασθενώς δραστικό χημικά, περιβάλλον, σύμφωνα με τον Πίνακα 2	
XA2	Μέτρια δραστικό χημικά, περιβάλλον, σύμφωνα με τον Πίνακα 2	
XA3	Ισχυρά δραστικό χημικά, περιβάλλον, σύμφωνα με τον Πίνακα 2	

Πίνακας 2. Οριακές τιμές για κατηγορίες έκθεσης χημικής προσβολής από φυσικά εδάφη και υπόγεια νερά.

Χημικά χαρακτηριστικά	Μέθοδος δοκιμής αναφοράς	XA1	XA2	XA3
Υπόγεια νερά				
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	EN 196-2	200 – 600	600 – 3000	3000 – 6000
pH	ISO 4316	5.5 – 6.5	4.5 – 5.5	4.0 – 4.5
CO ₂ (mg/l)	prEN 13577	15 – 40	40 – 100	100 – κορεσμός
NH ₄ ⁺ (mg/l)	ISO 7150	15 – 30	30 – 60	60 – 100
Mg ²⁺ (mg/l)	ISO 7980	300 – 1000	1000 – 3000	3000 – κορεσμός
Έδαφος				
SO ₄ ²⁻ tot(mg/kg)	EN 196-2	2000 – 3000	3000 – 12000	12000 – 24000
Οξύτητα (ml/kg)	DIN 4030-2	> 200	Δεν παρουσιάζονται στην πράξη	

Η ανάπτυξη του EN 206 και τα σχετικά μέρη του σχεδιαστικού κώδικα *Eurocode 2*, όπως η επικάλυψη οπλισμού, παρέχουν για πρώτη φορά σοβαρές τεχνικές προδιαγραφές σχεδιασμού για ανθεκτικότητα κατασκευών από σκυρόδεμα. Η ανθεκτικότητα προδιαγράφεται είτε μέσω της παραδοσιακής τπρακτικής των **οριακών τιμών στην σύνθεση σκυροδέματος** είτε μέσω **μεθόδων που σχετίζονται με την επιτελεστικότητα**. Οι απαιτήσεις πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την επιθυμούμενη διάρκεια ζωής της κατασκευής.

2.1 Οριακές τιμές για σύνθεση σκυροδέματος

Λόγω έλλειψης Ευρωπαϊκών Προτύπων για απόλυτη μέτρηση της επιτελεστικότητας του σκυροδέματος, οι απαιτήσεις προδιαγραφών ώστε το σκυρόδεμα να αντιστέκεται των περιβαλλοντικών δράσεων δίνονται στο EN 206 υπό την *μορφή καθιερωμένων ιδιοτήτων σκυροδέματος και οριακών τιμών για σύνθεση σκυροδέματος* (επιτρεπόμενοι τύποι και κατηγορίες συστατικών υλικών, μέγιστος λόγος νερού/τσιμέντο, ελάχιστη περιεκτικότητα σε τσιμέντο, ελάχιστη κατηγορία αντοχής, και εάν σχετικό, ελάχιστη περιεκτικότητα σε αέρα).

Λόγω επίσης έλλειψης εμπειρίας, πως η ταξινόμηση των περιβαλλοντικών δράσεων ανακλάται στις τοπικές διαφορές στις ίδιες ονομαστικές κατηγορίες έκθεσης, συγκεκριμένες οριακές τιμές δίνονται μέσω διατάξεων (εθνικών προσαρτημάτων) που ισχύουν στην εκάστοτε θέση χρήσης του σκυροδέματος. Μια **σύσταση** για την επιλογή οριακών τιμών για σύνθεση σκυροδέματος δίνεται ως Παράρτημα F (πληροφοριακό) στο EN 206 και παρουσιάζεται στον Πίνακα 3. Αυτές οι τιμές βασίζονται στην υπόθεση μιας επιθυμούμενης λειτουργικής ζωής της κατασκευής 50 ετών, και αφορούν χρήση τσιμέντου τύπου CEM I σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 197 [7].

Οι διατάξεις που ισχύουν σε κάθε τοποθεσία χρήσης σκυροδέματος πρέπει να περιλαμβάνουν απαιτήσεις για **προσδοκώμενη διάρκεια ζωής τουλάχιστον 50 έτη** υπό κανονικό πρόγραμμα συντήρησης. Για λιγότερη ή περισσότερη διάρκεια ζωής, αντίστοιχα, χαλαρότερες ή αυστηρότερες απαιτήσεις είναι αναγκαίες. Σε αυτές τις περιπτώσεις ή για συγκεκριμένες συνθέσεις σκυροδέματος ή ειδικά μέτρα προστασίας, **πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ειδικές διαδικασίες από τον σχεδιαστή μηχανικό ή από εθνικές διατάξεις**.

Εάν το σκυρόδεμα βρίσκεται σε συμμόρφωση με τις οριακές τιμές, θεωρείται ότι ικανοποιεί τις απαιτήσεις ανθεκτικότητας για την συγκεκριμένη χρήση στο συγκεκριμένο περιβάλλον, αρκεί:

- ✓ το σκυρόδεμα να έχει χυτευθεί κανονικά, συμπυκνωθεί και συντηρηθεί σύμφωνα με το ENV 13670, ή άλλο σχετικό πρότυπο,
- ✓ το σκυρόδεμα να έχει την ελάχιστη επικάλυψη οπλισμού σύμφωνα με σχετικό σχεδιαστικό πρότυπο που απαιτείται στις συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες, π.χ., το ENV 1992,
- ✓ να έχει επιλεγεί η σωστή κατηγορία έκθεσης
- ✓ να εφαρμόζεται ένα κανονικό πρόγραμμα συντήρησης.

2.2 Μέθοδοι σχεδιασμού σχετιζόμενες με την επιτελεστικότητα

Οι απαιτήσεις που σχετίζονται με τις κατηγορίες έκθεσης είναι δυνατόν να ικανοποιηθούν χρησιμοποιώντας *μεθόδους προσδιορισμού της ανθεκτικότητας* που σχετίζονται με όρους επιτελεστικότητας, π.χ., βαθμονόμηση του σκυροδέματος σε κάποια δοκιμή υποβολής σε κύκλους πήξης/τηξης, κλπ. Οδηγίες εφαρμογής τέτοιων μεθόδων δίνονται στο Παράρτημα J (πληροφοριακό) του EN 206, και η εφαρμογή τους εξαρτάται από τις *ισχύουσες κατά τόπο διατάξεις*.

Πίνακας 3. Συνιστώμενες οριακές τιμές για την σύνθεση και τις ιδιότητες του σκυροδέματος (ενδεικτικές κατά EN 206).

	Κατηγορίες έκθεσης																	
	Χωρίς διάβρωση ή προσβολή	Διάβρωση που προκαλείται μέσω ενανθράκωσης				Διάβρωση που προκαλείται μέσω Cl ⁻ θαλάσσιου νερού			Διάβρωση που προκαλείται μέσω Cl ⁻ εκτός θαλάσσιου νερού			Δράση παγετού				Χημικώς δραστικό περιβάλλον		
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2
Μέγιστος λόγος νερού/τσιμέντο	---	0.65	0.60	0.55	0.50	0.50	0.45	0.45	0.55	0.55	0.45	0.55	0.55	0.50	0.45	0.55	0.50	0.45
Ελάχιστη κατηγορία αντοχής	C 12/15	C 20/25	C 25/30	C 30/37	C 30/37	C 30/37	C 35/45	C 35/45	C 30/37	C 30/37	C 35/45	C 30/37	C 25/30	C 30/37	C 30/37	C 30/37	C 30/37	C 35/45
Ελάχιστη περιεκτ. σε τσιμέντο (kg/m ³)	---	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360
Ελάχιστη περιεκτ. σε αέρα (%)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4.0	4.0	4.0	---	---	---
Άλλες απαιτήσεις												Αδρανή σε συμμόρφωση με το prEN 12620 με επαρκή αντίσταση σε κύκλο πήξης/τήξης				Τσιμέντο ανθεκτικό στα θειικά		

Μια μέθοδος που σχετίζεται με επιτελεσματικότητα εμπεριέχει με ποσοτικό τρόπο κάθε μηχανισμό φθοράς, την λειτουργική διάρκεια ζωής του στοιχείου ή της κατασκευής, και τα κριτήρια που καθορίζουν το τέλος αυτής της ζωής. *Τέτοια μέθοδος μπορεί να βασίζεται σε:*

- *ικανοποιητική εμπειρία, με τοπικές πρακτικές σε τοπικά περιβάλλοντα,*
- *σε δεδομένα μίας καθιερωμένης μεθόδου δοκιμής, ή*
- *σε χρήση αξιόπιστων προσομοιωμάτων πρόβλεψης.*

Ο προσανατολισμός της παρούσας εργασίας είναι προς της κατεύθυνση της ανάπτυξης μεθόδων σχετιζόμενων με επιτελεσματικότητα μέσω **αναλυτικών προβλεπτικών προσομοιωμάτων**, που βεβαίως να έχουν συμμορφωθεί με πειραματικά αποτελέσματα σε αντιπροσωπευτικές συνθήκες στην πράξη.

Κρίνουμε ότι **μια τέτοια προσέγγιση επιβάλλεται**, πέραν ενός επανελέγχου της μεθόδου των οριακών τιμών, κυρίως στα παρακάτω πεδία όπου υπάρχει κενό, όπως όταν:

- απαιτείται μια διάρκεια ζωής σημαντικά διαφορετική των 50 ετών,
- το περιβάλλον είναι αόριστο ή ιδιαίτερα επιθετικό,
- χρησιμοποιούνται νέα ή διαφορετικά συστατικά υλικά σκυροδέματος,
- χρησιμοποιείται μια αναβαθμισμένη μέθοδος προστασίας
- πρόκειται να αναγεθούν ειδικές κατασκευές ή σημαντικός αριθμός πολλών παρόμοιων κατασκευών,
- η μέθοδος των οριακών τιμών έχει αποτύχει στην πράξη,
- επιχειρείται τεχνοοικονομική αριστοποίηση.

3. ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΖΩΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Παραδοσιακά, ο υπολογισμός της διάρκειας ζωής των κατασκευών από σκυρόδεμα γίνεται με βάση την κρίση του σχεδιαστή, ο οποίος λαμβάνει υπόψη του την εμπειρία πορείας παρόμοιων κατασκευών σε παρόμοια περιβάλλοντα. Με το πέρασμα των ετών, αυτή η εμπειρία έχει επιτρέψει στους μηχανικούς να αναπτύξουν γενικές οδηγίες που διαμορφώθηκαν σε κώδικες και κανονισμούς για σχεδιασμό ανθεκτικών κατασκευών, όπως τώρα γίνεται με το EN 206. Τελευταία, αναπτύσσονται υπολογιστικά, επιστημονικά, μοντέλα που προβλέπουν την χρήσιμη ζωή μιας κατασκευής, και που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μεγαλύτερη εμπιστοσύνη από τις προηγούμενες γενικές οδηγίες. Τέτοια μοντέλα επιπλέον μπορεί να οδηγήσουν σε αριστοποίηση της σύνθεσης σκυροδέματος και των μέτρων προστασίας ανάλογα με το περιβάλλον που θα εκτεθεί η κατασκευή. Επί του παρόντος βέβαια, η χρήση αυτών των μοντέλων περιορίζεται από το γεγονός ότι δεν υπάρχουν *ακριβείς κανονιστικές διατάξεις* που να επιτρέπουν ευρεία χρήση των. Τα μοντέλα υπολογισμού της διάρκειας ζωής των κατασκευών διακρίνονται σε τρεις κύριες κατηγορίες:

α. Εμπειρικά μοντέλα. Οι προβλέψεις βασίζονται σε προηγούμενες παρατηρήσεις σχέσεων μεταξύ διάρκειας ζωής, σύνθεσης σκυροδέματος και συνθηκών έκθεσης, χωρίς να περιέχεται μια βαθιά κατανόηση των επιστημονικών λόγων αυτών των σχέσεων.

β. Μηχανιστικά (ή φυσικοχημικά) μοντέλα. Οι προβλέψεις βασίζονται σε θεωρητικά μαθηματικά μοντέλα που περιγράφουν με σχετική ακρίβεια τα φαινόμενα που περιλαμβάνει ο συγκεκριμένος μηχανισμός φθοράς.

γ. Ημι-εμπειρικά μοντέλα. Συνδυάζουν χαρακτηριστικά και των δύο ανωτέρω τύπων. Ουσιαστικά τείνουν να απλοποιήσουν πολύπλοκα μαθηματικά μοντέλα, χρησιμοποιώντας απλούστερες εκφράσεις που περιέχουν παραμέτρους που προσδιορίζονται από πειράματα πεδίου ή εργαστηρίου.

Τα ανωτέρω μοντέλα επιπλέον μπορεί να είναι και στοχαστικά, δίνοντας την διάρκεια ζωής με την μορφή μιας συνάρτησης κατανομής πιθανοτήτων. Ένα οποιοδήποτε μοντέλο από τις παραπάνω

κατηγορίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην πράξη, αρκεί να ορίζονται με ακρίβεια τα όρια εφαρμογής του και να υπάρχει η σχετική πειραματική επιβεβαίωση.

Στο Σχ. 2 συνοψίζονται οι διάφορες πιθανές αιτίες φθοράς σκυροδέματος και δίνεται μια προσεγγιστική ένδειξη του αναμενόμενου χρόνου κατά τον οποίο θα εμφανισθούν ρηγματώσεις/φθορές στο σκυρόδεμα.

ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ	αρχ. συστολή					
	αρχ. καθίζηση					
ΦΥΣΙΚΟΙ		άμεση φόρτιση				
		επιβαλλόμενες παραμορφώσεις				
		θερμοκρασιακές διαφορές		συστολή ξήρανσης		
ΧΗΜΙΚΟΙ		δράση παγετού				δράση οξέων θεικών, αλκαλίων
						διαβρωση σπλισμού
ΒΙΟΧΗΜΙΚΟΙ						ανάπτυξη μικροοργαν. δράση H ₂ S
	ΩΡΑ	ΗΜΕΡΑ	ΕΒΔΟΜΑΔΑ	ΜΗΝΑΣ	ΕΤΟΣ	ΑΙΩΝΑ

Σχήμα 2. Μηχανισμοί φθοράς και πιθανός χρόνος εμφάνισης ρωγμών στο σκυρόδεμα.

Όπως παρατηρείται στο Σχ. 2, όλοι οι φυσικοί και μηχανικοί μηχανισμοί φθοράς σκυροδέματος, εκτός άμεσης φόρτισης και επιβαλλόμενων παραμορφώσεων, είναι δυνατόν να συμβούν κατά το πρώτο έτος της ζωής του σκυροδέματος. Οι χημικοί και βιοχημικοί μηχανισμοί στην πραγματικότητα ξεκινούν πολύ ενωρίς, δείχνουν όμως τα επιζήμια αποτελέσματά τους μετά το πρώτο έτος.

Στην πλειονότητα των κατασκευών σκυροδέματος χρησιμοποιείται σπλισμός. Στο σπλισμένο σκυρόδεμα, οι πιο σοβαροί μηχανισμοί φθοράς είναι αυτοί που οδηγούν σε διάβρωση του σπλισμού, ήτοι η ενανθράκωση και η διείδυση χλωριόντων [1-5]. Σχεδόν όλοι οι άλλοι μηχανισμοί φθοράς μπορούν να ελεγχθούν κατά τον αρχικό σχεδιασμό σκυροδέματος και την χύτευση [1], γκι παράδειγμα:

- έναντι δράσης παγετού: χρήση αερακτικών υλικών,
- αλκαλοπυριτική αντίδραση: αρχικός έλεγχος της δραστηριότητας αδρανών,
- δράση θεικών: χρήση τσιμέντου ανθεκτικού στα θειικά, κλ.τ.

Συνεπώς, κρίνεται ότι η προσπάθεια ανάπτυξης μαθηματικών προσομοιωμάτων πρόβλεψης πρέπει να στραφεί κυρίως στους μηχανισμούς έναρξης διάβρωσης του σπλισμού στο σκυρόδεμα (ενανθράκωση και διείδυση χλωριόντων), και δευτερευόντως σε μηχανισμούς χημικής προσβολής (μέσω οξέων, θεικών ή αλκαλίων). Άλλωστε αυτοί είναι και οι κύριοι μηχανισμοί που απασχολούν το EN 206 [6]. Τώρα, το βασικό **λογικό διάγραμμα** μιας γενικευμένης μεθόδου προσδιορισμού ανθεκτικότητας πρέπει να περιλαμβάνει:

- Αρχική προσέγγιση της μελέτης σύνθεσης σκυροδέματος που να ικανοποιεί τις δομικές απαιτήσεις, π.χ., κατηγορία αντοχής.

- Καθορισμός των περιβαλλοντικών συνθηκών στις οποίες θα εκτεθεί η κατασκευή.
- Χρήση δοκιμασμένων θεωρητικών μαθηματικών μοντέλων που να προσομοιώνουν αξιόπιστα τους μηχανισμούς φθοράς και τον ρυθμό τους.
- Υπολογισμός διάρκειας ζωής της κατασκευής και βελτίωση αρχικής σύνθεσης, εάν απαιτείται.
- Τεχνοοικονομική αριστοποίηση.

Τα τελευταία 50 χρόνια έχει δαπανηθεί μια τεράστια ποσότητα ενέργειας σε *εργαστηριακές και πειραματικές μελέτες* σε θέματα ανθεκτικότητας σκυροδέματος. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας είναι ακριβή είτε διασκορπισμένα σε επιστημονικά περιοδικά και πρακτικά συνεδρίων είτε αναφέρονται συνοπτικά σε εξειδικευμένα βιβλία [π.χ., 1-5]. Επιπρόσθετα, θεωρητικές προσεγγίσεις των μηχανισμών φθοράς με ισχυρά προβλεπτικό χαρακτήρα, είναι περιορισμένες σε κάποια πολύπλοκα και δύσχρηστα στην πράξη μαθηματικά μοντέλα.

Ένα σημαντικό βήμα προόδου σε αυτό το θέμα είναι η ανάπτυξη κατάλληλου λογισμικού για υπολογισμούς με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή, που να περιλαμβάνει τα πλέον αξιόπιστα και αποδεδειγμένα μοντέλα, ενισχυμένο με μια καλή βάση πειραματικών δεδομένων. Σε αυτά τα πλαίσια, έχει ήδη αναπτυχθεί ένα τέτοιο λογισμικό [EUCON[®], 8], κάνοντας χρήση αξιόπιστων προσομοιωμάτων πρόβλεψης [9-13]. Στο Σχ. 3, παρουσιάζεται το λογικό διάγραμμα που ακολουθήθηκε κατά την ανάπτυξη του προγράμματος EUCON[®]. Το λογισμικό, αυτό αναπτυγμένο σε φιλική προς τον χρήστη μορφή, καταρχήν ξεκινά με την κατάσταση της *μελέτης σύνθεσης*, δηλαδή τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό των συστατικών του σκυροδέματος, ώστε να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη από το έργο *κατηγορία αντοχής* σκυροδέματος. Κατόπιν υπολογίζονται τα φυσικοχημικά εκείνα χαρακτηριστικά από τα οποία εξαρτάται ο ρυθμός των διεργασιών φθοράς. Στην συνέχεια και ανάλογα των περιβαλλοντικών συνθηκών (κατηγορίες έκθεσης) προσδιορίζεται ο ρυθμός προόδου των μηχανισμών φθοράς που αφορούν αυτό το περιβάλλον, και τελικά εκτιμάται η *διάρκεια χρήσιμης ζωής της κατασκευής*. Τέλος, δίνονται *στοιχεία κόστους*, αλλά και περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ώστε να είναι δυνατή μια τεχνοοικονομική βελτιστοποίηση.

Οι κύριοι μηχανισμοί φθοράς που εξετάζονται είναι η διάβρωση του σπλισμού προκαλούμενη είτε από ενανθράκωση είτε από διείσδυση χλωριόντων (θαλάσσιου νερού ή άλλων πηγών), και η χημική προσβολή (οξέων, θεικών και αλκαλίων). Έχουν χρησιμοποιηθεί βασικές *θεμελειώδεις αρχές Χημικής Μηχανικής και Μηχανικής Υλικών* ώστε να προσομοιωθούν οι φυσικοχημικές διεργασίες μέσω μαθηματικών μοντέλων για σχεδιασμό και πρόβλεψη. Η δομή του βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα για το τσιμέντο, EN 197 (27 διαφορετικοί τύποι τσιμέντου), και για το σκυρόδεμα, EN 206 (επιπλέον χρήση προσθέτων όπως ιπτάμενη τέφρα και πυριτική παιπάλη, χρήση βελτιωτικών ή χημικών προσμίκτων, κλπ.). Επίσης δίνεται η δυνατότητα εξέτασης κλασσικών ή μη τρόπων προστασίας και επιμήκυνσης του χρόνου ζωής, π.χ., επιχρίσματα, υλικά μείωσης διαπερατότητας, επικάλυψης, κλπ.

Άμεσα παρακάτω δίνονται τυπικά αποτελέσματα που αφορούν τον Ελληνικό χώρο σε ζώνες ενδοχώρας και παραθαλάσσιες περιοχές και για τις τιμές που προτείνει το EN 206. Στο τέλος παρατίθενται τυπικές πειραματικές επιβεβαιώσεις του μοντέλου από μετρήσεις πεδίου. Για επιπλέον περιπτώσεις κατηγοριών έκθεσης και άλλων μηχανισμών φθοράς, βλ. [8,14].



Σχήμα 3. Λογικό διάγραμμα προγράμματος EUCON®.

3.1 Διάβρωση οπλισμού προκαλούμενη μέσω ενανθράκωσης

Οι κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα απαιτούν επισκευή σοβαρού βαθμού, όταν η διάβρωση του οπλισμού έχει **προκαλέσει γενικευμένη ρηγμάτωση** του σκυροδέματος που τον επικαλύπτει, ενώ παράλληλα η **απομένουσα διατομή χάλυβα είναι ανεπαρκής** για την ασφάλεια της κατασκευής. Αυτή η χρονική στιγμή μπορεί να ληφθεί ως το **τέλος της χρήσιμης ζωής της κατασκευής**. Ο χρόνος αυτός είναι το άθροισμα δύο επιμέρους χρονικών περιόδων. Το πρώτο τμήμα είναι ο χρόνος που απαιτείται ώστε το βάθος ενανθράκωσης να φθάσει στο **πάχος επικάλυψης του οπλισμού, c** , με συνέπεια την αποπαθητικοποίηση του χάλυβα (**περίοδος εισαγωγής ή επώασης της διάβρωσης, t_{cr}**). Το δεύτερο τμήμα που ακολουθεί είναι ο χρόνος που απαιτείται ώστε η στοιβάδα σκουριάς να σχηματισθεί γύρω από την ράβδο οπλισμού σε τέτοιο πάχος που να προκαλέσει επιμήκειες ρωγμές και αποτίναξη του σκυροδέματος που επικαλύπτει τον οπλισμό (**περίοδος εξέλιξης της διάβρωσης, t_{pr}**).

Σύμφωνα με πολλούς ερευνητές [3,4,9], όταν η σχετική υγρασία περιβάλλοντος είναι μεγάλη (>75%), εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα έστω και μικρή διαπερατότητα σε οξυγόνο, ο ρυθμός διάβρωσης σε ένα ενανθρακωμένο σκυρόδεμα είναι εξαιρετικά μεγάλος ώστε η άφιξη του βάθους ενανθράκωσης στην περιοχή του οπλισμού ακολουθείται σύντομα από ρηγμάτωση και αποτίναξη του σκυροδέματος επικάλυψης. Συνεπώς, σε αυτές τις περιπτώσεις, ο χρόνος t_{cr} που απαιτείται ώστε το βάθος ενανθράκωσης να φθάσει στο πάχος επικάλυψης c μπορεί να θεωρηθεί ως το ελάχιστο κατώτατο όριο χρήσιμης ζωής της κατασκευής. Για χαμηλότερες υγρασίες περιβάλλοντος, η δεύτερη περίοδος γίνεται αρκετό εκτεταμένη, παρόλο που η ενανθράκωση προχωρά με ταχύτερους ρυθμούς [9].

Τα ανωτέρω έχουν ληφθεί υπόψιν, με ικανοποιητικό τρόπο, κατά τον καθορισμό των κατηγοριών έκθεσης στο **πρότυπο EN 206**. Παρά ταύτα, η περιγραφική παράθεση των κατηγοριών έκθεσης δεν βοηθά ιδιαίτερα τον σχεδιαστή μηχανικό ώστε να επιλέξει την κατάλληλη κατηγορία ανά εφαρμογή και τοποθεσία. Για να ξεπεραστεί αυτή η αοριστία, προτείνουμε **μια συσχέτιση των κατηγοριών έκθεσης με μετρήσιμα χαρακτηριστικά**, όπως είναι η **μέση ετήσια σχετική υγρασία περιβάλλοντος (RH, %)**.

Για να εξετάσουμε τις συνιστώμενες οριακές τιμές του EN 206 (Πίνακας 3) ή να προτείνουμε διαφορετικές για επιθυμητή διάρκεια ζωής της κατασκευής που εκτίθεται σε τέτοιο περιβάλλον, έχουμε χρησιμοποιήσει το ανωτέρω **λογισμικό** [8], και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4. Εξετάζουμε δύο συνήθεις τύπους τσιμέντου που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα, CEM I 42.5N και CEM II/B-M 32.5 N, για παρασκευή σκυροδέματος με συνήθη θραυστά αδρανή μέγιστου κόκκου 31.5mm. Το σκυρόδεμα θεωρούμε ότι είναι **ανεπίχριστο** και ότι εκτίθεται σε **αστικό περιβάλλον (CO₂: 0.08% - μια παράμετρος που θα έπρεπε να είχε ληφθεί υπόψιν στον EN 206)**.

Στην περίπτωση της **κατηγορίας έκθεσης XC1 και ξηρό περιβάλλον** (προτείνουμε 45%≤RH<65%, με προτεινόμενη μέση τιμή: 55%), η ενανθράκωση βρίσκεται στο μέγιστο ρυθμό της [1,4,9], όμως ο ρυθμός διάβρωσης οπλισμού ενανθρακωμένου σκυροδέματος είναι ιδιαίτερα χαμηλός λόγω της ανεπαρκούς υγρασίας. Έτσι παρόλο που ο χρόνος t_{cr} είναι εξαιρετικά μικρός για τις παραμέτρους σχεδιασμού του Πίνακα 4, ο χρόνος που απαιτείται για την εξέλιξη της διάβρωσης, t_{pr} , σε σημείο που να προκαλέσει ρηγματώσεις είναι πολύ μεγάλος. Αξίζει να τονισθεί ότι κατά Parrot [15], το κρίσιμο βάθος διάβρωσης οπλισμού που προκαλεί ορατή φθορά είναι 100 μm, και επειδή σε αυτή την περιοχή υγρασιών ο ρυθμός διάβρωσης είναι περίπου 0.3 μm/yr [4,15], ο χρόνος t_{pr} είναι >100 χρόνια. Συνεπώς μπορεί να θεωρηθεί ότι οι παράμετροι σχεδιασμού που δίνονται στον Πίνακα 4 εξασφαλίζουν διάρκεια ζωής μεγαλύτερη από 100 χρόνια, για όλα τα εξεταζόμενα πάχη επικάλυψης οπλισμού και τύπους τσιμέντου. Τυπικό παράδειγμα αυτής της περίπτωσης είναι στοιχεία σκυροδέματος εσωτερικών χώρων όπου η RH παραμένει χαμηλή για όλη την διάρκεια ζωής των. Στην περίπτωση της **κατηγορίας έκθεσης X0** (πολύ ξηρό περιβάλλον, RH<45%), λόγω ανεπαρκούς υγρασίας για τις αντιδράσεις, ο ρυθμός ενανθράκωσης είναι χαμηλός και ο ρυθμός διάβρωσης είναι μηδενικός – συνεπώς δεν υπάρχει καμία περίπτωση διάβρωσης.

Πίνακας 4. Εκτιμώμενη συνολική διάρκεια ζωής κατασκευής από σκυρόδεμα για διάφορους τύπους τσιμέντου και διάφορες κατηγορίες έκθεσης σε περίπτωση διάβρωσης οπλισμού που προκαλείται μέσω μηχανισμού ενανθράκωσης [8].

Χαρακτηριστικά σύνθεσης/ σχεδιασμού	XC1 (ξηρό)	XC1 (μ.υγρό)	XC2		XC3	XC4
Τύπος τσιμέντου CEM I 42.5N						
Μέγιστος λόγος W/C	0.65	0.65	0.60	0.55	0.50	0.50
Ελάχιστη περιεκτικότη. C (kg/m ³)	260	260	280	280	300	300
Ελάχιστη κατηγορία αντοχής	C20/25	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37
t _{cr} (χρόνια) για c = 15 mm	5	>100	>100	22	34	84
t _{cr} (χρόνια) για c = 20 mm	8	>100	>100	38	61	>100
t _{cr} (χρόνια) για c = 25 mm	12	>100	>100	60	95	>100
Τύπος τσιμέντου CEM II/B-M(W-P-LL) 32.5N						
Μέγιστος λόγος W/C	0.65	0.65	0.60	0.55	0.50	0.50
Ελάχιστη περιεκτικότη. C (kg/m ³)	260	260	280	280	300	300
Ελάχιστη κατηγορία αντοχής	C20/25	C20/25	C20/25	C25/30	C25/30	C25/30
t _{cr} (χρόνια) για c = 15 mm	2	>100	77	9	13	32
t _{cr} (χρόνια) για c = 20 mm	4	>100	>100	16	23	57
t _{cr} (χρόνια) για c = 25 mm	6	>100	>100	25	36	89

W/C: λόγος νερού/τσιμέντο κατά βάρος, C: περιεκτικότητα σκυροδέματος σε τσιμέντο (kg/m³), c: πάχος επικάλυψης οπλισμού (mm), t_{cr}: διάρκεια της περιόδου εισαγωγής στην διάβρωση μέσω ενανθράκωσης.

Για την ίδια τώρα **κατηγορία έκθεσης XC1 αλλά μονίμως υγρό περιβάλλον** (προτείνουμε RH≥98%, με προτεινόμενη μέση τιμή: 98%), η ενανθράκωση σχεδόν παρεμποδίζεται πλήρως λόγω των γεμάτων πόρων με νερό που μειώνουν δραστικά την διάχυση CO₂, και επίσης η διεργασία της διάβρωσης είναι εξαιρετικά αργή λόγω δραστηρικής μείωσης της διάχυσης O₂. Οι προβλέψεις των μοντέλων [8], για τις παραμέτρους σχεδιασμού του Πίνακα 4, δίνουν t_{cr}>100 χρόνια. Τυπικό παράδειγμα αυτής της περίπτωσης είναι στοιχεία σκυροδέματος βυθισμένα συνεχώς σε νερά.

Στην περίπτωση της **κατηγορίας έκθεσης XC2** (υγρό - σπάνια ξηρό περιβάλλον προτείνουμε 90%≤RH<98%, με προτεινόμενη μέση τιμή: 90%), τόσο ο ρυθμός ενανθράκωσης όσο και διάβρωσης είναι μεγαλύτεροι από τους αντίστοιχους της κατηγορίας XC1 (μόνιμα υγρό περιβάλλον), ιδιαίτερα ο ρυθμός διάβρωσης που χαρακτηρίζεται ως μέγιστος [4,15]. Όμως όπως δείχνουν τα αποτελέσματα τρεξιμάτων των μοντέλων [8] για τις παραμέτρους σχεδιασμού του Πίνακα 4, η περίοδος εισαγωγής στην διάβρωση (και συνεπώς η ολική διάρκεια ζωής) είναι σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις >100 χρόνια. Ως μικρή παρατήρηση, στην περίπτωση τύπου τσιμέντου CEM II/B-M για 100 χρόνια διάρκεια ζωής πρέπει να επιλεγεί ένα πάχος επικάλυψης μεγαλύτερο από 20 mm. Τυπικά παραδείγματα αυτής της περίπτωσης είναι δεξαμενές σκυροδέματος και υδατικοί πύργοι, πλήρως γεμάτοι σχεδόν συνεχώς, καθώς και πολλές θεμελιώσεις κάτω από την επιφάνεια της γης.

Στην περίπτωση της **κατηγορίας έκθεσης XC3** (μέτρια υγρασία περιβάλλοντος προτείνουμε 65%≤RH<85%, με προτεινόμενη μέση τιμή: 70%), ο ρυθμός ενανθράκωσης είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο της κατηγορίας XC2 και μικρότερος από αυτόν της XC1 (ξηρό περιβάλλον). Παρόμοια όπως φαίνεται στον Πίνακα 4, μετά από τρέξιμο των μοντέλων [8] για τις συγκεκριμένες παραμέτρους σχεδιασμού (προτάσεις EN 206), η περίοδος εισαγωγής στην διάβρωση, t_{cr}, για επικάλυψη οπλισμού c=25mm, και τύπο τσιμέντου CEM I είναι 60 χρόνια, ενώ για τύπο τσιμέντου CEM II/B-M είναι σημαντικά μικρότερη, 25 χρόνια. *Ενδιάμεση είναι η κατάσταση για τον τύπο CEM II/A-M 42.5N (40 χρόνια) και χειρότερα για τσιμέντο τύπου CEM IV/B 32.5 N (15 χρόνια) [8].* Αξίζει να σημειωθεί ότι για τέτοιο περιβάλλον σχετικά υψηλής υγρασίας ο ρυθμός διάβρωσης είναι αρκετά ταχύς, περίπου 5-20

μπ/γρ [4,15], γεγονός που δίνει διάρκεια της περιόδου εξέλιξης της διάβρωσης της τάξης των 5-20 χρόνων (λόγω κρίσιμου βάθους διάβρωσης οπλισμού που προκαλεί ορατή φθορά: 100 μm). Άλλοι ερευνητές [16] έχουν μετρήσει ακόμα συντομότερο στάδιο της τάξης των 2 ετών! Συνεπώς στην τελευταία περίπτωση του CEM II/B-M, η ολική διάρκεια ζωής παραμένει κάτω των 50 χρόνων. Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι σε **περίπτωση εφαρμογής τυπικού επιχρίσματος**, πάχους 20mm και πλούσιου σε άσβεστο, υπάρχει μια επιμήκυνση της περιόδου εισαγωγής κατά 30 χρόνια [11] οπότε και καλύπτεται επαρκώς το όριο της συνολικής ζωής των 50 χρόνων, όχι όμως των 100 χρόνων.

Επειδή οι συνθήκες κατηγορίας έκθεσης XC3 είναι *αρκετά συνηθισμένες* (κατηγορία 2 συνθηκών περιβάλλοντος ΕΚΩΣ 2000- σκυρόδεμα εξωτερικών χώρων προφυλαγμένο από την βροχή, σκυρόδεμα εσωτερικών χώρων με μέτρια ή υψηλή υγρασία αέρα), και επειδή δομικά στοιχεία που έστω και ένα τμήμα τους βρίσκεται σε αυτές τις συνθήκες πρέπει να *σχεδιάζονται ολόκληρα για την δυσμενέστερη κατηγορία*, πρέπει να δοθεί *ιδιαίτερη σημασία σε αυτήν την κατηγορία έκθεσης*. **Προτείνουμε λοιπόν μείωση του μέγιστου λόγου νερού/τσιμέντο στο 0.50 και αύξηση της ελάχιστης περιεκτικότητας σε τσιμέντο στο 300 kg/m³**. Για τις τιμές αυτές και πάχος επικάλυψης 25 mm ο τύπος τσιμέντου CEM I δίνει διάρκεια του σταδίου εισαγωγής 95 χρόνια και ο τύπος CEM II/B-M 36 χρόνια. Για πάχος επικάλυψης 30 mm ο τελευταίος τύπος βελτιώνει τον συγκεκριμένο χρόνο στα 53 χρόνια [8]. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατάληξαν και οι Hobbs et al. [17] προτείνοντας για την κατηγορία αυτή μείωση του μέγιστου λόγου νερού/τσιμέντο στο 0.50 και περαιτέρω αύξηση της αντοχής σκυροδέματος, ώστε να επιτευχθεί ο στόχος των 100 ετών που θέτει το Βρετανικό Πρότυπο BS 8500. Αξίζει τέλος να σημειωθεί ότι το **BS 8500** επιτρέπει μια *συνδιαλλαγή μεταξύ σύνθεσης σκυροδέματος και πάχους επικάλυψης* αρκεί να επιτυγχάνεται η επιθυμητή διάρκεια ζωής.

Για την τελευταία περίπτωση της **κατηγορίας έκθεσης XC4** (κυκλική εναλλαγή υγρού –ξηρού περιβάλλοντος, προτείνουμε 75%≤RH<90%, με προτεινόμενη μέση τιμή: 80%), ο ρυθμός ενανθράκωσης είναι σε μέτρια επίπεδα, επειδή το σκυρόδεμα λαμβάνει από το περιβάλλον υγρασία πολύ ταχύτερα από όταν την χάνει και έτσι η εσωτερική του υγρασία είναι σε σχετικά υψηλότερα επίπεδα- προκαλώντας μείωση της διάχυσης του CO₂. Αυτή η υψηλότερη υγρασία επιταχύνει σημαντικά τον ρυθμό διάβρωσης μειώνοντας της περίοδο εξέλιξης στην τάξη περίπου των 2 χρόνων [4,15,16]. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 4, για τις παραμέτρους που προτείνει ο EN 206, στην περίπτωση του CEM I δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα προβλέποντας διάρκεια ζωής μεγαλύτερη από 100 χρόνια. Στην περίπτωση όμως του CEM II/B-M θα πρέπει το πάχος επικάλυψης να είναι αυστηρά τουλάχιστον της τάξης των 25 mm, όπως άλλωστε προβλέπει ο ΕΚΩΣ 2000. Αξίζει τέλος να σημειωθεί ότι εάν υιοθετηθούν οι προτεινόμενες βελτιώσεις για την κατηγορία έκθεσης XC3, οι δύο κατηγορίες (XC3 και XC4) πλέον ταυτίζονται, όπως άλλωστε και έχει προταθεί από τους Hobbs et al. [17].

3.2 Διάβρωση οπλισμού προκαλούμενη από χλωριόντα θαλάσσιου νερού

Παρόμοια στην περίπτωση αυτή διακρίνονται τα ίδια δύο στάδια όπως προηγουμένως, η περίοδος που απαιτείται ώστε να διεισδύσουν τα χλωριόντα (Cl⁻) στο σκυρόδεμα και η συγκέντρωσή τους να υπερβεί στην περιοχή του οπλισμού μια κρίσιμη τιμή για διάβρωση (**περίοδος εισαγωγής ή επώασης της διάβρωσης, t_{cr}**), και η ακόλουθη δεύτερη περίοδος κύριας διάβρωσης έως ρηγμάτωση και αποτίναξη του σκυροδέματος που επικαλύπτει τον οπλισμό (**περίοδος εξέλιξης της διάβρωσης, t_p**). Εδώ παρόμοια, η *υγρασία του περιβάλλοντος και η διακύμανσή της έχει καθοριστική σημασία*, επειδή σε τελείως κορεσμένο σκυρόδεμα είναι μεν ταχεία η διείσδυση Cl⁻ (που γίνεται στο νερό των πόρων) είναι όμως αργή η διάχυση του απαραίτητου για την διεργασία της διάβρωσης οξυγόνου. Αντίθετα σε μερικώς κορεσμένους πόρους επιβραδύνεται η διείσδυση Cl⁻ ενώ επιταχύνεται η διάχυση O₂. Τα ανωτέρω έχουν πάλι ληφθεί υπόψιν, ικανοποιητικά, κατά τον καθορισμό των κατηγοριών έκθεσης στο **πρότυπο EN 206**. Εδώ όμως δεν απαιτείται συσχέτιση των κατηγοριών έκθεσης με μετρήσιμα χαρακτηριστικά επειδή η περιγραφή του περιβάλλοντος είναι πιο σαφής, παρά τις αναποφευκτές γενικότητες.

Για να εξετάσουμε τις συνιστώμενες οριακές τιμές του EN 206 (Πίνακας 3) ή να προτείνουμε διαφορετικές για επιθυμητή, μεγαλύτερη ίσως, διάρκεια ζωής της κατασκευής που εκτίθεται σε τέτοιο περιβάλλον, έχουμε χρησιμοποιήσει το λογισμικό [8] και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 5. Εξετάζουμε πάλι δύο συνήθεις τύπους τσιμέντου που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα, CEM I 42.5N και CEM II/B-M 32.5 N, για παρασκευή σκυροδέματος με συνήθη θραυστά αδρανή μέγιστου κόκκου 31.5mm (λόγω των χαμηλών W/C έχει υποθεθεί μια μέση περιεκτικότητα σε αέρα 3%). Το σκυρόδεμα θεωρούμε ότι είναι *ανεπίχριστο, δεν έχει ληφθεί κανένα μέτρο προστασίας (επικαλύψεις σκυροδέματος ή οπλισμού, αναστολές διάβρωσης, καθοδική προστασία, κλπ.)* και ότι εκτίθεται σε *περιβάλλον Μεσογείου* (συγκέντρωση Cl⁻ στο θαλασσινό νερό [Cl⁻(aq)]: 20 kg/m³ - μια παράμετρος που επίσης θα έπρεπε να είχε ληφθεί υπόψη στον EN 206, επειδή, π.χ., στην Βαλτική Θάλασσα η συγκέντρωση Cl⁻ είναι 4 kg/m³, στην Βόρεια Θάλασσα 16 kg/m³, κλπ.).

Ένας καθιερωμένος τρόπος έκφρασης της κρίσιμης συγκέντρωσης Cl⁻ για διάβρωση (κατώφλι διάβρωσης) είναι ως ολικά χλωριόντα % κατά βάρος του τσιμέντου, παρόλο που τα ελεύθερα χλωριόντα είναι αυτά στα οποία οφείλεται η διάβρωση. Είναι γενικά παραδεκτό [1,3,4,9], ότι το χαμηλότερο επίπεδο, που σηματοδοτεί αποπληθικότητα του οπλισμού και έναρξη της διεργασίας της κυρίας διάβρωσης, είναι το 0.4% ολικά χλωριόντα κατά βάρος τσιμέντου (ελάχιστο κατώφλι διάβρωσης). Έχει όμως εκτενώς αποδειχθεί [9,18] ότι αυτό είναι αρκετά μεγαλύτερο προσεγγίζοντας την τιμή 0.8% ολικά χλωριόντα κατά βάρος τσιμέντου (μέγιστο κατώφλι διάβρωσης). Στην παρούσα εργασία προτείνουμε και χρησιμοποιούμε μια μέση τιμή της τάξης των *0.6% ολικά χλωριόντα κατά βάρος τσιμέντου (μέσο κατώφλι διάβρωσης)*.

Στην περίπτωση της **κατηγορίας έκθεσης XS1** (παραθαλάσσιες κατασκευές που εκτίθενται σε άλατα μεταφερόμενα μέσω αέρα αλλά όχι σε άμεση επαφή με θαλάσσιο νερό) τόσο ο ρυθμός διείσδυσης χλωριόντων όσο και ο ρυθμός διάβρωσης οπλισμού (όταν έχει ξεπεραστεί το κατώφλι διάβρωσης) είναι χαμηλοί λόγω της ανεπαρκούς υγρασίας. Δεχόμενοι όμως παραθαλάσσιο υγρό περιβάλλον η σχετική υγρασία είναι υψηλή (μέση τιμή 80%) με αποτέλεσμα ταχύτερους ρυθμούς των διεργασιών φθοράς. Τρέχοντας το μοντέλο διείσδυσης χλωριόντων [8] για την περίπτωση αυτή παίρνουμε τα αποτελέσματα που δίνονται στον Πίνακα 5, για τις προτεινόμενες παραμέτρους σχεδιασμού του EN 206. Παρατηρούμε μια ικανοποιητική μακρά περίοδος εισαγωγής στην διάβρωση, στην οποία εάν προστεθεί η περίοδος κύριας διάβρωσης γίνεται ακόμα εκτενέστερη *ξεπερνώντας το όριο των 100 χρόνων συνολικής διάρκειας ζωής*. Αυτό που παρατηρείται επίσης είναι μια *σημαντικά καλύτερη εικόνα στην περίπτωση χρήσης τσιμέντου τύπου CEM II/B-M* (αντίθετα από ότι συμβαίνει στην διεργασία της ενανθράκωσης), γεγονός που φαίνεται καλύτερα στην κατηγορία έκθεσης XS2. Το μόνο που πρέπει να σημειωθεί εδώ είναι ότι σε μια *μικρή ζώνη απόστασης περίπου 100 m από την ακτή* αναμένεται υψηλότερη υγρασία (ζώνη πλούσια σε σταγονίδια θαλάσσιου νερού) και συνεπώς η διείσδυση χλωριόντων θα είναι ταχύτερη. Η υποπερίπτωση αυτή θα πρέπει να υπαχθεί στην κατηγορία έκθεσης XS3 όπως άλλωστε συζητείται στο BS 3500.

Στην περίπτωση της **κατηγορίας έκθεσης XS2** (τμήματα θαλασσιών κατασκευών μόνιμο βυθισμένα σε θαλάσσιο νερό), ο ρυθμός διείσδυσης χλωριόντων είναι μέγιστος, ο ρυθμός όμως διάβρωσης οπλισμού (όταν έχει ξεπεραστεί το κατώφλι διάβρωσης) είναι πάλι χαμηλός λόγω της ανεπαρκούς παρουσίας οξυγόνου. Όπως παρατηρείται στον Πίνακα 5, που παρατίθενται αποτελέσματα από τρεξίματα του μοντέλου διείσδυσης χλωριόντων [8] σε πλήρως κορεσμένους με νερό πόρους σκυροδέματος, η περίοδος εισαγωγής στην διάβρωση, t_{cr} , για πάχος επικάλυψης οπλισμού 40 mm είναι περίπου 50 χρόνια για τσιμέντο τύπου CEM I. Παραταύτα η συνολική διάρκεια ζωής θα είναι αρκετά εκτενέστερη, λόγω σημαντικής έλλειψης οξυγόνου. Αξίζει να τονισθεί η **συγκριτικά καλύτερη συμπεριφορά του τύπου τσιμέντου CEM II/B-M** που δίνει $t_{cr}=67$ χρόνια για $c=40$ mm. Αυτό οφείλεται στην παρουσία της ιπτάμενης τέφρας και των ποζολανών του CEM II τύπου τσιμέντου που παρεμποδίζουν σημαντικά την κίνηση των ιόντων Cl⁻ στο πορώδες σύστημα του σκυροδέματος [συντελεστής δραστηριότητας για αντίσταση έναντι Cl⁻ για Ελληνικές ιπτάμενες τέφρες,

$k=2$, έναντι $k=1$ του τσιμέντου portland, 9,13]. Έτσι συνολικά και για τα πάχη επικάλυψης που υπαγορεύει ο ΕΚΩΣ 2000, οι προτεινόμενες τιμές του EN 206 εξασφαλίζουν μια διάρκεια ζωής της τάξης των 100 χρόνων.

Τέλος, στην περίπτωση της **κατηγορίας έκθεσης XS3** (τμήματα θαλασσίων κατασκευών ευρισκόμενα στην ζώνη διαβροχής) ο ρυθμός διείσδυσης χλωριόντων είναι επίσης μέγιστος, καθώς και ο ρυθμός διάβρωσης οπλισμού (όταν έχει ξεπερασθεί το κατώφλι διάβρωσης), λόγω της ταυτόχρονης παρουσίας οξυγόνου και υγρασίας. Όπως παρατηρείται στον Πίνακα 5, τα σχετικά αποτελέσματα του μοντέλου [8] για τις προτεινόμενες τιμές του EN 206, δίνουν μια περίοδο εισαγωγής στην διάβρωση, t_{cr} , για πάχος επικάλυψης οπλισμού 40 mm, περίπου 60 χρόνια. Στην περίπτωση όμως αυτή η διάρκεια του σταδίου εξέλιξης της διάβρωσης είναι συντομότερη με αποτέλεσμα, εάν επιδιώκεται διάρκεια ζωής μεγαλύτερη των 100 χρόνων, να πρέπει να επιλεγεί μεγαλύτερο πάχος επικάλυψης (50 mm).

Πίνακας 5. Εκτιμώμενη συνολική διάρκεια ζωής κατασκευής από σκυρόδεμα για διάφορους τύπους τσιμέντου και διάφορες κατηγορίες έκθεσης σε περίπτωση διάβρωσης οπλισμού που προκαλείται μέσω διείσδυσης χλωριόντων θαλάσσιου νερού [8].

Χαρακτηριστικά σύνθεσης/ σχεδιασμού	XS1	XS2	XS3
Τύπος τσιμέντου CEM I 42.5N			
Μέγιστος λόγος W/C	0.50	0.45	0.45
Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμ. C (kg/m^3)	300	320	340
Ελάχιστη κατηγορία αντοχής	C30/37	C35/45	C35/45
t_{cr} (χρόνια) για $c = 30$ mm	63	25	32
t_{cr} (χρόνια) για $c = 35$ mm	80	35	46
t_{cr} (χρόνια) για $c = 40$ mm	100	48	58
t_{cr} (χρόνια) για $c = 45$ mm	>100	58	70
t_{cr} (χρόνια) για $c = 50$ mm	>100	69	81
Τύπος τσιμέντου CEM II/B-M(W-P-LL) 32.5N			
Μέγιστος λόγος W/C	0.50	0.45	0.45
Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμ. C (kg/m^3)	300	320	340
Ελάχιστη κατηγορία αντοχής	C25/30	C30/37	C30/37
t_{cr} (χρόνια) για $c = 30$ mm	70	38	35
t_{cr} (χρόνια) για $c = 35$ mm	100	50	48
t_{cr} (χρόνια) για $c = 40$ mm	>100	67	60
t_{cr} (χρόνια) για $c = 45$ mm	>100	84	75
t_{cr} (χρόνια) για $c = 50$ mm	>100	100	95

W/C: λόγος νερού/τσιμέντο κατά βάρος, C: περιεκτικότητα σκυροδέματος σε τσιμέντο (kg/m^3), c: πάχος επικάλυψης οπλισμού, t_{cr} : διάρκεια της περιόδου εισαγωγής στην διάβρωση μέσω διείσδυσης χλωριόντων.

3.3 Σύγκριση προβλέψεων με πραγματικές μετρήσεις

Όπως φαίνεται στους κάτωθι πίνακες, παρατηρείται μια εξαιρετική συμφωνία μεταξύ των προβλέψεων διαφόρων χαρακτηριστικών ανθεκτικότητας που δίνει το πρόγραμμα EUCON® και των μετρήσεων σε πραγματικές οικοδομές και κατασκευές από σκυρόδεμα, ηλικίας έως 70 ετών.

Κτίριο/ Κατασκευή	Ηλικία (έτη)	Βάθος ενανθράκωσης Πρόβλεψη (mm)	Βάθος ενανθράκωσης Μέτρηση (mm)
Πύργος ψύξης ΔΕΗ Μεγαλόπολης εσωτερικά εξωτερικά	25 (1995)	2	2
		16.9	18
Παλαμαϊκή Σχολή Μεσολογγίου	66 (1998)	43.1	46
Γενικό Νοσοκομείο Ληξουρίου	51 (2004)	40.6	43
Χαρτοποιία Λαδόπουλος, Πάτρα ανεπίχριστο επιχρισμένο	70 (2005)	19	20
		6	8
Δημαρχείο Βοιών Λακωνίας	38 (2005)	32	36

Κτίριο/ Κατασκευή	Βάθος ενανθράκωσης Πρόβλεψη (mm)	Διάρκεια ζωής λόγω χλωριόντων Πρόβλεψη
Γέφυρα Ρίου-Αντιρρίου Octagon (splash zone)	20.4 (120 έτη)	> 120 έτη
Oresund Link, Δανία-Σουηδία (Bridge - splash zone)	7.7 (100 έτη)	> 150 έτη

Εκτενέστερη σύγκριση μεταξύ προβλέψεων και πραγματικών μετρήσεων, σε θέματα ενανθράκωσης σκυροδέματος, διείσδυσης χλωριόντων, διάβρωσης χάλυβα, κλπ., δίνονται αναλυτικά στα συνοδευτικά επιστημονικά άρθρα του πακέτου EUCON® [9-13].

4. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο παρόν άρθρο παρουσιάζεται ένα πρόγραμμα υπολογιστή (EUCON®) για υπολογισμό της διάρκειας ζωής κατασκευών από σκυρόδεμα, και δευτερευόντως της αντοχής και του κόστους παραγωγής. Το λογισμικό αυτό βασίζεται σε αποδεδειγμένα μοντέλα πρόβλεψης, έχει επιβεβαιωθεί στην πράξη, και μπορεί να περιληφθεί στις μεθόδους που σχετίζονται με την επιτελεστικότητα για πρόβλεψη της ανθεκτικότητας κατά EN 206. Η δομή του βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με το Ευρωπαϊκά Πρότυπα για το τσιμέντο, EN 197 (27 διαφορετικοί τύποι τσιμέντου), και για το σκυρόδεμα, EN 206 (επιτρέποντας επιπλέον χρήση προσθέτων όπως πτώμενη τέφρα και πυριτική πραιπάλη, χρήση βελτιωτικών ή χημικών προσμίκτων, κλπ.). Επίσης δίνεται η δυνατότητα εξέτασης κλασικών ή μη τρόπων προστασίας και επιμήκυνσης του χρόνου ζωής, π.χ., επιχρίσματα, υλικά μείωσης διαπερατότητας, επικάλυψης, κλπ. Συγκρίνοντας τις προβλέψεις του λογισμικού αυτού με τις συστάσεις του EN 206 για συνήθεις κατηγορίες έκθεσης, παρατηρείται μια γενική συμφωνία, με κάποιες ωστόσο διαφοροποιήσεις:

- Το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 206 είναι ένα νέο εξαιρετικό εργαλείο σχεδιασμού ανθεκτικών κατασκευών από σκυρόδεμα. Δίνει την δυνατότητα για πρώτη φορά και στην Ελλάδα να σχεδιάζει τις κατασκευές της για διάρκεια ζωής της τάξης των 100 ετών, προτείνοντας πέραν των άλλων αυστηρές συνθέσεις σκυροδέματος στην πλειονότητα των κατηγοριών έκθεσης περιβάλλοντος. Οι Έλληνες Μηχανικοί πρέπει να υιοθετήσουν αυστηρά τους κανόνες καθορισμού των περιβαλλοντικών συνθηκών και σχεδιασμού συνθέσεων σκυροδέματος, ταυτόχρονα με τις ισχύουσες προδιαγραφές σχεδιασμού, υλοποίησης και συντήρησης της κατασκευής, που είναι απαραίτητες για την διατήρηση της αρχικά σχεδιαζόμενης διάρκειας ζωής.
- Υπάρχουν παρά ταύτα σημεία που θα πρέπει να βελτιωθούν στις προτάσεις του EN 206, ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερα ο ανωτέρω στόχος, όπως:
 - ✓ Για τον συνήθη, σε **συνθήκες ενδοχώρας (αστικές ή υπαίθριες), μηχανισμό διάβρωσης μέσω ενανθράκωσης**, θα πρέπει να καθορισθούν με περισσότερο σαφήνεια και με μετρήσιμα μεγέθη οι κατηγορίες έκθεσης XC1-XC4, όπως π.χ. μέση σχετική υγρασία αέρα. Επιπλέον, σε αστικές και βιομηχανικές περιοχές ή χώρους ιδιαίτερης συνάθροισης ανθρώπων, ο σχεδιασμός θα πρέπει να είναι αυστηρότερος έναντι περιοχών υπαίθρου, λόγω υψηλότερης περιεκτικότητας σε ατμοσφαιρικό CO₂. Για την κρίσιμη **κατηγορία έκθεσης XC3 θα πρέπει να υιοθετηθούν αυστηρότερες οριακές τιμές σύνθεσης σκυροδέματος** (μέγιστο W/C: 0.50, ελάχιστη περιεκτικότητα σε τσιμέντο C τουλάχιστον 300 kg/m³) και συνεπώς να υπάρχει **ενοποίηση με την κατηγορία έκθεσης XC4**. Όταν επιπλέον γίνεται χρήση τσιμέντων τύπου CEM II – CEM V θα πρέπει το πάχος επικάλυψης οπλισμού να ανέρχεται αυστηρά στα 30 mm. Πιθανόν, να πρέπει να επιτρέπεται μια **συνδιαλλαγή** μεταξύ σύνθεσης σκυροδέματος, πάχους επικάλυψης και μέτρων προστασίας, αρκεί να επιτυγχάνεται η επιθυμητή διάρκεια ζωής.
 - ✓ Στην περίπτωση των **παράκτιων και θαλάσσιων περιοχών, με κύριο μηχανισμό φθοράς την διάβρωση του οπλισμού που εισάγεται μέσω διείσδυσης χλωριόντων**, οι προτάσεις του EN 206 δίνουν μια διάρκεια ζωής της τάξης των 100 ετών. Θα πρέπει όμως μια **μικρή ζώνη απόστασης περίπου 100 m από την ακτή** να υπαχθεί στην κατηγορία έκθεσης XS3 λόγω της σημαντικά ταχύτερης διείσδυσης Cl⁻. Επίσης για τις κατηγορίες έκθεσης XS1, XS2 και XS3 θα πρέπει να **συνιστάται η χρήση τσιμέντων τύπου CEM II έναντι CEM I**.
 - ✓ Για άλλες κατηγορίες έκθεσης και στις περιπτώσεις που για παράδειγμα απαιτείται μια διάρκεια ζωής σημαντικά διαφορετική των 50, το περιβάλλον είναι αόριστο ή ιδιαίτερα επιθετικό, χρησιμοποιούνται νέα ή διαφορετικά συστατικά υλικά σκυροδέματος, χρησιμοποιείται μια αναβαθμισμένη μέθοδος προστασίας, πρόκειται να αναγεθούν ειδικές κατασκευές ή σημαντικός αριθμός πολλών παρόμοιων κατασκευών, η μέθοδος των οριακών τιμών έχει αποτύχει στην πράξη, είτε επιχειρείται τεχνοοικονομική αριστοποίηση, θα πρέπει να εφαρμόζονται αξιόπιστα και γενικώς αποδεκτά προσομοιώματα πρόβλεψης, βλ. [14,8].

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. CEB, "Durable Concrete Structures - CEB Design Guide", *Bulletin d' Information*, **182**, Lausanne (1989).
2. Mehta, P.K., "Durability- Critical Issues for the Future", *Concr. Intern.*, **19(7)**, 27 (1997).
3. Neville, A.M., *Properties of Concrete*, 4th ed., Longman, Essex (1995).
4. Richardson, M.G., *Fundamentals of Durable Reinforced Concrete*, Spon Press, London (2002).
5. Illston, J.M. and P.L.J. Domone, *Construction Materials – Their Nature and Behaviour*, 3rd ed., Spon Press, London (2001).
6. European Standard EN 206-1, "Concrete -- Part 1: Specification, Performance, Production and Conformity", CEN, Brussels (2000).

7. European Standard EN 197-1, "Cement -- Part 1: Composition, Specifications and Conformity Criteria for Common Cements", CEN, Brussels (2000).
8. Papadakis, V.G. and M.P. Efstathiou, "EUCON: Computer Software for Estimation of Concrete Service Life", Patras Science Park S.A., Patras, 2005.
9. Papadakis, V.G., " Estimation of Concrete Service Life – The Theoretical Background", Patras Science Park S.A., Patras, 2005.
10. Papadakis, V.G., C.G. Vayenas, and M.N. Fardis. "Fundamental Modeling and Experimental Investigation of Concrete Carbonation", *ACI Mat. J.*, **88**(4), 363 (1991).
11. Papadakis, V.G., M.N. Fardis, and C.G. Vayenas, "Effect of Composition, Environmental Factors and Cement-Lime Mortar Coating on Concrete Carbonation", *Materials and Structures*, **25**, 293 (1992).
12. Papadakis, V.G., M.N. Fardis, and C.G. Vayenas, "Physicochemical Processes and Mathematical Modeling of Concrete Chlorination", *Chem. Engng Sci.*, **51**(4), 505 (1996).
13. Papadakis, V.G., "Effect of Supplementary Cementing Materials on Concrete Resistance Against Carbonation and Chloride Ingress", *Cement and Concrete Research*, **30**(2), 291-299 (2000).
14. Papadakis, V.G. and M.P. Efstathiou, "Computer Modelling of Concrete Service Life", *6th International Congress: Global Construction – Ultimate Concrete Opportunities*. Dundee, Scotland, 5-7 July 2005.
15. Parrot, L., "Design for Avoiding Damage due to Carbonation-Induced Corrosion", *Proceedings of 3rd International Conference on Durability of Concrete*, ACI SP-145, 283, Nice (1994).
16. Morinaga, S., "Prediction of Service Lives of Reinforced Concrete Buildings based on Corrosion Rate of Reinforcing Steel", *Proceedings of the 5th International Conference on Durability of Building Materials and Components*, Brighton, U. K. November 1990; Edited by J.M. Baker, P.J. Nixon, A.J. Majumdar, and H. Davies, pp. 5-16, E. & F.N. SPON, London 1991.
17. Hobbs, D., B. Marsh, J. Matthews, and S. Petit, "Minimum Requirements for Concrete to Resist Carbonation-Induced Corrosion of Reinforcement", in *Minimum Requirements for Durable Concrete*, D.W. Hobbs (ed.), pp. 11-42, British Cement Association, London 1998.
18. Sandberg, P., *Chloride Initiated Reinforcement Corrosion in Marine Concrete*, Report TVBM-1015, Lund Institute of Technology, Division of Building Materials, Lund (1998).

Τα ευρωπαϊκά πρότυπα τσιμέντου ΕΛΟΤ EN 197

Δημήτρης Τσαματσούλης
Δρ. Χημικός Μηχανικός

- Σύμφωνα με απόφαση της Ε.Ε. από 01/04/01 τα τσιμέντα που κυκλοφορούν σε όλες τις χώρες μέλη πρέπει να είναι πιστοποιημένα, να φέρουν σήμανση CE και να είναι σύμφωνα με τα νέα Ευρωπαϊκά Πρότυπα:
 - EN 197-1 «Σύνθεση, Προδιαγραφές και κριτήρια συμμόρφωσης για κοινά τσιμέντα»
 - EN 197-2 «Αξιολόγηση συμμόρφωσης»

- Τα Ευρωπαϊκά αυτά Πρότυπα έχουν επικυρωθεί από τον ΕΛΟΤ με την έκδοση των Ελληνικών Προτύπων (Οκτ. 2000, Επιτροπή ΤΕ51):
 - ΕΛΟΤ EN 197-1
 - ΕΛΟΤ EN 197-2
- Σύμφωνα με την κοινή Υπουργική Απόφαση των Υπουργών ΠΕΧΩΔΕ και Ανάπτυξης 16462/29 (ΦΕΚ 917/Β/17.7.01) «Τσιμέντα για την κατασκευή έργων από σκυρόδεμα», από 1/01/02 τα τσιμέντα τα οποία προορίζονται για έργα από σκυρόδεμα οφείλουν να συμμορφώνονται στα παραπάνω πρότυπα.

Ιστορικό

- Συνθήκη της Ρώμης 1957 θέτει τη βασική απαίτηση για απρόσκοπτη διακίνηση προϊόντων
- Η προετοιμασία των Προτύπων τσιμέντου άρχισε από το 1969
- Το 1973 ανατέθηκε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης CEN η σύνταξη των προτύπων.
- Η Ε.Ε με την Οδηγία CPD 89/106 για τα Δομικά Υλικά επιβάλλει την απρόσκοπτη διακίνηση και εμπορία των δομικών υλικών στις χώρες μέλη.
- «Παραδοσιακά» και «δοκιμασμένα» τσιμέντα
- «Κοινά τσιμέντα» «Ειδικά τσιμέντα»
- Τελική αποδοχή 2000

Γενικές Αρχές και Στόχοι

- Προδιαγράφονται οι ελάχιστες απαιτήσεις για τις ιδιότητες του τσιμέντου και τη σταθερότητα της παραγωγής του
- Συμπεριελήφθησαν και κωδικοποιήθηκαν όλα τα κοινής αποδοχής και ευρείας χρήσης τσιμέντα στην Ε.Ε. Κοινή ορολογία για όλους τους μελετητές-χρήστες-κατασκευαστές στην Ε.Ε
- Πιστοποίηση- Σήμανση CE

Επίπεδο Αξιολόγησης

- Η ποιότητα του τσιμέντου πιστοποιείται με το αυστηρότερο σύστημα αξιολόγησης (1+) με ανεξάρτητη εξωτερική δειγματοληψία από ανεξάρτητο αναγνωρισμένο φορέα πιστοποίησης
- Ο έλεγχος γίνεται με εξελιγμένες στατιστικές μεθόδους

Τύποι και Κατηγορίες Τσιμέντων

- Κάθε χώρα παρασκευάζει τσιμέντο χρησιμοποιώντας τις πηγές πρώτων υλών που διαθέτει. Έτσι το πρότυπο προβλέπει μεγάλο αριθμό (27) προϊόντων τσιμέντου. Τα τσιμέντα αυτά δεν θα παράγονται ούτε θα κυκλοφορούν όλα κατ' ανάγκη σε κάθε χώρα της Ε.Ε, λόγω των ιδιαιτεροτήτων τους στις πρώτες ύλες και στο κλίμα.

Συστατικά Τσιμέντου

Συστατικό	Συμβολισμός
Κλίνκερ	K
Ποζολάνη φυσική	P
Ποζολάνη φυσική ψημένη	Q
Ιπτάμενη Τέφρα πυριτική	V
Ιπτάμενη Τέφρα ασβεστούχος	W
Ψημένος σχιστόλιθος	T
Ασβεστόλιθος	L
Σκωρία υψικαμίνου	S
Πυριτική παιπάλη	D

Βασικοί τύποι τσιμέντου

- CEM I Τσιμέντο Πόρτλαντ ($K > 95\%$)
- CEM II Τσιμέντο Πόρτλαντ-σύνθετο
(K,P,Q,V,W,T,L,S,D)
A: $80\% < K < 94\%$, B: $65\% < K < 79\%$
- CEM III Σκωριοτσιμέντο (K,S)
A: $35\% < K < 65\%$, B: $20\% < K < 34\%$, C: $5\% < K < 19\%$
- CEM IV Ποζολανικό (K,P,Q,V,W,D)
A: $65\% < K < 89\%$, B: $45\% < K < 64\%$
- CEM V Σύνθετο τσιμέντο (K,S,P,Q,V)
A: $40\% < K < 64\%$, B: $20\% < K < 39\%$

Κατηγορίες αντοχής

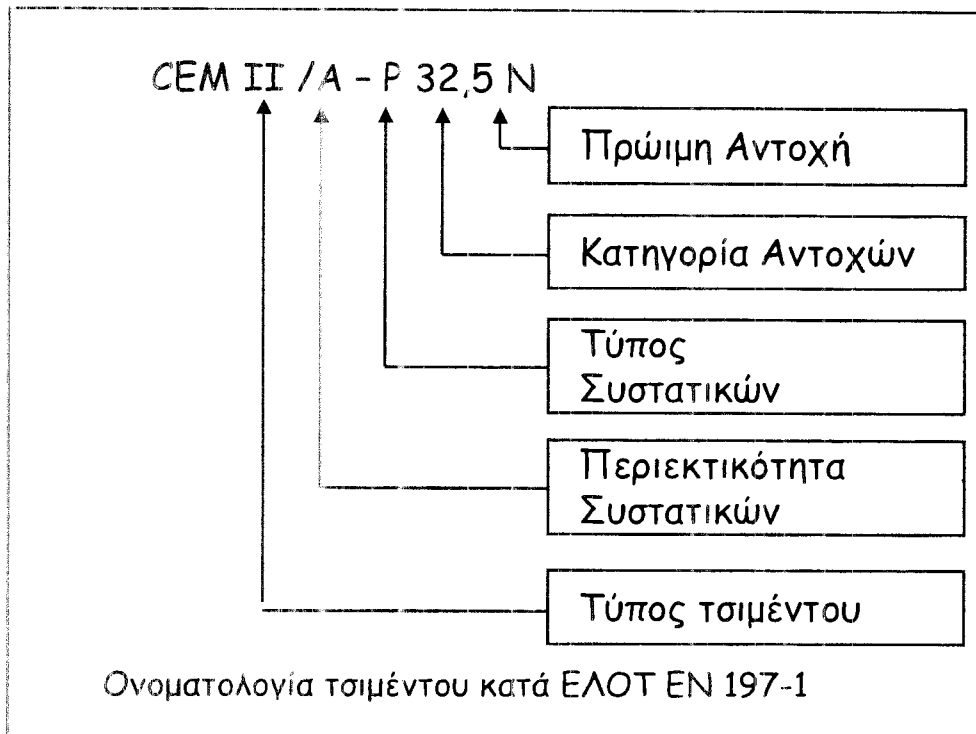
- Ορίζονται 3 βασικές κατηγορίες αντοχής:
32,5 42,5 52,5 MPa
- Οι τιμές αυτές είναι χαρακτηριστικές τιμές δηλ εξασφαλίζονται με ασφάλεια 95%
- Επιπλέον σε κάθε κατηγορία χαρακτηριστικής αντοχής εισάγονται και κατηγορίες πρώιμης αντοχής N και R με αποτέλεσμα να δημιουργούνται συνολικά 6 κατηγορίες αντοχής

Στην Ελλάδα παράγονται συνήθως οι ακόλουθοι
τύποι και κατηγορίες τσιμέντων

- CEM I 42.5 52.5
- CEM II/A-M 42.5
- CEM II/B-M 32.5 42.5
- CEM II/A-L 42.5
- CEM IV/B 32.5

Μηχανικές και φυσικές απαιτήσεις οριζόμενες
ως χαρακτηριστικές τιμές

Κατηγορία Αντοχής	Αντοχή σε Θλίψη MPa				Χρόνος αρχής πήξης min	Σταθερότητα όγκου (Διαστολή) mm
	Πρώιμη αντοχή		Τυπική αντοχή			
	2 ημέρες	7 ημέρες	28 ημέρες;			
32,5 N	-	>16,0	>32,5	<52,5	>75	<10
32,5 R	>10,0	-				
42,5 N	>10,0	-	>42,5	<32,5	>60	
42,5 R	>20,0	-				
52,5 N	>20,0	-	>52,5	-	>45	
52,5 R	>30,0	-				



Κάθε κατηγορία αντοχής ορίζεται από ένα :

- Κατώτερο όριο με ασφάλεια 95%
- Ανώτερο όριο με ασφάλεια 90%

Το διάστημα μεταξύ άνω και κάτω ορίου είναι 20 MPa για κάθε κατηγορία

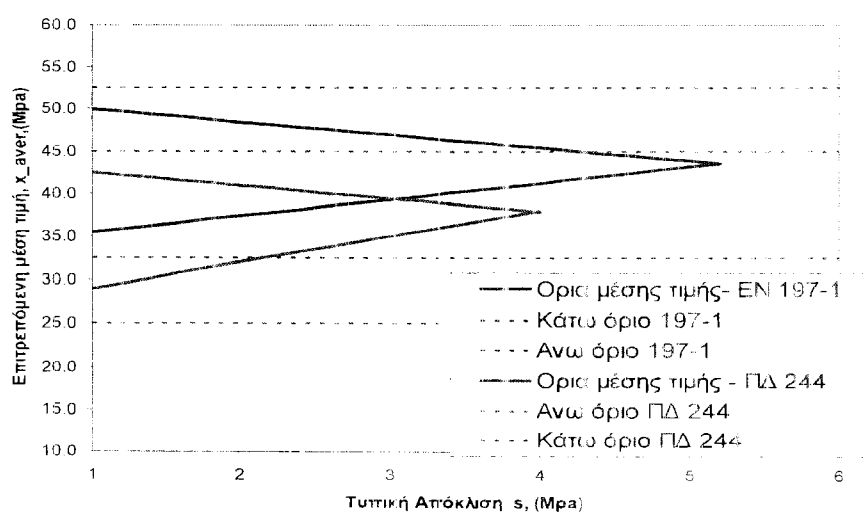
Επιπλέον ο έλεγχος συμμόρφωσης εισάγει και οριακές τιμές για μεμονωμένα αποτελέσματα τις οποίες πρέπει να ικανοποιούν όλα τα αποτελέσματα του αυτοελέγχου

Αξιολόγηση συμμόρφωσης

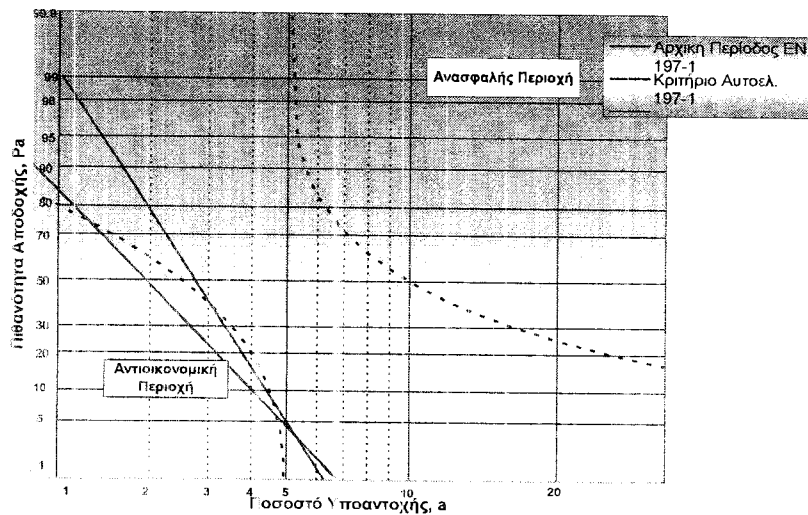
Ο έλεγχος συμμόρφωσης γίνεται με στατιστικές μεθόδους με βάση τα :

- Δείγματα αυτοελέγχου του παραγωγού, πληθυσμός Α (διπλάσιος εκείνου του ΠΔ244/80)
- Δείγματα που λαμβάνονται παρουσία του φορέα πιστοποίησης και ελέγχονται :
 - στο εργαστήριο του παραγωγού, πληθυσμός Β
 - σε αναγνωρισμένο εξωτερικό εργαστήριο, πληθυσμός C

Επιτρεπόμενο εύρος μέσης τιμής παραγωγού με βάση την απόκλιση του εργοστασίου

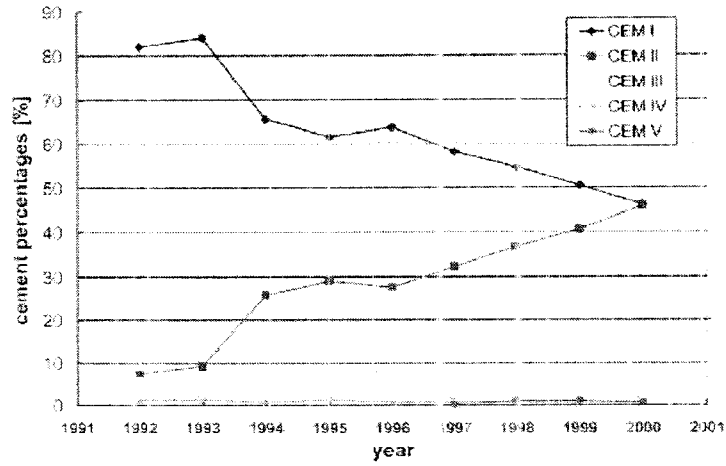


Σύγκριση κριτηρίων συμμόρφωσης αρχικής και συνεχούς παραγωγής EN 197-1

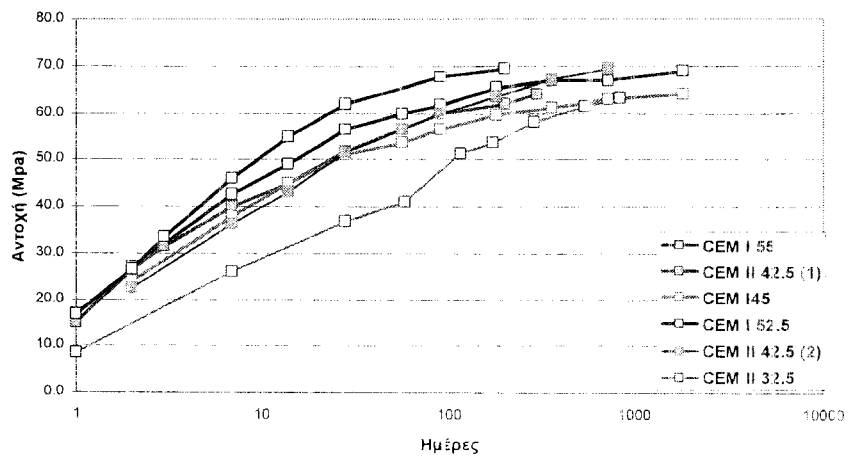


- Τα νέα αυτά εναρμονισμένα και αυστηρότερα πρότυπα, που πρέπει να ακολουθήσουν όλες οι χώρες της ΕΕ, θεσπίζουν την χρήση δοκιμασμένων συστατικών και την παραγωγή σύνθετων τσιμέντων.
- Τα σύνθετα τσιμέντα προσφέρουν:
 - Υψηλότερη ανθεκτικότητα σε ορισμένες περιβαλλοντικές δράσεις
 - Μείωση της απαιτούμενης ενέργειας
 - Μείωση περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων λόγω:
 - μείωσης εκπομπών CO_2
 - αξιοποίησης παραπροϊόντων

Παραγωγή ευρωπαϊκών τσιμέντων στην κατηγορία 42.5 (Cemburau)



Μακροχρόνιες αντοχές τσιμέντων



Τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα Τσιμέντου ΕΛΟΤ EN 197

Δ. Τσαματσούλης

1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με απόφαση της Ε.Ε. από 01/04/01 τα τσιμέντα που κυκλοφορούν σε όλες τις χώρες μέλη πρέπει να είναι πιστοποιημένα, να φέρουν σήμανση CE και να είναι σύμφωνα με τα νέα Ευρωπαϊκά Πρότυπα:

EN 197-1 «Σύνθεση, Προδιαγραφές και κριτήρια συμμόρφωσης για κοινά τσιμέντα»

EN 197-2 «Αξιολόγηση συμμόρφωσης»

Τα Ευρωπαϊκά αυτά Πρότυπα έχουν επικυρωθεί από τον ΕΛΟΤ με την έκδοση των Ελληνικών Προτύπων (Οκτ. 2000, Επιτροπή ΤΕ51):

ΕΛΟΤ EN 197-1

ΕΛΟΤ EN 197-2

Σύμφωνα με την κοινή Υπουργική Απόφαση των Υπουργών ΠΕΧΩΔΕ και Ανάπτυξης 16462/29 (ΦΕΚ 917/Β/17.7.01) «Τσιμέντα για την κατασκευή έργων από σκυρόδεμα», από 1/01/02 τα τσιμέντα τα οποία προορίζονται για έργα από σκυρόδεμα οφείλουν να συμμορφώνονται στα παραπάνω πρότυπα.

2. Ιστορικό

Συνθήκη της Ρώμης 1957 θέτει τη βασική απαίτηση για απρόσκοπτη διακίνηση προϊόντων

Η προετοιμασία των Προτύπων τσιμέντου άρχισε από το 1969

Το 1973 ανατέθηκε στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης CEN η σύνταξη των προτύπων.

Η Ε.Ε με την Οδηγία CPD 89/106 για τα Δομικά Υλικά επιβάλλει την απρόσκοπτη διακίνηση και εμπορία των δομικών υλικών στις χώρες μέλη.

«Παραδοσιακά» και «δοκιμασμένα» τσιμέντα

«Κοινά τσιμέντα» «Ειδικά τσιμέντα»

Τελική αποδοχή 2000

3. Γενικές Αρχές και Στόχοι

- Προδιαγράφονται οι ελάχιστες απαιτήσεις για τις ιδιότητες του τσιμέντου και τη σταθερότητα της παραγωγής του
- Συμπεριελήφθησαν και κωδικοποιήθηκαν όλα τα κοινής αποδοχής και ευρείας χρήσης τσιμέντα στην Ε.Ε. Κοινή ορολογία για όλους τους μελετητές-χρήστες-κατασκευαστές στην Ε.Ε
- Πιστοποίηση- Σήμανση CE

4. Επίπεδο Αξιολόγησης

Η ποιότητα του τσιμέντου πιστοποιείται με το αυστηρότερο σύστημα αξιολόγησης (1+) με ανεξάρτητη εξωτερική δειγματοληψία από ανεξάρτητο αναγνωρισμένο φορέα πιστοποίησης

Ο έλεγχος γίνεται με εξελεγμένες στατιστικές μεθόδους

5. Τύποι και Κατηγορίες Τσιμέντων

Κάθε χώρα παρασκευάζει τσιμέντο χρησιμοποιώντας τις πηγές πρώτων υλών που διαθέτει. Έτσι το πρότυπο προβλέπει μεγάλο αριθμό (27) προϊόντων τσιμέντου. Τα τσιμέντα αυτά δεν θα παράγονται ούτε θα κυκλοφορούν όλα κατ' ανάγκη σε κάθε χώρα της Ε.Ε, λόγω των ιδιομορφιών τους στις πρώτες ύλες και στο κλίμα.

Συστατικά Τσιμέντου

Συστατικό	Συμβολισμός
Κλίνκερ	K
Ποζολάνη φυσική	P
Ποζολάνη φυσική ψημένη	Q
Ιπτάμενη Τέφρα πυριτική	V
Ιπτάμενη Τέφρα ασβεστούχος	W
Ψημένος σχιστόλιθος	T
Ασβεστόλιθος	L
Σκωρία υψικάμινου	S
Πυριτική παιπάλη	D

Βασικοί τύποι τσιμέντου

- CEM I Τσιμέντο Πόρτλαντ ($K > 95\%$)
- CEM II Τσιμέντο Πόρτλαντ-σύνθετο
(K,P,Q,V,W,T,L,S,D)
A: $80\% < K < 94\%$, B: $65\% < K < 79\%$
- CEM III Σκωριοτσιμέντο (K,S)
A: $35\% < K < 65\%$, B: $20\% < K < 34\%$, C: $5\% < K < 19\%$
- CEM IV Ποζολανικό (K,P,Q,V,W,D)
A: $65\% < K < 89\%$, B: $45\% < K < 64\%$
- CEM V Σύνθετο τσιμέντο (K,S,P,Q,V)
A: $40\% < K < 64\%$, B: $20\% < K < 39\%$

Κατηγορίες αντοχής

- Ορίζονται 3 βασικές κατηγορίες αντοχής:
32,5 42,5 52,5 MPa
- Οι τιμές αυτές είναι χαρακτηριστικές τιμές δηλ εξασφαλίζονται με ασφάλεια 95%
- Επιπλέον σε κάθε κατηγορία χαρακτηριστικής αντοχής εισάγονται και κατηγορίες πρώιμης αντοχής N και R με αποτέλεσμα να δημιουργούνται συνολικά 6 κατηγορίες αντοχής

Στην Ελλάδα παράγονται συνήθως οι ακόλουθοι τύποι και κατηγορίες τσιμέντων:

- CEM I 42.5 52.5
- CEM II/A-M 42.5
- CEM II/B-M 32.5 42.5
- CEM II/A-L 42.5
- CEM IV/B 32.5

6. Μηχανικές και φυσικές απαιτήσεις οριζόμενες ως χαρακτηριστικές τιμές

Κατηγορία Αντοχής	Αντοχή σε Θλίψη MPa				Χρόνος αρχής πήξης min	Σταθερότητα όγκου (Διαστολή) mm
	Πρώμη αντοχή		Τυπική αντοχή			
	2 ημέρες	7 ημέρες	28 ημέρες			
32,5 N	-	>16,0	>32,5	<52,5	>75	<10
32,5 R	>10,0	-				
42,5 N	>10,0	-	>42,5	<62,5	>60	
42,5 R	>20,0	-				
52,5 N	>20,0	-	>52,5	-	>45	
52,5 R	>30,0	-				

Κάθε κατηγορία αντοχής ορίζεται από ένα :

- Κατώτερο όριο με ασφάλεια 95%
- Ανώτερο όριο με ασφάλεια 90%

Το διάστημα μεταξύ άνω και κάτω ορίου είναι 20 MPa για κάθε κατηγορία

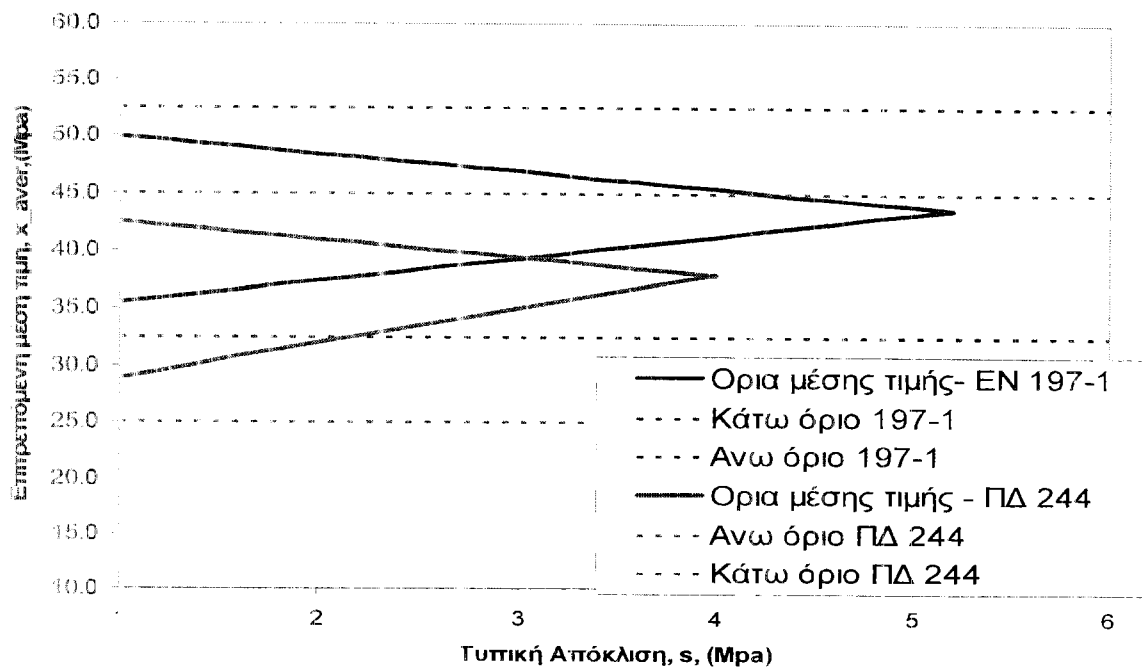
Επιπλέον ο έλεγχος συμμόρφωσης εισάγει και οριακές τιμές για μεμονωμένα αποτελέσματα τις οποίες πρέπει να ικανοποιούν όλα τα αποτελέσματα του αυτοελέγχου

7. Αξιολόγηση συμμόρφωσης

Ο έλεγχος συμμόρφωσης γίνεται με στατιστικές μεθόδους με βάση τα :

- Δείγματα αυτοελέγχου του παραγωγού, πληθυσμός A (διπλάσιος εκείνου του ΠΔ244/80)
- Δείγματα που λαμβάνονται παρουσία του φορέα πιστοποίησης και ελέγχονται :
 - στο εργαστήριο του παραγωγού, πληθυσμός B
 - σε αναγνωρισμένο εξωτερικό εργαστήριο, πληθυσμός C

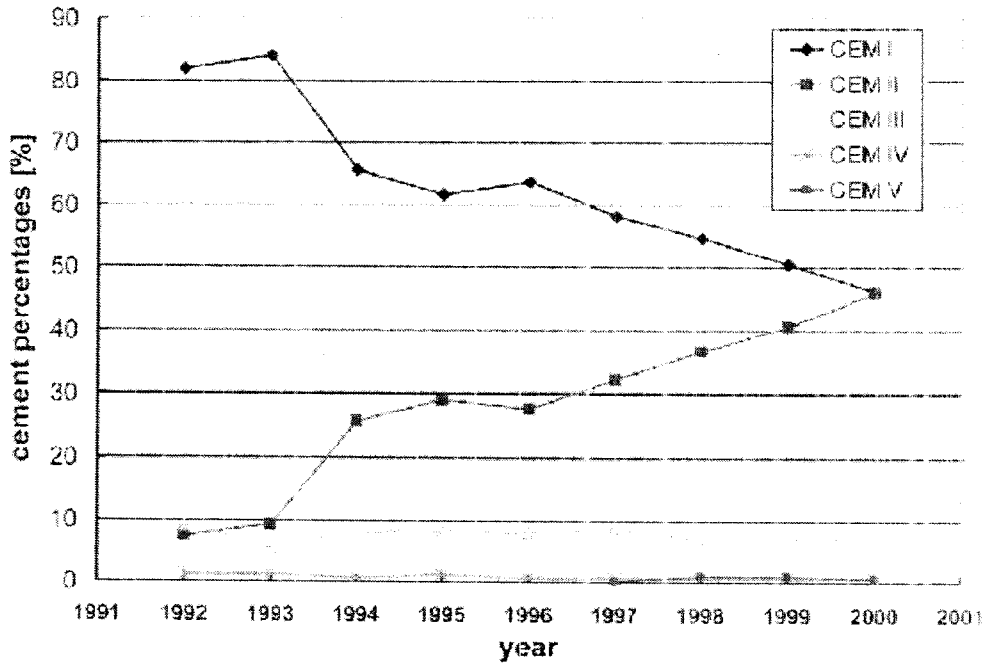
8. Επιτρεπόμενο εύρος μέσης τιμής παραγωγού με βάση την απόκλιση του εργοστασίου



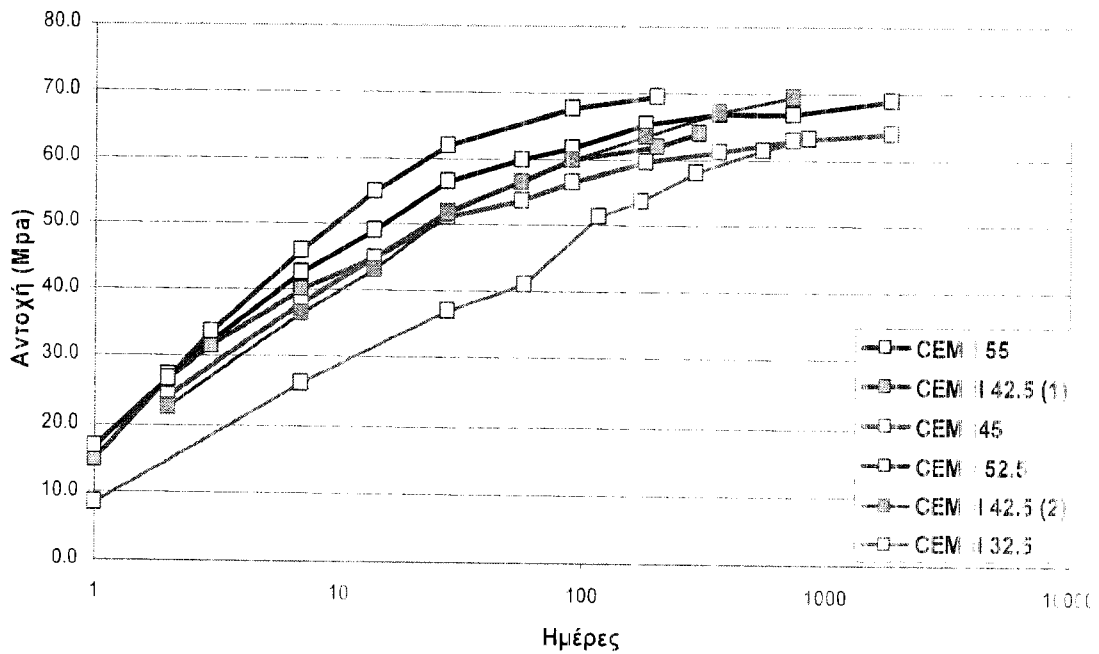
9. Σύνθετα τσιμέντα

- Τα νέα αυτά εναρμονισμένα και αυστηρότερα πρότυπα, που πρέπει να ακολουθήσουν όλες οι χώρες της ΕΕ, θεσπίζουν την χρήση δοκιμασμένων συστατικών και την παραγωγή σύνθετων τσιμέντων.
- Τα σύνθετα τσιμέντα προσφέρουν:
 - Υψηλότερη ανθεκτικότητα σε ορισμένες περιβαλλοντικές δράσεις
 - Μείωση της απαιτούμενης ενέργειας
 - Μείωση περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων λόγω:
 - μείωσης εκπομπών CO₂
 - αξιοποίησης παραπροϊόντων

Παραγωγή ευρωπαϊκών τσιμέντων στην κατηγορία 42.5 (Cemburau)



10. Μακροχρόνιες αντοχές τσιμέντων



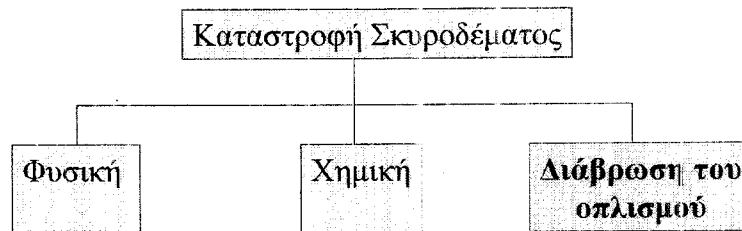
Ανθεκτικότητα Σκυροδέματος σε παραθαλάσσιο περιβάλλον

I. Μαρίνος
Χημικός Μηχανικός ΕΜΠ

Ορισμός

- Η αντίσταση του σκυροδέματος σε καταστροφή λόγω φυσικών ή χημικών αιτιών από :
 - Επίδραση του περιβάλλοντος - Εξωτερικό
 - Αντιδράσεις μεταξύ των συστατικών του - Εσωτερικό
- Η προστασία του οπλισμού από την διάβρωση.

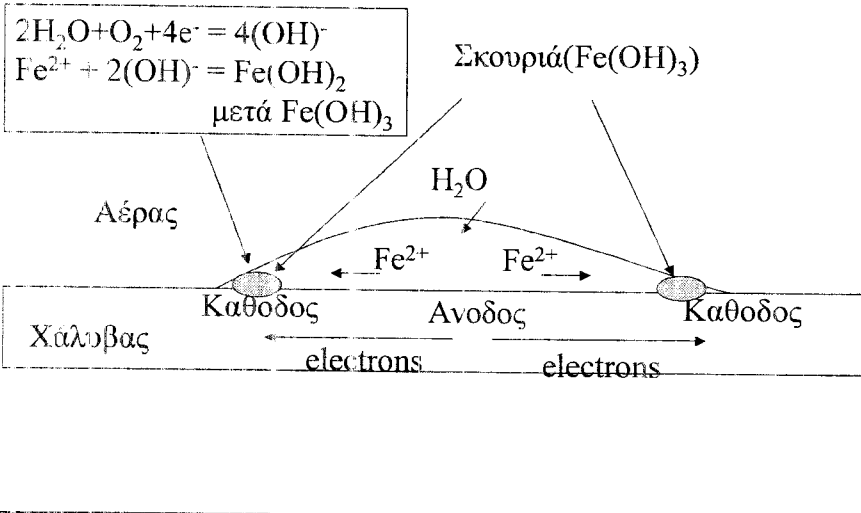
Ανθεκτικότητα



Διάβρωση του οπλισμού

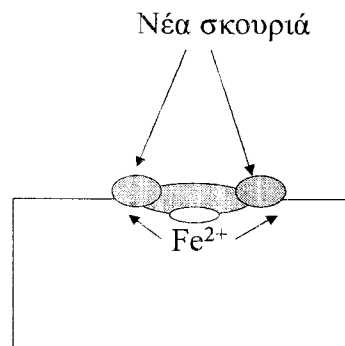
- Η διάβρωση του χάλυβα είναι αποτέλεσμα ηλεκτροχημικών δράσεων ή γαλβανικών στοιχείων.
- Η διάβρωση του χάλυβα αρχίζει από τοπικές ατέλειες του μετάλλου (διαφορετική κρυσταλλική δομή) ή από τοπικές διαφορές στις συγκεντρώσεις των ηλεκτρολυτών.

Διάβρωση του οπλισμού (έναρξη)

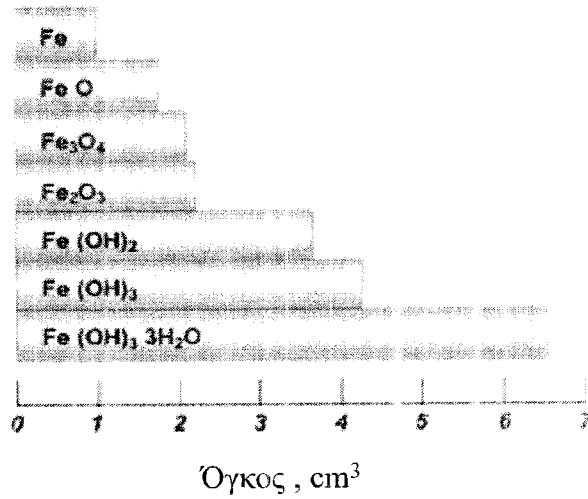


Διάβρωση του οπλισμού (Συνέχεια)

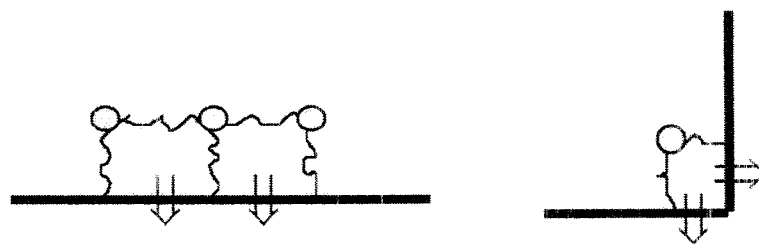
- Αφού δημιουργηθεί η σκουριά, η επιφάνεια του χάλυβα κάτω από αυτή, λόγω έλλειψης οξυγόνου, γίνεται άνοδος.
- Έτσι η διάβρωση συνεχίζεται κάτω από το στρώμα της σκουριάς.

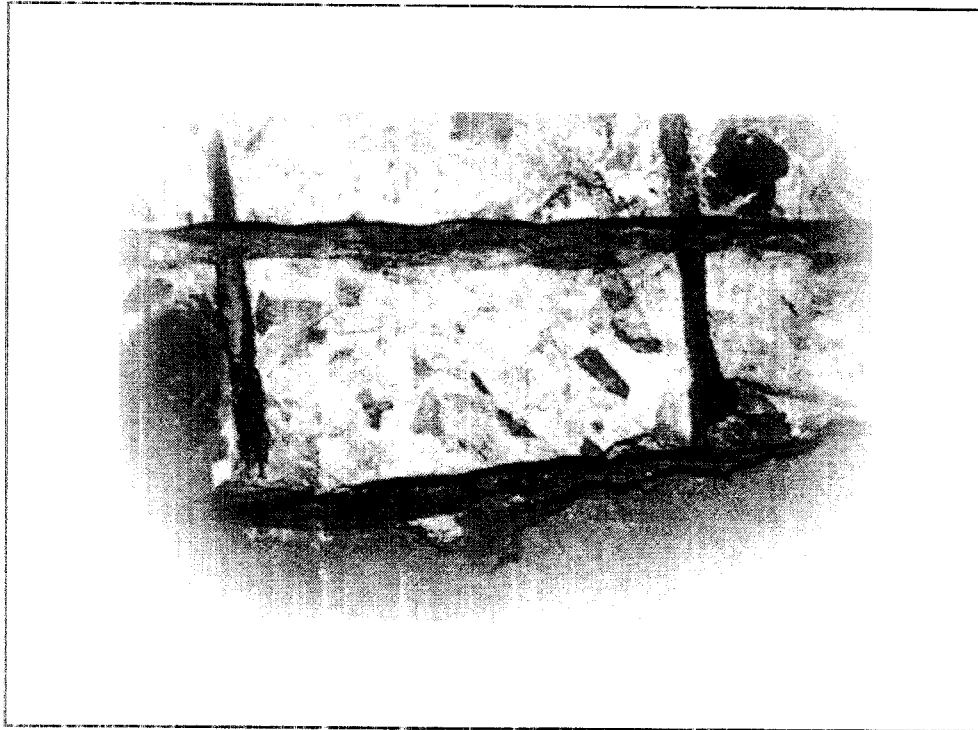


Δημιουργία προϊόντων οξείδωσης πολλαπλασίου όγκου – ανάπτυξη τάσεων διάρρηξης στο σκυρόδεμα.



Δημιουργία ρωγμών στο σκυρόδεμα

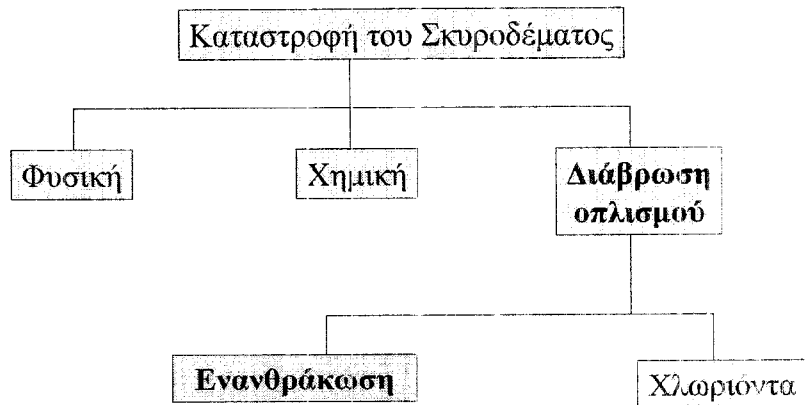




Το σκυρόδεμα προστατεύει τον οπλισμό

- **Χαμηλή διαπερατότητα**, ικανότητα να δεσμεύει και να ακινητοποιεί τα δραστικά (διαβρωτικά) ιόντα.
- **Υψηλή αλκαλικότητα** ($\text{pH} > 12.5$) που δημιουργείται από το υδροξείδιο του Ασβεστίου (Θερμοδυναμική προστασία χάλυβα)
- **Υψηλή ηλεκτρική αντίσταση** του σκυροδέματος.

Ανθεκτικότητα



Ενανθράκωση

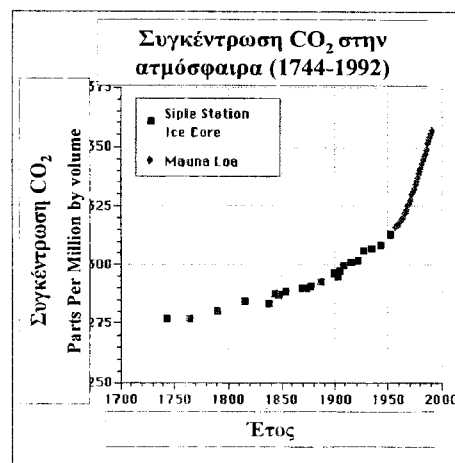
- Βήμα 1 $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$
 $\text{HCO}_3^- = \text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+$
- Βήμα 2 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
- Αυτή η αντίδραση εξουδετέρωσης προχωρά βαθμιαία από την επιφάνεια του σκυροδέματος προς τα μέσα.
- Ρυθμός διείσδυσης = $k \times (\text{χρόνος})^{1/2}$

Παράγοντες που επηρεάζουν την ενανθράκωση

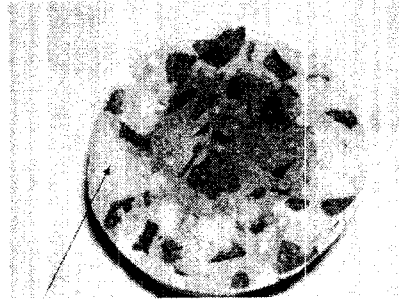
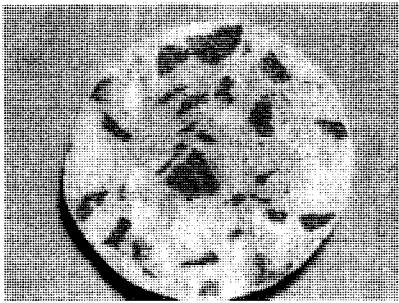
- **Υγρασία** – Υψηλότερη ενανθράκωση στην περιοχή 50-70%
 - Χαμηλή, μη ύπαρξη αρκετού νερού
 - Υψηλή περιεκτικότητα σε νερό επιβραδύνει την διάχυση του CO₂
- **Θερμοκρασία** – Υψηλότερη ενανθράκωση σε ζεστά κλίματα
- **Συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα**
 - Κανονικά 0.03% , αυξάνεται συνεχώς
 - Υψηλότερη στις πόλεις, εκπομπές αυτοκινήτων και καυστήρες θέρμανσης.

Διοξείδιο του Άνθρακος

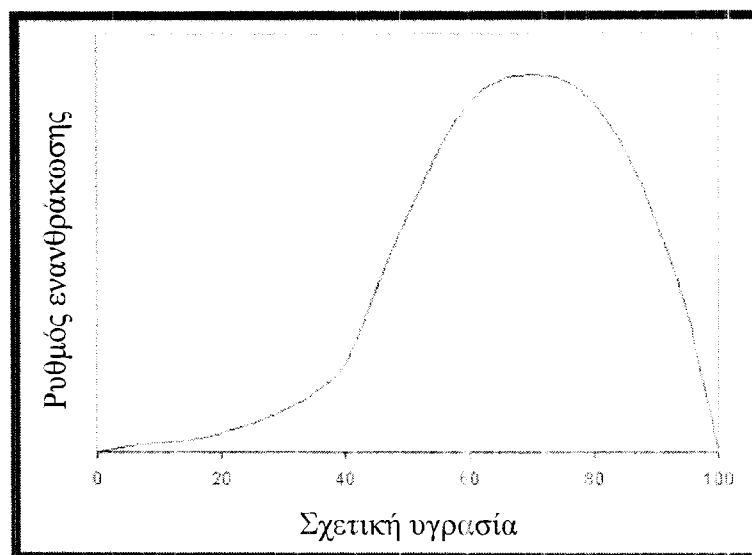
- Το αέριο του φαινομένου θερμοκηπίου
- Από το 1700 μΧ η παγκόσμια συγκέντρωση έχει αυξηθεί από 270 σε 350 ppm since 1700
- Το 2050 μΧ αναμένεται να αυξηθεί στα 500 ppm



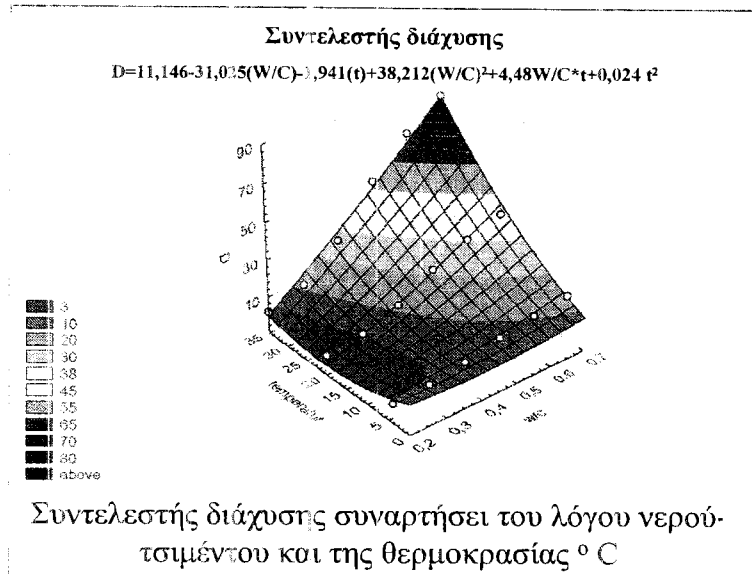
Μέτρηση βάθους ενανθράκωσης με την δοκιμή της φαινολοφθαλεΐνης



Υγρασία - ενανθράκωση



Θερμοκρασία - ενανθράκωση



Διάβρωση χάλυβα λόγω ενανθράκωσης

- Συμβαίνει λόγω μείωσης αλκαλικότητας του σκυροδέματος.
- Απαιτεί σχετική υγρασία πάνω από 75% .
- Δυσμενέστερη κατάσταση η εναλλαγή ύγρανσης - ξήρανσης του σκυροδέματος.

Τυπικό βάθος ενανθράκωσης

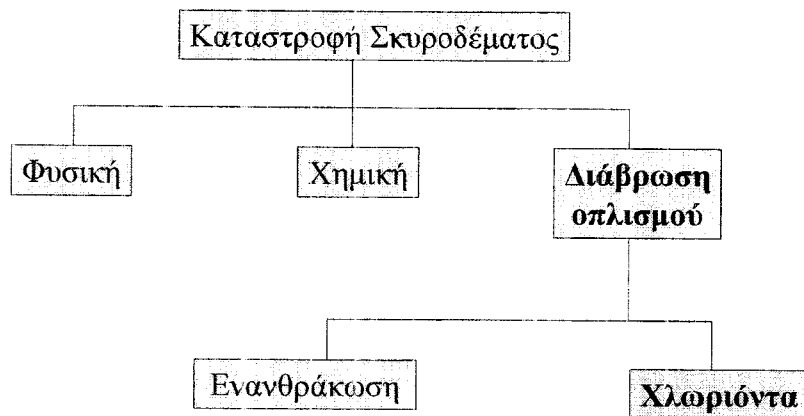
Βάθος ενανθράκωσης (mm)	Ηλικία (ετη)	
	Σκυρόδεμα Αντοχής 20 MPa	Σκυρόδεμα Αντοχής 40 MPa
5	0.5	4
10	2	16
15	4	36
20	7	64

Η επικάλυψη του οπλισμού είναι ζωτικής σημασίας

Σκυρόδεμα - ενανθράκωση

- Μείωση λόγου νερού/τσιμέντου – μείωση πορώδους – μείωση βάθους ενανθράκωσης.
- Συνέχιση της ενυδάτωσης του τσιμέντου (ποζολανική δράση) - μείωση του πορώδους – μείωση βάθους ενανθράκωσης – αύξηση αντοχών.

Ανθεκτικότητα



Χλωριόντα

- Τα χλωριόντα σε συγκεντρώσεις πάνω από 0,1% στο σκυρόδεμα καταστρέφουν την παθητική επικάλυψη από οξείδιο του σιδήρου του οπλισμού, και επιτρέπουν να αρχίσει η διάβρωση.

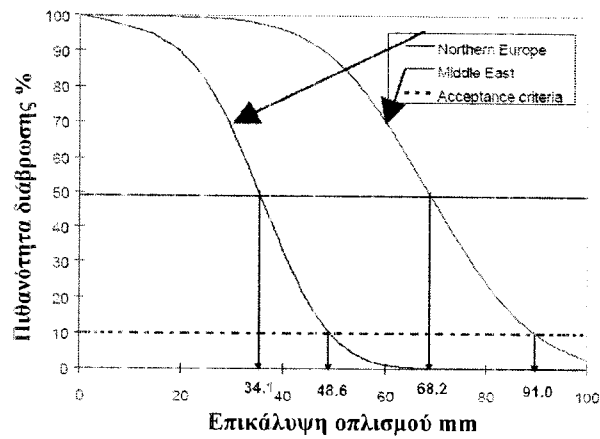
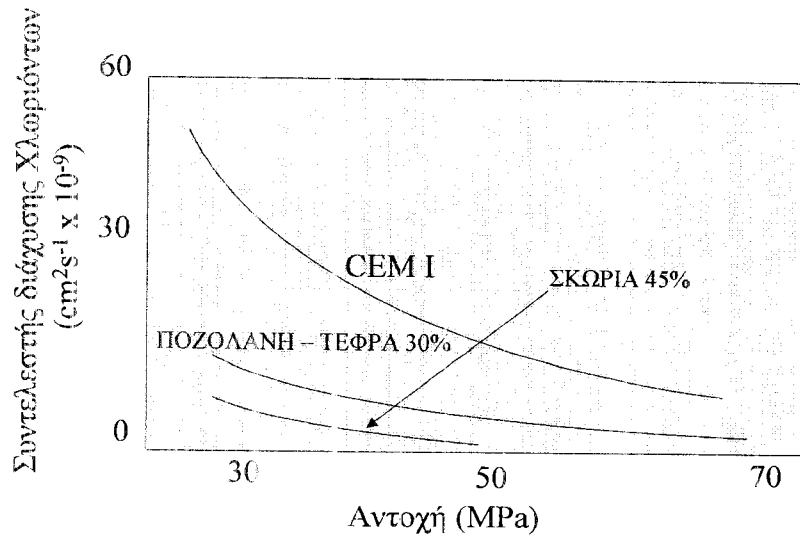
Πηγές Χλωριόντων

- Επαφή με θαλασσινό νερό.
- Σταγονίδια θάλασσας που μεταφέρονται με τον αέρα.(1,5 έως και 10 km από την ακτή)
- Φυσικά αδρανή που λαμβάνονται από περιοχές κοντά στη θάλασσα.

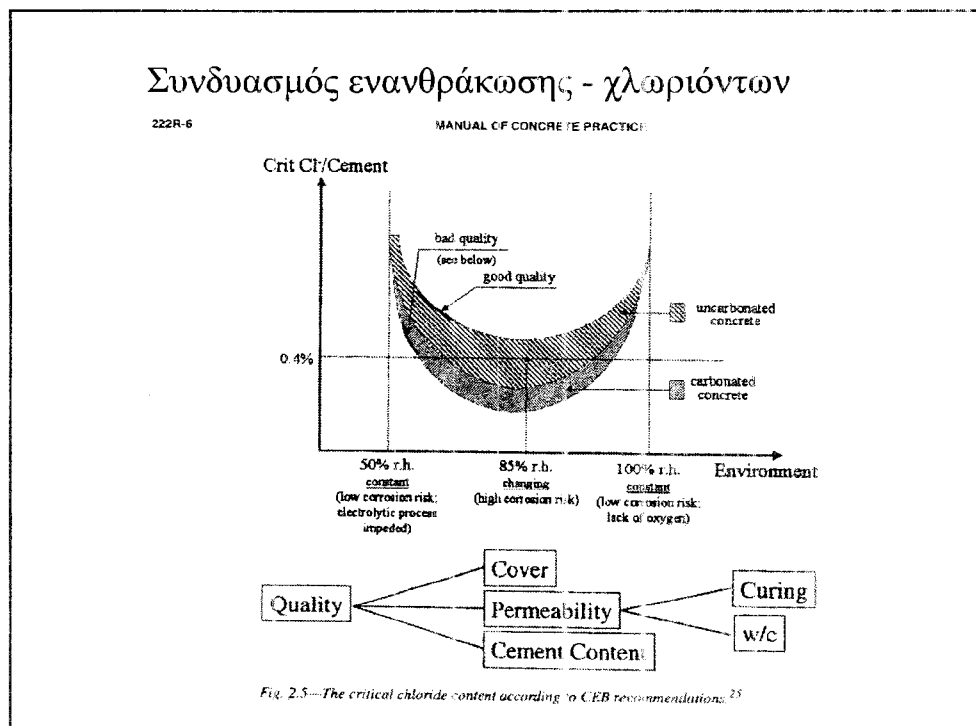
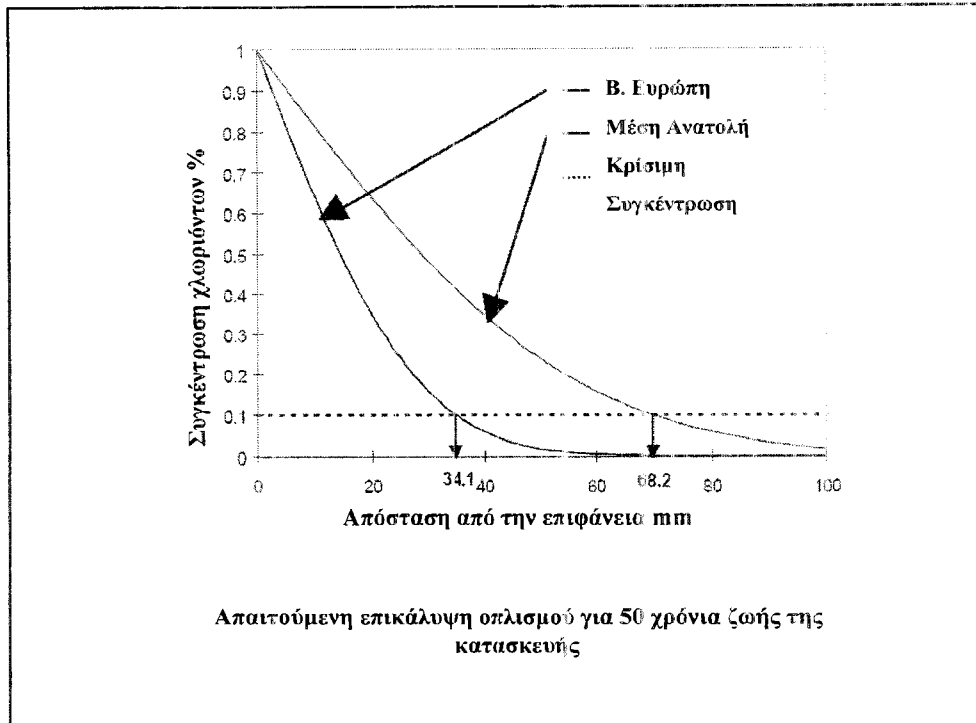
Παράγοντες που επηρεάζουν την διάβρωση από Χλωριόντα

- **Συγκέντρωση Χλωριόντων** – Διαβρωση συμβαίνει σε συγκεντρώσεις πάνω από 0.1%.
- **Υγρασία** , ιδιαίτερα η εναλλαγή ύγρανσης -- ξήρανσης.
- **Θερμοκρασία** – δυσμενέστερη κατάσταση τα ζεστά κλίματα.
- **Διαπερατότητα σκυροδέματος** και δυνατότητα δέσμευσης των χλωριόντων, που επηρεάζεται από τον λόγο νερού/τσιμέντου, την περιεκτικότητα και τον τύπο του τσιμέντου.
 - Τα ποζολανικά τσιμέντα είναι πιο ανθεκτικά στη διείσδυση των χλωριόντων.

Τύπος τσιμέντου

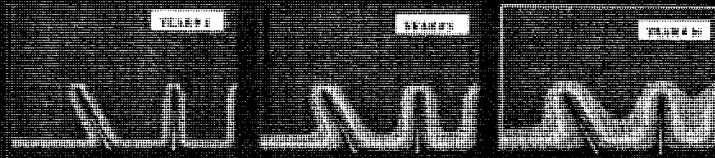


Πιθανότητα διάβρωσης του οπλισμού μετά από 50 χρόνια συναρτήσει του πάχους επικάλυψης αυτού.



Chloride Penetration

Analysis with Cross-Sectional 3-D Modeling

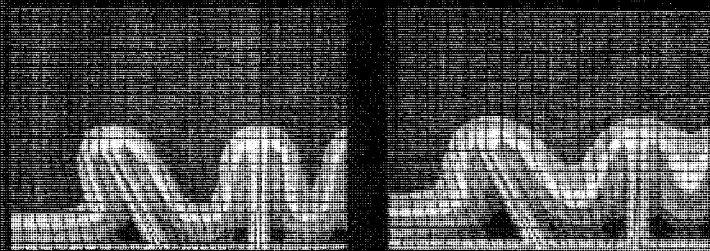


Analysis without Cross-Sectional 3-D Modeling



Carbonation and Chloride Attack

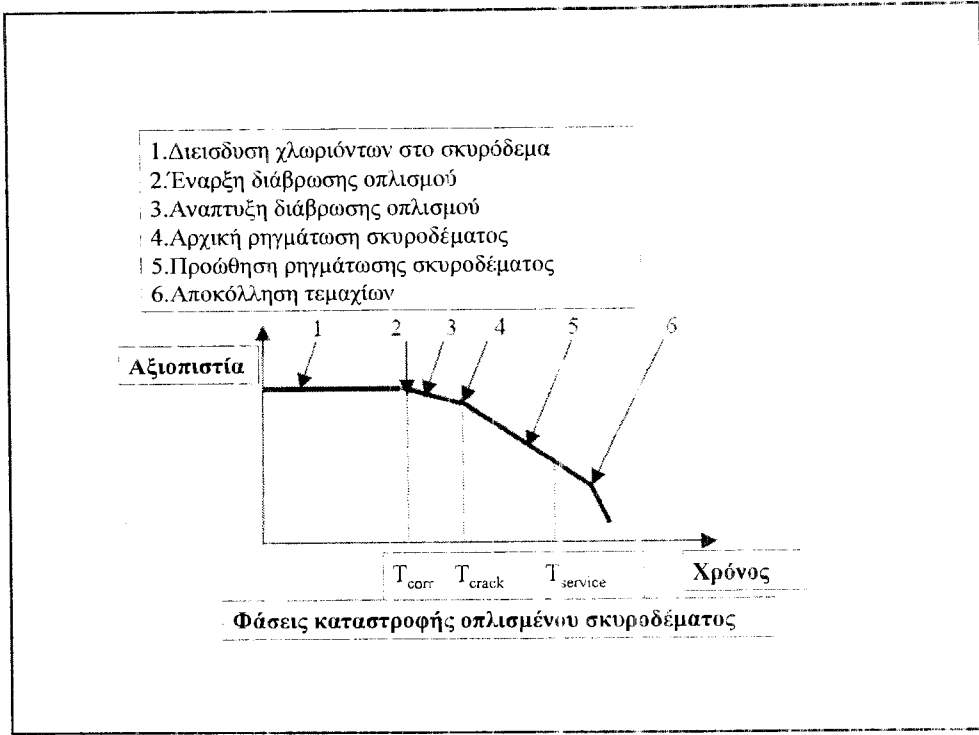
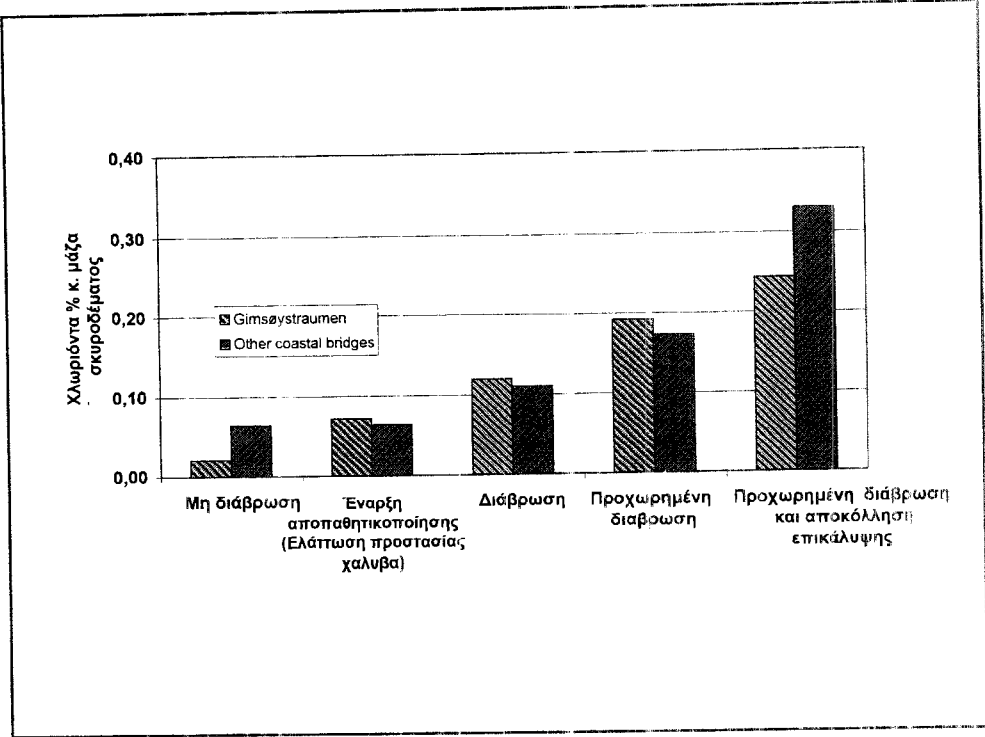
Chloride Penetration

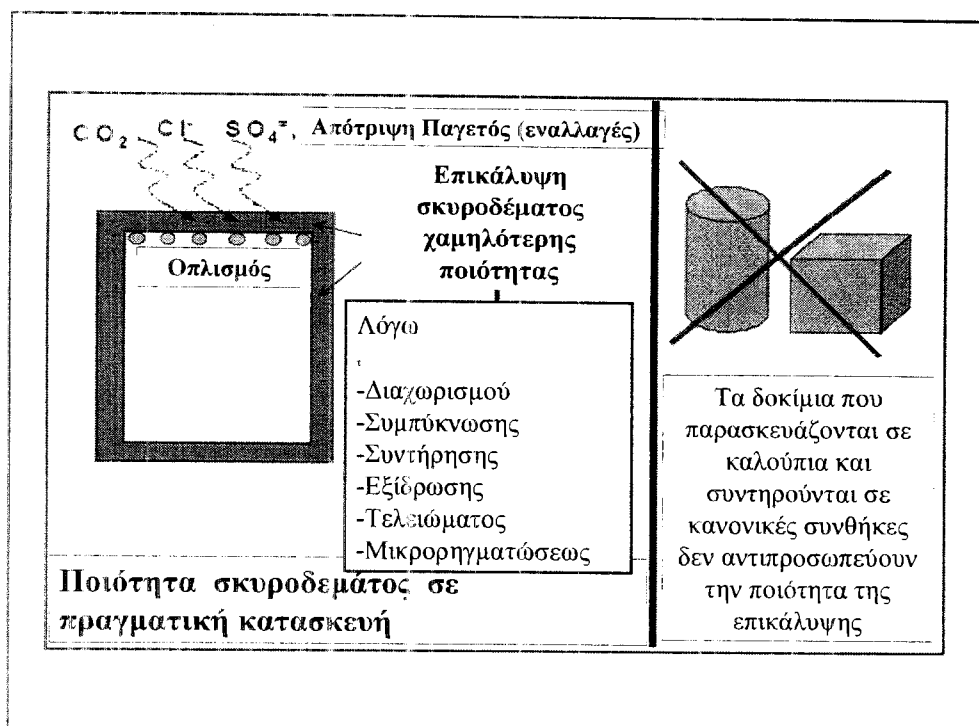
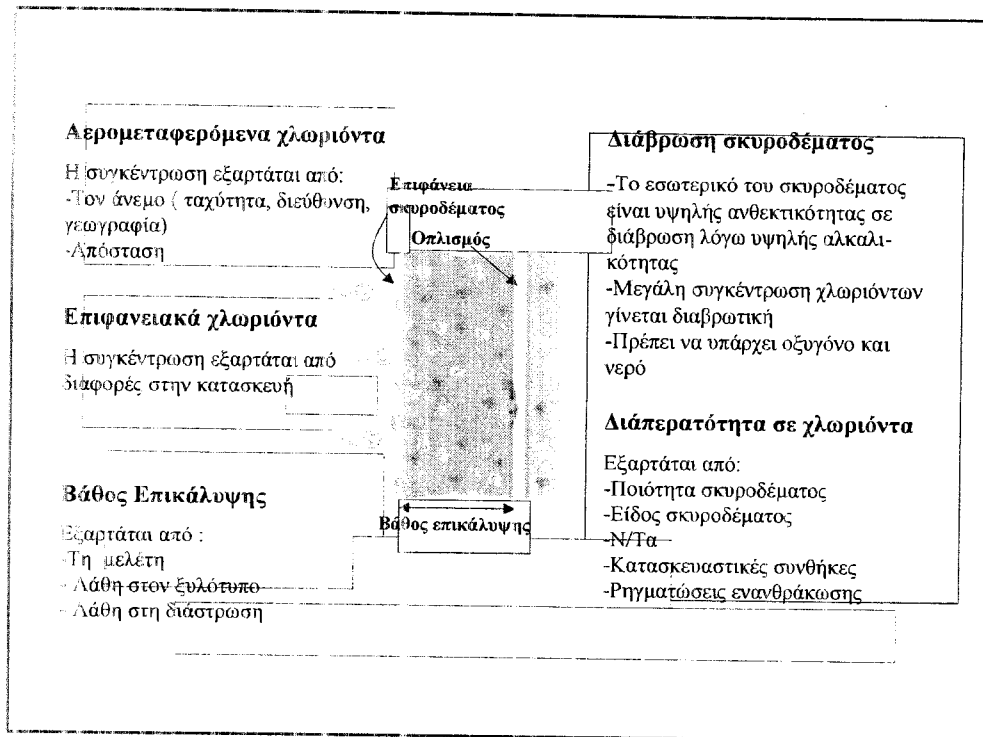


Without Carbonation

With Carbonation


























Exposure classes (environmental effects, "attacks")			Concrete construction measures ("resistance")		
Designation of class	Impact and strain		Max. sec	Min. c	f_{ck} MPa
X0		no attack on concrete	no requirement	no requirement	C20/10
XC	1	 dry	0.75	200	
	2	 permanently wet	0.75	240	
	3	 moderate humidity	0.65	200	
	4	 carbonation	0.50	200	
XF	1	 moderate humidity	0.55	300	
	2	 permanently wet	0.50	300	
XS	1	 Chloride	0.45	300	
	2	 sulfate	0.45	300	
XF	1	 moderate water s. o. t.	0.50	300	
	2	 moderate water s. m. t.	0.55 + LP	300	
	3	 high water s. o. t.	0.55 + LP	300	
	4	 high water s. m. t.	0.55 + LP	300	
XA	1	 weak attack	0.40	300	
	2	 moderate attack	0.30	300	
	3	 strong attack	0.45	300	
XA	1	 moderate abrasion	0.55	300	
	2	 heavy abrasion	0.45	300	
	3	 very heavy abrasion	0.45	300	

Fig. VI-03: Exposure classes (environmental effects, "attacks") and concrete technology measures ("resistance") (m = with; o = without; + = de-icing salt; LP = air entrainment)

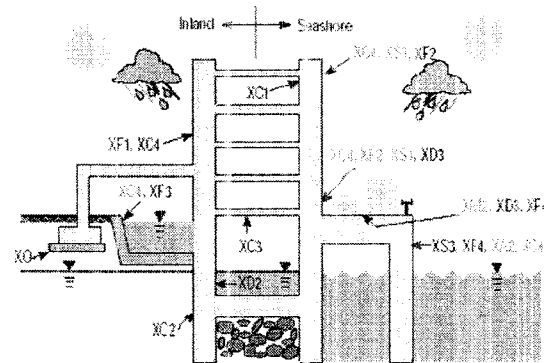


Fig. VI-04: Examples of different exposure classes applicable to different parts of the same construction (classes indicated in black: authoritative for durability design)



Οδηγία Δομικών Προϊόντων 89/106/ΕΟΚ/

Άμεση υποχρέωση συμμόρφωσης Δομικών
Προϊόντων με

Ευρωπαϊκά πρότυπα -Συστήματα
πιστοποίησης τους

Εισηγητής: Θόδωρος Πάνου (Α-Μ ΕΜΠ)

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΝΕΑΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ

Η οδηγία αυτή διαφέρει από τις υπόλοιπες οδηγίες της Ν. Προσέγγισης διότι:

- Ενώ θεσπίζει τις βασικές απαιτήσεις που οφείλουν να εκπληρούν οι κατασκευές (έργα) αναφέρεται στην ελεύθερη διακίνηση των δομικών προϊόντων
- τα εναρμονισμένα ευρωπαϊκά πρότυπα που αναφέρεται κηρύσσονται υποχρεωτικά
- Η αξιολόγηση της συμμόρφωσης γίνεται με την αναφορά σε 4 συστήματα δήλωσης συμμόρφωσης και όχι στην σφαιρική προσέγγιση (8 περιπτώσεις)

ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΜΕΝΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

CEN

– Πόσα πρότυπα ?

Σήμερα: 154

Έως και το 2006 : 520

Θα φθάσουν τα : 600,

Πρότυπα υπολογισμών, δοκιμών

και εφαρμογών : 1500

Σύνολο > 2100 ευρωπαϊκά πρότυπα στο τομέα των κατασκευών

Προϊόντα που υποχρεούνται στη σήμανση CE

- Τσιμέντο
- Αδρανή
- Πρόσμικτα σκυροδέματος
- Θερμομονωτικά
- Τούβλα
- Επιχρίσματα -Κονιάματα
- Γεωυφάσματα
- Προϊόντα από σκυρόδεμα -σωλήνες-πλάκες
- Δομική άσβεστος και Φύλλα από ξύλο

Προϊόντα που υποχρεούνται στη σήμανση CE

- Μόνιμα συστήματα πυρόσβεσης
- Παρελκόμενα κουφωμάτων
- Στερεωτικά
- Προκατασκευασμένα σπίτια
- Μικροί βιολογικοί καθαρισμοί
- Σωλήνες ύδρευσης και αποχέτευσης από σκυρόδεμα με τα εξαρτήματά τους
- Γεωϋφάσματα
- Πλακίδια - Πλάκες- Κρασπεδόρειθρα

Προϊόντα που αναμένεται σήμανση CE

- Φύλα στεγάνωσης
- Γυψοσανίδες
- Πλαστικοί σωλήνες
- Προϊόντα δικτύων ύδρευσης αποχέτευσης αερίου
- Κουφώματα
- Μάρμαρα
- Κεραμίδια
- Πετάσματα
- Υαλοστάσια -Ασφαλτικά κ.α.

Πρότυπα σκυροδέματος

Εξαίρεση το σκυρόδεμα λόγω εθνικών
διαφορών άλλων χωρών
Στα δημόσια έργα όμως το ευρωπαϊκό
πρότυπο θα καταστεί υποχρεωτικό

Σκυρόδεμα και σήμανση CE

- Συστατικά σκυροδέματος υποχρεούνται να έχουν σήμανση CE σύμφωνα με τις διατάξεις της οδηγίας 89/106/ΕΟΚ
- Το ΕΛΟΤ EN 206-1 δεν έχει περιληφθεί ακόμη στην 89/106 και δεν έχει υποχρέωση σήμανσης CE
- Ανήκει σε ένα πλήρες σύστημα ευρωπαϊκών προτύπων σχεδιασμού, κατασκευής, δοκιμών και επισκευής έργων από σκυρόδεμα το οποίο είναι:

ΚΥΡΙΑ ΕΥΡΩΠΑΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

- ΕΛΟΤ EN 1992 Ευρωκώδικας Σχεδιασμού Δομημάτων από Σκυρόδεμα
- **ΕΛΟΤ EN 206-1 Σκυρόδεμα**
- **Εθνικό προσάρτημα εφαρμογής ΕΛΟΤ EN 206-1**
- ΕΛΟΤ ENV 13670-1 Κατασκευές έργων από σκυρόδεμα
- ΕΛΟΤ EN 13369 Κοινοί κανόνες από προκατασκευασμένα προϊόντα από σκυρόδεμα
- **ΕΛΟΤ prEN 14487 Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα**

ΣΥΝΙΣΧΥΟΝΤΑ ΕΥΡΩΠΑΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

- ΕΛΟΤ EN 12350 (Μέρη 1-7) Δοκιμές νωπού σκυροδέματος
- ΕΛΟΤ EN 12390 (Μέρη 1-8) Δοκιμές σκληρυμένου σκυροδέματος
- ΕΛΟΤ EN 12504 (Λήψη πυρήνων και προσδιορισμός δείκτη αποκόλλησης)
- ΕΛΟΤ prEN 13791 Assessment of concrete strength in structures

**Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 206-1
“Σκυρόδεμα-Μέρος 1: Προδιαγραφή,
επιδόσεις, παραγωγή και συμμόρφωση”**

- εκπονήθηκε από την τεχνική επιτροπή CEN/TC 104 (γραμματεία DIN)
- Υιοθετήθηκε ως εθνικό πρότυπο ΕΛΟΤ το 2001
- Εφαρμογή σε όλη την Ε.Ε. από τον Ιούνιο 2004

**ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΔΗΜΟΣΙΑ
ΕΡΓΑ**

ΕΛΟΤ EN 206-1

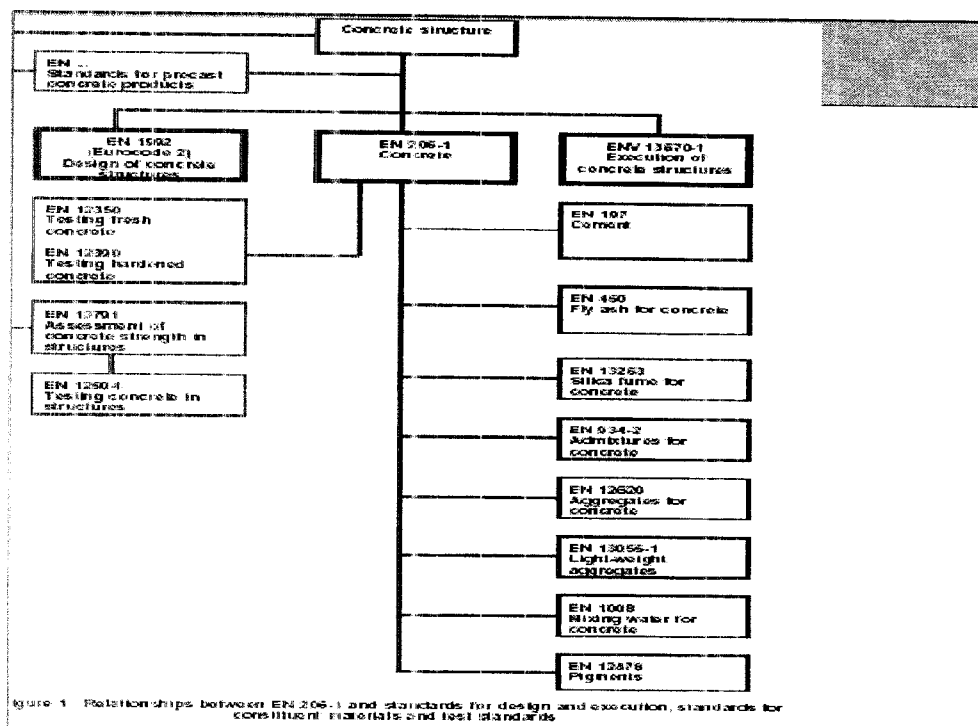
- DOA Μάρτιος 2001
- DOW Ιούνιος 2004

Τρεις νομικές Βάσεις των προδιαγραφών:

- Το ΠΔ **39/2001** για την υποχρέωση κοινοποίησης τεχνικών κανόνων προδιαγραφών ή κανονισμών. Το άρθρο καθορίζει τι σημαίνει πρότυπο, κανόνας και προδιαγραφή και διαδικασία εκπόνησης, σύνταξης και κοινοποίησης όλων των προδιαγραφών.
- Την οδηγία **93/37** που ως γνωστόν ιεραρχεί την χρήση των προτύπων και τεχνικών προδιαγραφών (Παράρτημα III και άρθρο 10)
- Το ΠΔ. **334/94** που εναρμονίζει την 89/106

Εφαρμογή του ΕΛΟΤ EN 206-1

- Υποχρεωτική εφαρμογή του ΕΛΟΤ EN 206-1 στα δημόσια έργα, λόγω των διατάξεων των Οδηγιών 92/50 και 93/37 (Μελετών και Κατασκευών Δημοσίων Έργων)
- Πολλές χώρες, ήδη, το εφαρμόζουν ενιαία και για τα ιδιωτικά τους έργα
- Θεσπίζει νέα δεδομένα για την ανθεκτικότητα και τον έλεγχο ποιότητας του σκυροδέματος



Εκπόνηση Εθνικού προσάρτηματος

Γιατί εθνικό προσάρτημα;

Το EN 206-1 είναι πρότυπο-πλαίσιο, θέτει τις ελάχιστες απαιτήσεις και θεσπίζει την δημιουργία εθνικών προσαρμογών λόγω διαφορετικών:

- Κατηγοριών προσβολής που επηρεάζουν την ανθεκτικότητα
- Κλιματολογικών συνθηκών
- Κατασκευαστικών πρακτικών στις χώρες της Ε.Ε.

Κατηγορίες περιβαλλοντικής έκθεσης

Πίνακας F.1 — Σχέδιο Ελάχιστων τιμών για την σύνθεση και τις ιδιότητες του σκυροδέματος

Μη απαιτούμενη αξιολόγηση και προσβολές	Κατηγορίες έκθεσης																		
	Ενανθράκωση					Οξείδωση οφειλόμενη σε χλωριόντα						Προσβολή υψής απόψυξης				Περιβάλλον με έντονα χημικά προσβολές			
						Θαλασσινό νερό			Αι. της προέλευσης χλωριόντα										
X0	XC 1	XC 2	XC 3	XC 4	XS 1	XS 2	XS 3	XD 1	XD 2	XD 3	XF 1	XF 2	XF 3	XF 4	XA 1	XA 2	XA 3		
Μέγιστη σχέση νερού / τσιμέντο	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,35	0,50	0,45	0,55	0,55	0,50	0,50	0,55	0,50	0,45	
Ελάχιστη κατηγορία αντοχής	C12/15	C20/25	C25/30	C28/35	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C32/40	C35/45	C28/35	C25/30	C35/45	C30/37	C28/35	C30/37	C35/45		
Ελάχιστη περιεκτικότητα σε τσιμέντο	-	270	300	320	320	330	340	360	310	340	360	300	300	320	320	350	370		
Περιεκτικότητα σε αέρα	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0 ^a	4,0 ^a	4,0 ^a	-	-		
Ελάχιστο πάχος επικάλυψης						40	40	45	40	45									
Άλλες Απαιτήσεις	Μη οπλισμένο				ΑΘΗ				Παροθα		Μόνιμα εντός		Ειδικά αβρανή				Γα/Ευρωπ		

Οι τιμές στο εθνικό προσάρτημα είναι υπό διαμόρφωση

- 1) Σκυρόδεμα προδιαγεγραμμένων απαιτήσεων (Σ.Π.Α.) – designed concrete –
- 2) Σκυρόδεμα δεδομένης σύνθεσης-prescribed concrete–.
- 3) Σκυρόδεμα με σύνθεση περιγραφόμενη σε άλλο πρότυπο ΕΛΟΤ

Υποχρέωση υποβολής γραπτής εντολής από τον επιβλέποντα μηχανικό στο εργοστάσιο παρασκευής σκυροδέματος που να περιέχει:

- Κατηγορία αντοχής σε θλίψη π.χ. C25/30
- Μέγιστο μέγεθος κόκκων π.χ. 22,4 mm
- Κατηγορία χλωριόντων
- Κατηγορία περιβαλλοντικής έκθεσης (Αθήνα = XC3, Θεσσαλονίκη = XS1)

Ρυθμίσεις εθνικού προσάρτηματος

- Το ελληνικό προσάρτημα καθορίζει μια από τις κύριες παραμέτρους σύστασης που είναι η κάθιση (S3)
- Το εθνικό προσάρτημα καθορίζει ποιος έχει δικαίωμα για την εκπόνηση μελέτης αυτού του σκυροδέματος (ποια εργαστήρια)

Σκυρόδεμα δεδομένης σύνθεσης

Αυτό το σκυρόδεμα συνήθως, χρησιμοποιείται σε ειδικά έργα ή σε έργα που ο κατασκευαστής διαθέτει μονάδα παραγωγής σκυροδέματος. Ο παραγωγός του σκυροδέματος αυτού (εργοστάσιο εργολήπτη ή εργοστάσιο παρασκευής σκυροδέματος) παράγει το σκυρόδεμα αυτό εάν δεχθεί εγγράφως τουλάχιστον τα παρακάτω:

- Μελέτη συνθέσεως
- Λόγο νερού / τσιμέντο

Οι έλεγχοι αντοχής γίνονται από τον προδιαγράφοντα. Το εργοστάσιο παραγωγής έχει ευθύνη μόνο για το παραδοτέο που είναι σύμφωνο με την παραπάνω εντολή.

Σκυροδέμα περιγραφόμενης σύνθεσης σε άλλο πρότυπο ΕΛΟΤ

Τα σκυροδέματα αυτά προσομοιάζουν με τα σκυροδέματα που χρησιμοποιούνται σήμερα στα απλά ελληνικά τεχνικά έργα.

Η προδιαγραφή που θα παραπέμπει το εθνικό προσάρτημα έχει τους παρακάτω περιορισμούς:

- Δεν μπορούν να έχουν μεγαλύτερη αντοχή από C16/20 ή σε ορισμένες περιπτώσεις C20/25.

Σκυροδέμα περιγραφόμενης σύνθεσης σε άλλο πρότυπο ΕΛΟΤ

- Δεν μπορούν να υποβληθούν σε κατηγορίες περιβαλλοντικής έκθεσης δυσμενέστερες από την XC0 ή XC1 (μόνο σοβαντισμένα ή μονωμένα ή εσωτερικά των κτιρίων σκυροδέματα).
- Μεγάλο περιθώριο αντοχών από την μέση χαρακτηριστική αντοχή $f_{cm} \geq f_{ck} + 12$.
- Αρχικός έλεγχος του παραγόμενου σκυροδέματος από τον Οργανισμό Τυποποίησης.

Δελτίο Παράδοσης

Ο παραγωγός υποχρεούται να προσκομίζει κάθε φορά αναλυτικό δελτίο παράδοσης (παραλαβής). Στη περίπτωση του ετοιμού σκυροδέματος έχουμε μεταξύ άλλων τα παρακάτω :

- Την πρώτη επαφή του τσιμέντου με το νερό (ημερομηνία, ώρα, λεπτά) καθώς και τον χρόνο αρχής και τέλους της παράδοσης

Δελτίο Παράδοσης

- Την παραπομπή στην προδιαγραφή (π.χ. ΣΠΑ), με τις σχετικές λεπτομέρειες κωδικών παράδοσης και παραγγελίας, καθώς και την δήλωση συμμόρφωσης του παραγωγού με την προδιαγραφή και στη περίπτωση ΣΠΑ :
- Την κατηγορία αντοχής και έκθεσης και περιεκτικότητας σε χλωριόντα καθώς και την κατηγορία σύστασης (π.χ. κάθιση)
- Το μεγαλύτερο ονομαστικό μέγεθος των αδρανών
- τις τιμές σύνθεσης του σκυροδέματος (όταν ζητείται)
- το τύπο και την κατηγορία τσιμέντου /προσμίκτων

Δελτίο Παράδοσης

Επιπλέον το Δελτίο Παράδοσης μπορεί να περιέχει:

- τους τύπους και τις ποσότητες των τσιμέντων, αδρανών και προσθέτων που έχουν χρησιμοποιηθεί
- την σχέση νερού / τσιμέντο
- τα εργαστηριακά δεδομένα σχετικά με την ανάπτυξη των αντοχών του σκυροδέματος που προσκόμισε
- την προέλευση των συστατικών
- το πιστοποιητικό συμμόρφωσης (προαιρετικά).

Το ελληνικό προσάρτημα θα ορίσει την αυστηρότητα των κριτηρίων συμμόρφωσης για τα πιστοποιητικά και τονίζει την απαγόρευση προσθήκης νερού καθώς και την υποχρέωση της αναγραφής του τύπου και της ποσότητας των προσμίκτων.

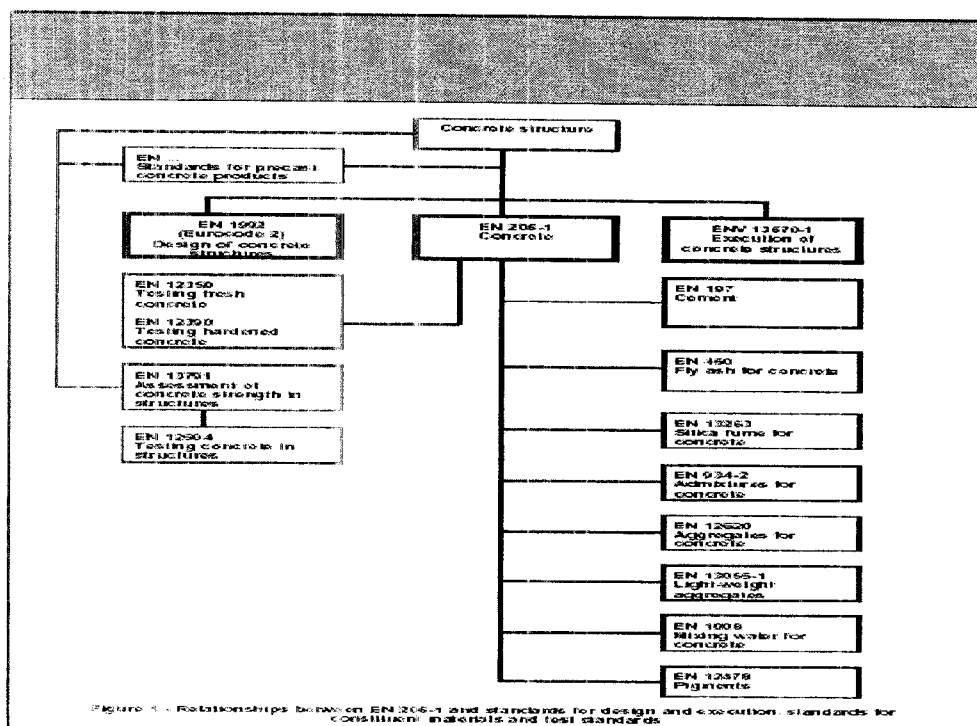
Ευρωπαϊκά Πρότυπα Συστατικών Σκυροδέματος

- Πρέπει να φέρουν την σήμανση CE τα παρακάτω προϊόντα που συμμορφώνονται με τα αντίστοιχα πρότυπα:
- Κοινά τσιμέντα (σύμφωνα με το) ΕΛΟΤ EN 197
- Αδρανή σκυροδέματος ΕΛΟΤ EN 12620
- Πρόσμικτα σκυροδέματος ΕΛΟΤ EN 934-2

Αναγκαιότητα τροποποίησης του ΚΤΣ- Μεταβατική περίοδος

- Ο ΚΤΣ είναι ασύμβατος και με το CE marking
- Είναι αναγκαία η άμεση τροποποίηση του ΚΤΣ και η εναρμόνισή του με τα ευρωπαϊκά πρότυπα σχετικά με τα συστατικά του και τις μεθόδους ελέγχου

- Στη μεταβατική περίοδο που θα συνισχύουν ο ΚΤΣ και το ΕΛΟΤ EN 206-1, θα πρέπει ο πρώτος να έχει εναρμονιστεί με τα προαναφερόμενα πρότυπα
- Οι σχετικές, με το σκυρόδεμα και τα αδρανή, τεχνικές επιτροπές του ΕΛΟΤ, εξετάζουν την εναρμόνιση αυτή



ΝΕΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΧΑΛΥΒΑ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

- prEN 10080-1 Steel for the reinforcement of concrete - Weldable reinforcing Steel - Generalities-Part 1: General requirements
- Σχέδιο ΕΛΟΤ 1421 "Χάλυβες Οπλισμού Σκυροδέματος -Συγκολλήσιμοι χάλυβες"
 - Μέρος 1:Γενικές Απαιτήσεις
 - Μέρος 2:Τεχνική Κατηγορία B500A
 - Μέρος 3:Τεχνική Κατηγορία B500C

Διαγράμματα της Σήμανσης CE

Εναρμονισμένο ευρωπαϊκό πρότυπο



Ευρωπαϊκό πρότυπο + Προσάρτημα ZA

Προσάρτημα ZA επεξηγεί πως εφαρμόζεται το

CE marking

Προσάρτημα ZA

Δίνει τις απαραίτητες κανονιστικές απαιτήσεις



- το Ευρωπαϊκό πρότυπο καθίσταται εναρμονισμένο ταυτοποιώντας τις παραγράφους των βασικών απαιτήσεων καθώς και των εντολών τυποποίησης δίνοντας συγκεκριμένες απαιτήσεις
- καθορίζοντας το τρόπο και το σύστημα Βεβαίωσης της Συμμόρφωσης

Τα συστήματα συμμόρφωσης

4 επίπεδα αξιολόγησης της συμμόρφωσης



Επίπεδο 1, 1+

•Λήψη δοκιμών από την αγορά (μόνο στο 1+)

Επίπεδο 2, 2+

•Δοκιμές δοκιμών στο εργοστάσιο

•Συνεχής επιτήρηση

Επίπεδο 3:

•Αρχική επιθεώρηση

• Δειγματοληψία από εξωτερικό εργαστήριο (μόνο στο 3. | 1+)

Επίπεδο 4:

•Αρχική δοκιμή προϊόντος

•Έλεγχος της παραγωγής στο εργοστάσιο

• Δήλωση παραγωγού

Διάγραμμα σήμανσης CE Δομικών Προϊόντων

CE

0123

O-Ltd, P.O. Box 21, GR - 10500

00

0123 – CPD - 0001

EN 1234 (Internal use - Type II)

Reaction to fire - Class B

Flexural tensile strength – 10 kN/m²

Thermal conductivity - NPD

Εφαρμοζόμενα πρότυπα

Τσιμέντο ΕΛΟΤ EN 197-1

Σύστημα 1+

Από το 2002

Πρόσμικτα σκυροδέματος ΕΛΟΤ EN 934-2

Σύστημα 2+

Από το 2003

Εφαρμοζόμενα πρότυπα

Δομική Άσβεστος ΕΛΟΤ EN 459-1

Σύστημα 2

Από το 2003

Αδρανή Σκυροδέματος ΕΛΟΤ EN 12620

Σύστημα 2+

Από το 2004

Υποχρεώσεις σήμανσης CE

Σύστημα 4

Γτσιμεντοσωλήνες ΕΛΟΤ EN 1916

Από 11-2004

Πλάκες πεζοδρομίου ΕΛΟΤ EN 1339

Από Μάρτιο 2005

Έτοιμα Κονιάματα ΕΛΟΤ EN 998-2

Βιομηχανικές Πόρτες ΕΛΟΤ 13241-1

Από Μάιο 2005

Πόρτες- Παράθυρα ΕΛΟΤ 14351-1

Μάρμαρα

Δάπεδα: ΕΛΟΤ EN 12057

Ορθομαρμαρώσεις: ΕΛΟΤ EN 12058

Σύστημα 3

Εφαρμογή: Αύγουστος 2006

ΑΝΑΚΕΦΛΑΙΩΣΗ

- Τα δομικά προϊόντα οφείλουν να συμμορφώνονται με τα ευρωπαϊκά πρότυπα, ή τις Ευρ. Τεχνικές Εγκρίσεις
- Να ακολουθούν ένα σύστημα συμμόρφωσης

- Να απευθύνονται σε κοινοποιημένο οργανισμό στα συστήματα 1, 1+ και 2, 2+
- Να απευθύνονται σε κοινοποιημένο εργαστήριο σύστημα 3

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Ο Παραγωγός σε οποιοδήποτε σύστημα και αν ανήκει οφείλει:

- Να τηρεί πλήρη έλεγχο της παραγωγής στο εργοστάσιο - **FPC**- (σχεδόν ISO 9001 με συγκεκριμένο πρόγραμμα ελέγχου ποιότητας και δοκιμών και τήρησης αρχείων)
- Να προβαίνει σε αρχική δοκιμή τύπου του προϊόντος -**ITT**- πριν τη διάθεσή του στην αγορά ή μετά από τροποποίηση του στο σχεδιασμό, ή αλλαγή στη διαδικασία παραγωγής, ή αλλαγή υλών.

Ευχαριστώ για την προσοχή σας !

**ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ (ΣΤΟΙΧΕΙΑ) ΚΑΙ
ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**
(ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΟΜΙΛΙΑΣ)

**Κ.ΓΕΩΡΓΙΟΥ, Πολ. Μηχανικός
Ε.Μ.Π.**

ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ – Κύριες αιτίες

Η ανθεκτικότητα των κατασκευών από σκυρόδεμα (συνήθως οπλισμένο) στη διάρκεια του χρόνου, μπορεί να χωριστεί σε δύο μεγάλες κατηγορίες, στην ανθεκτικότητα του **σκυροδέματος αυτού καθ' αυτού** και στην ανθεκτικότητα της **οπλισμένης κατασκευής**, συμπεριλαμβανομένου και του οπλισμού.

Αποσάθρωση του σκυροδέματος

Οι κύριες αιτίες για την αποσάθρωση του σκυροδέματος σε γενικές γραμμές είναι:

- **ΦΘΟΡΕΣ ΑΠΟ ΤΡΙΒΗ ΚΑΙ ΚΡΟΥΣΗ**, οφείλονται σε δράσεις του περιβάλλοντος, αέρας, νερό, φερτά υλικά, κίνηση οχημάτων, θαλάσσιο κύμα κλπ. Οι φθορές είναι ανάλογες της έντασης των εξωτερικών δράσεων και αντιστρόφως ανάλογες της «σκληρότητας» - ανθεκτικότητας των αδρανών και αντοχής σκυροδέματος κυρίως στην επιφάνεια που υφίσταται τις δράσεις.

Συνήθως οι φθορές από καιρικά φαινόμενα, ανάλογα με το κλίμα της περιοχής που βρίσκεται η κατασκευή, είναι ήπιες. Παράδειγμα τα κονιάματα που σώζονται σε κατασκευές τουλάχιστον 2000 ετών (Ρωμαϊκά υδραγωγεία).

- **ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ ΛΟΓΩ ΑΛΚΑΛΟΠΥΡΙΤΙΚΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ**, οφείλεται σε αντίδραση των αλκαλίων του τσιμέντου με συγκεκριμένο είδος πυριτικών αδρανών που περιέχουν συγκεκριμένο είδος άμορφου SiO_2 . Η αντίδραση αυτή προκαλεί διόγκωση, στην οποία οφείλεται η αποσάθρωση του σκυροδέματος. Το φαινόμενο έχει μεγάλες διαστάσεις στη βόρεια Ευρώπη και Αμερική όπου χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο πυριτικά αδρανή.

Ο κίνδυνος για τη χώρα μας είναι πολύ μειωμένος γιατί κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούμε ασβεστολιθικά αδρανή και επιπλέον, όπου χρησιμοποιούνται πυριτικά αδρανή, αυτά δεν είναι ενεργά.

Τρόποι αντιμετώπισης είναι η χρησιμοποίηση τσιμέντων με χαμηλά αλκάλια "low alkali" και ο εμπειριστατωμένος έλεγχος της πηγής των αδρανών πριν τη χρήση.

- **ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ ΛΟΓΩ ΠΑΓΕΤΟΥ**, οφείλεται στην εναλλαγή κύκλων ψύξης απόψυξης του σκυροδέματος με παρουσία υγρασίας ή νερού, το οποίο κατά τη φάση της ψύξης λόγω της μετατροπής του σε πάγο διογκώνεται και αποσαθρώνει το σκυρόδεμα που περικλείει πόρους ή ρογμές γεμάτες με νερό.

Το φαινόμενο στη χώρα μας, λόγω κλίματος, περιορίζεται σε λίγες περιοχές. Τρόποι αντιμετώπισης είναι η υψηλή αντοχή σκυροδέματος (μειωμένο περώδες) και η χρήση κατάλληλων προσθέτων (αερακτικά πρόσθετα).

- **ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ ΑΠΟ ΘΕΙΚΑ ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΡΟΣΒΟΛΕΣ**, οφείλεται στη χημική δράση διαφόρων ουσιών στο σκυρόδεμα. Ανάλογα με την ουσία που προκαλεί τη δράση υπάρχει και διαφορετική αντιμετώπιση. (Πίνακας 12.4 του Κ.Τ.Σ. '97).

Γενικά, μέτρα προφύλαξης ανάλογα με τη ένταση της δράσης είναι η μείωση του Ν/Τ, η χρήση ειδικού τύπου τσιμέντου, ο οποίος έχει ανθεκτικότητα στη συγκεκριμένη χημική δράση και η χρήση επαρκούς ποσότητας από το συγκεκριμένο τσιμέντο (ελάχιστη ποσότητα τσιμέντου ανά m^3 σκυροδέματος).

Διάβρωση οπλισμένου σκυροδέματος

Η αποσάθρωση μιας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα, οφείλεται κατά κύριο λόγο στην διάβρωση – οξείδωση του οπλισμού. Η οξείδωση του οπλισμού προκαλεί διόγκωση, η οποία με τη σειρά της προκαλεί εφελκυστικές τάσεις στο σκυρόδεμα που περιβάλλει τον οπλισμό, που προκαλούν μεγάλες ρηγματώσεις και αποκόλληση της επικάλυψης του οπλισμού. Η οξείδωση του οπλισμού έχει σαν αποτέλεσμα επίσης την απομείωση της διατομής του, με αποτέλεσμα να μη μπορεί να αναλάβει τα φορτία τα οποία σχεδιάστηκε να αναλάβει.

Η διάβρωση του οπλισμού σε γενικές γραμμές οφείλεται στο CO₂ της ατμόσφαιρας και/ή στην ύπαρξη χλωριόντων. Το CO₂ αλλάζει το PH του σκυροδέματος που περιβάλλει τον οπλισμό, με αποτέλεσμα να καταστρέφεται η προστατευτική στρώση που περιβάλλει τον οπλισμό. Τα χλωριόντα διαβρώνουν τον οπλισμό με ηλεκτροχημική δράση.

Οι επιβλαβείς παράγοντες CO₂ και χλωριόντα εισέρχονται στη μάζα του σκυροδέματος από τα κενά που υπάρχουν σ' αυτήν, τα οποία οφείλονται σε ρηγματώσεις και μικρορηγματώσεις, τα οποία με μία λέξη τα αποκαλούμε «πορώδες» του σκυροδέματος.

Η ταχύτητα διείσδυσης του CO₂, εκτός από το μέγεθος του πορώδους του σκυροδέματος, εξαρτάται από τη συγκέντρωσή του, τη θερμοκρασία και το ύψος της σχετικής υγρασίας της ατμόσφαιρας. Η μέγιστη διείσδυση επιτυγχάνεται με σχετική υγρασία στην περιοχή 50% - 70% περίπου.

Η ταχύτητα διείσδυσης- διάχυσης των χλωριόντων, εκτός από το μέγεθος του πορώδους, εξαρτάται από τη θερμοκρασία και από τη χημική σύσταση του τσιμέντου. Τσιμέντα που περιέχουν ποξολάνες και σκωρία υψικαμίνων επιβραδύνουν την ταχύτητα διείσδυσης των χλωριόντων σε σχέση με τα αμιγή τσιμέντα. Γενικά η προσβολή των χλωριόντων είναι εντονότερη από την προσβολή από CO₂.

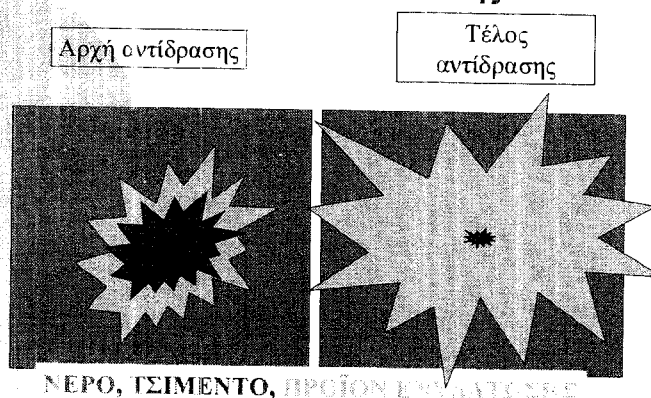
Και στις δύο περιπτώσεις προσβολής, CO₂ και χλωριόντων, με σταθερές τις υπόλοιπες παραμέτρους (πορώδες κλπ), ουσιαστικός αρνητικός παράγοντας για τη διείσδυση, είναι το πάχος της επικάλυψης του οπλισμού.

ΠΟΡΩΔΕΣ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Μηχανισμός δημιουργίας του πορώδους στο σκυρόδεμα

Ο μηχανισμός δημιουργίας των ρηγματώσεων και μικρορηγματώσεων στο σκυρόδεμα, που με μία λέξη αποκαλούμε πορώδες, σχετίζεται με τον βασικό μηχανισμό σκλήρυνσης του σκυροδέματος και της αύξησης της αντοχής του, τη χημική αντίδραση του νερού με το τσιμέντο, που ονομάζεται «ενυδάτωση του τσιμέντου». Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ενδεικτικά ο μηχανισμός ενυδάτωσης του τσιμέντου.

Διαδικασία ενυδάτωσης



Σε χοντρικές γραμμές, η περιγραφή της αντίδρασης έχει ως εξής. Στην αρχή της αντίδρασης ο κόκκος του τσιμέντου που περιβάλλεται από νερό, αντιδρά με το νερό δημιουργώντας σύμπλοκα άλατα σε μορφή βελόνας. Στην αρχή αντιδρά η εξωτερική επιφάνεια του κόκκου και όσο προχωρεί η αντίδραση προς το εσωτερικό του κόκκου, τόσο πιο πολλά άλατα δημιουργούνται καταλαμβάνοντας μεγαλύτερο όγκο. Η αντίδραση προχωράει με την πάροδο του χρόνου, οπότε ο όγκος των αλάτων καταλαμβάνει το μέγιστο όγκο που μπορεί να καταλάβει. Η πρόοδος της αντίδρασης με την πάροδο του χρόνου είναι ασυμπτωτική και ποτέ δεν πραγματοποιείται η πλήρης ενυδάτωση του τσιμέντου.

Οι «βελόνες» των συμπλόκων αλάτων – προϊόντων αντίδρασης τσιμέντου – νερού των κόκκων που γειτνιάζουν. «μπλέκονται» μεταξύ τους, δημιουργώντας ένα στερεό σύμπλεγμα, το οποίο αποτελεί την στερεά τσιμεντόπαστα. Η σκληρυμένη τσιμεντόπαστα μαζί με τα περιεχόμενα αδρανή, αποτελούν το σκληρυμένο σκυρόδεμα.

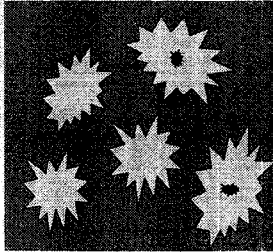
Το σύνολο των κενών που απομένει μεταξύ των προϊόντων της ενυδάτωσης, αποτελεί το πορώδες του σκυροδέματος, το οποίο, ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες και της απόστασης του κάθε τμήματος του σκυροδέματος από ελεύθερη επιφάνεια, μπορεί να είναι πλήρες νερού ή αέρα.

Σχέση αντοχής, N/T και πορώδους

Το νερό που απαιτείται για την πλήρη αντίδραση του τσιμέντου με το νερό είναι περίπου το 22-23% του βάρους του τσιμέντου, δηλαδή $N/T=0,23$. Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχει περίσσεια νερού για τις υπόλοιπες ιδιότητες που πρέπει να έχει το σκυροδεμα, όπως η εργασιμότητα, αντλησιμότητα κλπ. Για να αποκτήσει το σκυρόδεμα αυτές τις ιδιότητες, εκτός των άλλων, απαιτείται περίσσεια νερού. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ενδεικτικά η επίδραση της σχέσης N/T στην αντοχή και στα κενά-πορώδες του σκυροδέματος.

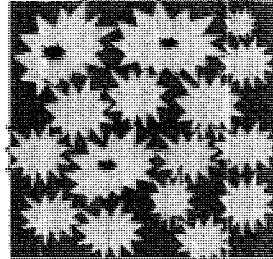
Αντοχή, N/T, Πορώδες

Χαμηλή κατηγορία αντοχής,
Λίγο τσιμέντο, Μεγάλος N/T



Υψηλή κατηγορία αντοχής,

Πολύ τσιμέντο, Χαμηλός N/T

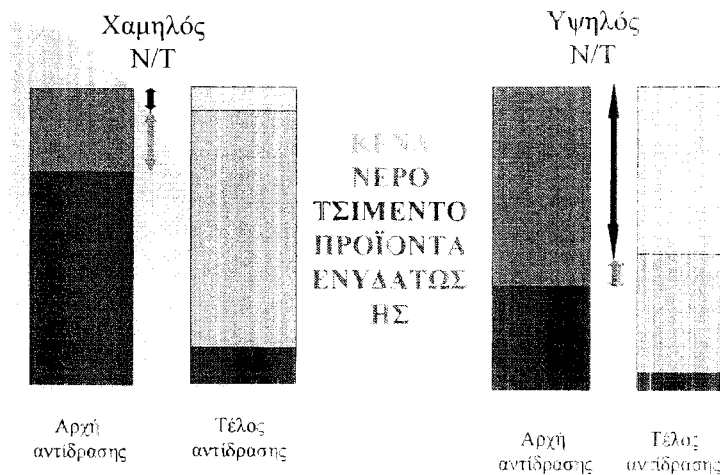


ΝΕΡΟ, ΤΣΙΜΕΝΤΟ, ΠΡΟΪΟΝ ΕΝΥΔΑΤΩΣΗΣ

Όσο περισσότερο είναι το νερό σε σχέση με το τσιμέντο (μεγάλος N/T), οι βελόνες των προϊόντων ενυδάτωσης «μπλέκονται» λίγο μεταξύ τους, τα κενά που σχηματίζονται μεταξύ των προϊόντων ενυδάτωσης (πορώδες) των διπλανών κόκκων είναι σχετικά μεγάλα, με αποτέλεσμα η τάση που απαιτείται για να σπάσει αυτός ο «δεσμός», να είναι σχετικά μικρή, οπότε και η αντοχή είναι μικρή (αριστερό σχ.). Όταν το νερό σε σχέση με το τσιμέντο είναι λιγότερο (μικρός N/T), οι βελόνες των προϊόντων ενυδάτωσης είναι «σφιχτά μπλεγμένες» μεταξύ τους, τα κενά που σχηματίζονται μεταξύ τους είναι σχετικά μικρά, με αποτέλεσμα η τάση που απαιτείται για να «σπάσει» αυτός ο δεσμός να είναι μεγαλύτερη από το πρώτο παράδειγμα (δεξιό σχ.). Οι λόγοι N/T για τα συνηθισμένα έργα κυμαίνονται από 0,45 – 0,70. Για ειδικά σκυροδέματα μπορούμε να φτάσουμε και την τιμή N/T=0,30-0,35.

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζονται ογκομετρικά οι δύο παραπάνω περιπτώσεις.

ΣΧΕΣΗ ΑΝΤΟΧΗΣ - ΠΟΡΩΔΟΥΣ



Το βέλος \updownarrow δείχνει το μέρος του νερού που αντιδρά με το τσιμέντο. Το υπόλοιπο ή παραμένει εντός ή εξατμίζεται, όταν οι συνθήκες το επιτρέψουν

Η επίπτωση στο πορώδες, τη «δίοδο» μέσω της οποίας εισέρχονται οι παράγοντες που προσβάλλουν τον σπλισμό, των διαφόρων παραμέτρων, για σταθερά όλα τα υπόλοιπα, είναι:

- Μεγάλη ποσότητα τσιμέντου → μικρό πορώδες

- Μικρός λόγος N/T → μικρό πορώδες
- Μεγάλη αντοχή → μικρό πορώδες.

ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ

Για τον σπλισμό, το στοιχείο του σκυροδέματος που είναι αποφασιστικής σημασίας για τη διάρκεια ζωής του, είναι η επικάλυψη. Όσο πυκνότερη η επικάλυψη, μεγάλη αντοχή, μικρότερος λόγος N/T, μεγάλη ποσότητα τσιμέντου και σε τελευταία ανάλυση, όσο μικρότερο είναι το πορώδες, τόσο πιο δύσκολα η επικάλυψη είναι διαπερατή.

Όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος της επικάλυψης, τόσο μεγαλύτερος χρόνος απαιτείται για να φτάσουν οι επιβλαβείς παράγοντες στον σπλισμό.

Σημειώνεται ότι η ταχύτητα διείσδυσης ακολουθεί νόμο \sqrt{t} , όπου t ο χρόνος.

Παραδειγμα της σχέσης διείσδυσης συναρτήσει του χρόνου δίνεται στο παρακάτω σχήμα.

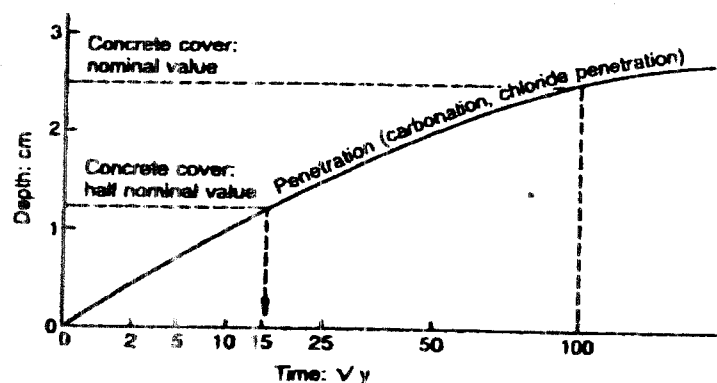


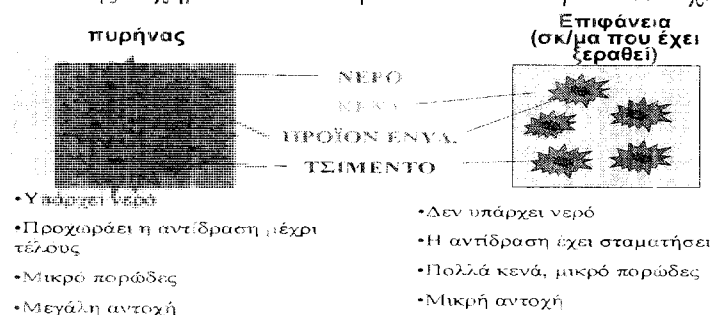
Fig. 6.9. Example of the effect of the thickness of the concrete cover. For the nominal concrete cover, carbonation reaches the surface of the reinforcement after 100 years. If the cover is reduced to half of the nominal thickness, the penetration occurs in only 15 years

Η σημαντικότητα του πάχους της επικάλυψης φαίνεται από το ότι όταν η επικάλυψη μειωθεί κατά το μισό, η διάρκεια ζωής μειώνεται κατά 85% περίπου.

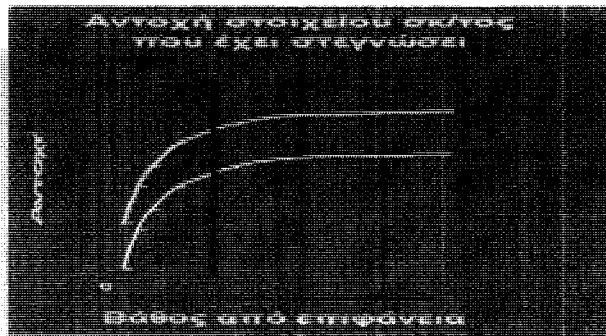
ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Στην Ελλάδα η συνηθισμένη πρακτική είναι να συντηρούνται τα οριζόντια στοιχεία για μερικές ημέρες και τα κατακόρυφα σχεδόν καθόλου. Αυτή η πρακτική έχει δυσμενή επίδραση στο πορώδες της επικάλυψης του σκυροδέματος.

Γα αναφερόμενα στην αντίστοιχη παράγραφο, ισχύουν με την βασικά προϋπόθεση της ύπαρξης των συστατικών για την αντίδραση, Νερού και Τσιμέντου. Όταν για οποιδήποτε λόγο κατά την πρόοδο της ενυδάτωσης υπάρξει έλλειψη νερού, η πρόοδος της αντίδρασης διακόπτεται, οπότε σταματά και η αύξηση του όγκου των προϊόντων ενυδάτωσης. Σχηματικό αυτό φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες, όταν η συντήρηση σταματήσει, το νερό που δεν έχει ακόμη αντιδράσει με το τσιμέντο αρχίζει να εξατμίζεται. Η εξατμωση είναι μεγάλη στην επιφάνεια και μειώνεται όσο προχωρούμε στο βάθος. Έτσι ενώ στον πυρήνα του σκυροδέματος η ενυδάτωση του τσιμέντου προχωρά, στις επιφανειακές στιβάδες του σκυροδέματος, η ενυδάτωση σταματά. Έτσι το πορώδες του σκυροδέματος ή η αντοχή του σε σχέση με την απόσταση από την επιφάνεια, για συγκεκριμένη αρχική κατηγορία αντοχής, μπορεί σχηματικά να απεικονιστεί ως εξής:



Στην πράξη, η επικάλυψη έχει μεγαλύτερο πορώδες από τον πυρήνα ή αντίστροφα μικρότερη αντοχή

Έτσι η διαπερατότητα του σκυροδέματος στην ευρύτερη περιοχή της επιφάνειας όταν η συντήρηση έχει διαρκέσει για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, είναι μεγάλη στην επιφάνεια και μειώνεται συναρτήσει του βάθους, μέχρι το ελάχιστο που μπορεί να φτάσει, το οποίο εξαρτάται από τη συμβατική αντοχή του σκυροδέματος. Όλα αυτά συγκεντρωτικά φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα.

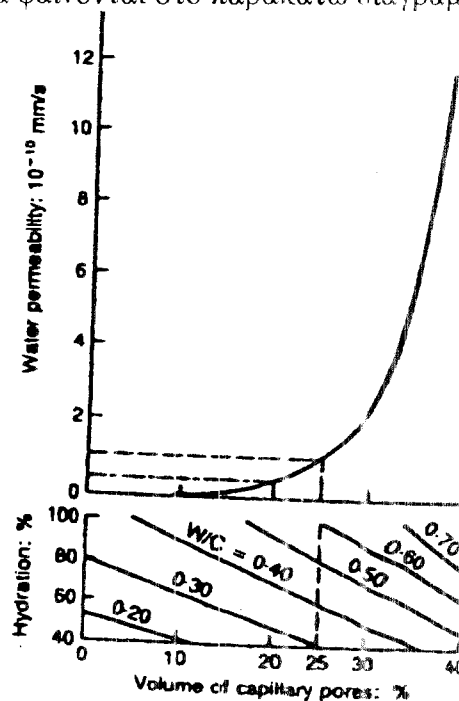


Fig. 6.10 (right). Influence of W/C ratio on permeability¹⁰

Συμπερασματικά για καλή προστασία του σπλισμού απαιτούνται:

1. Μεγάλο πάχος επικάλυψης

2. Επικάλυψη με μειωμένη διαπερατότητα (μεγάλη αντοχή, πολύ τσιμέντο, χαμηλό Ν/Τ)
3. Καλή συντήρηση εξωτερικής επιφάνειας, ώστε να αξιοποιηθεί η μειωμένη διαπερατότητα που έχει σχεδιαστεί (παρ. 2)
4. Καλή συμπίκνωση, ιδίως της εξωτερικής επιφάνειας (νέες τεχνολογίες, αυτοσυμπυκνούμενο σκυρόδεμα)

ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Στο παραθαλάσσιο περιβάλλον, εκτός του CO₂ δρουν αθροιστικά και τα Cl⁻, των οποίων η δραστηριότητα είναι μεγαλύτερη από του CO₂. Εκτός της μειωμένης διαπερατότητας, στην αντίσταση της διείσδυσης των Cl⁻ παίζει ρόλο και το είδος του τσιμέντου. Έχει βρεθεί ότι τσιμέντα με ποζολάνες ή με σκωρία υψικαμίνων, τύπου II, III, IV σύμφωνα με το νέο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 197-1, είναι ανθεκτικότερα στη διείσδυση των Cl⁻ από ότι τα «καθαρά» (τύπου I, ΕΛΟΤ EN 197-1).

Παρακάτω φαίνονται οι απαιτήσεις που θέτουν οι κανονισμοί διαφόρων χωρών για έκθεση περιβάλλοντος S1 (σε αέρα κορεσμένο σε θαλάσσια άλατα), η οποία για τη χώρα μας έχει τη μεγαλύτερη σημασία.

**Τι προβλέπεται από τους Κανονισμούς
(EN 206)
για παραθαλάσσιο περιβάλλον (S1)**

	μέγιστος Ν/Τ	ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου	ελάχιστη αντοχή
Γερμανία	0,50	300	C 30/37
Αγγλία	0,50	340	C 32/40
Γαλλία	0,55	330	C 30/37
Ιταλία	0,50	340	C 32/40
Ελλάδα (ΚΤΣ 97)	0,60	330	

Πρακτικές κατασκευής στην Ελλάδα

Οι σημερινές πρακτικές κατασκευής στα έργα στην Ελλάδα, όσον αφορά την κατηγορία σκυροδέματος και την κατασκευή, μπορούν να συνοψιστούν ως εξής.

- Ο σχεδιασμός στις μελέτες γίνεται για αντοχή C16/20 και C 20/25.
- Συνήθως, για λόγους εργασιμότητας και ευκολίας στη διάστρωση, γίνεται προσθήκη νερού στο έργο.
- Τη δεύτερη μέρα τα κατακόρυφα στοιχεία ξεκαλουπώνονται
- Η τοποθέτηση αποστατήρων είναι μη συνηθισμένη πρακτική, με αποτέλεσμα οι οπλισμοί να μην έχουν την επικάλυψη που οι κανονισμοί ορίζουν.

Οι επιπτώσεις των παραπάνω συνοψίζονται ως εξής.

- Η αντοχή σχεδιασμού (C16/20 και C 20/25) είναι χαμηλή όσον αφορά τις απαιτήσεις διαπερατότητας.
- Η προσθήκη επιπλέον νερού μειώνει κατά μία κατηγορία περίπου την αρχική αντοχή, με αποτέλεσμα στην πραγματική κατασκευή η διαπερατότητα του συνόλου του σκυροδέματος να είναι ακόμη μικρότερη.
- Η πρακτική του ξεκαλουπάματος τη δεύτερη μέρα, χωρίς τη μετέπειτα συντήρηση των κατακόρυφων στοιχείων, έχει σαν αποτέλεσμα η επικάλυψη του οπλισμού να μην έχει ούτε αυτή την αντοχή που προκύπτει μετά την προσθήκη νερού, αλλά ακόμη μικρότερη λόγω ξήρανσης της εξωτερικής επιφάνειας και διακοπής της ενυδάτωσης του τσιμέντου.
- Η έλλειψη αποστατήρων επιφέρει δραματική μείωση του πάχους της επικάλυψης, η οποία σε συνδυασμό με τα προηγούμενα, έχει σαν

αποτέλεσμα η προστασία του οπλισμού να είναι τελείως ανεπαρκής, με αποτέλεσμα την ταχεία οξείδωση του οπλισμού.

Προτάσεις για την θωράκιση της κατασκευής ως προς τη διάρκεια ζωής

- Θεωρούμε ότι το ελάχιστο που πρέπει να εξασφαλίζεται, είναι οι απαιτήσεις των κανονισμών ως προς την περιεκτικότητα σε τσιμέντο, N/T κλπ. Ο ΚΤΣ επιβάλλει σε παραθαλάσσιο σκυρόδεμα ελάχιστο τσιμέντο 330kg/m³.
- Η απαίτηση αυτή δεν είναι άμεσα ούτε έμμεσα ελέγξιμη, γι' αυτό προτείνεται ο σχεδιασμός με ελάχιστη κατηγορία σκυροδέματος C 25/30, για την επίτευξη της οποίας απαιτείται η προαναφερόμενη ποσότητα τσιμέντου.
- Να αποφεύγεται αυστηρά η προσθήκη νερού στο έργο. Για τις απαιτήσεις υψηλής εργασιμότητας, να χρησιμοποιείται μόνον υπερρευστοποιητής.
- Να επιβάλλεται ο αυστηρός έλεγχος για όχι μόνο για τη χρήση, αλλά και για την ορθή χρήση αποστατήρων.
- Πρέπει να αποφεύγεται το ξεκαλούπωμα των κατακόρυφων στοιχείων την επόμενη μέρα της σκυροδέτησης.



«Εφαρμογές Θραυστομηχανικής στο Σκυρόδεμα»

Φίλιππος Κ. Περδικάρης, Καθηγητής
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Πολυτεχνική Σχολή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
ΒΟΛΟΣ

Ημερίδα «Θέματα Τεχνολογίας Σκυροδέματος και Δομικών Χαλύβων με τα νέα Ευρωπαϊκά Πρότυπα 1
ΕΛΟΤ EN», 16 Απριλίου 2005, ΤΕΕ Μαγνησίας, Βόλος



ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

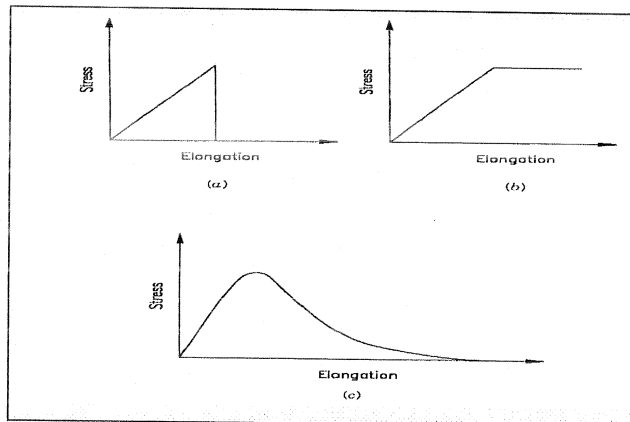
Ένα υλικό με

- σχετικά χαμηλή εφελκυστική αντοχή
- Αστοχία σε εφελκυσμό εξαιρετικά ψαθυρή

Φυσικό επακόλουθο είναι η ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ η οποία πολύ δύσκολα αποφεύγεται

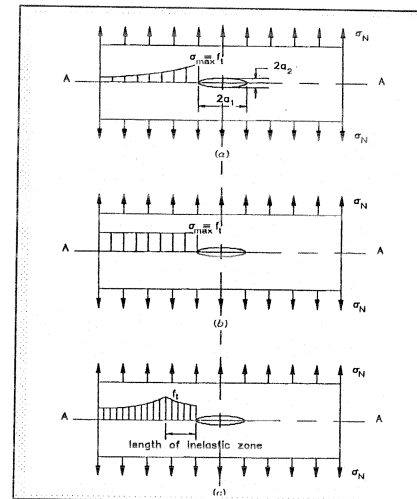
Η μόνη δυνατότητα είναι ο ΕΛΕΓΧΟΣ της ρηγμάτωσης και ένας αποτελεσματικός τρόπος ελέγχου της είναι η χρήση ινών (Ινοπλισμένο Σκυρόδεμα), δηλαδή ο όσο το δυνατόν ομοιόμορφος οπλισμός του σκυροδέματος με αποτέλεσμα:

- αύξηση της εφελκυστικής αντοχής
- βελτίωση της πλαστιμότητας και όλκιμη συμπεριφορά



Τάση-Παραμόρφωση (επιμήκυνση) για διαφορετικές αστοχίες υλικών:
(α) γραμμική/ελαστική - ψαθυρό, (β) ελαστοπλαστική - όλκιμη, (γ) ελαστική με
φθίνοντα κλάδο - ημιψαθυρό .

3



Διαφορετικές αστοχίες υλικών:
(α) ψαθυρή,
(β) πλαστική - όλκιμη,
(γ) ημιψαθυρή

4



ΘΡΑΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ

Θραυστομηχανική είναι η μελέτη της συμπεριφοράς και αστοχίας κατασκευών σαν αποτέλεσμα της δημιουργίας (έναρξης) ρωγμών (ής) και διάδοσής των (της).

Η χρησιμότητα της Θραυστομηχανικής (κατά Broek) είναι η απάντηση στα εξής ερωτήματα:

5



ΓΙΑ ΠΟΙΟ ΛΟΓΟ ΘΡΑΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ;

Καθόσον αφορά στο σχεδιασμό κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος θα πρέπει

1. να λαμβάνεται υπόψη η απαιτούμενη ενέργεια για τη δημιουργία ρωγμών
2. τα αποτελέσματα της ανάλυσης κατασκευών να είναι ανεξάρτητα από επιλογές όπως π.χ. το είδος και μέγεθος του κανάβου σε σχέση με το μέγεθος του φορέα
3. η ανάλυση να είναι συμβατή με το γεγονός ότι το διάγραμμα φορτίου-παραμόρφωσης υλικών όπως το σκυρόδεμα (ιδιαίτερα σκυρόδεμα υψηλής αντοχής και στοιχείων κατασκευών μεγάλων σχετικά διαστάσεων) δεν παρουσιάζει πλάσσιμη συμπεριφορά (yield plateau) (βλέπε περίπτωση διάτρησης πλάκας σκυροδέματος)
4. να μπορεί η ανάλυση να υπολογίζει επαρκώς την ικανότητα απορρόφησης ενέργειας και την πλαστικότητα της κατασκευής
5. να λαμβάνονται υπόψη φαινόμενα κλίμακας

6



Παράμετροι στη Θραυστομηχανική

- τάση, σ
- στερρότητα (δυσθραυστότητα)-αντίσταση σε θραύση

Κρίσιμος Συντελεστής Εντατικής Κατάστασης:

$$K_{Ic} = \sigma (\pi a)^{1/2}$$

Ενέργεια Θραύσης/ανά μονάδα επιφάνειας ρωγμής:

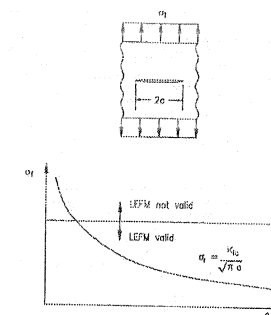
$$G_{Ic} = G_f = K_{Ic}^2 / E$$

- μέγεθος της ρωγμής (ατέλειας), a

7



ΘΡΑΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ (συνέχεια)



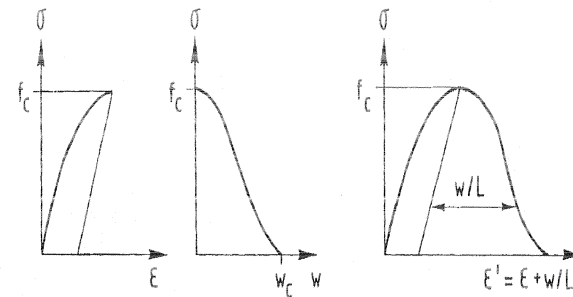
8



ΘΡΑΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ (συνέχεια)

- Ποιό είναι το κρίσιμο μήκος ρωγμής (ατέλεια), δηλαδή ποιά είναι τα ανεκτά όρια μήκους ρωγμής στη φάση λειτουργίας;
- Ποιά είναι η απομένουσα αντοχή μιας κατασκευής σαν συνάρτηση του μήκους ρωγμής;
- Σε πόσο χρόνο μία ρωγμή με ένα δεδομένο αρχικό μήκος γίνεται κρίσιμη;
- Τι αρχικό μήκος ρωγμής είναι επιτρεπτό τη στιγμή που η αρχίζει η φάση λειτουργίας για μία κατασκευή

9



Διαγράμματα τάσης-ανηγμένης παραμόρφωσης και τάσης-παραμόρφωσης σε μία εντοπισμένη ζώνη αστοχίας στο σκυρόδεμα (Hillerborg)

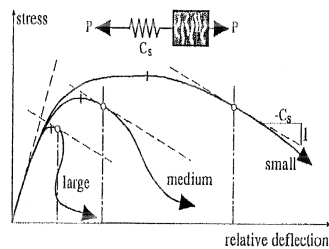
10



Πειραματικές Δοκιμές Υλικών

Η πειραματική διαδικασία βελτιώνεται συνεχώς τα τελευταία 20 χρόνια και προχωρημένες μέθοδοι έχουν επιτευχθεί:

- ελεγχόμενη επιβολή παραμόρφωσης (δέλος κάμψης ή άνοιγμα ρωγμής) για ψαθυρά υλικά μέσω συσκευών με κατάλληλο ηλεκτρονικό εξοπλισμό



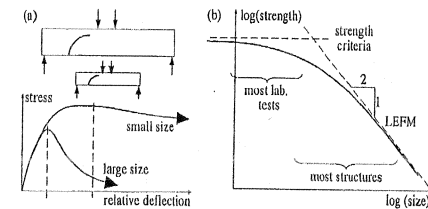
11



ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΚΛΙΜΑΚΑΣ

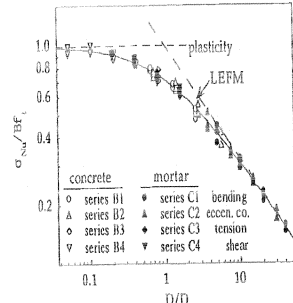
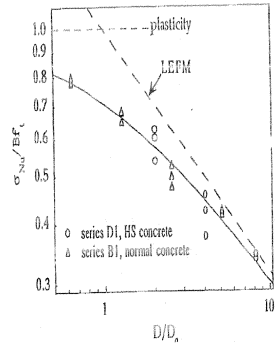
Η αντοχή μιας κατασκευής που υπολογίζεται με βάση θεωρία οριακού φορτίου ή γενικά με κριτήρια αστοχίας βασισμένα σε κρίσιμη σ ή ϵ είναι εξ ορισμού ανεξάρτητη των διαστάσεων για κάθε γεωμετρία.

Στο σκυρόδεμα (ημι-ψαθυρό υλικό) παρατηρείται μείωση της αντοχής με αύξηση των διαστάσεων

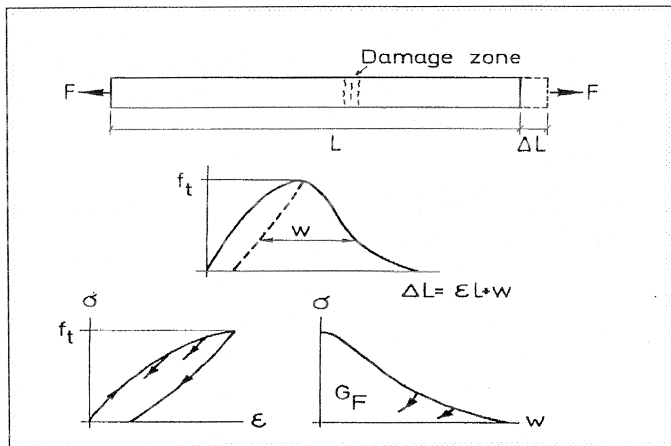
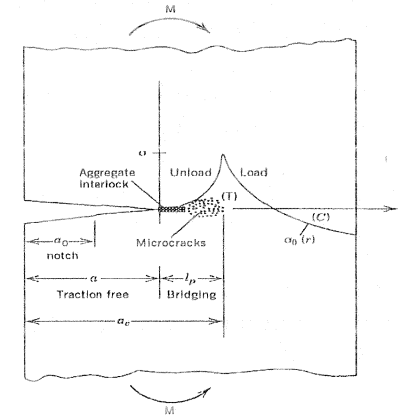


12

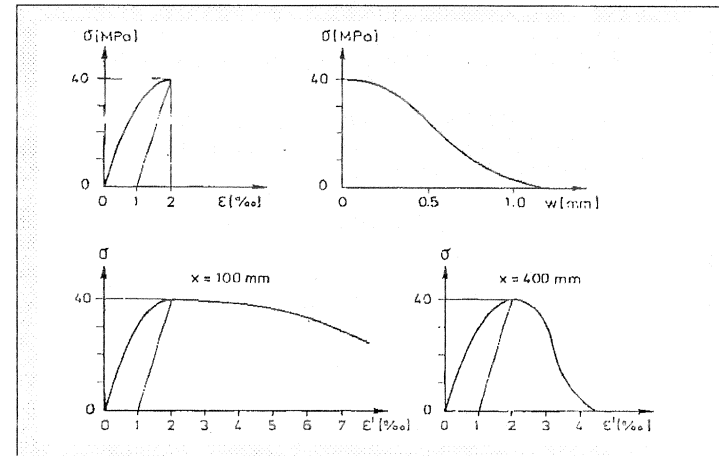
ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΚΛΙΜΑΚΑΣ

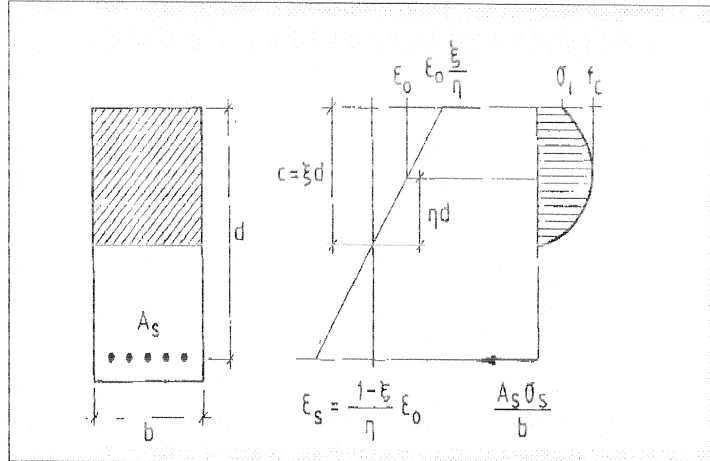


Προσομοίωμα Ρωγμής με Ζώνη Μικρορρηγματώσεων στο Σκυρόδεμα



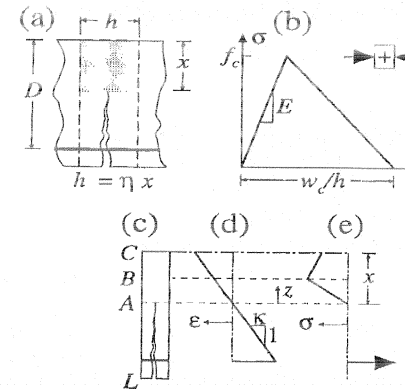
Τάση-Παραμόρφωση για ευσταθή δοκιμή σε εφελκυσμό ράβδου από ημι-ψαθυρό υλικό.





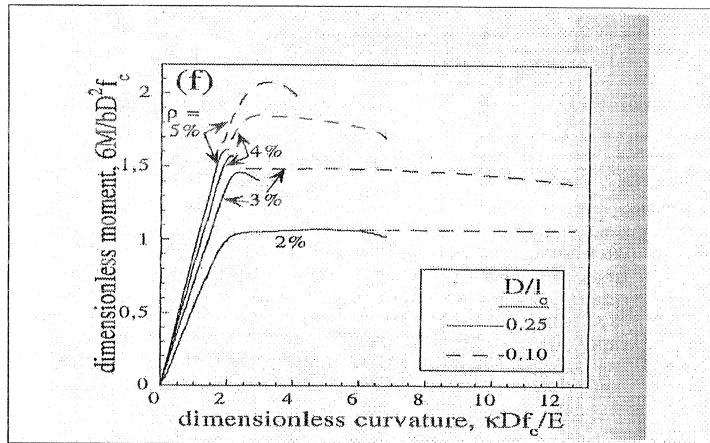
Δοκός οπλισμένου σκυροδέματος (Hillerborg)

17



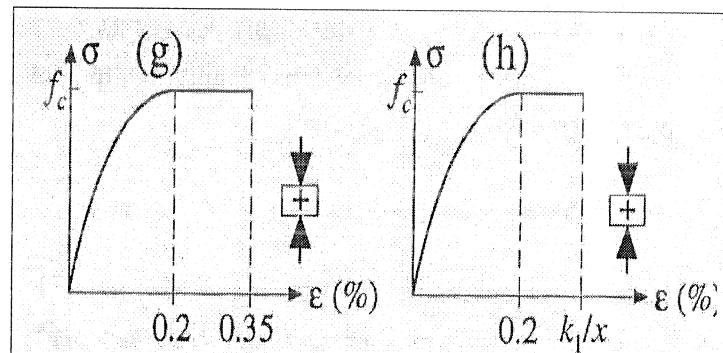
Κάμψη δοκού οπλισμένου σκυροδέματος (Hillerborg)

18



Φαινόμενα κλίμακας σε διαγράμματα M-κ (Hillerborg).

19



Διάγραμμα Τάσης-Ανηγμένης Παραμόρφωσης Σκυροδέματος σε Ολίσθη (ΕΚΩΣ2000 και Hillerborg).

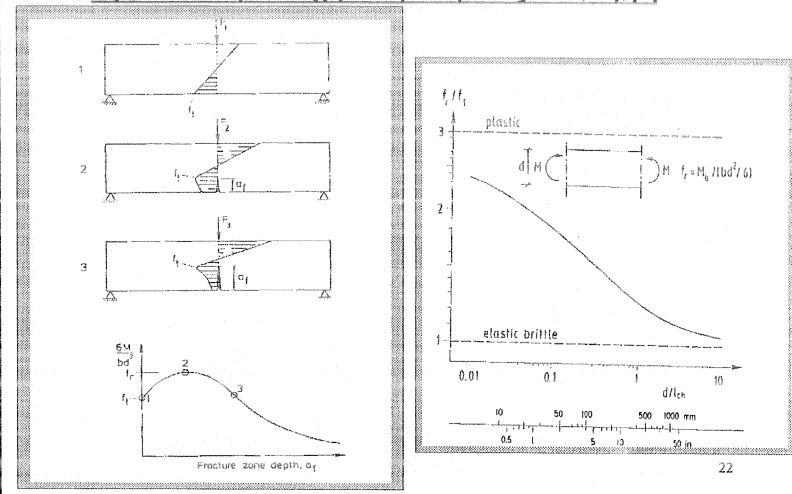
20

Εφελκυστική Αντοχή Σκυροδέματος

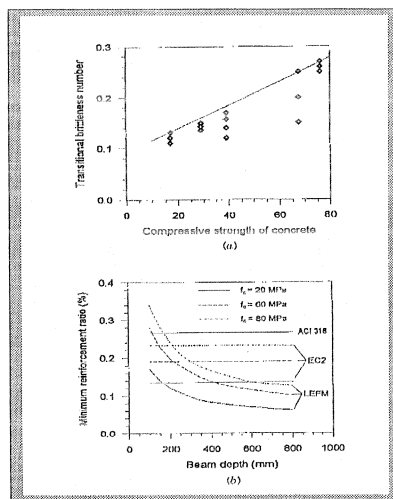
Η εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος θα πρέπει να μελετηθεί με μεγαλύτερη προσοχή για διάφορους λόγους

- Συνήθως η εφελκυστική αντοχή αμελείται για το σχεδιασμό οπλισμένου σκυροδέματος παρότι είναι γενικά αποδεκτό ότι
 - » η αντοχή σε τέμνουσα,
 - » αντοχή σε διάτρηση,
 - » αντοχή σε συνάφεια και αγκύρωση
 βασίζονται στην εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος
- Η συμπεριφορά του σκυροδέματος σε εφελκυσμό και η ρηγμάτωση είναι αλληλένδετα και γι' αυτό το λόγο η θραυστομηχανική που πραγματεύεται με τη γένεση ρωγμών (ζώνη αστοχίας) και τη διάδοσή τους στη μάζα του υλικού είναι φυσικό να είναι απαραίτητη για την καλύτερη κατανόηση των παραπάνω φαινομένων και επομένως την πιο αποτελεσματική αντιμετώπισή τους στο σχεδιασμό κατασκευών Ο/Σ

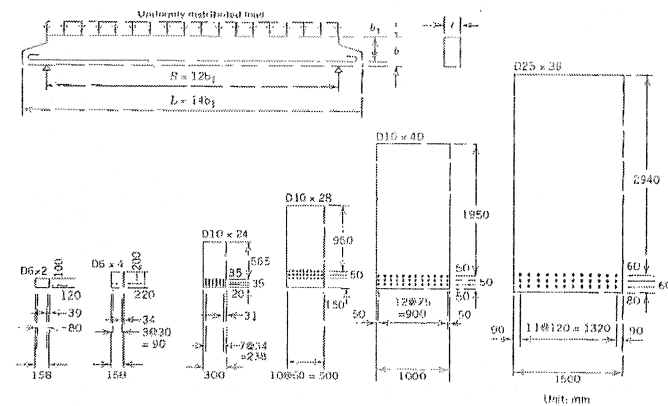
Εφελκυστική Αντοχή Σκυροδέματος σε Κάμψη

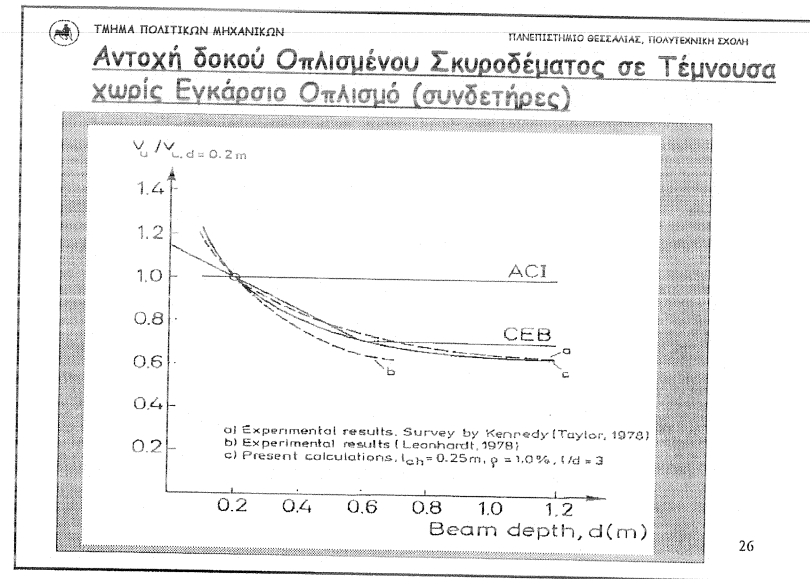
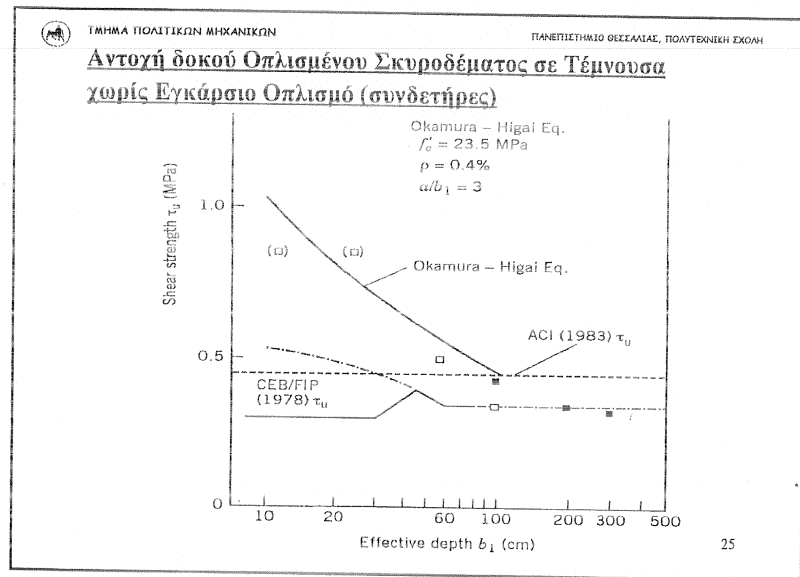


Ελάχιστο Ποσοστό Οπλισμού Ο/Σ για Αντοχή σε Κάμψη



Αντοχή δοκού Οπλισμένου Σκυροδέματος σε Τέμνουσα χωρίς Εγκάρσιο Οπλισμό (συνδετήρες)





ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

Παραδείγματα ΕΚΩΣ 2000

- Αντοχή σε τέμνουσα σκυροδέματος:

$$V_{Rd1} = [\tau_{rd} k (1,2 + 40 \rho_l) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d,$$

όπου $k = 1,60 - d \geq 1$

- Ελάχιστο ποσοστό εφελκόμενου διαμήκου οπλισμού σε δοκούς Ο/Σ:

$$\rho_{min} = 0,5 f_{ctm} / f_{yd}$$

27

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Βασικός στόχος:

Να ληφθεί υπόψη στον ΕΚΩΣ2000 όσον γίνεται πιο αποτελεσματικά η επιρροή των φαινομένων κλίμακας και η ημι-ψαθυρή συμπεριφορά του σκυροδέματος σε θέματα σχεδιασμού όπως:

- Εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος σε κάμψη
- Αγκυρώσεις και συνάφεια ράβδων οπλισμού
- Διάτρηση πλακών
- Ελάχιστο ποσοστό οπλισμού για κάμψη σε δοκούς Ο/Σ
- Πλαστικότητα δοκών Ο/Σ

28