

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΡΓΟΤΑΞΙΑΚΟΥ  
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ  
ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΗΣ EN 206**



**ΟΝΟΜΑ: Α.Μ.: ΚΑΡΑΜΠΕΛΑΣ ΑΛΕΞΙΟΣ 4150  
ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΙΑΚΩΒΟΣ 4118  
ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ 3927**

**ΟΙ ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ: ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΠΑΓΑΝΟΣ  
ΖΑΧΑΡΙΑΣ ΧΡΗΣΤΟΥ**

ΠΑΤΡΑ 2009

## ΜΕΡΟΣ Α. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΤΟΙΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

### Α.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Το Σκυρόδεμα είναι δομικό υλικό, που παράγεται με την ανάμιξη κατάλληλου μίγματος αποτελούμενου από **Τσιμέντο, Αδρανή Υλικά, Νερό και Βελτιωτικά Πρόσθετα.**

Με τη σημερινή του μορφή πρωτοχρησιμοποιήθηκε στις αρχές του 20ου αιώνα, ενώ μετά το 1950 η χρήση του γενικεύθηκε, καθιστώντας το σήμερα το κυριότερο, παγκοσμίως, υλικό κατασκευών με τη μορφή οπλισμένου σκυροδέματος. Θεωρείται το οικονομικότερο και ασφαλέστερο οικοδομικό υλικό, με εξαιρετική σχέση κόστους - παρεχόμενων ιδιοτήτων.

Για την μελέτη και την κατασκευή των έργων χρησιμοποιούνται οι κατηγορίες σκυροδέματος του Πίνακα 1, όπου ο πρώτος αριθμός κάθε κατηγορίας ορίζει την χαρακτηριστική αντοχή κυλίνδρου και ο δεύτερος ορίζει την χαρακτηριστική αντοχή κύβου σε MPa, πχ. Για σκυρόδεμα C20/25 η χαρακτηριστική αντοχή κυλίνδρου είναι 20 MPa και η χαρακτηριστική αντοχή κύβου είναι 25 MPa.

Κατηγορία Σκυροδέματος	fck,κυλ. (MPa)	fck,κυβ. (MPa)
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60

**Πίνακας 1.** Κατηγορίες Σκυροδέματος

Το πραγματικό κανονιστικό κείμενο που δημιούργησε τις βάσεις για τη σωστή παραγωγή σκυροδέματος στη χώρα μας, απετέλεσε ο Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (**ΚΤΣ**), εκδόσεως 1985.

Ο Κανονισμός αυτός αναθεωρήθηκε με τον **ΚΤΣ-97**, που προσπάθησε να διορθώσει τις (διαπιστωμένες κατά την εφαρμογή) ατέλειες και να εκσυγχρονίσει τον προηγούμενο. Μείωσε την διακινδύνευση τόσο του παραγωγού όσο και του χρήστη, κάνοντας αυστηρότερα τα κριτήρια συμμορφώσεως και αυξάνοντας τον απαιτούμενο συντελεστή φαπ, που «εξασφαλίζει» τον παραγωγό από μικροϋστερήσεις και προαποκλείσεις. Η αναθεώρηση δεν ήταν όσο θα μπορούσε και θα έπρεπε θαρραλέα, ιδίως στον τομέα διορθώσεως των ατελειών. Δεν έθιξε ακόμα την έλλειψη αναφοράς του Κανονισμού στην ποιότητα ή την αντοχή του τελικού προϊόντος.

Ο ΚΤΣ-97 ευαισθητοποιήθηκε αισθητά περισσότερο (σε σχέση με τον ΚΤΣ-85) στον τομέα της ανθεκτικότητας του σκυροδέματος, της αντοχής δηλαδή σε διάρκεια, ακολουθώντας την παγκόσμια τάση που πράγματι έχει επικρατήσει, της μεταθέσεως του μεγάλου μέρους του ενδιαφέροντος, από την αντοχή στην ανθεκτικότητα. Εισηγάγε έτσι ειδικές απαιτήσεις ελάχιστης περιεκτικότητας τσιμέντου, λόγου νερού προς τσιμέντο, πάχους επικαλύψεως χαλύβων κλπ. για την αντιμετώπιση μερικών ακόμα δυσμενών συνθηκών περιβάλλοντος (π.χ. παραθαλάσσιες περιοχές).

Το πρότυπο **ΕΛΟΤ EN 206-1** εκδόθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN) το 2000 και υιοθετήθηκε από τον ΕΛΟΤ τον Μάρτιο του 2001. Η βάση του EN 206-1 είναι το σχεδιαζόμενο σκυρόδεμα με πιστοποιητικό από φορέα Πιστοποίησης (designed concrete). Το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 206-1 έφερε μια σειρά από αλλαγές και νέες έννοιες.

## A.2. ΤΟ ΤΣΙΜΕΝΤΟ

Το τσιμέντο, σε αντίθεση με άλλες φυσικές κονίες, είναι προϊόν βιομηχανικό, που ανακαλύφθηκε από τον Άγγλο J. Aspdin το 1824, που του έδωσε την ονομασία "τσιμέντο Πόρτλαντ", γιατί το νέο υλικό είχε το χρώμα των εδαφών της περιοχής Πόρτλαντ της Αγγλίας.

Το τσιμέντο παρασκευάζεται από τη σύγχρονη όπτηση ασβεστόλιθου και αργίλου και είναι μία υδραυλική συνδετική ύλη, δηλαδή ένα λεπτότατο αλεσμένο ανόργανο υλικό, το οποίο όταν αναμειχθεί με νερό, σχηματίζει ένα πολτό που πήζει και σκληραίνει διαμέσου αντιδράσεων και μηχανισμών ενυδάτωσης και το οποίο, μετά τη σκλήρυνση διατηρεί την αντοχή και τη σταθερότητά του ακόμη και μέσα στο νερό.

### A.2.1. Η παραγωγή του τσιμέντου

Η σειρά των εργασιών από την εξόρυξη των πρώτων υλών ως το τελικό προϊόν είναι η ακόλουθη:

- α) Εξόρυξη ασβεστολιθικών πετρωμάτων και αργλικών εδαφών χωριστά. Τα πετρώματα αυτά περνούν από σπαστήρες, ώστε να τεμαχιστούν και ν' αποκτήσουν διάμετρο μερικών εκατοστών.
- β) Ανάμειξη των δύο υλικών (**προομοιογενοποίηση**).
- γ) Άλεση σε τριβεία, ώστε ν' αποκτήσουν διάμετρο λίγων χιλιοστών.
- δ) Εισαγωγή του μίγματος στο επάνω άκρο κυλινδρικής καμίνου, η οποία περιστρέφεται αργά γύρω από τον άξονά της. Τα προϊόντα της οπτήσεως ονομάζονται **εκβολάδες** ή διεθνώς Klinker. Έχουν διάμετρο λίγων εκατοστών, χρώμα μαυροπράσινο και αποτελούν, κατά κάποιο τρόπο, τα πετρώματα του τσιμέντου.
- ε) Οι εκβολάδες, αλέθονται και αποκτούν τη γνωστή μορφή του τσιμέντου. Το υλικό αυτό, όπως προκύπτει από την άλεση των Klinker, χωρίς καμιά προσθήκη ή τροποποίηση, ονομάζεται "τσιμέντο Πόρτλαντ".

Στην Ελλάδα κατά τη φάση αυτή της παραγωγής προσθέτουμε θηραϊκή γη σε αναλογία 8 - 10% κατά βάρος. Το προϊόν αυτό ονομάζεται "τσιμέντο ελληνικού τύπου".

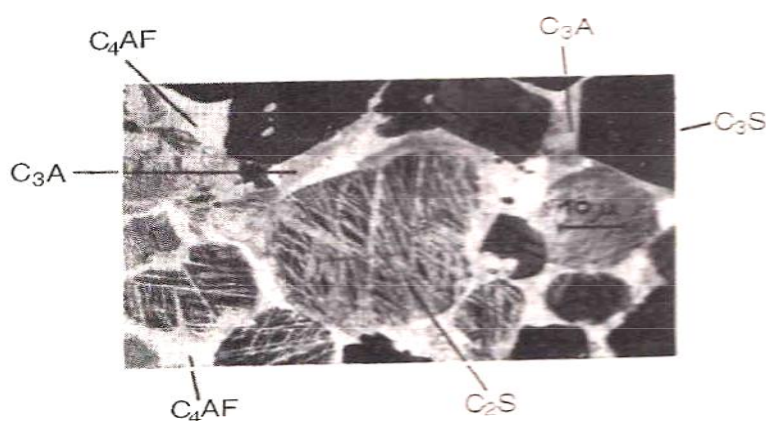
Τη λεπτότητα της αλέσεως την μετράμε από την ειδική επιφάνεια των κόκκων. Στα συνήθη τσιμέντα η λεπτότητα αυτή κυμαίνεται από 2600 έως 5000 cm<sup>2</sup>/gr. Η λεπτότητα αλέσεως, δηλαδή η διάμετρος των κόκκων, έχει μεγάλη επίδραση στη

συμπεριφορά του τσιμέντου από την άποψη της ταχύτητας ενυδάτωσης. Όσο μεγαλύτερη η λεπτότητα (δηλ. όσο μικρότερη η διάμετρος των κόκκων) τόσο ταχύτερη είναι η ενυδάτωση και επομένως ταχύτερη και η ανάπτυξη της αντοχής, και αντίστροφα. Πέρα όμως από κάποιο όριο, η γρήγορη ενυδάτωση και πήξη ενός μέρους του τσιμέντου παρεμποδίζει την κυκλοφορία του νερού και την ομοιόμορφη προσβολή και των υπόλοιπων κόκκων, με δυσμενή, προφανώς, αποτελέσματα. Αντίθετα όμως, η λεπτότητα του τσιμέντου έχει μικρή επίδραση στην τελική τιμή της αντοχής.

### **A.2.2. Χημική σύνθεση**

Η χημική σύνθεση του τσιμέντου δεν είναι απόλυτα σταθερή, αλλά εξαρτάται από τη χημική σύνθεση των πετρωμάτων που χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες και από τον τρόπο παραγωγής, και κυρίως από το χρόνο και τη θερμοκρασία οπτήσεως.

Οι επικρατέστερες ενώσεις του τσιμέντου είναι το οξείδιο του ασβεστίου ( $\text{CaO}$ ) και το οξείδιο του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ). Ακολουθούν, σε μικρότερες ποσότητες, τα οξείδια μετάλλων, όπως του αργιλίου, του σιδήρου, του μαγνησίου κ.α. Τα τελευταία αυτά οξείδια, παρόλη τη μικρή ποσότητά τους, έχουν καθοριστική σημασία στις τελικές ιδιότητες του τσιμέντου.



**Εικόνα 1.** Συστατικά τσιμέντου

Οι ενώσεις, που εμφανίζονται κατά τη χημική ανάλυση, βρίσκονται συνενωμένες στα ακόλουθα τέσσερα κύρια συστατικά:

- α) Το **πυριτικό τριασβέστιο**  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  σε ποσοστό 54% περίπου κατά βάρος ( $\text{C}_3\text{S}$ ),
- β) Το **πυριτικό διασβέστιο**  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  ή  $\text{C}_2\text{S}$  σε ποσοστό ~ 17%,
- γ) Το **αργιλικό τριασβέστιο**  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ , ή  $\text{C}_3\text{A}$  σε ποσοστό ~ 19%,
- δ) Το **αργιλοσιδηρικό τετρασβέστιο**  $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ , ή  $\text{C}_4\text{AF}$  σε ποσοστό ~ 9%.

Η αναλογία των παραπάνω συστατικών έχει επίδραση στην ταχύτητα αναπτύξεως της αντοχής, δηλαδή στην ταχύτητα της χημικής αντιδράσεως του τσιμέντου με το νερό. Έχει παρατηρηθεί ότι μεγαλύτερη αντοχή παρουσιάζουν, γενικά, τα τσιμέντα τα φτωχά σε ασβέστιο (Ca) και πλούσια σε πυριτικό διασβέστιο ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ).

Εκτός από τα παραπάνω τέσσερα βασικά συστατικά υπάρχουν στο τσιμέντο, σε μικρότερες ποσότητες, και τα ακόλουθα δευτερεύοντα: α) **Οξείδιο του μαγνησίου** ( $\text{MgO}$ ) ή μαγνησία, ουσία παρόμοια με το  $\text{CaO}$ . Όταν το οξείδιο του μαγνησίου ενωθεί με νερό, διογκώνεται αργά και προκαλεί ζημιές. Γι' αυτό και οι Κανονισμοί περιορίζουν την ποσότητα αυτού στο τσιμέντο σε 5% το πολύ.

β) **Γύψος** ( $\text{CaSO}_4$ ) για τη ρύθμιση της ταχύτητα πήξεως του τσιμέντου.

γ) **Αλκάλια** ( $\text{K}_2\text{O}$  και  $\text{Na}_2\text{O}$ ), τα οποία σε μικρές ποσότητες είναι αβλαβή, ενώ σε μεγαλύτερες προκαλούν ανωμαλίες στην ταχύτητα πήξεως.

### **A.2.3. Τεχνικές προδιαγραφές τσιμέντου**

Το τσιμέντο πρέπει να συμφωνεί με τις απαιτήσεις του ΕΛΟΤ EN 197-1-2000 Περί Κανονισμού Τσιμέντου.

- Οι **τύποι τσιμέντων** των οποίων η χρήση επιτρέπεται κατά κανόνα είναι:
  - I. **Τύπος I: Τσιμέντα Πόρτλαντ**, προέρχονται από την συνάλεση Κλίνκερ και γύψου. Στα τσιμέντα αυτά συνήθως επιτρέπεται η προσθήκη φίλλερ (filler) μέχρι 3% κατά βάρος (οπότε το κλίνκερ μαζί με την γύψο πρέπει να είναι τουλάχιστον το 97% κατά βάρος).
  - II. **Τύπος II: Τσιμέντα Πόρτλαντ με ποζολάνη** χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα τα προερχόμενα από την συνάλεση Κλίνκερ πόρτλαντ, ποζολάνης φυσικής ή τεχνητής και της απαραίτητης γύψου. Το ποσοστό της ποζολάνης ορίζεται από το αδιάλυτο υπόλειμμα του τσιμέντου, το οποίο πρέπει να είναι 20% κατά μέγιστο. Ειδικά το τσιμέντο με ποσοστό 10% ποζολάνης ονομάζεται "Τσιμέντο Πόρτλαντ Ελληνικού τύπου" (Τύπος Ια).

- III. **Τύπος III: Ποζολανικά τσιμέντα Πόρτλαντ** : περιέχουν ποζολάνη σε ποσοστό 20 - 40% κατά βάρος. Παρουσιάζουν μικρότερη θερμότητα ενυδατώσεως και αυξημένη ανθεκτικότητα σε διαβρωτικά μέσα.
- IV. **Τύπος IV: Τσιμέντα Πόρτλαντ ανθεκτικά στα θειικά άλατα και το θαλάσσιο νερό:** δεν έχουν προσθήκες (ποζολάνες κτλ) αλλά το αργιλικό τριασβέστιο ( $C_3A$ ), το οποίο περιορίζεται σε ένα ποσοστό κάτω από 3,5%.

Σύμφωνα με τον **EN 206-1** υπάρχουν 27 προϊόντα κοινών τσιμέντων τα οποία εντάσσονται στους παρακάτω πέντε κύριους τύπους:

1. CEM I: Τσιμέντο Πόρτλαντ
  2. CEM II: Σύνθετα Τσιμέντα Πόρτλαντ
  3. CEM III: Σκωριοτσιμέντο
  4. CEM IV: Ποζολανικό Τσιμέντο
  5. CEM V: Σύνθετο τσιμέντο
- Τα **πρόσμικτα υλικά** του τσιμέντου είναι:
    - I. **Οι ποζολάνες**, οι οποίες είναι φυσικά ή τεχνητά πυριτικά ή αργιλοπυριτικά υλικά, που έχουν την ιδιότητα σε λεπτότατο καταμερισμό και με την παρουσία υγρασίας να ενώνονται χημικά με την υδράσβεστο  $Ca(OH)_2$  στην συνήθη θερμοκρασία και να σχηματίζουν υδραυλικές ενώσεις. Στις φυσικές ποζολάνες περιλαμβάνονται διάφορες ηφαιστειακές γαίες. Στις τεχνητές ποζολάνες υπάγονται και οι ιπτάμενες τέφρες, εφόσον έχουν ποζολανικές ή και υδραυλικές ιδιότητες (δηλ. μετά από ανάμιξη με νερό πηζουν και σκληρύνονται στον αέρα ή από το νερό).
    - II. **Φίλλερ ( Filler)**, τα οποία είναι προϊόντα που λαμβάνονται από θραύση ή κονιοποίηση ορισμένων φυσικών ή τεχνητών διατομών και τα οποία σε κατάλληλη λεπτότητα επιδρούν ευνοϊκά σε κάποιες ιδιότητες του σκυροδέματος από τσιμέντο (αύξηση εργασίμου, ελάττωση της διαπερατότητας και των τριχοειδών, μείωση της τάσεως ρηγματώσεως). Είναι αδρανή αν δεν ασκούν καμία χημική δράση στα τσιμέντα παρουσία νερού, ενώ αντίθετα είναι ενεργά αν παρουσιάζουν υδραυλικές ή ποζολανικές ιδιότητες.

- **Οι κατηγορίες τσιμέντων** από άποψη αντοχής είναι: 35, 45 και 55. Οι κατηγορίες αυτές καθορίζονται από τις αντοχές του τσιμέντου (των 28 ημερών) σύμφωνα με τον Πίνακα 2 που ακολουθεί. Οι αριθμοί παριστάνουν την αντοχή των τσιμέντων σε MPa όπως προσδιορίζεται συμβατικά σύμφωνα με τον Κανονισμό. Έτσι, ένα τσιμέντο I/35 σημαίνει ότι είναι τύπου I και συμβατικής αντοχής 35MPa. Ο ρυθμός αύξησης της αντοχής του τσιμέντου πετυχαίνεται συνήθως με αύξηση της λεπτότητας.

Κατηγορία αντοχών (ονομαστική)	Αντοχή σε θλίψη σε N/mm <sup>2</sup> *			
	2 ημερών Ελάχιστη τιμή	7 ημερών Ελάχιστη τιμή	28 ημερών	
			Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
35	-	15	25	45
45	10	-	35	55
55	15	-	45	χωρίς όριο
* 1 N/mm <sup>2</sup> = 10,2 kgf/cm <sup>2</sup>				

**Πίνακας 2.** Κατηγορίες αντοχής τσιμέντων

### **A.2.3.1. EN 197-1**

#### Αντικείμενο

Το EN 197-1 ορίζει και δίνει τις προδιαγραφές των 27 διακριτών κοινών τσιμέντων και των συστατικών τους. Ο ορισμός του κάθε τσιμέντου περιέχει τις αναλογίες με τις οποίες τα συστατικά πρέπει να συνδυαστούν για να παραχθούν αυτά τα διακριτά προϊόντα σε ένα εύρος έξι κατηγοριών αντοχών. Ο ορισμός επίσης περιέχει τις απαιτήσεις που πρέπει να καλύπτουν τα συστατικά ως και τις μηχανικές, φυσικές και χημικές απαιτήσεις των 27 προϊόντων και των κατηγοριών αντοχής. Το EN 197-1 διατυπώνει επίσης τα κριτήρια συμμόρφωσης και τους σχετικούς κανόνες. Δίνονται επίσης οι αναγκαίες απαιτήσεις ανθεκτικότητας.

#### Ορισμοί

Για τους σκοπούς τού EN 197-1 εφαρμόζονται οι εξής ορισμοί:

- **δραστικό οξείδιο ασβεστίου (CaO):** το κλάσμα εκείνο του οξειδίου του ασβεστίου το οποίο κάτω από κανονικές συνθήκες σκλήρυνσης μπορεί να σχηματίσει ενυδατωμένα ασβεστοπυριτικά ή ενυδατωμένα ασβεστοαργιλικά.



Για την εκτίμηση αυτού του κλάσματος η ολική περιεκτικότητα οξειδίου του ασβεστίου μειώνεται κατά το κλάσμα που αντιστοιχεί στο ανθρακικό ασβέστιο ( $\text{CaCO}_3$ ) με βάση τη μετρηθείσα περιεκτικότητα διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) και κατά το κλάσμα που αντιστοιχεί στο θειικό ασβέστιο ( $\text{CaSO}_4$ ) με βάση τη μετρηθείσα περιεκτικότητα τριοξειδίου του θείου ( $\text{SO}_3$ ) –( βλέπε EN 196-2) μετά από αφαίρεση του  $\text{SO}_3$  που δεσμεύεται από τα αλκάλια.

- **δραστικό διοξείδιο του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ):** το κλάσμα εκείνο του διοξειδίου του πυριτίου το οποίο είναι διαλυτό ύστερα από κατεργασία με υδροχλωρικό οξύ ( $\text{HCl}$ ) και ζέον διάλυμα υδροξειδίου του καλίου ( $\text{KOH}$ ).

Η ποσότητα του δραστικού διοξειδίου του πυριτίου προσδιορίζεται αφαιρώντας από την ολική ποσότητα διοξειδίου του πυριτίου το κλάσμα εκείνο που περιέχεται στο αδιάλυτο υπόλειμμα σε υδροχλωρικό οξύ και υδροξείδιο του καλίου, αμφότερα σε ξηρή βάση.

- **κύριο συστατικό:** ειδικά επιλεγμένο ανόργανο υλικό σε μία αναλογία που υπερβαίνει το 5% κατά μάζα σε σχέση με το άθροισμα των κυρίων και δευτερευόντων συστατικών.
- **δευτερεύον συστατικό:** ειδικά επιλεγμένο ανόργανο υλικό σε μία αναλογία που δεν υπερβαίνει το 5% κατά μάζα σε σχέση με το άθροισμα των κυρίων και δευτερευόντων συστατικών.
- **τύπος κοινού τσιμέντου:** ένα από τα 27 προϊόντα (βλέπε Πίνακα 1 ) της οικογενείας των κοινών τσιμέντων.
- **κατηγορία αντοχής τσιμέντου:** κατηγορία αντοχής σε θλίψη
- **δοκιμές αυτοελέγχου:** συνεχείς δοκιμές από τον παραγωγό, επί στιγμιαίων δειγμάτων τσιμέντου που λαμβάνονται στο (στα) σημείο(α) παράδοσης από το εργοστάσιο / την αποθήκη.
- **περίοδος ελέγχου:** περίοδος παραγωγής και παράδοσης που ορίζεται για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των δοκιμών αυτοελέγχου.
- **χαρακτηριστική τιμή:** η τιμή μιας απαιτούμενης ιδιότητας εκτός της οποίας βρίσκεται ένα καθορισμένο ποσοστό, το ποσοστό  $P_k$ , όλων των τιμών του πληθυσμού.
- **προδιαγραφόμενη χαρακτηριστική τιμή:** χαρακτηριστική τιμή μίας μηχανικής, φυσικής ή χημικής ιδιότητας η οποία δεν πρέπει να ξεπεραστεί είτε προς τα πάνω,

στη περίπτωση ανωτάτου ορίου, είτε προς τα κάτω, στην περίπτωση κατωτάτου ορίου.

- **οριακή τιμή μεμονωμένου αποτελέσματος:** τιμή μίας μηχανικής, φυσικής ή χημικής ιδιότητας η οποία- για οιοδήποτε μεμονωμένο αποτέλεσμα δοκιμής-δεν πρέπει να ξεπεραστεί είτε προς τα πάνω, στην περίπτωση ανωτάτου ορίου, είτε προς τα κάτω, στην περίπτωση κατωτάτου ορίου.
- **επιτρεπόμενη πιθανότητα αποδοχής CR:** για ένα δεδομένο σχέδιο δειγματοληψίας, η επιτρεπόμενη πιθανότητα αποδοχής τσιμέντου με χαρακτηριστική τιμή εκτός της προδιαγραφόμενης χαρακτηριστικής τιμής.
- **σχέδιο δειγματοληψίας:** ειδικό σχέδιο που ορίζει το (στατιστικό) μέγεθος δείγματος(ων) προς χρήση, το ποσοστό  $P_k$  και την επιτρεπόμενη πιθανότητα αποδοχής CR.
- **στιγμιαίο δείγμα:** δείγμα που λαμβάνεται την ίδια στιγμή και από μία και την ίδια θέση, ανάλογα με τις προς εκτέλεση δοκιμές. Μπορεί να προκύπτει με συνδυασμό ενός ή περισσότερων διαδοχικών μονάδων δείγματος ( βλέπε EN 196-7).
- **Τσιμέντο:** Το τσιμέντο είναι μία υδραυλική συνδετική ύλη, δηλαδή ένα λεπτότατα αλεσμένο ανόργανο υλικό το οποίο, όταν αναμειχθεί με νερό, σχηματίζει ένα πολτό που πήζει και σκληραίνει δια μέσου αντιδράσεων και μηχανισμών ενυδάτωσης και το οποίο, μετά τη σκλήρυνση, διατηρεί την αντοχή και τη σταθερότητά του ακόμη και μέσα στο νερό.

Ένα τσιμέντο συμμορφούμενο με το EN 197-1, ονομαζόμενο CEM τσιμέντο, πρέπει, όταν αναμειχθεί στις κατάλληλες αναλογίες με αδρανή υλικά και νερό, να είναι ικανό να παράγει σκυρόδεμα ή κονίαμα το οποίο να διατηρεί το εργάσιμο του για ένα επαρκές χρονικό διάστημα και μετά από ορισμένες περιόδους να επιτυγχάνει καθορισμένα επίπεδα αντοχής και να έχει επίσης μακρόχρονη σταθερότητα όγκου.

Η υδραυλική σκλήρυνση του τσιμέντου CEM οφείλεται βασικά στην ενυδάτωση των ασβεστοπυριτικών, μπορούν όμως και άλλες χημικές ενώσεις να συμμετέχουν στον μηχανισμό σκλήρυνσης, όπως π.χ. αργλικές ενώσεις. Το άθροισμα των περιεκτικότητων του δραστικού οξειδίου του ασβεστίου (CaO) και του δραστικού διοξειδίου του πυριτίου (SiO<sub>2</sub>) στο CEM τσιμέντο πρέπει να είναι

τουλάχιστον 50% κατά μάζα όταν οι περιεκτικότητες προσδιορίζονται σύμφωνα με το EN 196-2

Τα τσιμέντα CEM αποτελούνται από διαφορετικά υλικά και είναι στατιστικά ομοιογενή στη σύνθεση ως επακόλουθο ποιοτικά διασφαλισμένης παραγωγής και διεργασιών χειρισμού του υλικού. Η σύνδεση μεταξύ αυτών των διεργασιών παραγωγής και χειρισμού των υλικών και η συμμόρφωση του τσιμέντου με το EN 197-1 καθορίζεται στο EN 197-2 .

Υπάρχουν επίσης τσιμέντα των οποίων η σκλήρυνση οφείλεται κυρίως σε άλλες ενώσεις, π.χ. το αργιλικό ασβέστιο στο ασβεσταργιλικό τσιμέντο .

**: Τα 27 προϊόντα στην οικογένεια των κοινών τσιμέντων**

Κύριοι τύποι	Ονομασία των 27 προϊόντων (τύποι κοινών τσιμέντων)		Σύνθεση (επι της % κατά μάζα) <sup>α)</sup>										Δευτερεύοντα συστατικά			
			Κύρια συστατικά													
			Κλίνκερ K	Σκωρία υψικα- μίνου S	Πυριτική παιπάλη β) D	Ποζολάνη		Ιπτάμενες τέφρες		Ψημένος σχιστόλιθος T	Ασβεστό- λιθος					
Φυσική P	Φυσική ψημένη Q	Πυρι- κή V				Ασβε- στούχος W	L	LL								
CEM I	Τσιμέντο Πόρτλαντ	CEM I	95-100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5		
CEM II	Τσιμέντο Πόρτλαντ με Σκωρία Υψικαμίνων	CEM II/A-S	80-94	6-20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5		
		CEM II/B-S	65-79	21-35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5		
	Τσιμέντο Πόρτλαντ με πυριτική παιπάλη	CEM II/A-D	90-94	—	6-10	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5		
	Τσιμέντο Πόρτλαντ με ποζολάνη	CEM II/A-P	80-94	—	—	6-20	—	—	—	—	—	—	—	0-5		
		CEM II/B-P	65-79	—	—	21-35	—	—	—	—	—	—	—	0-5		
		CEM II/A-Q	80-94	—	—	—	6-20	—	—	—	—	—	—	0-5		
		CEM II/B-Q	65-79	—	—	—	21-35	—	—	—	—	—	—	0-5		
	Τσιμέντο Πόρτλαντ με ιπτάμενη τέφρα	CEM II/A-V	80-94	—	—	—	—	6-20	—	—	—	—	—	0-5		
		CEM II/B-V	65-79	—	—	—	—	21-35	—	—	—	—	—	0-5		
		CEM II/A-W	80-94	—	—	—	—	—	6-20	—	—	—	—	0-5		
		CEM II/B-W	65-79	—	—	—	—	—	21-35	—	—	—	—	0-5		
	Τσιμέντο Πόρτλαντ με ψημένο σχιστόλιθο	CEM II/A-T	80-94	—	—	—	—	—	—	6-20	—	—	—	0-5		
		CEM II/B-T	65-79	—	—	—	—	—	—	21-35	—	—	—	0-5		
	Τσιμέντο Πόρτλαντ με ασβεστόλιθο	CEM II/A-L	80-94	—	—	—	—	—	—	—	—	6-20	—	0-5		
		CEM II/B-L	65-79	—	—	—	—	—	—	—	—	21-35	—	0-5		
		CEM II/A-LL	80-94	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6-20	0-5		
		CEM II/B-LL	65-79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21-35	0-5		
Τσιμέντο Πόρτλαντ- σύνθετο <sup>γ)</sup>	CEM II/A-M	80-94	<-----6-20----->										0-5			
	CEM II/B-M	65-79	<-----21-35----->										0-5			
CEM III	Σκωριοτσιμέντο	CEM III/A	35-64	36-65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5		
		CEM III/B	20-34	66-80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5		
		CEM III/C	5-19	81-95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5		
CEM IV	Ποζολανικό τσιμέντο <sup>γ)</sup>	CEM IV/A	65-89	-	<-----11-35----->										0-5	
		CEM IV/B	45-64	-	<-----36-55----->										0-5	
CEM V	Σύνθετο τσιμέντο <sup>γ)</sup>	CEM V/A	40-64	18-30	—	<-----18-30----->										0-5
		CEM V/B	20-39	31-50	—	<-----31-50----->										0-5

α) Οι τιμές του πίνακα αναφέρονται στο σύνολο των κυρίων και δευτερευόντων συστατικών

β) Το ποσοστό της πυριτικής παιπάλης περιορίζεται στο 10%

γ) Στα τσιμέντα Πόρτλαντ-σύνθετα CEM II/A-M και CEM II/B-M, στα ποζολανικά τσιμέντα CEM IV/A και CEM IV/B και στα σύνθετα τσιμέντα CEM V/A και CEM V/B τα κύρια συστατικά πλην

του κλίνκερ πρέπει να δηλώνονται στην ονομασία του τσιμέντου (για παράδειγμα βλέπε κεφάλαιο 8).

### A.2.3.2. Το EN 196-7

Μέθοδοι δοκιμών τσιμέντου: Μέθοδοι δειγματοληψίας και προετοιμασία δειγμάτων τσιμέντου

#### Αντικείμενο και πεδίο εφαρμογής

Αυτό το Ευρωπαϊκό Πρότυπο περιγράφει μόνο τον εξοπλισμό που πρέπει, να χρησιμοποιείται, τις μεθόδους που πρέπει να ακολουθούνται, και τους όρους που πρέπει να τηρούνται κατά τη λήψη αντιπροσωπευτικών δειγμάτων τσιμέντου από συγκεκριμένες παρτίδες, προκειμένου να γίνουν οι δοκιμές προς εκτίμηση της ποιότητας των προϊόντων πριν, κατά ή μετά την παράδοση.

Τα προβλεπόμενα σ' αυτό το πρότυπο εφαρμόζονται μόνο όταν ζητούνται δείγματα τσιμέντου για επαλήθευση της συμβατότητας είτε :

α) της τρέχουσας παραγωγής ενός τσιμέντου με ένα πρότυπο, οποτεδήποτε απαιτηθεί (παραδείγματος χάριν να καλύπτει τις απαιτήσεις του αυτοελέγχου του παραγωγού ή να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις μιας διαδικασίας πιστοποίησης), είτε :

β) ενός φορτίου ή μιας παρτίδας με ένα πρότυπο, με τους όρους ενός συμβολαίου ή με την προδιαγραφή μιας παραγγελίας.

Το πρότυπο εφαρμόζεται στις δειγματοληψίες όλων των τύπων των τσιμέντων<sup>1</sup> που καθορίζονται στο ENV 1972 , ανεξάρτητα αν :

γ ) περιέχονται σε σιλό

δ) περιέχονται σε σάκκους, μεταλλικά κιβώτια, βαρέλια ή σε οποιαδήποτε άλλη συσκευασία.

ε) μεταφέρονται χύδην οδικώς, σιδηροδρομικώς, δια θαλάσσης κλπ.

Οι απαιτήσεις αυτού του προτύπου μετά από συμφωνία μεταξύ των ενδιαφερομένων μερών μπορούν επίσης να ακολουθούνται για ελέγχους αποδοχής για όλες τις μη τυποποιημένες υδραυλικές κονίες.

#### Ορισμοί

Για τους σκοπούς αυτού του Ευρωπαϊκού Προτύπου ισχύουν οι ακόλουθοι ορισμοί:

- **παραγγελία:** Ποσότητα τσιμέντου που καλύπτεται από μία μόνο αίτηση που τέθηκε στον ίδιο παραγωγό (ή κέντρο διανομής). Μπορεί να αποτελείται από μία ή περισσότερες παραδόσεις κατανεμημένες σε μία χρονική περίοδο.

- παράδοση: Ποσότητα τσιμέντου που δόθηκε σε δεδομένη χρονική στιγμή από τον παραγωγό (ή κέντρο διανομής). Μπορεί να αποτελείται από μία ή περισσότερες παρτίδες.
- παρτίδα: Ποσότητα τσιμέντου που έχει παραχθεί κάτω από συνθήκες που θεωρούνται ομοιόμορφες. Μετά από καθορισμένες δοκιμές (που ορίζονται κυρίως από το ENV 197(2)) η ποσότητα αυτή θεωρείται σαν μια ολότητα που είναι “συμβατή” ή “μη συμβατή” με τις απαιτήσεις προτύπων ή συμβολαίου.
- μονάδα δείγματος: Ποσότητα τσιμέντου που λαμβάνεται με ένα μόνο χειρισμό του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού δειγματοληψίας.
- δείγμα (γενικός όρος) : Ποσότητα τσιμέντου που λαμβάνεται σε τυχαία διαστήματα ή σύμφωνα με ένα πρόγραμμα δειγματοληψίας, από μία μεγαλύτερη ποσότητα (σιλό, απόθεμα σάκων, βαγόνια, φορτηγά κλπ.) ή από μία ορισμένη παρτίδα, ανάλογα με τις δοκιμές που πρόκειται να γίνουν. Ένα δείγμα μπορεί να αποτελείται από μία ή περισσότερες μονάδες δείγματος.
- στιγμιαίο δείγμα : Δείγμα που λαμβάνεται μία χρονική στιγμή από ένα και το αυτό σημείο, ανάλογα με τις δοκιμές που πρόκειται να γίνουν. Μπορεί να προκύπτει με συνδυασμό ενός ή περισσότερων αμέσως διαδοχικών μονάδων δείγματος.
- μέσο δείγμα : Ομοιογενές μίγμα στιγμιαίων δειγμάτων που ελήφθησαν:
  - α) σε διαφορετικά σημεία ή
  - β) σε διαφορετικούς χρόνους
 από μία μεγαλύτερη ποσότητα του ίδιου τσιμέντου, που προκύπτει μετά από επιμελή μίξη των στιγμιαίων δειγμάτων και, αν χρειάζεται, ελάττωση του μεγέθους του μίγματος που προκύπτει.
- εργαστηριακό δείγμα: Δείγμα που προετοιμάστηκε με επιμελή ανάμιξη και, αν χρειάζεται, με ελάττωση ενός μεγαλύτερου δείγματος (στιγμιαίου ή μέσου δείγματος) και που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί από τα εργαστήρια που αναλαμβάνουν τις δοκιμές. Αυτά τα εργαστήρια είναι συνήθως εκείνα των παραγωγών, που ορίζονται στην παραγγελία ή στους κανονισμούς πιστοποίησης.
- δείγμα για επανέλεγχο : Δείγμα που φυλάσσεται για επανέλεγχο σε περίπτωση που τα αποτελέσματα δοκιμών στα εργαστηριακά δείγματα αμφισβητούνται. Το δείγμα για επανέλεγχο είναι γενικώς το υπόλοιπο του εργαστηριακού δείγματος μετά την πρώτη σειρά δοκιμών.

- δείγμα προς φύλαξη : Δείγμα που λαμβάνεται συστηματικά από κανονικές παραδόσεις (π.χ. για μεγάλα έργα), παρουσία όλων των ενδιαφερομένων μερών, αν χρειάζεται, το οποίο κρατείται για πιθανές δοκιμές σε περίπτωση αμφιβολιών ή αμφισβητήσεων ή επακολουθούντων προβλημάτων.

Ο σκοπός των διαδικασιών δειγματοληψίας, είναι η απόκτηση από μία μεγάλη ποσότητα τσιμέντου (που περιέχεται σε ένα σιλό, σε ένα απόθεμα σάκων σε μία αποθήκη, φορτηγό κλπ., ή σε μία ορισμένη παρτίδα) μίας ή περισσοτέρων μικρών ποσοτήτων, οι οποίες θεωρούνται από τα ενδιαφερόμενα μέρη ως αντιπροσωπευτικές της ποσότητας του τσιμέντου, του οποίου η ποιότητα πρόκειται να εκτιμηθεί.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται, οι μέθοδοι που ακολουθούνται και οι προφυλάξεις που λαμβάνονται, μπορούν να ποικίλουν, σύμφωνα με τη φύση της εγκατάστασης και τις περιστάσεις, κάτω από τις οποίες λαμβάνονται τα δείγματα.

Στην περίπτωση ελέγχων που γίνονται στα πλαίσια μίας διαδικασίας πιστοποίησης, τα μέτρα που λαμβάνονται για να εξασφαλισθεί η αντιπροσωπευτικότητα των δειγμάτων και είναι διαφορετικά από τα περιγραφόμενα μέτρα, υπάγονται στη δικαιοδοσία του οργανισμού πιστοποίησης.

Σε περίπτωση παραλαβής, οι διαδικασίες δειγματοληψίας πρέπει να γίνονται, κατά κανόνα, παρουσία του παραγωγού (ή πωλητού) και του πελάτη (ή αγοραστή) ή των εκπροσώπων τους αντίστοιχα. Ωστόσο η απουσία ενός εξ αυτών δεν αποτελεί εμπόδιο για τις διεργασίες δειγματοληψίας, αλλά, αν συμβεί, πρέπει να αναφέρεται στο πρακτικό δειγματοληψίας (βλέπε κεφάλαιο 10).

Το δείγμα λαμβάνεται κανονικά πριν ή κατά την παράδοση. Αν όμως κριθεί απαραίτητο, μπορεί να ληφθεί μετά την παράδοση, αλλά μέσα σε διάστημα το πολύ 24 h. Σε τέτοια περίπτωση, τα αποτελέσματα των ελέγχων πρέπει να ερμηνεύονται με προσοχή.

Για διαφόρους λόγους, το τσιμέντο που πρόκειται να ελεγχθεί μπορεί να μην είναι πια αντιπροσωπευτικό του προϊόντος κατά τη στιγμή ακριβώς της παράδοσής του. Γι αυτό το λόγο η χρονική στιγμή της δειγματοληψίας πρέπει να καταγράφεται ανελλιπώς στην αναφορά δειγματοληψίας (βλέπε κεφάλαιο 10). Όταν τα δείγματα λαμβάνονται μετά την παράδοση, οι απαιτήσεις της ανωτέρω πρώτης παραγράφου εξακολουθούν να ισχύουν.

### Εξοπλισμός για δειγματοληψίες

Λόγω της ποικιλίας των εργοστασιακών εγκαταστάσεων και περιστάσεων κάτω από τις οποίες θα λαμβάνονται τα δείγματα, δεν είναι δυνατόν να περιγραφεί ένας τύπος εξοπλισμού αναφοράς, με τον οποίον θα μπορούν να συγκρίνονται, μέσω μιας σειράς δοκιμών, άλλοι τύποι εξοπλισμού, πριν να κριθούν ικανοί προς χρήση. Συνεπώς αυτό το πρότυπο δίνει μονάχα, σαν παράδειγμα στο παράρτημα Α, μία απλοποιημένη απεικόνιση των συνήθως χρησιμοποιούμενων συσκευών που έχουν κριθεί ικανοποιητικές. Αυτός ο εξοπλισμός είναι φορητός (κουτάλα, σωλήνας δειγματοληψίας, δειγματολήπτης-βίδα κλπ.) ή μόνιμα εγκατεστημένος (εξολκέας-βίδα ή άλλος εξοπλισμός προσαρμοσμένος με μόνιμο τρόπο στον περιέχοντα το τσιμέντο χώρο).

Ο εξοπλισμός πρέπει να επιλέγεται και να χρησιμοποιείται σύμφωνα με τους ακόλουθους κανόνες.

Ο εξοπλισμός πρέπει να είναι

- α) αποδεκτός από όλα τα μέρη
- β) από μη διαβρώσιμο υλικό, που δεν αντιδρά με το τσιμέντο
- γ) πάντα έτοιμος για λειτουργία και καθαρός. Πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε να εξασφαλίζεται ο προσεκτικός του καθαρισμός μετά από κάθε δειγματοληψία 3. Πρέπει επίσης να λαμβάνεται μέριμνα, ώστε να μην μολύνεται από λιπαντικά προερχόμενα από άλλα μηχανήματα.

Ο μόνιμος εξοπλισμός πρέπει να εγκαθίσταται σε σημεία όπου δεν υπάρχουν αποθέσεις σκληρυμένων τσιμέντων και η ροή του τσιμέντου είναι ομοιογενής (χωρίς διαχωρισμό) κατά το διάστημα της χρησιμοποίησής του. Ειδικά δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια ρευστοαίωρησης με εμφύσηση αέρα. Εάν η ρευστοαίωρηση είναι απαραίτητη, δεν θα λαμβάνονται δείγματα, έως ότου το τσιμέντο κατακαθίσει επί τουλάχιστον μισό λεπτό μετά τη διακοπή της παροχής αέρα.

Ωστόσο ο καθαρισμός δεν είναι απαραίτητος μεταξύ λήψεων διαδοχικών μονάδων δείγματος από το ίδιο τσιμέντο, οι οποίες προορίζονται για το σχηματισμό του δείγματος.

Διαδικασίες δειγματοληψιών και προφυλάξεις που πρέπει να λαμβάνονται ανάλογα με τις διαδικασίες που έχουν υιοθετηθεί



## Γενικά

Ανάλογα με τις περιστάσεις πρέπει να χρησιμοποιείται ο πιο κατάλληλος εξοπλισμός για τη λήψη ενός δείγματος, λαμβανομένων υπόψη των ακολούθων κατά περίπτωση προφυλάξεων.

### Δειγματοληψία από σάκους, βαρέλια και δοχεία αντιστοίχου μεγέθους.

Όταν το τσιμέντο είναι συσκευασμένο σε σάκους, βαρέλια ή άλλα μικρά δοχεία, το δείγμα πρέπει να συνίσταται σε ένα μόνο σάκο ή ένα μόνο δοχείο επιλεγόμενο τυχαία από ένα επαρκώς μεγάλο απόθεμα.

### Δειγματοληψία από μεγάλα κιβώτια

Τα δείγματα πρέπει να λαμβάνονται κατά την πλήρωση ή κένωση του κιβωτίου κάτω από τις εξής προφυλάξεις:

- α) να μην γίνεται η εργασία σε σκονισμένη ή μολυσμένη ατμόσφαιρα
- β) να λαμβάνεται ο απαραίτητος αριθμός δειγμάτων για την απόκτηση της προδιαγραφόμενης ποσότητας
- γ) να μεταφέρεται το δείγμα τσιμέντου σ' ένα καθαρό, ξηρό και αεροστεγές δοχείο

### Δειγματοληψία από μεταφορά χύδην (μετά τη φόρτωση ή πριν την εκφόρτωση)

Για οποιονδήποτε χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό, πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα, ώστε να μην λαμβάνεται υλικό από τα άνω ή από τα κάτω στρώματα της μάζας του τσιμέντου. Σαν στρώμα θα θεωρείται υλικό πάχους τουλάχιστον 15 cm.

### Δειγματοληψία κατά τη φόρτωση για μεταφορά χύδην ή σε σιλό.

Μπορούν να διεξαχθούν δειγματοληψίες μόνον εφόσον διατίθεται κατάλληλος εξοπλισμός και εφόσον υπάρχει πρόσβαση σε κάποια ομοιογενή φάση τσιμέντου.

### Δειγματοληψία από σιλό

Σε περίπτωση απουσίας μιας κατάλληλης μόνιμης συσκευής δειγματοληψίας, πρέπει να απορρίπτεται η κατάλληλη ποσότητα τσιμέντου κατά την αρχή της εκροής, ώστε να απομακρύνονται οι σκληρές αποθέσεις ή ανεπιθύμητα στα σύστημα διανομής μίγματα διαφόρων τσιμέντων. Ο καθορισμός αυτής της ποσότητας επαφίεται στο παριστάμενο στη δειγματοληψία εκπρόσωπο του παραγωγού. Η απαραίτητη ποσότητα πρέπει να συλλέγεται τότε σ' ένα καθαρό και ξηρό δοχείο.

### Δειγματοληψία από μηχανές σακκεύσεως

Η ποσότητα που λαμβάνεται, πρέπει να συνίσταται σε ένα σάκο τσιμέντου, ο οποίος λαμβάνεται κατά τη διάρκεια ομαλής λειτουργίας της μηχανής. Μπορεί να δειγματοληφτείται ποσότητα δείγματος από μία μηχανική συσκευή προσαρμοσμένη στη χοάνη τροφοδοσίας της μηχανής κατευθείαν πάνω από τα στόμια εκροής. Αν η μηχανή χρησιμοποιείται για σάκκευση διαφόρων τύπων τσιμέντου, πρέπει να καθαριστεί πλήρως απ' όλο το τσιμέντο που έχει σακκευθεί προηγουμένως, μέχρις ότου φθάσει το τσιμέντο από το οποίο πρόκειται να ληφθούν τα δείγματα. Αναλόγως του τύπου της μηχανής σακκεύσεως, η κατ' αυτόν τον τρόπο απομακρυνόμενη ποσότητα μπορεί να είναι σημαντική. Ο παριστάμενος στη δειγματοληψία εκπρόσωπος του παραγωγού πρέπει να προσδιορίσει αυτή την ποσότητα.

### Συχνότητα δειγματοληψίας και επιλογή του τύπου του δείγματος

Η συχνότητα λήψεως δειγμάτων και ο τύπος του δείγματος (στιγμαίο ή σύνθετο δείγμα) εξαρτάται από τους όρους που περιλαμβάνονται:

- στις μεταξύ παραγωγού και πελάτη συμφωνίες
- στα εθνικά, Ευρωπαϊκά (ENV 1972) για παράδειγμα) ή ακόμη και διεθνή πρότυπα.
- στις διαδικασίες πιστοποίησης.

### Μέγεθος και προετοιμασία δειγμάτων

- Μέγεθος δείγματος που λαμβάνεται προς επαλήθευση συμβατότητας: Κάθε εργαστηριακό δείγμα (ή δείγμα για επανέλεγχο ή δείγμα προς φύλαξη), πρέπει να είναι τέτοιου μεγέθους, ώστε όλες οι δοκιμές που καθορίζονται στο συμβόλαιο ή απαιτούνται από πρότυπα αναφερόμενα στο συμβόλαιο ή στη διαδικασία πιστοποίησης, να μπορούν να διεξαχθούν δύο φορές. Έτσι, εάν δεν καθορίζεται κάτι άλλο, η μάζα αυτών των δειγμάτων πρέπει να είναι τουλάχιστον 5 kg.

Η συνολική ποσότητα που πρέπει να ληφθεί (στιγμαίο ή μέσο δείγμα) για επαλήθευση συμβατότητας, πρέπει να είναι μεγαλύτερη από, ή τουλάχιστον ίση, με την ποσότητα που απαιτείται για τον εφοδιασμό όλων των ενδιαφερομένων εργαστηρίων με τα δείγματα. Αυτή η ποσότητα πρέπει να λαμβάνεται με τη βοήθεια του εξοπλισμού. Γενικά ένα δείγμα 40 kg έως 50 kg, είναι αρκετό.

### Ομογενοποίηση

Μόλις συλλεχθεί η ποσότητα των 40 kg έως 50 kg, πρέπει να ομογενοποιείται προσεκτικά (κατά προτίμηση σ' ένα εργαστήριο), με καθαρά και ξηρά εργαλεία που δεν αντιδρούν με το τσιμέντο.

Η ομογενοποίηση πρέπει να επιτυγχάνεται κατά προτίμηση με τη χρήση μιας μηχανής αναμίξεως, η αποτελεσματικότητα της οποίας πρέπει να έχει προηγουμένως αποδειχθεί. Οποιαδήποτε διαδικασία και αν επιλεγεί, πρέπει να εκτελείται το ταχύτερο δυνατόν για να ελαχιστοποιείται η έκθεση του τσιμέντου στον αέρα.

Όταν δεν διατίθεται μηχανή ομογενοποίησης, πρέπει να ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

Η ποσότητα τσιμέντου που έχει συλλεχθεί και πρόκειται να διανεμηθεί μεταξύ των εργαστηρίων, πρέπει να αδειασθεί πάνω σ' ένα καθαρό ξηρό ύφασμα (ή πλαστικό φύλλο) και πρέπει να αναμιχθεί προσεκτικά με ένα φτυάρι.

Αυτή η διαδικασία πρέπει να εφαρμόζεται μόνον εάν:

- α) η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη από 85%.
- β) δεν υπάρχει κίνδυνος προσβολής του δείγματος από άνεμο, βροχή, χιόνι ή σκόνη.

### Επαλήθευση της αποτελεσματικότητας της επιλεγείσας διαδικασίας ομογενοποίησης.

Λαμβάνονται ίσες περίπου ποσότητες δύο τσιμέντων διαφορετικών χαρακτηριστικών (π.χ. λεπτότητας κατά Blaine, κατά EN 196-6), και επιπλέον διαφορετικού χρώματος. Αναμιγνύονται και σημειώνεται ο χρόνος μεταξύ αρχής και τέλους της εργασίας. Μόλις κριθεί ότι η ανάμιξη είναι πλήρης, λαμβάνονται δέκα πέντε (15) «μικροδείγματα», 12 έως 20 g το καθένα, από σημεία ομοιόμορφα κατανεμημένα μέσα στη μάζα της οποίας πρόκειται να επαληθευθεί η ομοιογένεια 5.

Προσδιορίζεται η λεπτότητα κατά Blaine τρεις φορές σε καθένα από αυτά τα μικροδείγματα.

Η ομογενοποίηση πρέπει να θεωρείται επιτυχής αν η ανάλυση διασποράς δείχνει ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των 15 μικροδειγμάτων. Η ανάλυση αυτή πρέπει να εκτελείται όπως περιγράφεται στη σχετική, με το στατιστικό έλεγχο, βιβλιογραφία.

Σε περίπτωση μη ικανοποιητικού αποτελέσματος, η ανάμιξη πρέπει να επαναληφθεί με διπλασιασμό του χρόνου αναμίξεως.

Εάν μετά από αυτή την επανάληψη δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των 15 μικροδειγμάτων, η μέθοδος με το διπλάσιο χρόνο ομογενοποίησης πρέπει να

θεωρείται ικανοποιητική, αλλά, εάν δεν επιτυγχάνεται αξιοσημείωτη βελτίωση σε σχέση με την πρώτη δοκιμή, η επιλεγείσα μέθοδος πρέπει να χαρακτηριστεί ακατάλληλη. Τέλος, αν δεν υπάρχει σημαντική βελτίωση, θα πρέπει να αποφασισθεί, λαμβανομένου υπόψιν του απαιτούμενου χρόνου, εάν αξίζει να επαναληφθεί η δοκιμή με ένα μεγαλύτερο χρόνο.

### Επιλογή μεθόδου

Η επαλήθευση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου ομογενοποίησης πρέπει να εκτελείται μόνον τη στιγμή της επιλογής της μεθόδου. Η επιλογή αυτή επαφίεται στην πρωτοβουλία του Παραγωγού, αλλά οφείλει να είναι σε θέση να αποδείξει (π.χ. σε κάποιον ειδικό που εκπροσωπεί τον Πελάτη ή τον οργανισμό Πιστοποίησης), ότι έχει εκτελέσει την ανωτέρω περιγραφείσα δοκιμή, παρουσιάζοντας το φάκελο που τηρείται ειδικά γι' αυτήν την περίπτωση.

### Διαίρεση της ποσότητας που απαιτείται για την επαλήθευση της συμβατότητας.

Μετά την ομογενοποίηση του δείγματος που ετοιμάσθηκε, αυτό πρέπει να διαιρείται στον απαιτούμενο αριθμό εργαστηριακών ή προς φύλαξη δειγμάτων είτε με χρήση ενός διαιρέτη δείγματος ή, μετά από τεταρτομερισμό της ποσότητας προς διανομή, με λήψη με μια σέσουλα μονάδων δείγματος περίπου 0,5 kg από κάθε τέταρτο του δείγματος και μεταφοράς τους διαδοχικά σε δοχεία που ετοιμάσθηκαν για τα εργαστηριακά (ή προς φύλαξη) δείγματα. Αυτή η εργασία πρέπει να συνεχίζεται έως ότου κάθε δοχείο αποκτήσει την επιθυμητή ποσότητα.

Η σειρά διανομής του περιεχομένου της σέσουλας, βάσει της οποίας δημιουργείται προοδευτικά κάθε εργαστηριακό δείγμα, πρέπει να είναι ως εξής:

Διαδοχική διανομή σε καθένα από τα δοχεία του εργαστηρίου X, Y, Z, κλπ.

πρώτα μιας σέσουλας από το A,

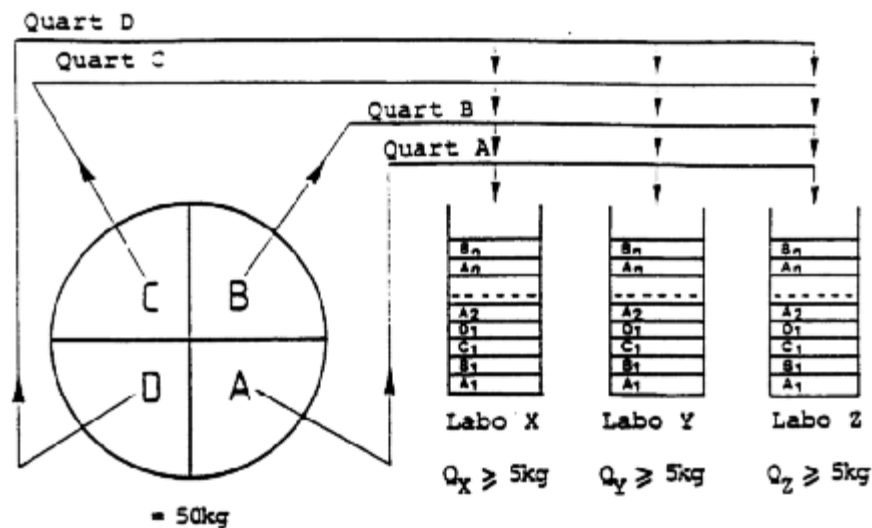
ύστερα μιας σέσουλας από το B,

ύστερα μιας σέσουλας από το C,

ύστερα μιας σέσουλας από το D.

Προς απόκτηση μιας πρώτης πληροφόρησης, μπορεί να συγκριθεί το χρώμα αυτών των μικροδειγμάτων, εάν έχει προηγουμένως ληφθεί μέριμνα να επιλέγουν δύο τσιμέντα ευδιάκριτα διαφορετικού χρώματος.

Αυτό αντιπροσωπεύει μία σειρά διανομής. Η ίδια σειρά επαναλαμβάνεται όσες φορές χρειάζεται, ώστε να επιτευχθεί η ποσότητα που προδιαγράφηκε.



**Σχήμα 1.** Παρασκευή των εργαστηριακών δειγμάτων

Κάθε εργαστηριακό (ή προς φύλαξη δείγμα), που ετοιμάσθηκε με αυτόν τον τρόπο, πρέπει να συσκευάζεται και πρέπει να αποστέλλεται το συντομότερο δυνατόν. Εναπόκειται τότε πια στο εργαστήριο – παραλήπτη να φυλάξει, ετοιμάσει και χειρισθεί το δείγμα με τον τρόπο που αρμόζει στη μετέπειτα χρήση του.

#### Ξένα σώματα στο δείγμα

Οποιαδήποτε ξένα σώματα πιθανόν φανούν στο τσιμέντο κατά τη διάρκεια των ανωτέρω εργασιών, πρέπει σε όλες τις περιπτώσεις να σημειωθούν στην αναφορά δειγματοληψίας .

Εάν εμφανίζονται να είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα στο τσιμέντο (π.χ. μία σκόνη ξένη προς το τσιμέντο, σβώλοι ) δεν είναι δυνατόν να αφαιρεθούν από το δείγμα. Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει να απομακρύνονται και να φυλάσσονται :

- α) από ένα από τα δύο μέρη (παραγωγό, πελάτη) με τη σύμφωνη γνώμη του άλλου, στην περίπτωση κατά την οποία γίνεται παράδοση,
- ή
- β) από τον φορέα που είναι υπεύθυνος για την επίβλεψη, σε περίπτωση δειγματοληψίας που γίνεται στα πλαίσια των κανονισμών πιστοποίησης.

#### Συσκευασία και φύλαξη

Η συσκευασία των δειγμάτων και η μέθοδος φύλαξής τους πρέπει να είναι πάντα τέτοιες, ώστε να διαφυλάττουν τις ιδιότητες του δείγματος του τσιμέντου.

Οποιοσδήποτε συνθήκες ύποπτες για αλλοίωση των ιδιοτήτων του δείγματος του τσιμέντου, θα πρέπει να αναφέρονται.

Τα δείγματα πρέπει να συσκευάζονται, να αποστέλλονται και να φυλάσσονται σε σάκους, βαρέλια ή στερεά δοχεία. Αυτά πρέπει να είναι κατασκευασμένα από υλικό αδρανές ως προς το τσιμέντο και μη διαβρώσιμο. Πρέπει να είναι ξηρά, αδιαπέραστα (από αέρα και υγρασία) και καθαρά. Γι' αυτό, πρέπει να μην έχουν χρησιμοποιηθεί προηγουμένως για συσκευασία προϊόντων, που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα δείγματα.

Για να προληφθεί ο αερισμός, τα δοχεία πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο πολύ γεμισμένα και το κλείσιμό τους σφραγισμένο με αυτοκόλλητη ταινία.

Όταν τα δοχεία ή οι σάκοι είναι πλαστικοί, πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνον υπό τους ακόλουθους όρους:

- α) η περίοδος φύλαξης πρέπει να περιορίζεται σε 3 μήνες.
- β) το πάχος του πλαστικού από το οποίο είναι κατασκευασμένοι πρέπει να είναι τουλάχιστον 100 μm.
- γ) το πλαστικό υλικό δεν πρέπει έπ' ουδενί να ασκεί αερακτική δράση στο τσιμέντο, είτε με απώλεια από αυτό το ίδιο το υλικό, είτε σαν αποτέλεσμα διεπιφανειακής δράσης. Έπ' αυτού του θέματος, ελέγχεται η απουσία τέτοιου κινδύνου, δια διεξαγωγής καταλλήλων δοκιμών, όπου χρειάζεται.
- δ) πρέπει επίσης να λαμβάνεται πρόνοια να σφραγίζονται, όπου χρειάζεται, με κατάλληλη ταινία.

#### Συνθήκες φύλαξης

Τα δείγματα πρέπει να φυλάσσονται, κατά προτίμηση, σε θερμοκρασία χαμηλότερη των 30 °C.

#### Αναγνώριση δειγμάτων

Προκειμένου να αναγνωρίζονται σαφώς τα δείγματα, τα δοχεία (σάκοι ή βαρέλια) πρέπει να είναι καθαρά και ανεξίτηλα σημειωμένα σε μία τουλάχιστον θέση. Όταν υπάρχει μία μόνο σημείωση, αυτή πρέπει να είναι επί του σώματος του δοχείου και όχι στο καπάκι.

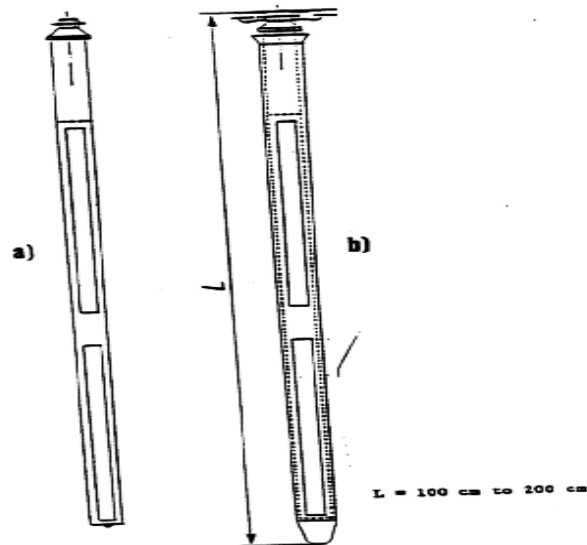
Επιπλέον, ένα αντίγραφο της αναφοράς δειγματοληψίας πρέπει να εσωκλείεται, όπου είναι αναγκαίο, σ' ένα προστατευτικό φάκελο, ο οποίος θα τοποθετείται μέσα στο δοχείο.

### Επικύρωση των δειγμάτων

Αν είναι αναγκαίο, όταν αυτό ζητείται από το συμβόλαιο πώλησης ή από τους κανονισμούς πιστοποίησης, το δοχείο πρέπει να φέρει μία συμφωνημένη σφραγίδα προς επικύρωση του δείγματος. Η σφραγίδα αυτή πρέπει να είναι στερεωμένη κατά τρόπο που να εμποδίζει το μη εξουσιοδοτημένο άνοιγμα του δοχείου.

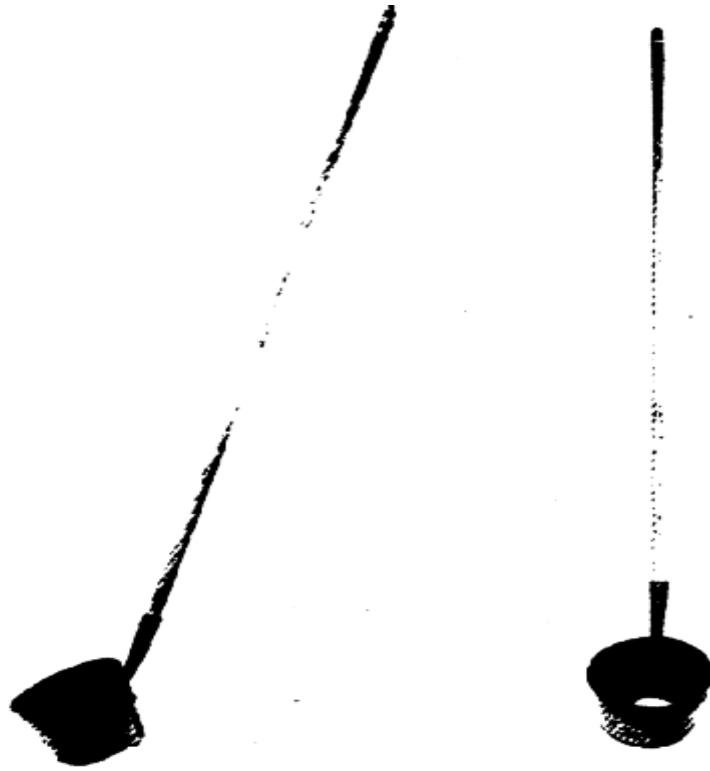
### Αναφορά δειγματοληψίας

Για κάθε δείγμα πρέπει να συμπληρώνεται μία αναφορά δειγματοληψίας, από τον υπεύθυνο γι' αυτήν. Αντίγραφα πρέπει να επισυνάπτονται στα εργαστηριακά (ή προς φύλαξη) δείγματα που ετοιμάστηκαν και διανεμήθηκαν, σύμφωνα με τους όρους του συμβολαίου ή των κανονισμών πιστοποίησης.



- a) εσωτερικός σωλήνας
- b) συναρμολογημένος δειγματολήπτης

**Σχήμα 2.** Σωλήνας δειγματοληψίας.



α) πλάγια όψη  
κουτάλας  
β) πρόσθια όψη

Κατά προσέγγιση διαστάσεις της

Διάμετρος 20 cm  
Βάθος 15 cm  
Μήκος λαβής 180 cm

**Σχήμα 3.** Τυπική κουτάλα



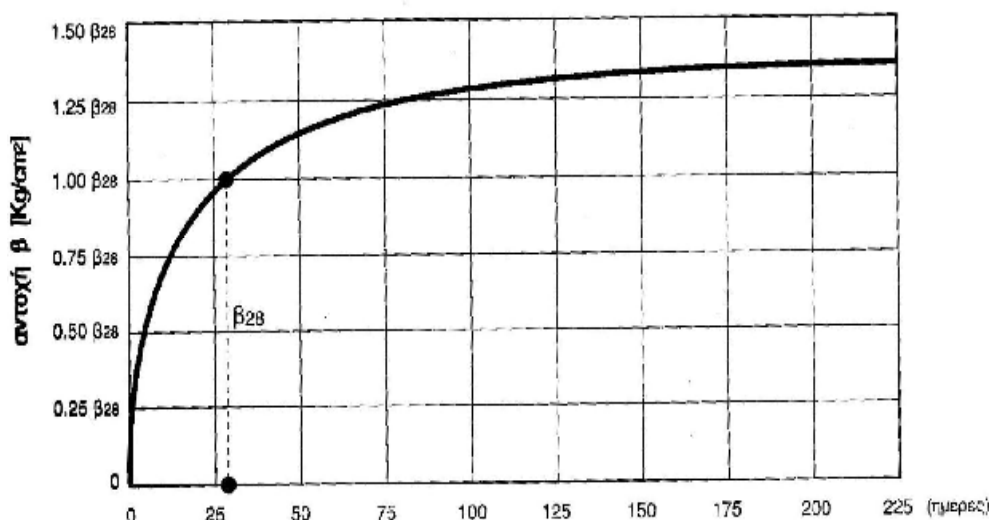
#### Α.2.4. Ενυδάτωση του τσιμέντου

Η πήξη και η σκλήρυνση του σκυροδέματος οφείλονται αποκλειστικά στη χημική δράση μεταξύ τσιμέντου και νερού. Τα συστατικά του τσιμέντου ενώνονται με το νερό ύστερα από μια σειρά περίπλοκων χημικών αντιδράσεων που διαρκούν επί χρόνια. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **ενυδάτωση** του τσιμέντου.

Με την ανάμειξη του τσιμέντου με το νερό δημιουργείται μια γκριζοπράσινη πολτώδης μάζα, η τσιμεντοκονία. Η ρευστότητα του μείγματος βέβαια εξαρτάται από τις αναλογίες μείξεως των δύο υλικών.

Για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, το μείγμα δεν φαίνεται να παρουσιάζει καμιά μεταβολή. Αργότερα όμως φαίνεται ότι αρχίζει να πήζει προοδευτικά μέχρι να στερεοποιηθεί τελείως. Το φαινόμενο αυτό καλείται πήξη της τσιμεντοκονίας και οι χαρακτηριστικές στιγμές αλλαγής της φυσικής καταστάσεως ονομάζονται αρχή και τέλος της πήξεως. Ο ακριβής καθορισμός των χρονικών αυτών στιγμών γίνεται με τρόπο καθοριζόμενο συμβατικά στους Κανονισμούς .

Κατά το χρονικό διάστημα ως την αρχή της πήξεως, ο τσιμεντοπολτός είναι ακόμη επιδεκτικός κατεργασίας και μεταφοράς. Γι αυτό και ο Κανονισμός ορίζει ότι η αρχή της πήξεως για τα κοινά τσιμέντα δεν πρέπει να εμφανίζεται νωρίτερα από μία ώρα από τη στιγμή αναμείξεως των δύο υλικών και το τέλος της πήξεως αργότερα από 8 ώρες. Στην περίπτωση του σκυροδέματος, δηλαδή του μείγματος τσιμέντου, νερού και αδρανών υλικών, ο χρόνος ως την αρχή της πήξεως γίνεται δύο έως τέσσερις φορές μεγαλύτερος.



**Σχήμα 4.** Ανάπτυξη της αντοχής με το χρόνο

### **A.2.5. Χρήση τσιμέντων στην Ελλάδα**

Στην Ελλάδα κυρίως χρησιμοποιούνται τώρα ο τύπος Π/35 σε σακιασμένο τσιμέντο ή χύμα (το λεγόμενο "κοινό") και το τσιμέντο τύπου Ι/45 και Ι/55 (μόνο χύδην), διακινούμενο με σιλοφόρα τσιμέντου από το Εργοστάσιο τσιμέντων στα Σιλό των Εργοστασίων παραγωγής σκυροδέματος (το λεγόμενο "καθαρό" τσιμέντο, ενώ για το Ι/35 χρησιμοποιείται επιπλέον ο όρος "υψηλής αντοχής").

Το τσιμέντο Ι/55 χρησιμοποιείται όταν υπάρχει ανάγκη για ανάπτυξη θλιπτικών αντοχών νωρίς, για γρήγορο ξεκαλούπωμα, όπως είναι π.χ. αναγκαίο στην προκατασκευή. Το συνήθως χρησιμοποιούμενο τσιμέντο από Βιομηχανίες Ετοιμού Σκυροδέματος είναι το Ι/45 στην Αθήνα, ενώ στην επαρχία χρησιμοποιείται ακόμη το τσιμέντο Π/35 (χύμα). Συγκριτικά απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα τσιμέντου Π/35 για να επιτύχει τις αντοχές στο σκυρόδεμα που πετυχαίνει το Ι/45, ενδεικτικά για το Β225, είναι αρκετά 270 kg/m<sup>3</sup> τσιμέντο Ι/45, ενώ απαιτούνται περίπου 310 - 320 kg/m<sup>3</sup> τσιμέντο Π/35 για τις ίδιες αντοχές.

Το τσιμέντο Π/45, που είναι και ποζολανικό και έχει μεγάλη αντοχή, χρησιμοποιείται εκεί που υπάρχει ανάγκη για χαμηλή θερμότητα ενυδατώσεως (ογκώδη έργα. φράγματα. υπερχειλιστές στα Έργα ΔΕΗ κλπ) και ταυτόχρονα υψηλή αντοχή όπως απαιτείται π.χ. στις σήραγγες.

Το τσιμέντο Π/35 σε σάκους των 50 kg χρησιμοποιείται κυρίως για την παρασκευή κονιαμάτων και επιχρισμάτων κατά το χτίσιμο και το σοβάτισμα των τοιχοποιιών.

Τέλος το λευκό τσιμέντο, που είναι συνήθως τύπου Ι/55, χρησιμοποιείται για την παρασκευή διακοσμητικών προϊόντων τσιμέντου, ανεπίχρηστου αρχιτεκτονικού σκυροδέματος.

### **A.3. ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ**

Το σκυρόδεμα αποτελείται από αδρανή υλικά και κονία που χρησιμεύει ως συνδετική ύλη αυτών. Τα αδρανή υλικά οφείλουν την ονομασία τους στο γεγονός ότι παραμένουν χημικώς αδρανή, σε αντίθεση με το τσιμέντο και το νερό, στη χημική δράση των οποίων, οφείλεται η σκλήρυνση του σκυροδέματος. Συνδέονται και συγκολλούνται μεταξύ τους και συμβάλλουν, μηχανικά μόνο, στην αντοχή του τελικού προϊόντος.

Ως αδρανή υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν θεωρητικά οποιαδήποτε υλικά συγκεντρώνουν τις τρεις βασικές απαιτήσεις: α) επαρκή αντοχή, β) επαρκή πρόσφυση και γ) χημική ανεκτικότητα με την τσιμεντοκονία.

Το συγγενέστερο υλικό προς την τσιμεντοκονία είναι τα πετρώματα και γι' αυτό κατά κανόνα ως αδρανή υλικά για την παρασκευή του κοινού τύπου σκυροδέματος χρησιμοποιούνται συντρίμματα διαφόρων πετρωμάτων. Τα πετρώματα είτε θραύονται τεχνητά (θραυστά), είτε συλλέγονται όπως βρίσκονται στη φύση (συλλεκτά). Τα καταλληλότερα πετρώματα είναι τα ασβεστολιθικά και τα πυριτικά. Οι κόκκοι μπορεί να έχουν περίπου το ίδιο ή διαφορετικό μέγεθος.

Αδρανή διαφορετικής προελεύσεως χρησιμοποιούνται για ειδικά σκυροδέματα, όπως τα ελαφρά ή τα βαριά σκυροδέματα ή σκυροδέματα με ειδικούς σκοπούς. Στον Πίνακα 3 φαίνονται τα κυριότερα υλικά που χρησιμοποιούνται ως αδρανή.

<b>Αδρανή</b>		Είδος σκυροδέματος
Φυσικά	Τεχνητά	
Συντρίμματα βαριών πετρωμάτων (βαρίτης, μαγνητίτης κ.ά.)	Βιομηχανικά κατάλοιπα σιδήρου (ρινίσματα κ.ά.).	Βαρύ σκυρόδεμα
Θραυστά ή συλλεκτά συντρίμματα πετρωμάτων μέσου ειδικού βάρους (ασβεστολιθικά, πυριτικά κ.ά.).	Ύνες αμιάντου	Κοινό σκυρόδεμα
Θραυστά ή συλλεκτά τεμάχια ελαφρών πετρωμάτων (κίσηρη κ.ά)	Σκωρία υψικαμίνων, διογκωμένη άργιλος, διογκωμένος σχιστόλιθος, περλίτης κ.ά.	Ελαφρά σκυροδέματα

**Πίνακας 3.** Τύποι αδρανών υλικών που χρησιμοποιούνται για την Παρασκευή σκυροδέματος.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των αδρανών υλικών που επηρεάζουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος είναι: η **αντοχή** τους (αντοχή του μητρικού πετρώματος), η **καθαρότητα**, η ύπαρξη δηλαδή ή όχι πρόσμεικτων ουσιών, η **πρόσφυση** με την κονία, η **χημική συμπεριφορά** τους με τα άλλα συστατικά του σκυροδέματος ή με ουσίες που μπορεί να διεισδύσουν μέσα στο σκυρόδεμα κατά τη διάρκεια της ζωής του, το **σχήμα** και το **μέγεθος** των κόκκων.

### **A.3.1. Προέλευση και αντοχή των αδρανών**

Για την παρασκευή του κοινού σκυροδέματος, στο οποίο η μηχανική αντοχή είναι το κυριότερο χαρακτηριστικό, σημασία έχει η αντοχή σε θλίψη του μητρικού πετρώματος. Την αντοχή αυτή τη μετρούμε με 6 κυβικά δοκίμια πλευράς 7x7x7 ή κυλινδρικούς πυρήνες Φ75 και ύψους 75mm.

Εκτός από την παραπάνω αντοχή σε θλίψη, το πέτρωμα πρέπει να είναι απαλλαγμένο από κομμούς και να μην αποσαθρώνεται από την επίδραση των καιρικών συνθηκών. Οι ιδιότητες αυτές χαρακτηρίζονται με τον όρο **υγεία** του πετρώματος. Η υγεία του πετρώματος μετράται σύμφωνα με την Αμερικανική Προδιαγραφή ASTM C88. Η άμμος πρέπει να παρουσιάζει απώλεια μικρότερη του 10% και τα χονδρότερα αδρανή απώλεια 12%.

Τέλος, πρέπει το πέτρωμα να διαθέτει αρκετή **αντοχή σε επιφανειακή φθορά**, δηλαδή αντοχή σε επιφανειακή τριβή και επιφανειακές κρούσεις. Η φθορά πρέπει να είναι μικρότερη του 40%.

Σύμφωνα με την Προδιαγραφή ΕΛΟΤ 408 για να χρησιμοποιηθεί ένα πέτρωμα ως αδρανές υλικό για το σκυρόδεμα πρέπει η αντοχή να υπερβαίνει τα  $650 \text{ kg/cm}^2$ .

### **A.3.2. Τεχνικές προδιαγραφές αδρανών υλικών**

#### **α) Θραυστά Αδρανή**

Τα θραυστά αδρανή πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του ΕΛΟΤ 408, σύμφωνα με τον οποίο στα θραυστά αδρανή για συνήθη σκυροδέματα ακολουθούνται οι ακόλουθες τροποποιήσεις και προσθήκες:

- I. Υιοθετούνται οι δύο από τις τρεις σειρές προτύπων κοσκίνων που αναφέρονται στο ΕΛΟΤ 408, με τις ακόλουθες ονομασίες: α) Σειρά Γερμανικών Κοσκίνων ή Γερμανικά Κόσκινα που συμβολίζονται με το Σύμβολο n πριν από τον αριθμό του

κοσκίνου. (περιγράφονται στα DIN 4187 και DIN 4188) και β) Σειρά Αμερικανικών Κοσκίνων ή Αμερικανικά Κόσκινα, που συμβολίζονται με το Σύμβολο No πριν από τον αριθμό του κοσκίνου μέχρι και το κόσκινο No 4, ενώ τα μεγαλύτερου ανοίγματος συμβολίζονται με το μέγεθος της βροχίδας σε ίντσες (περιγράφονται στο ASTM E 11).

- II. Για σκυρόδεμα κατηγορίας C20/25 και μεγαλύτερης, τα αδρανή πρέπει να προσκομίζονται χωρισμένα σε τρία (3) τουλάχιστον κλάσματα.
- III. Ως άμμος ορίζεται το κλάσμα το διερχόμενο από το κόσκινο No 8 ή το 3/8 σε ποσοστό 100% και από το κόσκινο No 4 σε ποσοστό τουλάχιστον 95%.
- IV. Τα συνηθέστερα κλάσματα με κόκκο μεγαλύτερο από το μέγιστο κόκκο της άμμου είναι το ρυζάκι, το γαρμπίλι (λεπτό, χοντρό) και τα σκύρα.
- V. Στο επόμενο κλάσμα μετά την άμμο δεν επιτρέπεται να υπάρχει υλικό διερχόμενο από το κόσκινο n 2 ή No 8 σε ποσοστό μεγαλύτερο από 25%, όπως επίσης και υλικό διερχόμενο από το κόσκινο n 1 ή No 16 σε ποσοστό μεγαλύτερο από 2%.
- VI. Το ποσοστό των κόκκων της άμμου που περνάει από το κόσκινο No 0,25 δεν πρέπει να υπερβαίνει: **α)** Το 24% του ξερού βάρους της άμμου, όταν πρόκειται για σκυρόδεμα κατηγορίας C25/30 ή μεγαλύτερης. **β)** Το 30% του ξερού βάρους της άμμου, όταν πρόκειται για σκυρόδεμα κατηγορίας μικρότερης της C25/30. **γ)** Το 37% του ξερού βάρους της άμμου, όταν πρόκειται για άοπλα σκυροδέματα χωρίς ειδικές απαιτήσεις (στεγανό σκυρόδεμα, ανθεκτικό σκυρόδεμα, σκυρόδεμα δαπέδων, κλπ.).
- VII. Ως παιπάλη ορίζεται το μέρος του αδρανούς που περνάει από το Αμερικανικό πρότυπο Κόσκινο No 200 (75 μm) και προσδιορίζεται σύμφωνα με τη Μέθοδο Ελέγχου ΣΚ-305. Η παιπάλη της άμμου δεν πρέπει να υπερβαίνει το 16% του ξερού βάρους της και η παιπάλη των πιο χονδρόκοκκων κλασμάτων (ρυζάκι, γαρμπίλι, σκύρα) δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1% του ξερού βάρους του. Για άοπλα σκυροδέματα χωρίς ειδικές απαιτήσεις επιτρέπεται παιπάλη στην άμμο μέχρι 20% του ξερού βάρους της.
- VIII. Δεν ορίζεται επιτρεπόμενο ανώτερο όριο για το ποσοστό της άμμου που περνάει από το κόσκινο No 100 (150 μm).
- IX. Αν χρησιμοποιείται αδρανές μέγιστου κόκκου 31,5 mm στα Γερμανικά Κόσκινα ή 1' στα Αμερικανικά Κόσκινα, η κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια του Διαγράμματος I του Κανονισμού

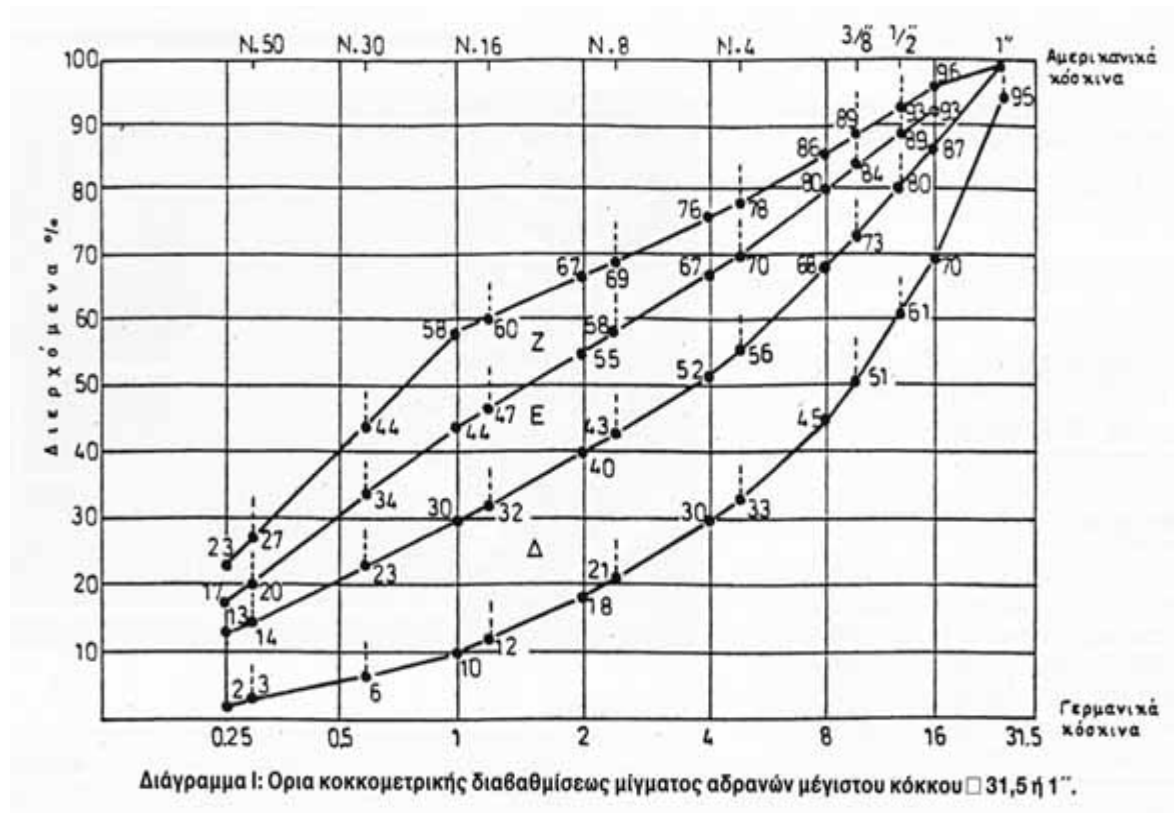
και των Πινάκων 4 και 5 που αντικαθιστούν το Διάγραμμα Ι και τους Πίνακες 2γ και 2β αντίστοιχα του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 408.

Κόσκινα		Διερχόμενα %		
Όνομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε	Υποζώνη Ζ
0,25	250 μm	2-13	13-17	17-23
1	1 mm	10-30	30-44	44-58
2	2 mm	18-40	40-55	55-67
4	4 mm	30-52	52-67	67-76
8	8 mm	45-68	68-80	80-86
16	16 mm	70-87	87-93	93-95
31,5	31,5 mm	100	100	100

**Πίνακας 4.** Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 31,5 mm, για τη σειρά των Γερμανικών Κοσκίνων DIN 4188 και DIN 4187.

Κόσκινα		Διερχόμενα %		
Όνομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε	Υποζώνη Ζ
0,25	250 μm	2-13	13-17	17-23
No 50	300 μm	3-14	14-20	20-27
No 30	600 μm	6-23	23-34	34-44
No 16	1,18 mm	12-32	32-47	47-60
No 8	2,36 mm	21-43	43-58	58-69
No 4	4,75 mm	33-56	56-70	70-78
3/8 "	9,5 mm	51-73	73-84	84-89
1"	12,5 mm	61-80	80-89	89-93
1 1/2"	25,0 mm	95-100	100	100
	37,5 mm	100	100	100

**Πίνακας 5.** Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 1', για τη σειρά των Αμερικανικών Κοσκίνων ASTM E 11.



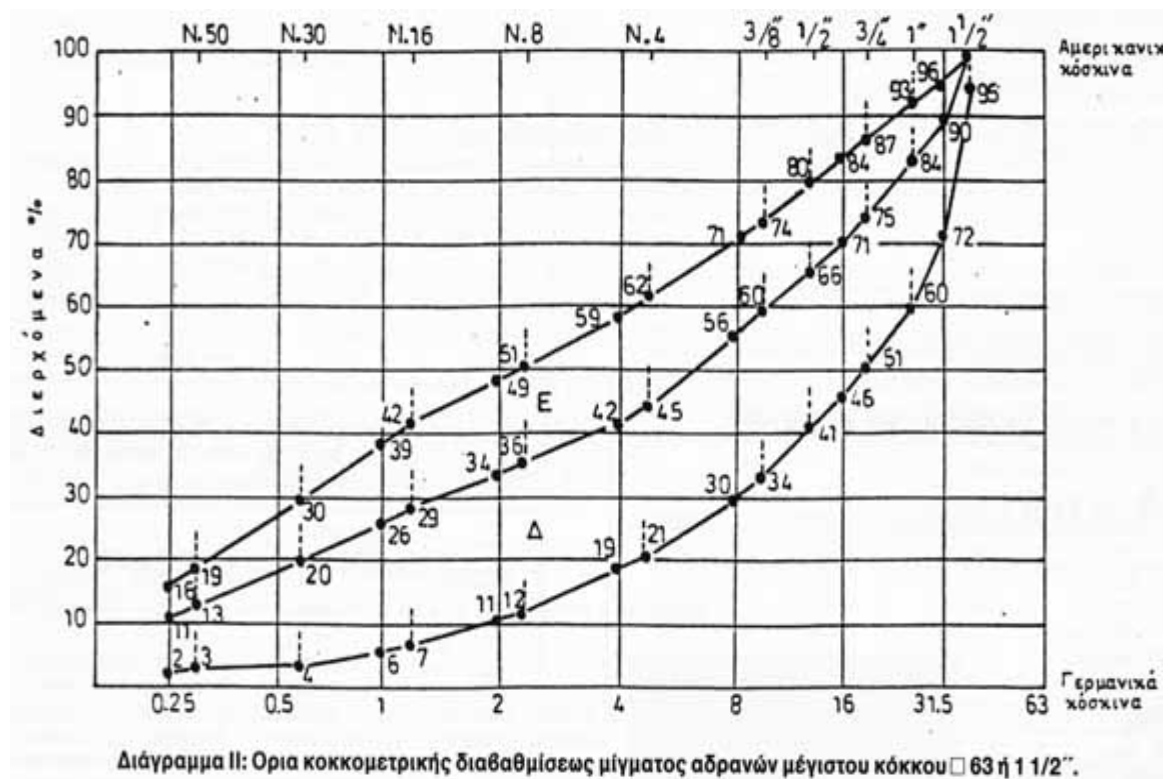
Χ. Αν χρησιμοποιείται αδρανές μέγιστου κόκκου 63 mm στα Γερμανικά Κόσκινα ή 1 1/2 στα Αμερικανικά Κόσκινα, η κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια του Διαγράμματος II του Κανονισμού αυτού και των Πινάκων 6 και 7.

Κόσκινα		Διερχόμενα %	
Όνομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε
0,25	250 μm	2-11	11-16
1	1 mm	6-26	26-39
2	2 mm	11-34	34-49
4	4 mm	19-42	42-59
8	8 mm	30-56	56-71
16	16 mm	46-71	71-84
31,5	31,5 mm	72-90	90-96
63	63mm	100	100

Πίνακας 6. Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 63 mm, για τη σειρά των Γερμανικών Κόσκινων DIN 4188 και DIN 4187.

Κόσκινα		Διερχόμενα %	
Όνομασία	Ανοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε
0,25	250 μm	2-11	11-16
No 50	300 μm	3-13	13-19
No 30	600 μm	4-20	20-30
No 16	1,18 mm	7-29	29-42
No 8	2,36 mm	12-36	36-51
No 4	4,75 mm	21-45	45-62
3/8 "	9,5 mm	34-60	60-74
1/2 "	12,5 mm	41-66	66-80
3/4 "	19,0 mm	51-75	75-87
1 "	25,0 mm	60-84	84-93
1 1/2 "	37,5 mm	95-100	100
2 "	50,0 mm	100	100

Πίνακας 7. Ορια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 1 1/2', για τη σειρά των Αμερικανικών Κοσκίνων ASTM E 11.





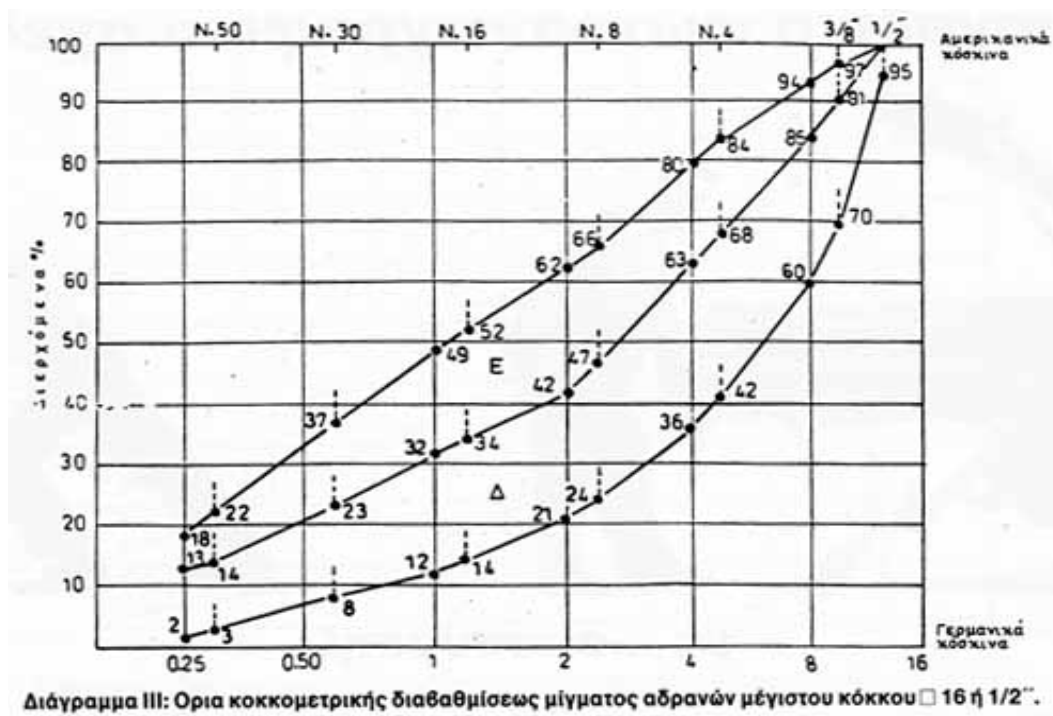
XI. Αν χρησιμοποιείται αδρανές μέγιστου κόκκου 16 mm στα Γερμανικά Κόσκινα ή 1/2 στα Αμερικανικά Κόσκινα, η κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια του Διαγράμματος III του Κανονισμού αυτού και των Πινάκων 8 και 9. Στην περίπτωση αυτή το αδρανές μπορεί να προσκομίζεται χωρισμένο σε δύο κλάσματα (άμμο και γαρμπίλι).

Κόσκινα		Διερχόμενα %	
Ονομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε
0,25	250 μm	2-13	13-18
1	1 mm	12-32	32-49
2	2 mm	21-42	42-62
4	4 mm	36-63	63-80
8	8 mm	60-85	85-94
16	16 mm	100	100

**Πίνακας 8.** Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 16 mm, για τη σειρά των Γερμανικών Κοσκίνων DIN 4188 και DIN 4187.

Κόσκινα		Διερχόμενα %	
Ονομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε
0.25	250 μm	2-13	13-18
No 50	300 μm	3-14	14-22
No 30	600 μm	8-23	23-37
No16	1,18 mm	14-34	34-52
No 8	2,36 mm	24-47	47-66
No 4	4,75 mm	42-68	68-84
3/8 "	9,5 mm	70-91	91-97
1/2 "	12,5 mm	95-100	100
3/4 "	19,0 mm	100	100

**Πίνακας 9.** Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 1/2 ', για τη σειρά των Αμερικανικών Κοσκίνων ASTM E 11.



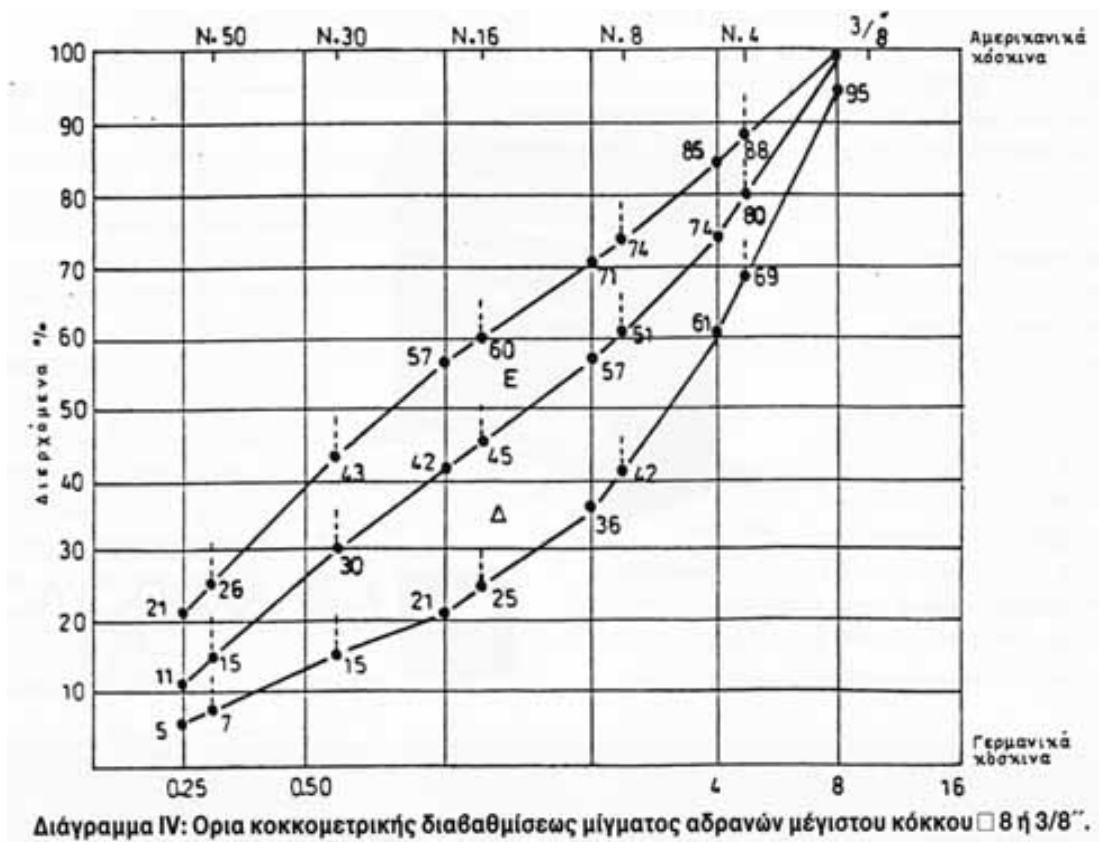
XII. Αν χρησιμοποιείται αδρανές μέγιστου κόκκου 8 mm στα Γερμανικά Κόσκινα ή 3/8 στα Αμερικανικά Κόσκινα, η κοκκομετρική διαβάθμιση του μίγματος των αδρανών πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια του Διαγράμματος IV του Κανονισμού αυτού και των Πινάκων 10 και 11. Στην περίπτωση αυτή το αδρανές προσκομίζεται χωρισμένο σε δύο κλάσματα (άμμο και γαρμπίλι).

Κόσκινα		Διερχόμενα %	
Ονομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε
0,25	250 μm	5-11	11-21
1	1 mm	21-42	42-57
2	2 mm	36-57	57-71
4	4 mm	61-74	74-85
8	8 mm	95-100	100

**Πίνακας 10.** Όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 8 mm, για τη σειρά των Γερμανικών Κοσκίνων DIN 4188 και DIN 4187.

Κόσκινα		Διερχόμενα %	
Όνομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε
0.25	250 μm	5-14	11-21
No 50	300 μm	7-15	15-26
No 30	600 μm	15-30	30-43
No 16	1,18 mm	25-45	45-60
No 8	2,36 mm	42-61	61-74
No 4	4,75 mm	69-80	80-88
3/8 "	9,5 mm	100	100

**Πίνακας 11.** Ορια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως μίγματος θραυστών αδρανών μέγιστου κόκκου 3/8', για τη σειρά των Αμερικανικών Κοσκίνων ASTM E 11.



- XIII. Ο έλεγχος του ποσοστού εύθρυπτων κόκκων του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 408 θα γίνεται σύμφωνα με τη Μέθοδο Ελέγχου ΣΚ-306.
- XIV. Οι έλεγχοι αντοχής μητρικού πετρώματος, οργανικών προσμίξεων και ισοδυνάμου άμμου μπορούν να παραλείπονται όταν το λατομείο διαθέτει πιστοποιητικά ελέγχου από Εργαστήρια του ΥΠΕΧΩΔΕ , ή από Εργαστήρια των Ανωτάτων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων, ή από αναγνωρισμένα Εργαστήρια και από τα οποία πιστοποιητικά προκύπτει ότι τα προϊόντα του ικανοποιούν τις αντίστοιχες απαιτήσεις του Κανονισμού.
- XV. Αδρανή με αντοχή μητρικού πετρώματος μεταξύ 45 MPa και 65 MPa μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σκυρόδεμα όταν ικανοποιούν τις υπόλοιπες απαιτήσεις αδρανών του Κανονισμού και εφόσον από τη Μελέτη Συνθέσεως αποδειχθεί ότι επιτυγχάνεται η απαιτούμενη αντοχή του σκυροδέματος για το οποίο προορίζονται.
- XVI. Η σχεδίαση της κοκκομετρικής καμπύλης των αδρανών θα γίνεται σε Διαγράμματα παρόμοια προς τα I, II, III, IV, ανάλογα με το μέγιστο κόκκο του μίγματος των αδρανών.

#### β)Φυσικά αδρανή

Τα φυσικά αδρανή πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του Προτύπου ΕΛΟΤ 408 για τα θραυστά αδρανή για συνήθη σκυροδέματα πλην του ελέγχου αντοχής μητρικού πετρώματος με τις ακόλουθες τροποποιήσεις και συμπληρώσεις:

- I. Η παιπάλη της φυσικής άμμου δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5% του ξερού βάρους της άμμου.
- II. Αν χρησιμοποιείται μίγμα θραυστής και φυσικής άμμου, η απαίτηση της παραγράφου Α.2.3.β.Ι εξακολουθεί να ισχύει για τη φυσική άμμο.
- III. Αν χρησιμοποιείται μίγμα θραυστής και φυσικής άμμου η απαίτηση της παραγράφου Α.2.3.β.ΙΙ ισχύει για το μίγμα των άμμων.

### A.3.3. Καθαρότητα

Τα αδρανή δεν πρέπει να έχουν επάνω στην επιφάνεια τους ή μέσα στη μάζα τους ή αναμεταξύ τους ξένες ουσίες που μπορεί να εμποδίσουν την πρόσφυση με το κονίαμα ή να έχουν επιβλαβή χημική επίδραση στο τσιμέντο ή στο σίδηρο. Τα κυριότερα από τα επιβλαβή αυτά πρόσμεικτα υλικά είναι:

- Παιπάλη, δηλαδή το λεπτότερο τμήμα του υλικού που περνάει από το Αμερικανικό πρότυπο κόσκινο Νο 200 (75 μm). Η παιπάλη μπορεί να είναι πηλός ή άργιλος ή σκόνη από το ίδιο το πέτρωμα. Εμποδίζει την πρόσφυση μεταξύ αδρανών και κονιάματος, δημιουργεί αδύνατα σημεία μέσα στη μάζα του σκυροδέματος ή έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της αντοχής, αλλά συντελεί, όμως, ως ένα βαθμό, και στην αύξηση της πυκνότητας και της πλαστικότητας του μείγματος. Κατά τον Ελλ. Κανονισμό, η παιπάλη δεν πρέπει να υπερβαίνει το 16% κ.β. της άμμου και το 1 % κ.β. των χονδρότερων κλασμάτων (ρυζάκι, γαρμπίλι, σκύρα). Η παιπάλη απομακρύνεται, όταν τα αδρανή πλυθούν με νερό.

Μέγιστος κόκκος αδρανών mm	Ποσότητα λεπτόκοκκου υλικού σε 1 m <sup>3</sup> σκυροδέματος (παίπαλη + τσιμέντο) kg
8	525
16	450
32	400
63	325

**Πίνακας 12.** Μέγιστη επιτρεπόμενη ποσότητα λεπτόκοκκου υλικού σε 1m<sup>3</sup> σκυροδέματος

- Οργανικές προσμείξεις, δηλαδή υλικά οργανικής (ζωικής ή φυτικής) προελεύσεως, γαιάνθρακες και λιγνίτες. Τα οργανικά προϊόντα μπορεί να έχουν επίδραση στην πήξη της κονιάς ή να δημιουργήσουν ρηγματώσεις ή αποφλοιώσεις (σκασίματα) στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Η επίδρασή τους στην πήξη είναι μάλλον επιβραδυντική.

- Θειούχες ενώσεις, οι οποίες μεταξύ των αδρανών έχουν δυσμενή επίδραση στην τελική αντοχή του σκυροδέματος και σε μεγαλύτερη ποσότητα, όταν είναι συγκεντρωμένες σε ορισμένα σημεία, μπορούν να προκαλέσουν ρηγματώσεις από την τοπική διόγκωση του σκυροδέματος που προκαλούν. Ο Ελλ. Κανονισμός επιβάλλει τον έλεγχο των ακόλουθων ορυκτολογικών συστατικών: α) ενώσεις θείου, β) ενώσεις σιδήρου γ) Νιτρικά άλατα - αλογόνα (>0,2%), δ) ενώσεις μολύβδου και ψευδαργύρου, ε) χλωριούχες και φωσφορικές ενώσεις, στ) αποσαθρώσιμα υλικά, ζ) ορισμένα ορυκτολογικά συστατικά (όπως οπάλιος, χαλκηδονίτης, δολομιτικά πετρώματα, ζεόλιθοι κ.ά.).

#### **A.3.4. Η μορφή των κόκκων**

Οι κόκκοι των αδρανών δεν έχουν κανονική γεωμετρική μορφή, αλλά τυχαία. Χοντρικά μπορούμε να τους κατατάξουμε στις ακόλουθες γενικές κατηγορίες:

- α) *στρογγυλούς,*
- β) *κυβοειδείς,*
- γ) *γωνιώδεις,*
- δ) *πλακοειδείς και*
- ε) *επιμήκεις*

Το σχήμα ή η μορφή των κόκκων επηρεάζει, άσχετα από την επιρροή του μεγέθους, κατά ποικίλους τρόπους τις ιδιότητες του σκυροδέματος. Επηρεάζει καταρχήν το εργάσιμο με την εσωτερική τριβή τους. Όσο η μορφή των κόκκων απομακρύνεται από τη σφαιρική τόσο αυξάνεται η εσωτερική τριβή και ελαττώνεται η εργασιμότητα του υλικού. Συγχρόνως όμως αυξάνεται και η ειδική επιφάνεια και επομένως αυξάνεται ακόμη περισσότερο η ανάγκη για νερό. Αντίθετα όμως η αύξηση της πολυγωνικότητας των κόκκων βελτιώνει τη στήριξη των κόκκων μεταξύ τους, καθώς και την πρόσφυση με το κονίαμα (αύξηση της επιφάνειας επαφής).

Κατά τον ίδιο τρόπο και οι κυβοειδείς και οι πλακοειδείς κόκκοι συντελούν στη μηχανική αντοχή του σκυροδέματος, λόγω της καλύτερης εδράσεως αυτών.

Οι παραπάνω ποιοτικές παρατηρήσεις δύσκολα μπορούν να υπαχθούν σε ποσοτική μέτρηση και αξιολόγηση. Η άποψη που επικρατεί είναι ότι οι κόκκοι των αδρανών πρέπει να έχουν μορφή που πλησιάζει το σφαιρικό ή το κυβοειδές, αλλά με ανώμαλη και όχι λεία εξωτερική επιφάνεια.

Ο Κανονισμός των διαφόρων χωρών προσπαθώντας να περιγράψει τις παραπάνω αντιλήψεις βάζει ορισμένους περιορισμούς για την επίτευξη ενός βέλτιστου μεταξύ εργάσιμου και αντοχής. Έτσι λοιπόν το Πρότυπο ΕΛΟΤ 408 ζητάει το ποσοστό των ακατάλληλων κόκκων να μην ξεπερνά το 50% κατά βάρος της συνολικής ποσότητας των αδρανών. Ακατάλληλους χαρακτηρίζει τους κόκκους με σχέση της μεγαλύτερης (μήκος) προς τη μικρότερη διάσταση (πάχος), μεγαλύτερη από 3 : 1.

### **A.3.5 Ποιοτικός έλεγχος αδρανών**

Προκειμένου να αποκτήσει μια μονάδα παραγωγής αδρανών σήμανση για τα προϊόντα της ή μέρος αυτών θα πρέπει να εφαρμόσει τα εναρμονισμένα πρότυπα και στην περίπτωση των αδρανών σκυροδέματος το πρότυπο ΕΛΟΤ / EN 12620: 2002 και στη συνέχεια να πιστοποιηθεί από ένα κοινοποιημένο φορέα για την συμμόρφωση με αυτό.

Το νέο Ευρωπαϊκό πρότυπο **EN 206** για το σκυρόδεμα, συνοδεύεται με απαιτήσεις για τα αδρανή σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12620. Το νέο αυτό πρότυπο επιβάλλει διαδικασίες ελέγχου στην παραγωγή και επιβάλλει τον ποιοτικό έλεγχο των παραγομένων προϊόντων προωθώντας την ανάγκη λήψης σημάτων ποιότητας και για τα Λατομεία (πιστοποίηση). Πρέπει να επισημάνουμε ότι η οδηγία 89/106/ΕΟΚ που αφορά τα Δομικά Προϊόντα είναι μια Οδηγία Νέας Προσέγγισης, στα πλαίσια της οποίας απαιτείται τα υλικά που χρησιμοποιούνται να καλύπτουν ουσιώδεις απαιτήσεις στους τομείς της Υγείας, της Ασφάλειας και της Προστασίας του καταναλωτή. Την παραπάνω Οδηγία έχει ενσωματώσει η Ελλάδα στο Εθνικό Δίκαιο με το ΠΔ 334/94 βάσει του οποίου απαιτείται η έκδοση ΚΥΑ (Κοινών Υπουργικών Αποφάσεων ΥΠΑΝ/ΥΠΕΧΩΔΕ) για την Εφαρμογή της σήμανσης CE στα δομικά προϊόντα (δηλαδή προϊόντα που κατασκευάζονται για να ενσωματωθούν κατά τρόπο μόνιμο και διαρκή σε δομικά έργα).

Επίσης όπως ορίζει η απόφαση 01/596/ΕΚ ορίζεται το σύστημα βεβαίωσης της πιστότητας για τα αδρανή και τις ανακοινώσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης που δημοσιεύτηκαν στην Επίσημη Εφημερίδα της ΕΕ στις 27/02/03. Η εφαρμογή των Ευρωπαϊκών Τεχνικών Προδιαγραφών είναι υποχρεωτική για τα κράτη μέλη, τα οποία λαμβάνουν όλα τα κατάλληλα μέτρα για την διάθεση στην αγορά μόνο των καταλλήλων για τη χρήση που αυτά προορίζονται και που φέρουν υποχρεωτικά τη σήμανση

CE.

Επίσης στις Τεχνικές προδιαγραφές των συμβάσεων οι αναθέτουσες αρχές (Δημόσιες Υπηρεσίες) υποχρεούνται να αναφέρονται στα Ευρωπαϊκά Πρότυπα εφόσον αυτά υπάρχουν και έχουν εναρμονισθεί σύμφωνα με της Οδηγίες 92/50 και 93/37.

Τα λατομικά προϊόντα που κυκλοφορούν σήμερα στην Ελλάδα (χωρίς καμιά πιστοποίηση από τον παραγωγό) υπόκεινται σε ελέγχους μόνο από τον κατασκευαστή ανάλογα με τη χρήση τους και ακολουθούν τις προδιαγραφές ΕΛΟΤ 408 και ΚΤΣ 97 για το σκυρόδεμα.

Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα ελέγχου του δείγματος των αδρανών δεν συμφωνούν με τις απαιτήσεις του Κανονισμού αυτού, γίνονται δύο ακόμη δειγματοληψίες και υπολογίζονται οι μέσοι όροι των αποτελεσμάτων ελέγχου των τριών (3) δειγματοληψιών (αν πρόκειται για έλεγχο κοκκομετρικών διαβαθμίσεων υπολογίζονται οι μέσοι όροι των διερχομένων από κάθε κόσκινο). Αν και αυτοί οι μέσοι όροι δε συμφωνούν με τις απαιτήσεις του Κανονισμού αυτού, ο σωρός των αδρανών από τον οποίο έγινε η δειγματοληψία απορρίπτεται.

Στην περίπτωση που η ασυμφωνία περιορίζεται μόνο στην ομοιομορφία της διαβαθμίσεως των κλασμάτων ο Επιβλέπων έχει το δικαίωμα να μην απορρίψει το σωρό, αλλά:

α) Να επαναλάβει τη Μελέτη Συνθέσεως.

β) Να κάνει λογιστική διόρθωση των αναλογιών της Μελέτης Συνθέσεως, αν δεν υπάρχει διαθέσιμος χρόνος για την επανάληψη της Μελέτης Συνθέσεως και οι αποκλίσεις στη διαβάθμιση των αδρανών περιορίζονται στις 10 εκατοστιαίες μονάδες για τα κόσκινα τα μεγαλύτερα των n 4 ή No 4, τις 8 εκατοστιαίες μονάδες για τα κόσκινα της άμμου (εκτός του κοσκίνου n 0.25) και τις 5 εκατοστιαίες μονάδες για το κόσκινο No 0.25.

Ο έλεγχος της κοκκομετρικής διαβαθμίσεως των αδρανών υλικών των εργοταξιακών σκυροδεμάτων πρέπει να επαναλαμβάνεται μετά την κατανάλωση περίπου 80 m<sup>3</sup> σκύρων, 40 m<sup>3</sup> γαρμπιλιού και 80 m<sup>3</sup> άμμου, εκτός αν κατά τη διάστρωση μιας ημέρας καταναλίσκονται μεγαλύτερες ποσότητες αδρανών, οπότε ο έλεγχος πρέπει να επαναλαμβάνεται στην αρχή κάθε διαστρώσεως. Επίσης πρέπει να επαναλαμβάνεται κάθε φορά που η κάθιση του σκυροδέματος παρουσιάζει ουσιώδη μεταβολή, χωρίς να έχουν μεταβληθεί οι αναλογίες των υλικών.

Ο έλεγχος των άλλων χαρακτηριστικών των αδρανών θα επαναλαμβάνεται, όταν φαίνεται μακροσκοπικά ότι τα χαρακτηριστικά αυτά έχουν μεταβληθεί ή όταν αλλάζει η πηγή προμήθειας των αδρανών.



Αν υπάρχουν σωροί με όγκους μικρότερους από εκείνους που προβλέπονται παραπάνω και που έχουν σχηματιστεί σε διαφορετικές ημερομηνίες, τότε καθένας από τους σωρούς αυτούς πρέπει να εξετάζεται χωριστά.

Αδρανή τα οποία κρίθηκαν ακατάλληλα, πρέπει να απομακρύνονται από το χώρο του εργοταξίου.

Μεταξύ του αγοραστή αδρανών και του λατομείου παραγωγής τους θα συμφωνείται η διαβάθμιση των αδρανών που θα παραδοθούν, με ανοχές που δεν θα υπερβαίνουν τις 8 εκατοστιαίες μονάδες για τα κόσκινα τα μεγαλύτερα των n 4 ή Νο 4 και τις 6 εκατοστιαίες μονάδες για τα κόσκινα της άμμου.

#### **A.3.5.1. Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12620**

Το Πρότυπο περιλαμβάνει:

- Πεδίο Εφαρμογής
- Πρότυπα Μεθόδων Ελέγχου
- Όρους & διευκρινίσεις
- Γεωμετρικές απαιτήσεις
- Φυσικές απαιτήσεις
- Χημικές απαιτήσεις
- Αξιολόγηση της Συμμόρφωσης
- Ονοματολογία και περιγραφή των αδρανών
- Σήμανση

Αυτό το πρότυπο προδιαγράφει τις ιδιότητες των αδρανών καθώς και των αδρανών φίλλερ ή μιγμάτων αυτών που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή σκυροδέματος. Ως αδρανή υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

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

### Ιδιότητες & Μέθοδοι Ελέγχου

Οι μέθοδοι δοκιμών μπορούν να χωριστούν σε 6 κατηγορίες ανάλογα με το ελεγχόμενο χαρακτηριστικό / ιδιότητα: α) Γενικά Χαρακτηριστικά, β) Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά, γ) Φυσικά και Μηχανικά Χαρακτηριστικά, δ) Ιδιότητες των αδρανών σε θερμικές και καιρικές μεταβολές, ε) Χημικά Χαρακτηριστικά

Μια άλλη διάκριση των ιδιοτήτων είναι σε 3 βασικές κατηγορίες, όπου απαιτούνται αντίστοιχες μέθοδοι ελέγχου / δοκιμών:

#### α. Γενικές ιδιότητες αδρανών

- Κοκκομετρία
- Σχήμα
- Παιπάλη
- Περιεκτικότητα
- Ποιότητα
- Πυκνότητα και υδαταπορρόφηση
- Αλκαλοπυριτική δραστηριότητα
- Πετρογραφική δομή
- Επικίνδυνες ουσίες
- Εκπομπή ραδιενέργειας
- Αποδέσμευση βαρέων μετάλλων

#### β. Ιδιότητες αδρανών για χρήσεις επιφανείας ή άλλη τελική χρήση

- Αντίσταση σε θρυμματισμό & κρούση
- “ “ φθορά
- “ “ στίλβωση
- “ “ απότριψη
- Ανθεκτικότητα σε ψύξη-απόψυξη
- Περιεκτικότητα χλωριόντων

#### γ. Ιδιότητες αδρανών που προέρχονται από ιδιαίτερες πηγές

- Περιεκτικότητα κελυφών
- Σταθερότητα όγκου
- Περιεκτικότητα χλωριόντων, όπως θαλάσσιες αποθέσεις
- Ενώσεις που περιέχουν θείο, όπως σκωρίες

- Οργανικές και ελαφροβαρείς προσμίξεις

#### Ενδεικτικές διαφοροποιήσεις με την εφαρμογή του EN 12620

Τα αδρανή, βέβαια, παραμένουν τα ίδια, ωστόσο αλλάζουν:

- i. Η ορολογία
- ii. Οι περιγραφές των προϊόντων
- iii. Τα πρότυπα μεγέθη κοσκίνων
- iv. Η παρουσίαση της κοκκομετρικής διαβάθμισης
- v. Οι μέθοδοι ελέγχου (23)
- vi. Ο Έλεγχος Παραγωγής Εργοστασίου (Factory Production Control)
- vii. Σήμανση CE

Είναι φανερό ότι τα νέα πρότυπα, η πιστοποίηση και η σήμανση CE θα δημιουργήσουν σημαντικές αλλαγές για τους παραγωγούς αλλά και για όσους ασχολούνται με τα αδρανή υλικά.

Ενδεικτικές ιδιαιτερότητες ή διαφοροποιήσεις του EN 12620 παρουσιάζονται ακολούθως:

1. Συμπεριλαμβάνει τα αδρανή με ξηρή **πυκνότητα μεγαλύτερη από 2,00 Mg/m<sup>3</sup>**. Ο **Κ.Τ.Σ. 97** όμως προβλέπει ότι τα αδρανή τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σκυροδέματος θα πρέπει να έχουν φαινόμενο ειδικό βάρος μεταξύ **2,4-3**
2. Η ονομασία των αδρανών βάση του μεγέθους των κόκκων ορίζεται ως **d/D**, όπου d=μικρότερο μέγεθος κοσκίνου σε mm και D=μεγαλύτερο μέγεθος κοσκίνου σε mm. Οι διαστάσεις αυτές πρέπει να επιλεγθούν από συγκεκριμένες ομάδες κόσκινων. Π.χ. **Άμμος => 0/4, Γαρμπίλι => 8/12,5**
3. Εισάγεται η έννοια της ονοματολογίας (designation)
4. Εισάγεται η έννοια της κατηγορίας, όπου είναι το επίπεδο μιας ιδιότητας εκφρασμένης σε εύρος τιμών ή οριακή τιμή
5. Ένα αδρανές μπορεί να ενταχθεί σε δύο διαφορετικές κοκκομετρικές ζώνες /κατηγορίες, όπως G<sub>C</sub>85/20 και **G<sub>C</sub>80/20**, αντίστοιχα μικρού ή μεγάλου εύρους, όπου: **G® Κατηγορία κοκκομετρίας** (Grading), **c® Χονδρόκοκκο** (coarse), **80® Ελάχιστο % διερχόμενο “D”** (oversize), **20® Μέγιστο % διερχόμενο “d”** (undersize)

6. Ο παραγωγός ή προμηθευτής αδρανών θα πρέπει να δηλώνει το διερχόμενο ποσοστό στο «ενδιάμεσο κόσκινο» (mid-size sieve) για τα κλάσματα με μέγεθος  $D \geq 11,2$  mm και  $D/d > 2$  ή για κλάσματα με μέγεθος  $D \leq 11,2$  mm και  $D/d > 4$ .
7. Η **παιπάλη** (fines) είναι το κλάσμα που διέρχεται από το κόσκινο **0,063 mm**.
8. Φίλλερ (filler) είναι το αδρανές που διέρχεται κυρίως από το κόσκινο 0,063 mm και προστιθέμενο μπορεί να επηρεάσει τις ιδιότητες του μίγματος
9. Στην άμμο σκυροδέματος **δεν ορίζεται επιτρεπόμενο άνω όριο** για το ποσοστό των κόκκων που διέρχεται από το κόσκινο **0,25mm**
10. Ορίζονται **νέα όρια των επιτρεπόμενων ανοχών** της τυπικής κοκκομετρίας, που δηλώνει ο παραγωγός, όπως για την άμμο:
- 11.

Μέγεθος κοσκίνου, mm	Διερχόμενο, %	
	Όρια	Ανοχές
8	100	
6,3 ή 5,6	95-100	
4	85-99	±5
2		-
1		±20
0,250		±20
0,063		±3

Είναι φανερό ότι οι ανωτέρω επιτρεπόμενες ανοχές διαφέρουν από εκείνες που αναγράφονται στα υφιστάμενα Ελληνικά Πρότυπα και Κανονισμούς

12. Το EN 12620 δεν προσδιορίζει μοναδική τιμή του χαρακτηριστικού των αδρανών για κάθε χρήση. Αντίθετα δίνονται κατηγορίες μέγιστων τιμών (categories for max values) και συνεπώς το ίδιο αδρανές υλικό, για κάθε χαρακτηριστικό θα μπορεί να βρεθεί σε διαφορετική κατηγορία ανάλογα με την χρήση που προορίζεται.
13. Στο πρότυπο EN 12620 υπάρχει ειδικό παράρτημα για τον **Έλεγχο Παραγωγής Εργοστασίου** (Factory Production Control)
14. Καθορισμός ελάχιστης **συχνότητας ελέγχων**

15. Είναι υποχρεωτικό να δίνονται οι τιμές των απαιτούμενων χαρακτηριστικών ανάλογα με το **Σύστημα Αξιολόγησης της Συμμόρφωσης (2+)** ή **(4)**
16. Το **σύστημα συμμόρφωσης 2+** αφορά τα αδρανή στα οποία υπάρχουν απαιτήσεις από κανονισμούς και πιστοποιείται και από κοινοποιημένο φορέα πιστοποίησης
17. Για την **ποιοτική αξιολόγηση της παιπάλης** μπορεί να εφαρμοσθεί μια από τις παρακάτω συνθήκες:
- Ολικό ποσοστό παιπάλης < 3% ή άλλη τιμή που ικανοποιεί απαιτήσεις στον τόπο χρήσης
  - Τιμή Ισοδυνάμου Άμμου > Καθορισμένο Κατώτερο Όριο
  - Τιμή Μπλε του Μεθυλενίου < Συγκεκριμένο Καθορισμένο όριο
  - Πολυετής πείρα για την καταλληλότητα αυτής της άμμου

#### Μέθοδοι Ελέγχου

Οι μέθοδοι δοκιμών που εφαρμόζονται σύμφωνα με το EN 12620 είναι οι ακόλουθες:

EN 932-1	: Δοκιμές προσδιορισμού γενικών χαρακτηριστικών- Μέθοδοι δειγματοληψίας αδρανών υλικών
EN 932-2	: Δοκιμές προσδιορισμού γενικών χαρακτηριστικών- Μέθοδοι μείωσης εργαστηριακών δειγμάτων
EN 932-3	: Απλοποιημένη Πετρογραφική Περιγραφή
EN 933-1	: Δοκιμές προσδιορισμού των γεωμετρικών χαρακτηριστικών αδρανών- Προσδιορισμός της κοκκομετρίας- Κοκκομετρική ανάλυση με κοσκίνιση
EN 933-3	: Δοκιμές προσδιορισμού γεωμετρικών χαρακτηριστικών των αδρανών - Προσδιορισμός του δείκτη πλακοειδούς
EN 933-4	: Δοκιμές προσδιορισμού γεωμετρικών χαρακτηριστικών των αδρανών - Προσδιορισμός του σχήματος των αδρανών- Δείκτης σχήματος
EN 933-7	: Δοκιμές Προσδιορισμού των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των αδρανών - Προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε κελύφη
EN 933-8	: Δοκιμές προσδιορισμού γεωμετρικών χαρακτηριστικών - Προσδιορισμός Παιπάλης – Δοκιμή Ισοδυνάμου άμμου
EN 933-9	: Δοκιμές προσδιορισμού γεωμετρικών χαρακτηριστικών - Προσδιορισμός Παιπάλης – Δοκιμή Μπλε του μεθυλενίου
EN 933-10	: Δοκιμές προσδιορισμού γεωμετρικών χαρακτηριστικών - Προσδιορισμός Παιπάλης – Κοκκομετρική ανάλυση των φίλλερ (air jet sieving)
EN 1097-1	Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών των αδρανών. -Δοκιμή micro-Deval
EN 1097-2	: Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών των αδρανών – Μέθοδοι προσδιορισμού αντοχής σε θρυμματισμό- Δοκιμή Los Angeles

EN 1097-2	: Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών των αδρανών - Μέθοδοι προσδιορισμού αντοχής σε θρυμματισμό- Δοκιμή Schlagversuch
EN 1097-3	: Δοκιμές προσδιορισμού των μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών- Προσδιορισμός του χαλαρού φαινόμενου βάρους και των κενών μεταξύ των κόκκων
EN 1097-5	: Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών αδρανών - Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας με ξήρανση σε ξηραντήριο ανακυκλούμενου αέρα
EN 1097-6	: Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών αδρανών - Προσδιορισμός ειδικού βάρους και υδαταπορροφητικότητας
EN 1097-8	: Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών των αδρανών - Δοκιμή προσδιορισμού της τιμής στίλβωσης
EN 1097-8 (Annex A)	: Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών των αδρανών - Δοκιμή προσδιορισμού τιμής απότριψης των αδρανών
EN 1097-9	: Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών και φυσικών χαρακτηριστικών των αδρανών - Προσδιορισμός της αντίστασης σε φθορά λόγω απότριψης η οποία προκαλείται από λάστιχα με καρφιά (Σκανδιναβική μέθοδος)
EN 1367-1	: Δοκιμές Προσδιορισμού των Ιδιοτήτων των αδρανών σε θερμικές και καιρικές μεταβολές - Αντοχή σε ψύξη –απόψυξη
EN 1367-2	: Δοκιμές Προσδιορισμού των Ιδιοτήτων των αδρανών σε θερμικές και καιρικές μεταβολές- Δοκιμή θεικού μαγνησίου
EN 1367-4	: Δοκιμές Προσδιορισμού των Ιδιοτήτων των αδρανών σε θερμικές και καιρικές μεταβολές - Προσδιορισμός Συστολής Ξήρανσης
EN 1744-1	: Προσδιορισμός χημικών χαρακτηριστικών των αδρανών - Χημική ανάλυση
Council Directive 76/769/EE C	: Διαφυγή επικινδύνων ουσιών, οι οποίες εκφράζονται σε μm3

#### **A.4 ΤΟ ΝΕΡΟ ΑΝΑΜΕΙΞΕΩΣ**

Το νερό είναι ένα από τα δύο ενεργά συστατικά του σκυροδέματος. Μαζί με το τσιμέντο παίρνει μέρος σε σειρά χημικών αντιδράσεων που οδηγούν, με τη δημιουργία ένυδρων κρυστάλλων, στην πήξη και τη σκλήρυνση του μείγματος. Η βασική απαίτηση απέναντι στο νερό είναι να μην περιέχει συστατικά που μπορούν να βλάψουν ή να επηρεάσουν τις αντιδράσεις ενυδατώσεως.

##### **A.4.1. Επιβλαβείς ουσίες**

Χαρακτηριστικό είναι ότι οι διάφοροι Κανονισμοί διαφέρουν πάρα πολύ μεταξύ τους ως προς την εκτίμηση και αξιολόγηση του νερού, καθώς και τις απαιτήσεις που θέτουν. Αυτό συμβαίνει γιατί η δράση των διαφόρων ουσιών μεταβάλλεται ανάλογα με την ποιότητα του τσιμέντου, τη σύγχρονη παρουσία και άλλων στοιχείων, καθώς και ανάλογα με τη μορφή, δηλαδή τη χημική σύνθεση αυτών μέσα στο νερό. Η παρουσία π.χ. οργανικών ουσιών δεσμεύει μέρος του ασβεστίου του τσιμέντου. Το μέγεθος της βλαπτικότητας όμως εξαρτάται και από την περιεκτικότητα του τσιμέντου σε ασβέστιο. Έτσι η ίδια ποσότητα οργανικής ενώσεως μπορεί να έχει διαφορετικά αποτελέσματα, ανάλογα με τη σύνθεση των υλικών που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του σκυροδέματος.

Για το νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του σκυροδέματος μπορούμε γενικά να είμαστε περισσότερο ανεκτικοί και αυτό γιατί η ποσοστιαία αναλογία του νερού αναμείξεως, και συνεπώς και κάθε ξένης ουσίας μέσα σ' αυτό, είναι μικρή και γιατί οι ουσίες αυτές δρουν ώσπου να εξαντληθούν.

Οι κυριότερες από τις χημικές ουσίες που έχουν δυσμενή επίδραση στην εξέλιξη των χημικών αντιδράσεων, με αποτέλεσμα είτε τη μείωση της τελικής αντοχής, είτε την καθυστέρηση της πήξεως είναι οι ακόλουθες:

α) Η ζάχαρη: Ο τρόπος με τον οποίο δρα η ζάχαρη δεν είναι απόλυτα γνωστός. Θεωρείται πάντως μία από τις πιο επιβλαβείς ουσίες, γιατί ανακόπτει τελείως τη χημική αντίδραση ανάμεσα στο τσιμέντο και το νερό και επομένως εμποδίζει την πήξη του σκυροδέματος.

Η "ελάχιστη ανεκτή" ποσότητα της ζάχαρης μέσα στο σκυρόδεμα είναι εξαιρετικά χαμηλή. Μάλιστα το όριο αυτό της ανεκτής ποσότητας είναι τόσο χαμηλό, ώστε

πρέπει να αποκλειστεί και η παραμικρή ποσότητα ζάχαρης ή ζαχαρούχων προϊόντων. Σαν μια ωφέλιμη εφαρμογή της δραστηριότητας αυτής της ζάχαρης, προτάθηκε η επάλειψη των ξυλοτύπων με ζαχαρούχο διάλυμα για τη διευκόλυνση της απομακρύνσεως αυτών.

β) Τα οξέα: Τα οξέα, όπως το ανθρακικό οξύ ή άλλα οργανικής προελεύσεως, δεσμεύουν το ασβέστιο που είναι απαραίτητο για την πήξη. Η βλαπτικότητά του γίνεται περισσότερο αισθητή σε τσιμέντα με μικρή περιεκτικότητα σε ασβέστιο.

γ) Τα λάδια και λίπη δρουν μηχανικά περιβάλλοντας τους κόκκους του τσιμέντου και παρεμποδίζοντας μ' αυτό τον τρόπο την επαφή τους με τα μόρια του νερού.

δ) Οι οργανικές ουσίες γενικά επηρεάζουν ανασταλτικά την πήξη.

Η Πρότυπη Τεχνική Προδιαγραφή του Υ.Δ.Ε. (Τ 100) καθορίζει τα παρακάτω όρια επιβλαβών ουσιών:

α) Οξύτητα ή αλκαλικότητα

1.Οξύτητα, εκφρασμένη σε  $\text{CaCO}_3$

0,01 %

2.Αλκαλικότητα, εκφρασμένη σε  $\text{CaCO}_3$ ,

0,05 %

β) Σύνολο στερεών

1. Οργανικά

0,02 %

Ανόργανα

0,30 %

Θειικά άλατα, εκφρασμένα σε  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

0,20 %

Χλωριούχα άλατα, εκφρασμένα σε  $\text{NaCl}$

0,30 %

Καθορίζει ακόμα ότι δεν πρέπει να περιέχονται στο νερό προσμείξεις, σε ποσότητες τέτοιες που μπορούν να προκαλέσουν μεταβολή του χρόνου πήξεως του τσιμέντου μεγαλύτερη από 25%, ή μείωση της αντοχής σε θλίψη δοκιμίων κονιάματος μεγαλύτερη από 5% σε σύγκριση με την αντοχή δοκιμίων που παρασκευάζονται με αποσταγμένο νερό.



#### **A.4.2. Τεχνικές Προδιαγραφές**

Ο ΚΤΣ 97 υιοθετεί το Προτότυπο ΕΛΟΤ 345, το οποίο δίνει τον Πίνακα 13 στον οποίο καθορίζονται δύο όρια α και β βλαπτικών ουσιών σε [ppm].

Όταν πρόκειται για **προεντεταμένο σκυρόδεμα** πρέπει η περιεκτικότητα των βλαπτικών ουσιών να είναι κατώτερη από τα όρια της στήλης "α" του πίνακα. Αν η περιεκτικότητα, έστω και μιας από τις περιεχόμενες ουσίες, βρίσκεται ανάμεσα στα όρια "α" και "β", η χρήση του νερού επιτρέπεται με τον όρο να υπάρχει σχετική μακροχρόνια και αποδειγμένη πείρα ή με τον όρο ελέγχου ότι οι αντοχές δοκιμών έως 6 μηνών δεν υπολείπονται κατά 10% από την αντοχή με νερό πόσιμο. Σε καμιά περίπτωση δεν επιτρέπεται η χρήση του νερού, όταν η περιεκτικότητα, έστω και μιας από τις ουσίες του πίνακα, υπερβαίνει το όριο "β".

Όταν πρόκειται για **οπλισμένο σκυρόδεμα**, επιτρέπεται η χρήση του νερού σε όλες τις περιπτώσεις, εφόσον τα ποσοστά περιεκτικότητας όλων των ουσιών είναι κατώτερα από τα ποσοστά της στήλης "α", με τον όρο σχετικής εμπειρίας ή δοκιμών, όπως και στην περίπτωση του προεντεταμένου, εφόσον τα ποσοστά, έστω και μιας από τις περιεχόμενες ουσίες, βρίσκονται μεταξύ "α" και "β". Τέλος, αν η περιεκτικότητα, έστω και μιας ουσίας, είναι μεγαλύτερη από το όριο "β", το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί, όταν υπάρχει σχετική πείρα και συγχρόνως γίνουν δοκιμές, όπως στις προηγούμενες περιπτώσεις.

Στην περίπτωση **άοπλου σκυροδέματος** χωρίς ειδικές απαιτήσεις, το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί, όταν τα ποσοστά των ουσιών είναι κατώτερα από το όριο "β". Στην περίπτωση περιεκτικότητας μεγαλύτερη από το όριο "β" μπορεί να χρησιμοποιηθεί ή με τον όρο σχετικής εμπειρίας ή με τον όρο δοκιμών, όπως στις προηγούμενες περιπτώσεις.

Από τις προαναφερόμενες παρατηρήσεις, καθώς και από τη σύγκριση των διαφόρων Κανονισμών, γίνεται φανερό η έλλειψη στοιχείων που θα έκαναν δυνατή την πρόβλεψη των αποτελεσμάτων που θα έχει η παρουσία ξένων ουσιών στο νερό. Γενικό συμπέρασμα είναι ότι εκτός από ορισμένες τέτοιες ουσίες με έντονα βλαπτικά αποτελέσματα η επιρροή άλλων είναι περιορισμένη. Νερά πόσιμα γενικά μπορούν να θεωρηθούν κατάλληλα.

Σε περίπτωση αμφιβολίας την απάντηση για την καταλληλότητα ή όχι ενός νερού την δίνει η Παρασκευή δοκιμών με το νερό αυτό, καθώς και τα άλλα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν, και η παρακολούθηση της πήξεως, όπως επίσης και η μέτρηση της αντοχής. Ο έλεγχος όμως αυτός πρέπει να επεκταθεί και σε μεγαλύτερες ηλικίες, γιατί

πάρα πολλές ουσίες επιταχύνουν την ενυδάτωση και δημιουργούν αύξηση της αντοχής στις μικρές ηλικίες, ενώ η τελική αντοχή (δηλ. η αντοχή σε μεγαλύτερες ηλικίες ) είναι μειωμένη.

Α/Α	Ιδιότητες - Συστατικά	Όρια (ppm)	
		α	β
1	Ολική οξύτητα εκφρασμένη σε ανθρακ. ασβέστιο (CaCO <sub>3</sub> ) (την μετράμε ως προς δείκτη φαινολοφθαλείνης)	100	500
2	Ολική αλκαλικότητα εκφρασμένη σε ανθρακ. ασβέστιο (CaCO <sub>3</sub> ) (την μετράμε ως προς δείκτη ηλιανθίνης)	500	-
3	Ανόργ. στερεά (για άοπλο και σιδηροπαγές σκυρόδεμα)	3000	15000
4	Ανόργ. στερεά (για προεντεταμένο σκυρόδεμα)	800	800
5	Οργανικά στερεά	200	500
6	Θεικά άλατα εκφρασμένα σε θεικό νάτριο (NaSO <sub>4</sub> ) (για άοπλο και σιδηροπαγές σκυρόδεμα)	1500	3000
7	Θεικά άλατα εκφρασμένα σε θεικό νάτριο (NaSO <sub>4</sub> ) (για προεντεταμένο σκυρόδεμα)	400	400
8	Χλωριούχα άλατα εκφρασμένα σε χλωριούχο νάτριο (NaCl) (για άοπλο και σιδηροπαγές σκυρόδεμα)	2000	15000
9	Χλωριούχα άλατα εκφρασμένα σε χλωριούχο νάτριο (NaCl) (για προεντεταμένο σκυρόδεμα)	400	400
10	Υπερμαγγανικό κάλιο (KMnO <sub>4</sub> ), (μόνο για οπλισμ. σκυρόδεμα)	50	100
11	Λιπαρές και ζαχαρώδεις ουσίες	Εντελώς απαλλαγμένα	

**Πίνακας 13.** Κρίσιμα όρια βλαπτικών ουσιών

Το νερό αναμίξεως και συντηρήσεως πρέπει να ικανοποιεί και τις παρακάτω απαιτήσεις του Προτύπου ΕΛΟΤ 345.

- Θαλασσινό νερό δεν θα χρησιμοποιείται για παρασκευή ωπλισμένου σκυροδέματος, εκτός αν αυτό καθίσταται αναπόφευκτο από την έλλειψη κατάλληλου νερού και επιτρέπεται από τη φύση του έργου. Η χρήση του θαλασσινού νερού θα πρέπει να προβλέπεται στη Σύμβαση του έργου, η οποία απαραίτητα θα περιγράφει τα αναγκαία πρόσθετα μέτρα που θα πρέπει να ληφθούν σε τέτοιες περιπτώσεις (π.χ. χρήση ειδικών χαλύβων, είδος τσιμέντου, αύξηση της επικάλυψης κλπ.). Η σύμφωνα με τα παραπάνω χρήση του θαλασσινού νερού θα εγκρίνεται από την αρμόδια ελέγχουσα Δημόσια Αρχή.
- Απαγορεύεται η χρησιμοποίηση θαλασσινού νερού για την παρασκευή προεντεταμένου σκυροδέματος.

- Σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ EN 1008 θαλασσινό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή φέροντος άοπλου σκυροδέματος, μόνον εφόσον η απαιτούμενη αντοχή αυξηθεί κατά 15% και δεν πρόκειται για σκυρόδεμα καθαριότητας σε επαφή με οπλισμένο σκυρόδεμα π.χ. θεμελιώσεων.

#### **A. 5. ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ -ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

Πρόσθετα υλικά ή βελτιωτικά του σκυροδέματος ονομάζουμε υλικά που προσθέτονται μέσα στο σκυρόδεμα κατά την παρασκευή του και τροποποιούν κατά ορισμένο τρόπο μερικές από τις ιδιότητές του.

Τα πρόσθετα σκυροδέματος είναι λεπτόκοκκα υλικά, τα οποία προστίθενται στο σκυρόδεμα εν γένει σε αρκετά μεγάλες αναλογίες (περίπου 5-20%). Χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν ή να προσδώσουν συγκεκριμένες ιδιότητες στο νωπό και / ή στο σκληρυμένο σκυρόδεμα.

Στα πρόσθετα υλικά δεν περιλαμβάνονται υλικά που προσθέτονται στο τσιμέντο κατά τη διάρκεια της παρασκευής του στο εργοστάσιο ή υλικά που επιστρώνονται επάνω στην επιφάνεια του σκυροδέματος μετά τη διάστρωση ή την πήξη του.

Το Πρότυπο **EN 206-1** περιλαμβάνει 2 τύπους ανόργανων προσθέτων σκυροδέματος:

- **Τύπος I:** Πρακτικά ανενεργά υλικά, όπως ασβεστολιθική πούδρα, χαλαζιακή σκόνη και χρωστικές ουσίες:
  - Ø *Χρωστικές:* Χρωστικά μεταλλικά οξείδια (κυρίως οξείδια του σιδήρου) που χρησιμοποιούνται για να χρωματίσουν το σκυρόδεμα. Προστίθενται σε ποσοστά της τάξης του 0,5-5% κατά βάρος του τσιμέντου. Πρέπει να παραμένουν χρωματικώς σταθερά στη μάζα του σκυροδέματος και ανενεργά στο αλκαλικό περιβάλλον του σκυροδέματος. Με χρήση ορισμένων τύπων χρωστικών ουσιών μπορεί να αυξηθεί η απαίτηση του μίγματος σε νερό.
  - Ø *Πούδρα αδρανών (χαλαζιακή, ασβεστολιθική):* Μίγματα με χαμηλή περιεκτικότητα σε λεπτά αδρανή μπορούν να βελτιωθούν με προσθήκη πούδρας αδρανών. Τα ανενεργά αυτά υλικά χρησιμοποιούνται για βελτίωση της κοκκομετρικής καμπύλης των αδρανών. Η απαίτηση σε νερό είναι αυξημένη, ιδιαιτέρως στην περίπτωση της ασβεστολιθικής πούδρας.

- **Τύπος II:** Ποζολανικά ή λανθάνοντα υδραυλικά υλικά, όπως φυσικές ποζολάνες, τέφρες και πυριτική πούδρα. Η ιπτάμενη τέφρα είναι στάχτη που προέρχεται από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την καύση γαιανθράκων και χρησιμοποιείται σαν πρόσθετο τόσο στο τσιμέντο, όσο και στο σκυρόδεμα. Η σύνθεσή της εξαρτάται κυρίως από τον τύπο του γαιάνθρακα, την προέλευση και τις συνθήκες καύσης του. Η πυριτική πούδρα (παιπάλη) αποτελείται κυρίως από σφαιρικά σωματίδια άμορφου διοξειδίου του πυριτίου προερχόμενα από την παραγωγή πυριτίου και κραμάτων πυριτίου. Έχει ειδική επιφάνεια περίπου 18-25 m<sup>2</sup> ανά γραμμάριο και αποτελεί μια πολύ ισχυρής δραστηρότητας ποζολάνη. Τυπικές δοσολογίες πυριτικής παιπάλης κυμαίνονται μεταξύ 5% έως 10% μέγιστα κατά βάρος τσιμέντου.

Τα πρόσθετα υλικά κατατάσσονται, ανάλογα με το αποτέλεσμα τους, στις ακόλουθες κατηγορίες:

- 1) ρευστοποιητικά
- 2) αερακτικά
- 3) επιβραδυντικά
- 4) επιταχυντικά
- 5) στεγανωτικά και
- 6) αντιπαγετικά.

Εκτός από τις κύριες αυτές κατηγορίες μπορούν ακόμη να αναφερθούν και οι παρακάτω που βρίσκονται όμως ακόμα σε πειραματικό στάδιο:

- 1) αεραπαγωγά
- 2) διογκωτικά
- 3) αντιδιαβρωτικά
- 4) δραστικά κατά των μυκήτων και των μικροβίων και
- 5) χρώματα.

Τέλος, στην κατηγορία των προσθέτων πρέπει να περιληφθούν και τα αεριοποιητικά και αεροποιητικά που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή των ελαφρών σκυροδεμάτων.

### **A.5.1. Ρευστοποιητικά**

Με την ονομασία "ρευστοποιητικά" χαρακτηρίζονται τα υλικά εκείνα που προκαλούν αύξηση ρευστότητας του μείγματος. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να ελαττωθεί το νερό αναμείξεως για τον ίδιο βαθμό εργασιμότητας, με αποτέλεσμα επομένως να αυξηθεί η αντοχή ή ακόμα να αυξηθεί το εργάσιμο χωρίς μείωση της τελικής αντοχής.

Η δράση των ρευστοποιητικών στηρίζεται στην ελάττωση της επιφανειακής τάσεως του νερού και των δυνάμεων συνοχής που αναπτύσσονται ανάμεσα στους κόκκους του τσιμέντου, με συνέπεια την ελάττωση της εσωτερικής τριβής.

Οι κόκκοι του τσιμέντου, αφού περιβληθούν από μόρια νερού, δημιουργούν σωματίδια φορτισμένα με ομόσημο ηλεκτρικό φορτίο, που απωθούνται μεταξύ τους. Με τον τρόπο αυτό παρεμποδίζεται η συγκόλλησή τους, δημιουργείται ένα ομοιόμορφο αιώρημα και ελαττώνεται η μεταξύ τους τριβή, κατά την κίνηση του υλικού. Χαρακτηριστικό ενός τέτοιου αιωρήματος, στο οποίο οι κόκκοι απωθούνται μεταξύ τους, είναι ότι παραμένει πολύ περισσότερο διάστημα ως αιώρημα, μετά την καθίζηση όμως των κόκκων δημιουργείται στρώμα πυκνότερο.

Τα ρευστοποιητικά προκαλούν, κατά κανόνα, καθυστέρηση της πήξεως, καθώς και αύξηση της χρόνιας συστολής του σκυροδέματος. Γι' αυτό, σκοπός των Κανονισμών είναι να θέσουν όρια στα ανεπιθύμητα αυτά φαινόμενα, ενώ παράλληλα καθορίζουν και την ελάχιστη ελάττωση του νερού που πρέπει να πετυχαίνεται για να ονομάζονται τα υλικά αυτά ρευστοποιητικά.

### **A.5.2. Αερακτικά**

Τα αερακτικά είναι υλικά που προκαλούν την ανάπτυξη μικρών φυσαλίδων μέσα στο κονίαμα. Η ανάπτυξη φυσαλίδων σε μεγαλύτερο ποσοστό εφαρμόζεται και για τη δημιουργία ελαφρού σκυροδέματος. Η δημιουργία όμως φυσαλίδων στην παρούσα περίπτωση έχει σκοπό να αυξήσει το εργάσιμο και την αντοχή στον παγετό, χωρίς αισθητή μείωση της θλιπτικής αντοχής.

Τα αερακτικά είναι ουσίες της ίδιας περίπου φύσεως με τα ρευστοποιητικά. Οι φυσαλίδες που δημιουργούνται είναι μεγέθους 0,02 - 0,2 mm, και το συνολικό ποσοστό του αέρα που περικλείεται μέσα στο σκυρόδεμα κυμαίνεται μεταξύ 4 και 8% κατά όγκο περίπου.

Οι φυσαλίδες συντελούν στη μείωση της εσωτερικής τριβής του υλικού και εργάζονται σαν ελαστικά μαξιλάρια μεταξύ των κόκκων. Εξάλλου η συμβολή των

φουσαλίδων στην προστασία κατά του παγετου είναι ότι χρησιμεύουν σαν χώροι διαστολής του νερού κατά την πήξη του.

Τα αερακτικά έχουν τις ίδιες περίπου συνέπειες με τα ρευστοποιητικά, γι' αυτό και στους Κανονισμούς αναγράφονται περιορισμοί σχετικά με τη συστολή, την πήξη κ.λπ.

### **A.5.3. Επιβραδυντικά**

Ως επιβραδυντικά πρόσθετα χαρακτηρίζονται υλικά που επιβραδύνουν την εξέλιξη της ενυδατώσεως. Τα υλικά αυτά χρησιμοποιούνται όταν η διαδικασία της διαστρώσεως προβλέπεται ότι θ' απαιτήσει περισσότερο χρόνο από τον συνηθισμένο (όπως σε περιπτώσεις τσιμεντενέσεων ή πασσάλων), όταν επιθυμούμε ν' αποφύγουμε τους αρμούς εργασίας, στην περίπτωση του έτοιμου σκυροδέματος και τέλος όταν επιδιώκεται απάλυνση των αιχμών της θερμοκρασίας που δημιουργείται από τη θερμότητα ενυδατώσεως.

Η δράση των υλικών αυτών στηρίζεται στην απομόνωση των αργιλικών αλάτων και κυρίως του αργιλικού τριασβεστίου του τσιμέντου και επομένως στην καθυστέρηση της επαφής τους με το νερό. Η δράση αυτή εξαρτάται πολύ από τη θερμοκρασία, τη σύσταση του νερού, καθώς και από την περιεκτικότητα του τσιμέντου σε αργιλικό τριασβέστιο.

Κατά κανόνα, τα επιβραδυντικά δεν έχουν σημαντική επιρροή στη συστολή, έχουν όμως συνήθως και ρευστοποιητικό αποτέλεσμα, επειδή αυξάνουν την περιεκτικότητα του σκυροδέματος σε αέρα.

Η αντοχή εμφανίζεται αυξημένη ιδιαίτερα τις πρώτες ημέρες. Αυτό οφείλεται τόσο στη σχετική μείωση του νερού αναμείξεως λόγω, όπως είδαμε, της ρευστοποιητικής δράσεως των επιβραδυντικών, όσο και στην αναστολή της ενυδατώσεως των χαμηλής αντοχής αργιλικών ενώσεων του τσιμέντου που έχει ως αποτέλεσμα την ενίσχυση των πυριτικών.

### **A.5.4. Επιταχυντικά**

Ως επιταχυντικά πρόσθετα χαρακτηρίζονται τα υλικά εκείνα που επιταχύνουν τη διαδικασία της ενυδατώσεως του τσιμέντου. Η επιτάχυνση αυτή εκδηλώνεται είτε με συντόμευση του χρόνου ως της αρχής της πήξεως είτε με επιτάχυνση της σκληρύνσεως και της αναπτύξεως της αντοχής. Τα πρώτα χαρακτηρίζονται

ειδικότερα με τον όρο **επιταχυντικά της πήξεως** , ενώ τα δεύτερα με τον όρο **επιταχυντικά της σκληρύνσεως**.

Τα επιταχυντικά πρόσθετα χρησιμοποιούνται, όταν επιδιώκεται γρήγορη απομάκρυνση των ξυλοτύπων, όπως στην παραγωγή προκατασκευασμένων στοιχείων, όταν είναι αναγκαία η σύντομη αποπεράτωση της κατασκευής ή όταν το στοιχείο πρόκειται να αναλάβει σύντομα εξωτερικά φορτία.

Τα επιταχυντικά χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με άλλα υλικά, όπως τα αερακτικά για την παρασκευή των λεγόμενων **αντιπαγετικών** προσθέτων, δηλαδή υλικών που μειώνουν τις δυσάρεστες συνέπειες του παγετού.

Σε αντίθεση με τα επιβραδυντικά έχουν, κατά κανόνα, βλαβερή επίδραση στην τελική αντοχή. Γι' αυτό και η χρήση τους πρέπει να γίνεται μόνο όταν αυτό είναι απόλυτα αναγκαίο.

Η δράση των επιταχυντικών ουσιών στηρίζεται στη διευκόλυνση της ενυδατώσεως είτε του αργλικού τριασβεστίου, είτε των πυριτικών ενώσεων του τσιμέντου. Στην πρώτη περίπτωση το σκυρόδεμα παρουσιάζει μειωμένη αντοχή λόγω της μειωμένης αντοχής των αργλικών ενώσεων.

Άλλο αποτέλεσμα των επιταχυντικών είναι η αύξηση της θερμοκρασίας του σκυροδέματος τις πρώτες ώρες λόγω της συντομεύσεως του χρόνου στον οποίο εκλύεται η θερμότητα ενυδατώσεως, καθώς και η αύξηση της συστολής.

Ουσίες που επιταχύνουν την ενυδάτωση είναι το ανθρακικό νάτριο (σόδα), οι ενώσεις του αργιλίου, η υδρύαλος κ.ά. Επίσης η προσθήκη αργλικού τσιμέντου σε ποσοστό 5-20% έχει επιταχυντικά αποτελέσματα, καθώς και η προσθήκη κοινού τσιμέντου έχει, κατά περίεργο τρόπο, επίσης επιταχυντική επίδραση στην πήξη του αργλικού τσιμέντου.

Το κυριότερο όμως επιταχυντικό είναι το χλωριούχο ασβέστιο ( $\text{CaCl}_2$ ), το οποίο είναι και το κυριότερο από τα συστατικά των λεγόμενων αντιπαγετικών. Η πιο αξιοσημείωτη από τις δράσεις του είναι η επιτάχυνση της χημικής αντιδράσεως μεταξύ τσιμέντου και νερού και η ταχύτερη ανάπτυξη της αντοχής. Δευτερεύουσες ή δευτερογενείς συνέπειες είναι ο περιορισμός της εξιδρώσεως, η αύξηση της θερμοκρασίας ενυδατώσεως, η αύξηση της χρόνιας συστολής, η μείωση της ανθεκτικότητας σε παγετό και τέλος ενδεχόμενη διάβρωση του οπλισμού που μπορεί να συμβεί, όταν η περιεκτικότητα σε Cl ξεπεράσει ορισμένο όριο. Η χρήση του  $\text{CaCl}_2$  ως αντιπαγετικού ενισχύεται και από παράλληλη ταπείνωση του σημείου πήξεως του νερού.

Το βέλτιστο ποσοστό χλωριούχου ασβεστίου στο σκυρόδεμα από την άποψη της επιταχύνσεως της πήξεως είναι 2% του βάρους του τσιμέντου. Το μέγιστο ανεκτό όριο από την άποψη των βλαβερών επιδράσεων κυμαίνεται γύρω στο 3%. Δόσεις μικρότερες από 0,5% μπορούν αντίθετα να οδηγήσουν σε επιβράδυνση της πήξεως.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στο συμβιβαστό ή όχι του  $\text{CaCl}_2$  με άλλα υλικά. Απαγορεύεται π.χ. η χρήση του μαζί με το αργιλικό τσιμέντο. Το χλωριούχο ασβέστιο είναι ουσία έντονα υγροσκοπική, γι' αυτό η φύλαξή του και η μεταφορά του πρέπει να γίνεται πάντοτε σε δοχεία υδατοστεγανά ή και αεροστεγανά.

#### **A.5.5. Στεγανοποιητικά**

Η διέλευση του νερού μέσα από το σκυρόδεμα γίνεται είτε μέσα από τους τριχοειδείς πόρους του κονιάματος είτε από τις επιφάνειες επαφής κονιάματος και αδρανών είτε από τις μακροσκοπικές κοιλότητες που οφείλονται στην κακή συμπίκνωση και τις ρηγματώσεις που δημιουργούνται από τις μεταγενέστερες συστολοδιαστολές του υλικού.

Διακρίνουμε δύο τρόπους διελεύσεως του νερού: α) την απορρόφηση του νερού που βρίσκεται σε απλή επαφή, με τις μοριακές έλξεις του υλικού, όταν αυτό δεν είναι κορεσμένο με νερό και β) τη διείσδυση του νερού με πίεση.

Η δράση των στεγανοποιητικών αποσκοπεί:

- α) στην αποφυγή μακροσκοπικών κοιλοτήτων και ρηγματώσεων, π.χ. με τη βελτίωση του εργάσιμου και τη μείωση της απομείξεως και των συστολών.
- β) στην ελάττωση του πορώδους, π.χ. με την ελάττωση του απαιτούμενου νερού αναμείξεως.
- γ) στη μείωση της συνάφειας ή στην ανάπτυξη υδραπωθητικών δυνάμεων μεταξύ τσιμεντοκονιάματος και νερού.

Είναι φανερό ότι για την πλήρη στεγανοποίηση πρέπει να πραγματοποιούνται και τα τρία αυτά που αναφέρονται παραπάνω και μάλιστα με τη σειρά που αναγράφονται. Γι' αυτό και η επιτυχία των στεγανοποιητικών εξαρτάται πολύ από την καλή εφαρμογή, καθώς και από τη σύγχρονη βελτίωση της ποιότητας του σκυροδέματος και επομένως όλης της εργοταξιακής τεχνικής.

Τα στεγανοποιητικά κατατάσσονται στις ακόλουθες γενικές κατηγορίες:



- α) αδρανή υλικά, σε μορφή λεπτής σκόνης, όπως ο χαλαζίας, ο μπεντονίτης, το ανθρακικό ασβέστιο κ.ά., που γεμίζουν απλώς τους πόρους και τα τριχοειδή κενά του τσιμεντοκονιάματος χωρίς να ασκούν καμιά άλλη δράση,
- β) υλικά ανόργανης προελεύσεως, όπως η θηραϊκή γη, ο άργιλος και ορισμένα ορυκτά πυριτικά άλατα, τα οποία, όταν ενυδατωθούν, διογκώνονται μέσα στους πόρους του υλικού και τους φράζουν,
- γ) αδιάλυτοι σάπωνες σε κατάσταση λεπτής σκόνης ή στη μορφή γαλακτώματος, όπως ο στεατικός ψευδάργυρος, το στεατικό ασβέστιο και άλλες ενώσεις οι οποίες συχνά παρουσιάζουν και μικρή υδροφοβία,
- δ) ρητινικά ή στεατικά άλατα του αμμωνίου σε μορφή πολτού ή γαλακτώματος με έντονες υδραπωθητικές ιδιότητες,
- ε) υγροί υδρογονάνθρακες ή ελαιώδη προϊόντα του πετρελαίου στη μορφή γαλακτώματος, τα οποία αποσυνθέτονται μέσα στη μάζα του σκυροδέματος και φράζουν τους πόρους και τα τριχοειδή κενά.

Τα στεγανοποιητικά υλικά κυκλοφορούν στη μορφή σκόνης του υγρού και προσθέτονται στο μείγμα σε αναλογίες 0,5 - 3% του βάρους του τσιμέντου.

Σχετικά με τις απαιτήσεις απέναντι στα στεγανοποιητικά υλικά ο Γερμανικός Κανονισμός ορίζει:

- Η πήξη πρέπει να μην αρχίζει νωρίτερα από μία ώρα και να μη συντομεύεται, σε σύγκριση με κονίαμα χωρίς πρόσθετο, περισσότερο από 2 ώρες (αρχή της πήξεως), η πήξη πρέπει να ολοκληρώνεται μέσα σε 16 ώρες.
- Η χρόνια συστολή του κονιάματος με στεγανοποιητικό μετά 56 ημέρες να μην υπερβαίνει περισσότερο από 40% την αντίστοιχη συστολή χωρίς στεγανοποιητικό.
- Η αντοχή να μην ελαττώνεται περισσότερο από 30% ή 20% για το μέσο όρο δύο δοκιμίων,
- Η υδαταπορροφητικότητα καθενός από τα δοκίμια να μειώνεται μετά 28 ημέρες τουλάχιστον κατά 15% κατά όγκο, και ο μέσος όρος δύο δοκιμίων τουλάχιστο κατά 20%.
- Τέλος, ισχύει και για τα στεγανοποιητικά ο ίδιος περιορισμός σχετικά με την περιεκτικότητα σε Cl, όπως και για τα υπόλοιπα πρόσθετα.

#### **A.5.6. Αντιπαγετικά**

Με αυτό τον όρο χαρακτηρίζονται πρόσθετα που έχουν σκοπό να μειώσουν ή άρουν τις δυσάρεστες επιπτώσεις του παγετού κατά την περίοδο της πήξεως και επιτρέπουν έτσι τη σκυροδέτηση σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Η δράση τους, κατά κανόνα, δεν έχει ως αποτέλεσμα την ταπείνωση του σημείου πήξεως του νερού (γι' αυτόν τον σκοπό θα χρειάζονταν ποσότητες που θα ήταν περισσότερο ή λιγότερες βλαβερές στις άλλες ιδιότητες του σκυροδέματος), αλλά τη βελτίωση άλλων ιδιοτήτων, που συντελούν στην αύξηση της αντοχής στον παγετό.

Τα αερακτικά δημιουργούν μέσα στο σκυρόδεμα άπειρες μικρές κοιλότητες, οι οποίες συμβάλλουν τόσο στη διαφυγή του νερού, όταν αυτό διαστέλλεται, όσο και στην ελαστικότητα του ιστού του σκυροδέματος, που μπορεί να αναλάβει ευκολότερα τις θερμοκρασιακές συστολοδιαστολές. Στα παραπάνω πρέπει να προστεθεί και κάποια μονωτική δράση των φυσαλίδων του αέρα, που παρεμποδίζει τη γρήγορη διαφυγή της θερμότητας ενυδατώσεως.

Η αποτελεσματικότητα του αερακτικού βελτιώνεται με τη ρευστοποιητική του δράση ή με την προσθήκη άλλου ρευστοποιητικού, που επιτρέπει τη μείωση του νερού αναμείξεως.

Τα περισσότερα από τα αντιπαγετικά που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι συνδυασμός αερακτικών, ρευστοποιητικών και επιταχυντικών. Ως επιταχυντικό χρησιμοποιείται συνήθως το χλωριούχο ασβέστιο με τους γνωστούς κινδύνους του Cl. Γι' αυτό, όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί αντιπαγετικό, πρέπει να ελέγχεται ή τυχόν περιεκτικότητα και το ποσοστό του χλωρίου.

Οι Γερμανικοί Κανονισμοί επιτρέπουν τα αντιπαγετικά μόνο στο άοπλο σκυρόδεμα και εφόσον λάβει κανείς υπόψη μειωμένη αντοχή και μεγαλύτερη συστολή, ενώ στο οπλισμένο και το προεντεταμένο σκυρόδεμα τα απαγορεύουν τελείως για τον κίνδυνο διαβρώσεως του οπλισμού.

#### **A.5.7. Τεχνικές Προδιαγραφές**

Όλα τα πρόσθετα υλικά έχουν, κατά κανόνα, επίδραση σε περισσότερες από μία ιδιότητες του σκυροδέματος και πολλές φορές έχουν δυσμενείς συνέπειες σε μερικές από αυτές, όπως π.χ. στη συστολή και την αντοχή. Γι' αυτό και η χρήση τους πρέπει να γίνεται, αφού ελεγχθούν και αντιμετωπισθούν οι συνέπειες αυτές. Συνοπτική

εικόνα των αποτελεσμάτων των διαφόρων προσθέτων παρέχει ο Πίνακας 14 που έχει συνταχτεί από την Επιτροπή Προδιαγραφών Σκυροδέματος του ΤΕΕ.

Η προσοχή που απαιτείται στη χρήση των προσθέτων δικαιολογείται ακόμα και από το γεγονός ότι η σύνθεση των περισσότερων από τα υλικά που κυκλοφορούν στο εμπόριο τηρείται μυστική και έτσι συνήθως δε γνωρίζουμε ακριβώς τη σύνθεση του υλικού. Πέρα απ' αυτό η δράση των διαφόρων ουσιών διαφέρει ανάλογα και με τη σύνθεση του τσιμέντου, ώστε να είναι δύσκολη η πρόβλεψη των αποτελεσμάτων. Γι' αυτό ο έλεγχος των προσθέτων με τα ίδια υλικά που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει γενικά να θεωρείται απαραίτητος. Προσοχή απαιτείται στην καλή ανάμιξη των προσθέτων, ιδιαίτερα όταν αυτά είναι σε σκόνη. Πρέπει να αναμιγνύονται στον αναμικτήρα τουλάχιστον επί 5 λεπτά.

Για τους λόγους αυτούς, δηλαδή επειδή το αποτέλεσμα των προσθέτων εξαρτάται από τη σύνθεση του τσιμέντου, από τη σύγχρονη παρουσία και άλλων υλικών και από τον τρόπο συντηρήσεως του σκυροδέματος, οι Κανονισμοί είναι συνήθως φτωχοί όσον αφορά τα πρόσθετα υλικά.

#### **Σύμφωνα με το ΚΤΣ 97 :**

- το πρόσθετο που θα χρησιμοποιηθεί στο έργο πρέπει να είναι το πρόσθετο που χρησιμοποιήθηκε και ελέγχθηκε στη Μελέτη Συνθέσεως Σκυροδέματος. Ο κύριος του έργου ή ο Επιβλέπων Μηχανικός (για τα ιδιωτικά έργα) ή η αρμόδια Υπηρεσία (για τα Δημόσια Έργα), έχουν το δικαίωμα να απορρίψουν αιτιολογημένα τη χρήση ενός προσθέτου. Η ευθύνη πάντως για τη χρήση των προσθέτων παραμένει σε κάθε περίπτωση στον ανάδοχο του έργου ή στο εργοστάσιο παραγωγής σκυροδέματος.
- Ο προμηθευτής του προσθέτου πρέπει να εφοδιάσει τον κύριο του έργου ή την αρμόδια Υπηρεσία επιβλέψεως του έργου με τα πιστοποιητικά ελέγχου του προσθέτου για τον τύπο τσιμέντου που θα χρησιμοποιηθεί στο έργο.
- Ο προμηθευτής υποχρεούται να παρέχει τις ακόλουθες πληροφορίες:
  - Λεπτομερείς οδηγίες χρήσεως.
  - Τυπική δόση και βλαβερές επιδράσεις σε περίπτωση χρησιμοποίησεως μεγαλύτερης δόσεως.
  - Χημική ονοματολογία των κυρίως ενεργών συστατικών του προσθέτου.

- Την περιεκτικότητα του προσθέτου σε χλώριο εκφρασμένη σε άνυδρο  $\text{CaCl}_2$  ως ποσοστό του βάρους του προσθέτου.
- Αν το πρόσθετο δημιουργεί φυσαλίδες αέρα.
- Τον επιτρεπόμενο χρόνο αποθηκεύσεως και οδηγίες για τις απαιτούμενες συνθήκες αποθηκεύσεως.
- Δήλωση συμβιβαστότητας των προσθέτων σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται συγχρόνως δύο ή περισσότερα πρόσθετα.
- Η Μελέτη Συνθέσεως του σκυροδέματος πρέπει να έχει γίνει με πρόσμιξη του προσθέτου ή των προσθέτων, αν αυτά είναι περισσότερα.
- Απαγορεύεται η χρήση προσθέτων που δημιουργούν ιόντα χλωρίου για σκυρόδεμα ωπλισμένο ή προεντεταμένο ή σε περίπτωση που στο σκυρόδεμα θα ενσωματωθούν εξαρτήματα από αλουμίνιο.
- Τα αερακτικά πρόσθετα πρέπει να συμφωνούν με τις απαιτήσεις της Ειδικής Προδιαγραφής ΣΚ-307.
- Τα επιταχυντικά, επιβραδυντικά, ρευστοποιητικά, ή άλλα πρόσθετα πρέπει να συμφωνούν με τις απαιτήσεις της Ειδικής Προδιαγραφής ΣΚ-308 για τον αντίστοιχο τύπο.
- Τα υπερρευστοποιητικά πρόσθετα πρέπει να συμφωνούν με τις απαιτήσεις της Ειδικής Προδιαγραφής ΣΚ-316.
- Το πρόσθετο ή τα πρόσθετα που θα χρησιμοποιηθούν στο έργο θα είναι του ίδιου εργοστασίου, θα έχουν την ίδια εμπορική ονομασία με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στη Μελέτη Συνθέσεως και θα προστίθενται στην αναλογία που προβλέπεται σε αυτήν, με ευθύνη του αναδόχου του έργου ή του εργοστασίου παραγωγής. Μεταβολή αυτής της αναλογίας μπορεί να γίνει με έγκριση του Επιβλέποντα ή της Υ πηρεσίας. Η ποσότητα υπερρευστοποιητικού που πιθανώς θα απαιτηθεί επιτόπου στο έργο για τη βελτίωση της εργασιμότητας, εκτιμάται με ευθύνη του εργοστασίου παραγωγής σκυροδέματος.

Ιδιότητες	ΕΠΙΘΥΜΗΤΑ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ													ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΑ ΔΥΣΜΕΝΕΙΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Αθήσια γεωστάσιος νερού	xx	τινά (1)	x	x	τινά (1)	xx	τινά (1)	τινά	Μέσως ή ελαφρά άθησια	Μέσως της υδροθερμικής ζώνης και της διασποράς της μέσης του ουδρόδελτα	Αθήσια ανθεκτικότητας εις τα γοιτήξαν (πυρόφορα σκυρόδεμα)	Αθήσια ανθεκτικότητας εις κόνιες καταψηθίσεως και ασπιθίσεως (εσκήληθιμένον σκυρόδεμα)	Αθήσια ανθεκτικότητας εις χημικας επιδρομιας	Ανθεκτικότητας εις μηχανικήν φθοράν	Αθήσια της σνοφελιας μετά του σθηρόθου οκαλιουθού	Μέσως την ηλικίαν	Μέσως σνοφελιας μετά του	Αθήσια της σνοτάλης ή ηθλνσεως	Διέφωσις (3) σθηρόθου οκαλιουθού	Μέσως της ανθεκτικότητας εις ωθησιμιας επιδρομιας	Επιρνοιας εξανθιμάτων	Αθήσια της εξιδρωσεως	Επιρνοιας εκάθεως θέρμιας	Μέσως ανθεκτικότητας εις κόνιες καταψηθίσεως και ασπιθίσεως (εσκήληθιμένον σκυρόδεμα)
<b>Πρόσθετα</b>																								
1. Ρευστοποιητικά																								
2. Επιτεχνονικό πήξεως (εκτός CaCl <sub>2</sub> και υλικών περιχόντων CaCl <sub>2</sub> ).				x																				
3. Επατεχνονικά σκληρυνσεως (εκτός CaCl <sub>2</sub> και υλικών περιχόντων CaCl <sub>2</sub> ).						x																		
4. Χλωριούδιον ασβέστιον CaCl <sub>2</sub> (δόσεις > 1%)								xx	x	xx	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5. Επιβραδυντικά πήξεως	x	τινά (1)	τινά (1)	τινά (1)	τινά (1)	τινά	x	xx	τινά (1), (10)	x	τινά (1)	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	x	τινά (4)	x	τινά	τινά	τινά	x
6. Αερακτικά	x	xx	x	x	x	τινά	τινά	τινά	x	x	xx	τινά	τινά	τινά	τινά	x	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά
7. Στεγανοποιητικά																								
8. Αντιπαγετικά	(9)	(9)		τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά
9. Πρόσθετα προς αύξησιν της ανθεκτικότητας του σκυροδέματος εις χημικας επιδρομιας	x	x	x	x	x	τινά	τινά	τινά	x	xx	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	x	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά
10. Ποφζολάνια	(7)	(7)		x	x	τινά	τινά	τινά	x	xx	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά
11. Αδρανείς ορυκτά κόνια	(7)	x	x	x	x	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά	τινά

1) Εις την περίπτωση συμπαιρέσει σχετικά σημαντική ποσότητα αερίου.  
 2) Πεν πρόβλεπον περιέχον CaCl<sub>2</sub> σεβεία να ελέγχεται έναντι ενδοχημικής διαβρώσεως του σκυροδέματος εν αναφορά προς τας περί CaCl<sub>2</sub> περιελάσεις του παρόντος πίνακος.  
 3) Εις ποσότητες μικρότερας της κανονικής.  
 4) Κρύβως δια το μίγδος ταμμένου με γάλα τερσον περίπου 3%.  
 5) Πιθανή δια ποσοτήτων μικρότερων της κανονικής.  
 6) Εις περιπτώσεων προαναγεμένων σκυροδέματος ή παρνοσία CaCl<sub>2</sub> αποκλείεται.  
 7) Δια μύγματα με μικρόν ποσοτήτων λεπτοκόκκων υλικών.  
 8) Δια μύγματα σχετικά πλέον χημικά επιδρομιας.  
 9) Αντιπαγετικά τινά ενδέ.  
 10) Ελαφρά αύξησις της σπυρολής επιρνοιας λαμβάνει χώρας εις περιπτώσεων τομύτων με περιελάσεις τρυφερόν του θείου μακροτέρων τον 1,5%. κριν φυσικολόγον διακοπήν των τρυφεροιδών.  
 11) Ελαφρά βελτίωση στεγανοποιίας λαμβάνει χώρας εις περιπτώσεων ταμμένου με γάλα τερσον περίπου 3%.

Πίνακας 14. Επιρροή των πρόσθετων του σκυροδέματος επί των ιδιοτήτων αυτού  
 xx= κύρια ιδιότητα, x= δευτερεύουσα ιδιότητα

## **A.6. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΩΠΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

Σύμφωνα **EN 206-1** η θερμοκρασία του νωπού σκυροδέματος δεν θα πρέπει να είναι λιγότερη από 5°C κατά τη διάρκεια της παράδοσης. Όπου είναι απαραίτητη μία διαφορετική ελάχιστη ή μέγιστη θερμοκρασία σκυροδέματος, θα πρέπει να δίνονται λεπτομερώς και οι ανοχές. Οποιαδήποτε απαίτηση για τεχνητή ψύξη ή θέρμανση του σκυροδέματος πριν την παράδοση θα πρέπει να έχει συμφωνηθεί μεταξύ του παραγωγού και του χρήστη.

Σύμφωνα με τον **Κ.Τ.Σ. '97** η θερμοκρασία του σκυροδέματος, εφόσον αυτό θερμαίνεται πριν διαστρωθεί, δεν επιτρέπεται (σε οποιαδήποτε θερμοκρασία περιβάλλοντος) να υπερβαίνει τους 32 βαθμούς Κελσίου. Όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι μικρότερη από 0 βαθμούς Κελσίου, η σκυροδέτηση πρέπει να αναβάλλεται. Αν αυτό δεν είναι δυνατόν και αν το σκυρόδεμα μετά το τέλος της θερμικής προστασίας θα βρεθεί σε θερμοκρασία παγετού, τότε θα γίνεται χρήση αερακτικού προσθέτου. Απαγορεύεται η σκυροδέτηση όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι μικρότερη από -15 βαθμούς Κελσίου.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος παραμένει μικρότερη από +5 βαθμούς Κελσίου, το σκυρόδεμα που διαστρώνεται πρέπει να έχει ελάχιστη θερμοκρασία 13 βαθμού Κελσίου, όταν είναι μέγιστου κόκκου μέχρι n 16 ή 1/2 (σκυρόδεμα λεπτών διατομών), 10 βαθμούς Κελσίου όταν είναι μέγιστου κόκκου n 31,5 ή 1 (σκυρόδεμα κανονικών διατομών) και 7 βαθμούς Κελσίου, όταν είναι μέγιστου κόκκου 63mm ή 1 1/2 (σκυρόδεμα μεγάλων διατομών).

## **A.7. ΑΝΑΜΙΞΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

Η **ανάμιξη** του σκυροδέματος γίνεται μηχανικά με αναμικτήρες (μπετονιέρες) είτε στο εργοτάξιο είτε σε εγκαταστάσεις μακριά από αυτό (έτοιμο σκυρόδεμα). Το έτοιμο σκυρόδεμα έχει καλύτερο έλεγχο ποιότητας και μικρότερο κόστος από το εργοταξιακό. Η χρήση του διευκολύνει σημαντικά την σκυροδέτηση, γι' αυτό και σήμερα έχει ουσιαστικά εκτοπίσει το εργοταξιακό.

Σύμφωνα με τον **ΚΤΣ 97** η μέτρηση του τσιμέντου, των αδρανών και των τυχόν πρόσμικτων ή πρόσθετων σε στερεή μορφή γίνεται κατά βάρος ενώ το νερό και τα τυχόν υγρά πρόσμικτα μετρώνται ή κατ' όγκο ή κατά βάρος.

Σε μικρά έργα τα αδρανή μπορεί να μετρώνται και κατ' όγκο, αρκεί να ικανοποιούνται τα παρακάτω κριτήρια:

- α) Η απαιτούμενη αντοχή θα υπερβαίνει την χαρακτηριστική κατά 12 MPa αν χρησιμοποιούνται θραυστά αδρανή και κατά 14 MPa αν χρησιμοποιούνται φυσικά αδρανή.
- β) Η ποσότητα του αναμίγματος θα αντιστοιχεί σε ακέραιο αριθμό σάκων τσιμέντου
- γ) Τα δοχεία μετρήσεως των κλασμάτων (άμμου, γαρμιλίου, σκύρων) θα έχουν σημαδευτεί στο κατάλληλο ύψος, που θα προκύψει αφού οι ποσότητες κλασμάτων του πρώτου αναμίγματος ζυγιστούν και τοποθετηθούν μέσα στα δοχεία.

Ο αναμικτήρας πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 346. Απαγορεύεται η χρήση αναμικτήρων κονιάματος για οποιαδήποτε ποιότητα σκυροδέματος.

Ο χρόνος αναμίξεως είναι εκείνος που αναγράφεται στις προδιαγραφές του αναμικτήρα. Οποσδήποτε όμως δεν θα είναι μικρότερος από 1 min. Ο χρόνος αναμίξεως μετριέται μετά την εισαγωγή όλων των υλικών στον αναμικτήρα. Μικρότερος ελάχιστος χρόνος αναμίξεως επιτρέπεται όταν:

- Ο αναμικτήρας είναι βιαίας αναμίξεως, οι δε προδιαγραφές του προβλέπουν μικρότερο χρόνο.
- Ο έλεγχος ομοιομορφίας που έγινε σύμφωνα με το Παράρτημα Β του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 346 έχει αποδείξει ότι μικρότερος χρόνος είναι ικανοποιητικός.

Σύμφωνα με τον **EN 206-1** η ανάμιξη των συστατικών υλικών πρέπει να εκτελείται σε αναμικτήρα και να συνεχίζεται μέχρι το σκυρόδεμα να έχει

ομοιόμορφη εμφάνιση. Οι αναμικτήρες δεν θα φορτώνονται παραπάνω από την εκτιμημένη ικανότητα ανάμιξης. Σε ένα φορηγό αναμικτήρα, η διάρκεια της νέας ανάδευσης μετά από την κύρια διαδικασία μίξης δεν πρέπει να είναι λιγότερη από  $1 \text{ min/m}^3$  και όχι λιγότερο από 5 min μετά από την προσθήκη της μίξης.

Τα πρόσμικτα, όπου χρησιμοποιούνται, θα προστεθούν κατά τη διάρκεια της κύριας διαδικασίας ανάμιξης, εκτός των προσμίκτων για υψηλά επίπεδα μείωσης νερού ή των προσμίκτων για μείωση νερού που μπορούν να προστεθούν μετά την κύρια διαδικασία ανάμιξης. Στην τελευταία περίπτωση, το σκυρόδεμα θα ξανααναμειχθεί μέχρι τα πρόσμικτα να διασκορπιστούν εντελώς σε όλη την ποσότητα σκυροδέματος ή στο φορτίο και να έχει γίνει πλήρως αποτελεσματικό.

Για χαμηλού βάρους σκυρόδεμα που αποτελείται από ακόρεστα αδρανή υλικά, η περίοδος από την αρχική ανάμιξη ως το πέρας της τελικής ανάμιξης (π.χ. νέα ανάδευση στον αναμικτήρα) θα παραταθεί μέχρι η απορρόφηση νερού των αδρανών και η επόμενη εκκένωση αέρα από τα ελαφροβαρύ αδρανή δεν έχουν κανένα σημαντικό αρνητικό αντίκτυπο στις ιδιότητες σκλήρυνσης του σκυροδέματος.

Η σύνθεση του νωπού σκυροδέματος δεν πρέπει να αλλάζεται μετά από την αναχώρηση του αναμικτήρα.

Σύμφωνα με το Πρότυπο EN 206 η μέτρηση του νερού, του τσιμέντου, των αδρανών και τυχών πρόσθετων σε ποσοστό άνω του 5% κ.β. του τσιμέντου πρέπει να γίνεται με ακρίβεια  $\pm 3\%$ , των δε πρόσμικτων ή πρόσθετων σε ποσοστό  $\leq 5\%$  κ.β. του τσιμέντου με ακρίβεια  $\pm 5\%$  (ο Κ.Τ.Σ. είχε προδιαγράψει ακρίβεια  $\pm 2\%$  για το νερό και το τσιμέντο και  $\pm 3\%$  για τα αδρανή και τυχόν πρόσμικτα ή πρόσθετα).

Για την ανάμιξη του σκυροδέματος προστίθεται στον αναμικτήρα τα χονδρόκοκκα αδρανή, κατόπιν τα λεπτόκοκκα και μετά το τσιμέντο και αναμιγνύονται για περίπου 1 min. Ακολουθεί η προσθήκη νερού σε μικρές δόσεις και των τυχόν πρόσμικτων, εκτός από τα ρευστοποιητικά ή τα υπερρευστοποιητικά – τα οποία καλό είναι να προστεθούν σε επόμενη φάση, λίγο πριν την διάστρωση, λόγω της σχετικά μικρής διάρκειας δράσης τους- και η ανάμιξη συνεχίζεται για τουλάχιστον 1 min.

Αν τα ρευστοποιητικά ή τα υπερρευστοποιητικά πρόσμικτα προστεθούν μετά την κύρια ανάμιξη θα πρέπει να γίνει επανάμιξη του σκυροδέματος έως ότου επιτευχθεί πλήρης διασκορπισμός του πρόσμικτου στο ανάμιγμα. Στην περίπτωση που η ανάμιξη γίνει σε όχημα – μπετονιέρα θα πρέπει να διαρκεί τουλάχιστον 1 min ανά κυβικό σκυροδέματος και όχι λιγότερο από 5 min.



Κατά την **μεταφορά** του μέχρι την διάστρωση του το σκυρόδεμα πρέπει να προστατεύεται από την βροχή ή την πρόσμιξή του με ξένα υλικά και δεν πρέπει να χάνει την ομοιογένειά του.

Η μεταφορά του έτοιμου σκυροδέματος στο έργο γίνεται με οχήματα και πρέπει να διαρκεί το πολύ 45 λεπτά, αν γίνεται με κοινό φορτηγό (σπανίως) ή το πολύ 90 λεπτά, αν γίνεται με ειδικό όχημα – μπετονιέρα μέσα σε περιστρεφόμενο κάδο, για να αποφευχθεί η μείωση της ρευστότητας (απώλεια κάθισης).

Για ζεστό ή ξηρό καιρό, ή για δυνατό άνεμο, ο μέγιστος χρόνος μεταφοράς είναι το μισό των παραπάνω τιμών. Εάν έχει προστεθεί κατά την ανάμιξη του έτοιμου σκυροδέματος ρευστοποιητικό ή τα υπερρευστοποιητικό η μεταφορά (και η διάστρωση) πρέπει να γίνει όσο διαρκεί η δράση του (σε χρόνο της τάξης των 20 λεπτών).

Ο κάδος του οχήματος – μπετονιέρα πρέπει να περιστρέφεται κατά τη μεταφορά του έτοιμου σκυροδέματος με συχνότητα 2-6 στροφών/λεπτό, για να αποφευχθεί απόμιξη των συστατικών ή πρόωρη πήξη.

Σε περίπτωση που η απόσταση μεταφοράς στο εργοτάξιο είναι μεγάλη ώστε να μην επιτρέπει την τήρηση των παραπάνω ορίων τα υλικά μπορούν να προστεθούν στις σωστές αναλογίες χωρίς να αναμιχθούν, η δε ανάμιξη να γίνει κατά την διαδρομή, με συχνότητα 6-18 στροφών/λεπτό.

Για την ανάμιξη κατά την μεταφορά απαιτούνται 50 – 100 περιστροφές του κάδου -που επιτρέπεται να γεμίζει μέχρι το 65% του όγκου του για να αποφευχθεί υπερχειλίση- μετά τις οποίες η συχνότητα μειώνεται στο 1/3 για να αποφευχθεί απόμιξη. Επιπλέον, όταν οι αποστάσεις μεταφοράς είναι πολύ μεγάλες, είναι δυνατή η προσθήκη νερού στο ανάμιγμα κατά την διαδρομή, ή ακόμα και αφού φθάσει το όχημα στο εργοτάξιο.

Αν χρησιμοποιηθεί αντλία, τότε αυτή δεν πρέπει να μεταβάλλει την ομοιογένεια και την εργασιμότητα του μίγματος.



**Εικόνα 2.** Μπετονιέρα ερασιτεχνική



**Εικόνα 3.** Φορτηγό - Μπετονιέρα



**Εικόνα 3.** Αντλία μεταφοράς σκυροδέματος

## A.8. ΔΙΑΣΤΡΩΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Η εκφόρτωση του νωπού σκυροδέματος πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στη θέση τελικής διάστρωσης, έτσι ώστε να αποφεύγεται η μετακίνηση του σκυροδέματος με φτυάρια ή τσουγκράνες, ενώ αποφεύγεται η μετακίνηση με τον δονητή.

Όταν η εκφόρτωση του νωπού σκυροδέματος στη θέση της τελικής διάστρωσης δεν είναι δυνατή, η μεταφορά από τη μπετονιέρα ή το όχημα μεταφοράς στη θέση διάστρωσης μπορεί να γίνει με αντλίες, κεκλιμένα επίπεδα και κάδους, σε συνδυασμό με δομικό γερανό, αναβατόρια, ή άλλα μέσα που δεν προκαλούν απόμιξη του μίγματος.

Τα κεκλιμένα επίπεδα (που πρέπει να έχουν κλίση 1 κατακόρυφα προς 2-3 οριζόντια) χρησιμοποιούνται για μεταφορά σε μικρή απόσταση και διάστρωση σε χαμηλότερη στάθμη (π.χ. θεμέλια) και εφαρμόζονται μόνο για πλαστικά σκυροδέματα, όπου δεν υπάρχει κίνδυνος απόμιξης.

Οι κάδοι, σε συνδυασμό με δομικό γερανό, χρησιμοποιούνται για μεταφορά σκυροδέματος οποιασδήποτε ρευστότητας στους ορόφους πολυώροφων κτιρίων.

Τα αναβατόρια, που στο παρελθόν ήταν ο κανόνας για σκυροδέτηση ορόφων σε πολυκατοικίες, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για μεταφορά καθ' ύψος ή σε συνδυασμό με καρότσια για οριζόντια μεταφορά. Σήμερα έχουν εκτοπιστεί σχεδόν ολοκληρωτικά από τις αντλίες.

Οι αντλίες χρησιμοποιούνται ευρύτατα τόσο στην Ελλάδα όσο και διεθνώς για τη μεταφορά του σκυροδέματος στη θέση διάστρωσης, που μπορεί να απέχει μέχρι 300 m περίπου σε οριζόντια απόσταση και μέχρι 50 m περίπου σε κατακόρυφη απόσταση από το όχημα-μπετονιέρα, με απόδοση μέχρι 100 m<sup>3</sup>/ώρα. Οι συνηθισμένες αντλίες σε αυτοκίνητο μεταφέρουν το σκυροδέμα 20 m περίπου οριζόντια ή προς τα πάνω και 8 m περίπου προς τα κάτω.

Οι σωλήνες μεταφοράς, που είναι συνήθως μεταλλικοί, πρέπει να έχουν όσο το δυνατόν μικρότερη διάμετρο ώστε να ελαχιστοποιείται το βάρος του σωλήνα αλλά και του σκυροδέματος που περιέχει.

Για διάστρωση κάτω από την επιφάνεια νερού βάθους πάνω από 1 m μπορεί να χρησιμοποιηθούν κάδοι που αδειάζουν από τον πάτο, κατακόρυφοι σωλήνες διαμέτρου 200-300 mm και αντλίες. Στις δύο τελευταίες περιπτώσεις το άκρο του σωλήνα πρέπει να είναι βυθισμένο στο ήδη διαστρωμένο σκυροδέμα, ώστε το νέο

σκυρόδεμα να μην έρχεται σε επαφή με το νερό, αλλά να εκτοπίζει το παλαιό προς τα πλάγια και πάνω. Σε ορισμένα μικρά σχετικά έργα γεμίζονται υφασμάτινοι σάκοι με πλαστικό σκυρόδεμα και τοποθετούνται μέσα στο νερό, συνδεδεμένοι μεταξύ τους με την κονία που διαφεύγει από τις τρύπες του υφάσματος.

Για να αποφευχθεί απόπλυση του τσιμέντου, το σκυρόδεμα δεν συμπυκνώνεται μετά τη διάστρωση, γι' αυτό και ο ΚΤΣ 97 έχει προδιαγράψει μεγαλύτερη ρευστότητα σκυροδέματος (με κάθιση 150-200 mm). Σύμφωνα πάντοτε με τον ίδιο Κανονισμό, η περιεκτικότητα τσιμέντου πρέπει να είναι τουλάχιστον 350 kg/m<sup>2</sup> και ο λόγος N/T το πολύ 0.6.

Για να αποφευχθεί απόμιξη των συστατικών του σκυροδέματος κατά τη διάστρωση το σκυρόδεμα πρέπει να αδειάζεται σε οριζόντιες στρώσεις του ίδιου περίπου πάχους (κάθε μία από τις οποίες συμπυκνώνεται επαρκώς προτού διαστρωθεί η επόμενη) ή σε κοντινούς σωρούς. Τονίζεται ότι η διάστρωση σε μεγάλους σωρούς και το άπλωμα κατόπιν με δονητή προκαλεί απόμιξη.

Ακόμα, η διάστρωση πλακών σε δύο στρώσεις (στάρωμα) πρέπει να αποφεύγεται εφόσον το πάχος δεν υπερβαίνει τα 0.60 m. Επίσης, το ύψος ελεύθερης πτώσης του σκυροδέματος κατά τη διάστρωση πρέπει να περιορίζεται για μεν τις πλάκες, τις δοκούς και τις στέγες σε 1 m, για δε τα κατακόρυφα στοιχεία (υποστυλώματα, τοιχώματα) σε 2,5 m. Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει να χρησιμοποιούνται κατάλληλοι σωλήνες που θα κατεβάζουν το σκυρόδεμα μέχρι τη θέση διαστρώσεως ή θα παράγονται παράθυρα στον ξυλότυπο σε ενδιάμεσα ύψη.

Η διάστρωση του σκυροδέματος σε κατακόρυφα στοιχεία συνιστάται να γίνεται με κατακόρυφο σωλήνα που τροφοδοτείται στην κορυφή του μέσω χωνιού, καθ' ύψος του στοιχείου.

Τέλος, ο ρυθμός διάστρωσης πρέπει να είναι αρκετά γρήγορος ώστε η τελευταία στρώση να είναι ακόμα σε πλαστική κατάσταση όταν διαστρώνεται η επόμενη, ώστε να εμποδίζεται ο σχηματισμός επιφανειών αδυναμίας, όπως αυτές που σχηματίζονται όταν γίνεται διάστρωση νωπού σκυροδέματος σε ήδη σκληρυμένο (αρμοί εργασίας).

## A.9. ΤΕΛΕΙΩΜΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

**Το τελείωμα** γίνεται συνήθως σε επίπεδες επιφάνειες (π.χ. πλάκες), και στοχεύει στην εξομάλυνση και βελτίωση της ποιότητας της επιφάνειας του σκυροδέματος. Συνήθως επιτυγχάνεται με τη χρήση ευθύγραμμης δοκού ορθογωνικής διατομής (π.χ. καδρόνι), που σύρεται στην επιφάνεια και ταυτόχρονα μετακινείται πάνω-κάτω, παρασύροντας έτσι το σκυρόδεμα από περιοχές που περισσεύει προς τυχόν κοιλότητες.

Σε ορισμένες περιπτώσεις η επιπεδότητα βελτιώνεται περαιτέρω με "σαρώστρες" που έχουν επίπεδη επιφάνεια σε επαφή με το σκυρόδεμα. Αυτές χρησιμοποιούνται πριν την άνοδο του νερού που τυχόν περισσεύει στην επιφάνεια του σκυροδέματος, με σκοπό τη βύθιση αδρανών που προεξέχουν και την πλήρωση μικροκοιλοτήτων.

Σε εμφανή δάπεδα με ιδιαίτερες απαιτήσεις εξομάλυνσης και επιπεδότητας το τελείωμα περιλαμβάνει και ένα τελικό στάδιο κατά το οποίο η επιφάνεια του σκυροδέματος εξομαλύνεται περαιτέρω και συμπυκνώνεται με ειδικό μηχάνημα που φέρει επίπεδες ξύλινες ή μεταλλικές λεπίδες που περιστρέφονται σε επαφή με το σκυρόδεμα εξομαλύνοντας κάθε ατέλεια. Σημειώνεται ότι η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα την άνοδο τσιμεντοπολτού στην επιφάνεια, γι' αυτό και η εφαρμογή της πρόωρα ή για μεγάλο χρονικό διάστημα μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην αντοχή της επιφάνειας του σκυροδέματος. Τέλος, η επιφάνεια μπορεί να υποστεί πρόσθετο τελείωμα, ανάλογα με τυχόν απαιτήσεις ανθεκτικότητας σε διάρκεια κ.λπ.

## **A.10. ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

Η συμπύκνωση του σκυροδέματος πρέπει να γίνεται με δονητή. Το είδος του δονητή και ο αριθμός των δονητών που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτάται από την μορφή του στοιχείου που σκυροδετείται και την διαδικασία διαστρώσεως.

Όταν το σκυρόδεμα έχει μεγάλη κάθιση (μεγαλύτερη από 20 cm) και το πάχος του στοιχείου που διαστρώνεται είναι μικρό τότε η δόνηση μπορεί να παραληφθεί και να γίνει τακτοποίηση του μίγματος με σανίδα ή ράβδο.

Όταν το πάχος του στοιχείου του σκυροδέματος είναι μεγάλο, η διάστρωση πρέπει να γίνεται σε στρώσεις με πάχος όχι μεγαλύτερο από 60 cm. Η επιφάνεια των στρώσεων πρέπει να διαμορφώνεται κατά την διάστρωση οριζόντια και όχι να οριζοντιοποιείται με τον δονητή. Κάθε στρώση πρέπει να διαστρώνεται όσο το σκυρόδεμα της προηγούμενης στρώσεως είναι πλαστικό, ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία αρμού εργασίας. Οι αποστάσεις μεταξύ των διαδοχικών θέσεων του δονητή θα είναι ίσες με  $1.5 A$  περίπου, όπου  $A$  είναι η ακτίνα ενέργειας του δονητή. Κατά την δόνηση το στέλεχος του δονητή θα εισχωρεί στην υποκείμενη στρώση κατά 5 cm περίπου. Απαγορεύεται η δόνηση σιδηροπλισμού του οποίου ένα τμήμα βρίσκεται ήδη βυθισμένο σε σκληρυμένο σκυρόδεμα.

Η εξωτερική δόνηση με δονητή ξυλοτύπου ή επιφάνειας μπορεί να εφαρμοστεί μόνο όταν η ακαμψία και η ευστάθεια του ξυλοτύπου ή του σιδηροτύπου το επιτρέπουν.

Η επαναδόνηση του σκυροδέματος επιτρέπεται μόνο όταν το σκυρόδεμα είναι αρκετά πλαστικό ώστε το δονητικό στέλεχος, όταν ταλαντώνεται, να μπορεί να βυθίζεται στο σκυρόδεμα με το δικό του βάρος, δηλαδή χωρίς να πιέζεται από τον χειριστή.

## A.11. ΩΡΙΜΑΝΣΗ –ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Στον **ΚΤΣ 97** δεν αναγράφεται τίποτα περί περιόδου Ωρίμανσης του σκυροδέματος.

Σύμφωνα με τον **EN 206-1** για υψηλή ανθεκτικότητα, το σκυρόδεμα δεν πρέπει να είναι μόνο 'ισχυρό' αλλά και αδιαπέραστο, ειδικά κοντά στην επιφάνειά του. Όσο χαμηλότερο το πορώδες και όσο πυκνότερος ο σκληρυμένος τσιμεντοπολτός, τόσο υψηλότερη η αντίσταση του σκυροδέματος σε εξωτερικές επιδράσεις, καταπονήσεις και επιθέσεις. Για να επιτύχουμε κάτι τέτοιο στο σκληρυμένο σκυρόδεμα, πρέπει να ληφθούν προληπτικά μέτρα για να προστατέψουμε το νερό σκυρόδεμα, ιδιαιτέρως από:

- Πρόωρη ξήρανση λόγω ανέμου, ήλιου, χαμηλής υγρασίας, κτλ.
- Ακραίες θερμοκρασίες (κρύο, ζέστη) και καταστροφή λόγω απότομων θερμοκρασιακών αλλαγών
- Βροχή
- Θερμικά και φυσικά σοκ
- Χημικές επιθέσεις
- Μηχανικές καταπονήσεις

Η προστασία από πρόωρη ξήρανση είναι απαραίτητη, έτσι ώστε η ανάπτυξη των αντοχών του σκυροδέματος να μην επηρεαστεί από απομάκρυνση του νερού. Οι επιπτώσεις της πρόωρης απώλειας νερού είναι:

- Χαμηλές αντοχές κοντά στην επιφάνεια
- Τάση για δημιουργία σκόνης
- Υψηλότερη περατότητα σε νερό
- Χαμηλή ανθεκτικότητα σε καιρικές επιδράσεις
- Χαμηλή αντίσταση σε χημικές επιθέσεις
- Εμφάνιση ρωγμών συρρίκνωσης καθώς και αυξημένος κίνδυνος δημιουργίας όλων των τύπων των ρωγμών

### **A.11.1. Μέθοδοι Ωρίμανσης**

Τα προστατευτικά μέτρα ενάντια στην πρόωρη ξήρανση περιλαμβάνουν:

- Εφαρμογή υγρών βελτιωτικών ωρίμανσης
- Αναβολή ξεκαλουπώματος
- Κάλυψη με φύλλα
- Διάστρωση καλυμμάτων συγκράτησης νερού
- Διαρκή ψεκασμό με νερό, διατηρώντας το σκυρόδεμα επαρκώς εμβαπτισμένο και
- Συνδυασμό όλων αυτών των μεθόδων

Υγρά βελτιωτικά ωρίμανσης μπορούν να ψεκαστούν πάνω στην επιφάνεια του σκυροδέματος με απλά εργαλεία (π.χ. χαμηλής πίεσης ψεκαστήρες οικιακής χρήσης). Αυτά πρέπει να εφαρμόζονται σε όλη την επιφάνεια του σκυροδέματος όσο το δυνατόν νωρίτερα: σε εκτεθειμένες όψεις σκυροδέματος αμέσως μόλις η “γυαλιστερή” επιφάνεια του σκυροδέματος γίνει “ματ” και σε καλουπωμένες όψεις αμέσως μετά την αποκαλούπωση.

Αναβολή ξεκαλουπώματος σημαίνει ότι ο απορροφητικός ξυλότυπος πρέπει να παραμείνει υγρός και ο μεταλλότυπος πρέπει να είναι προστατευμένος από τη θερμότητα (π.χ. από απευθείας ηλιακή ακτινοβολία) και από χαμηλές θερμοκρασίες.

Η προσεκτική κάλυψη με αδιαπέραστες πλαστικές μεμβράνες είναι η πιο συνηθισμένη μέθοδος για μη καλουπωμένες επιφάνειες και για στοιχεία σκυροδέματος μετά την αποκαλούπωση τους. Τα φύλλα πρέπει να επικαλύπτονται πάνω στην επιφάνεια του νωπού σκυροδέματος και να είναι σταθεροποιημένα στα σημεία ενώσεων (π.χ. με τοποθέτηση σανίδων ή λίθων στα σημεία εκείνα) για να αποφευχθεί εξάτμιση του νερού από το σκυρόδεμα.

Η χρήση πλαστικών μεμβρανών συνίσταται ιδιαίτεως για εμφανές σκυρόδεμα, καθώς έτσι θα αποφευχθεί σε μεγάλο βαθμό η δημιουργία εξάνθησης. Οι μεμβράνες δεν πρέπει να είναι σε άμεση επαφή με το νωπό σκυρόδεμα. Φαινόμενο ‘καμινάδας’ (ταχεία απαγωγή υδρατμών), πρέπει επίσης να αποτρέπεται.

Κατά την κάλυψη των επιφανειών σκυροδέματος με υλικά συγκράτησης νερού όπως είναι η λινάτσα, ψάθα, η κάλυψη πρέπει να διατηρείται συνεχώς υγρή ή αν είναι απαραίτητο πρέπει να παρέχεται επιπλέον προστασία με πλαστικές μεμβράνες ενάντια στην ταχεία απώλεια υγρασίας.



Πρόωρη ξήρανση μπορεί να αποφευχθεί διατηρώντας την επιφάνεια του σκυροδέματος υγρή με συνεχή διαβροχή της. Η εναλλαγή διαβροχής και ξήρανσης μπορεί να οδηγήσει σε καταπονήσεις και επομένως σε ρωγμές στο νέο σκυρόδεμα. Πρέπει να αποφεύγεται ο απευθείας ψεκασμός στην επιφάνεια του σκυροδέματος με ένα τζετ νερού, καθώς μπορεί παρουσιαστούν ρωγμές στο σκυρόδεμα εάν η επιφάνειά του κρυώσει λόγω χαμηλής θερμοκρασίας νερού και λανθάνουσας ανάπτυξης θερμότητας στο σκυρόδεμα, ιδιαίτερος σε μεγάλο όγκου κατασκευές σκυροδέματος.

Κατάλληλος εξοπλισμός περιλαμβάνει ακροφύσια ή διάτρητες σωλήνες τύπου ποτίσματος κήπων. Οι οριζόντιες επιφάνειες μπορούν να παραμείνουν εμβαπτισμένες στο νερό κατά την ωρίμανσή τους, όπου αυτό είναι δυνατό.



**Εικόνα 4.** Συντήρηση σκυροδέματος με αντιεξατμιστικές επιφάνειες

## **A.12. ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΞΥΛΟΤΥΠΩΝ**

Η αφαίρεση των ξυλοτύπων πρέπει να γίνεται μόνο εφόσον το σκυρόδεμα έχει αποκτήσει αρκετή αντοχή ώστε να φέρει όλα τα φορτία που δρουν κατά την αφαίρεση, καθώς και αυτά που πρόκειται να δράσουν μέχρι την ηλικία των 28 ημερών. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται σε περιπτώσεις όπου σε στοιχεία των οποίων οι ξυλότυποι θα αφαιρεθούν στηρίζονται αυτοί των υπερκείμενων κατασκευών, ή όταν στις οριζόντιες επιφάνειες των στοιχείων αυτών προβλέπεται να αποθηκευτούν υλικά.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος , όταν η εξέλιξη της αντοχής δεν παρακολουθείται με δοκίμια, οι ξυλότυποι δεν θα πρέπει να αφαιρούνται πριν από τους χρόνους που δίνονται στον Πίνακα 15 (οι τιμές είναι προσεγγιστικές). Στους παραπάνω χρόνους δεν προσμετράται το χρονικό διάστημα κατά το οποίο η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι κάτω από 5° C, ώστε να ληφθεί υπόψη ότι η ενυδάτωση και σκλήρυνση του σκυροδέματος επιβραδύνεται σημαντικά για χαμηλές θερμοκρασίες.

Στοιχεία κατασκευής	Κατηγορία αντοχής τσιμέντου		
	32.5N 32.5 R	42.5N 52.5R	42.5N 52.5R
- Πλευρικοί ξυλότυποι δοκών, πλακών, υποστηλωμάτων, τοιχωμάτων	3	2	2
- Ξυλότυποι πλακών και δοκών	8	5	4
- Ξυλότυποι πλακών και δοκών >5m	16	20	8
- Υποστηλώματα ασφαλείας δοκών και πλακών ανοίγματος >5m	28	28	22

**Πίνακας 15.** Ελάχιστοι χρόνοι αφαίρεσης ξυλοτύπων (ημέρες)

Επίσης μετά από παρέλευση δύο ή περισσότερων ημερών το διαστρωμένο σκυρόδεμα δεν έχει σκληρυνθεί και παραμορφώνεται από την πίεση του δακτύλου,

εκτός των άλλων μέτρων που πιθανόν να ληφθούν, ο χρόνος αφαίρεσης των ξυλοτύπων θα πρέπει να επιμηκυνθεί κατά τις αντίστοιχες ημέρες που παρατηρείται το φαινόμενο αυτό.

### **A.13. ΛΑΤΟΜΕΙΑ**

#### **A.13.1. Προδιαγραφές και υποχρεώσεις λατομείων**

Βασική υποχρέωση των λατομείων είναι να λειτουργούν νόμιμα και σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία (Νόμος 2115/93), σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Κ.Μ.Λ.Ε. (Κώδικας Μεταλλευτικών Λατομικών Εργασιών) και να παράγουν προϊόντα σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ΕΛΟΤ 408 και του ΚΤΣ 97 για το σκυροδέμα.

Η καταλληλότητα των αδρανών επιτυγχάνεται με την επιλογή των θέσεων λατόμευσης ανάλογα με την απαίτηση των προδιαγραφών, τη σωστή παραγωγική διαδικασία, τον κατάλληλο εξοπλισμό με τον χειρισμό του από εκπαιδευμένο προσωπικό, τον ποιοτικό έλεγχο των παραγομένων αδρανών και την εποπτεία της λειτουργίας του Λατομείου από Διπλωματούχο Μηχανικό.

Προσοχή απαιτείται στην αλλαγή μετώπου εξόρυξης, όταν παρουσιάζονται αλλαγές πετρωμάτων, όπου σύμφωνα με τους κανονισμούς απαιτείται η εκ νέου εργαστηριακή τους εξέταση για την καταλληλότητα τους και η κοινοποίηση των αποτελεσμάτων της εξέτασης στον πελάτη που τα προμηθεύεται. Κάθε φορτίο, εκτός από το δελτίο αποστολής, πρέπει σύμφωνα με τον ΚΤΣ να συνοδεύεται με ενυπόγραφο Δελτίο κοκκομετρικής διαβάθμισης των αδρανών που θα υπογράφεται από τον Υπεύθυνο του Λατομείου.

Αποκλίσεις μεγαλύτερες από τις δηλωθείσες στις κοκκομετρίες του Λατομείου (ανάλογα με το είδος του αδρανούς), καθιστούν μη αποδεκτά τα φορτία από τον παραγωγό σκυροδέματος.

Κάθε φορτίο αδρανών λατομείου πρέπει να συνοδεύεται με ενυπόγραφο, από τον παραγωγό ή από εκπρόσωπό του, δελτίο κοκκομετρικής διαβαθμίσεως των αδρανών. Ο αγοραστής έχει το δικαίωμα να μη δεχτεί φορτίο αδρανούς, του οποίου η διαβάθμιση, όπως φαίνεται στο δελτίο του λατομείου, διαφέρει από εκείνη που συμφωνήθηκε.

Αν κατά τον έλεγχο του φορτίου αδρανούς που θα διενεργήσει ο αγοραστής διαπιστωθεί ότι η διαβάθμιση του υλικού δεν είναι εκείνη που βεβαιώνεται στο δελτίο του λατομείου, τότε, εφόσον ο αγοραστής δεν θέλει να χρησιμοποιήσει αυτό το φορτίο, το λατομείο είναι υποχρεωμένο να το απομακρύνει.

Το λατομείο είναι υποχρεωμένο να έχει στη διάθεση των αρμοδίων για τον έλεγχο οργάνων της Πολιτείας, καθώς και στη διάθεση των αγοραστών, τα αποτελέσματα ελέγχων των αδρανών που παράγει. Ο έλεγχος των αδρανών ενός έργου γίνεται πάντοτε με τη σειρά κοσκίνων που χρησιμοποιήθηκε στη Μελέτη Συνθέσεως.



**Εικόνα 5.** Λατομεία Μαρκόπουλου

#### **A.13.1.1. Η Ευρωπαϊκή οδηγία 89/106 για τα δομικά υλικά. – Σήμανση CE**

Όπως προαναφέρθηκε μια μεγάλη καινοτομία που εισάγει το Ευρωπαϊκό πρότυπο **EN 206-1** για το σκυρόδεμα είναι ο έλεγχος παραγωγής, συμμόρφωσης και η αξιολόγηση της συμμόρφωσης με τελικό στόχο την έκδοση πιστοποιητικού συμμόρφωσης από αναγνωρισμένο φορέα ώστε το δομικό προϊόν νωπό σκυρόδεμα – να καλύπτει τις απαιτήσεις σήμανσης CE σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 89/106/CE όσον αφορά τα προϊόντα των δομικών κατασκευών.

Η καινοτομία αυτή είναι μεγάλης σπουδαιότητας και περιλαμβάνει πολλές νέες έννοιες για όσους ασχολούνται με την τεχνολογία σκυροδέματος. Επί του παρόντος ας σημειωθούν μόνο μερικές ενότητες που εισάγει αυτή η καινοτομία. Αυτές περιληπτικά είναι οι εξής:

- Συστήματα ποιότητας εργοστασίου παραγωγής σκυροδέματος
- Συστήματα ελέγχου παραγωγής (σε πρώτες ύλες, σε εξοπλισμό εργοστασίου, σε προσωπικό, σε εξοπλισμό εργαστηρίου κλπ.)

- Συστήματα ελέγχου συμμόρφωσης ιδιοτήτων σκυροδέματος (αρχική παραγωγή, συνεχής παραγωγή, θέσπιση κριτηρίων, διαχείριση μη συμμορφούμενου προϊόντος)
- Επιθεωρήσεις από αναγνωρισμένους φορείς ελέγχου
- Τακτικοί και έκτακτοι έλεγχοι και τελικά
- Η έκδοση και η ανανέωση (ή η απόσυρση) πιστοποιητικού που πιστοποιεί τον έλεγχο παραγωγής του κάθε συγκεκριμένου σκυροδέματος και που δηλώνει ότι η μονάδα παραγωγής έχει πετύχει στην αξιολόγηση ικανοποιώντας τις απαιτήσεις του συγκεκριμένου προτύπου και των άλλων απαιτήσεων του φορέα ελέγχου.

Καλύπτοντας τις απαιτήσεις της νέας προσέγγισης της Ευρωπαϊκής Ένωσης οι εκάστοτε οδηγίες εφαρμόζονται στα κράτη μέλη μέσω κοινά αποδεκτών προδιαγραφών που αποτελούν τα εναρμονισμένα πρότυπα. Σαν τέτοιο και το πρότυπο ΕΛΟΤ / EN 12620:2002 ζητά από τους παραγωγούς αδρανών να εγγυηθούν τα ποιοτικά κυρίως χαρακτηριστικά των προϊόντων τους εφαρμόζοντας συστηματικούς και ορθούς ελέγχους και διασφαλίζοντας χαρακτηριστικά βιομηχανικής παραγωγής στην παραγωγική διαδικασία.

Το CE σαν σήμα Προϊόντος για τα αδρανή δομικά υλικά αποτελεί απαίτηση, που απορρέει από την υποχρεωτική οδηγία 89/106 της Ευρωπαϊκής Ένωσης και που επιβάλλει για τα δομικά υλικά, που καθορίζει να τηρούν συγκεκριμένα ευρωπαϊκά κυρίως πρότυπα και να κατατάσσονται σε κατηγορίες πληρώντας αντίστοιχα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Τα όρια των ποιοτικών ιδιοτήτων καθορίζονται από τα λεγόμενα εναρμονισμένα πρότυπα. Ένα τέτοιο πρότυπο είναι το EN 206-1 για το σκυρόδεμα και το EN 12620 για τα αδρανή του σκυροδέματος.

Για την απόκτηση του σήματος CE στα αδρανή απαιτείται η συστηματική οργάνωση της παραγωγής και η παρακολούθηση της μέσω προγραμματισμένων ελέγχων όλων των προϊόντων (ενδιάμεσων και τελικών) και των α' υλών. Οι συντηρήσεις του εξοπλισμού παραγωγής και διακίνησης διασφαλίζουν την καλή και απρόσκοπτη λειτουργία. Η ακρίβεια και η ορθότητα των αποτελεσμάτων των δοκιμών και των μετρήσεων εξασφαλίζεται από την επάρκεια προσωπικού και εξοπλισμού του εργαστηρίου και την καλή λειτουργία του, ενώ τα αρχεία τεκμηριώνουν την εφαρμογή του συστήματος,, η απόδοσή του οποίου

παρακολουθείται μέσω προγράμματος εσωτερικών επιθεωρήσεων και αξιολογείται κατά την διάρκεια ειδικών συναντήσεων.

Τα εφοδιασμένα με σήμα CE αδρανή παρέχουν στον αγοραστή-χρήστη την βεβαιότητα ότι πληρούν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τόσο για την χημική τους όσο και την κοκκομετρική τους σύνθεση και αυτό εγγυάται τόσο ο παραγωγός με ρήτρα ποιινής όσο και ο πιστοποιητικός οργανισμός.

Η πιστοποίηση των παραγωγικών μονάδων (λατομείων) ώστε να τοποθετούν το σήμα ασφάλειας προϊόντων CE απαιτεί από πλευράς μονάδας παραγωγής πλήρη έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας και χαρακτηριστικές ιδιότητες των υλικών εντός συγκεκριμένων ορίων τα οποία ορίζονται βάσει κατηγοριών από τον παραγωγό, ο οποίος και εγγυάται την πιστότητα του προϊόντος.

Για να μπορεί ο παραγωγός να τοποθετήσει αυτή τη σήμανση θα πρέπει να εφαρμόζει ελεγχόμενο σύστημα παραγωγής και σειρά ποιοτικών ελέγχων, όπως ορίζουν τα πρότυπα. Αυτά πιστοποιούνται από ανεξάρτητο κοινοποιημένο φορέα και ελέγχονται για την τήρηση τους τουλάχιστον μία φορά το χρόνο.



Κοινοποιημένος φορέας για τη σήμανση CE στα αδρανή για την Ελλάδα είναι ο ΕΛΟΤ αλλά και κάθε αντίστοιχα κοινοποιημένος φορέας οποιασδήποτε από τις χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η σήμανση CE μπαίνει εγχάρακτη πάνω στο προϊόν ή όταν αυτό δεν είναι δυνατόν, όπως και στην προκειμένη περίπτωση, στα συνοδευτικά έντυπα ή σε ετικέτα. Αναλυτικότερα:

α) Το σήμα πιστότητας CE: Το σήμα πιστότητας ΕΚ αποτελείται από το σύμβολο CE, συνοδευόμενο από:

- την επωνυμία ή το διακριτικό σήμα του κατασκευαστή και, ανάλογα με την περίπτωση
- ενδείξεις για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του προϊόντος, όταν αυτό απαιτείται σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές,
- τα δύο τελευταία ψηφία του έτους κατασκευής,
- το διακριτικό σήμα του αρμόδιου οργανισμού ελέγχου,
- τον αριθμό του πιστοποιητικού πιστότητας ΕΚ.

β) Το πιστοποιητικό πιστότητας CE: Το πιστοποιητικό πιστότητας CE περιλαμβάνει, κυρίως, τα ακόλουθα στοιχεία:

- όνομα και διεύθυνση του οργανισμού πιστοποίησης,
- επωνυμία και διεύθυνση του κατασκευαστή ή του εγκατεστημένου στην Κοινότητα αντιπροσώπου του,
- περιγραφή του προϊόντος (τύπος, χαρακτηρισμός, χρήση, κλπ.),
- διατάξεις τις οποίες πληροί το προϊόν,
- ειδικές συνθήκες χρήσης του προϊόντος,
- τον αριθμό του πιστοποιητικού,
- προϋποθέσεις και διάρκεια ισχύος του πιστοποιητικού, ανάλογα με την περίπτωση,
- όνομα και αρμοδιότητα του εξουσιοδοτημένου προσώπου που υπογράφει το πιστοποιητικό.

γ) Η δήλωση πιστότητας CE: Η δήλωση πιστότητας CE περιλαμβάνει κυρίως τα ακόλουθα

στοιχεία:

- επωνυμία και διεύθυνση του κατασκευαστή ή του εξουσιοδοτημένου στην Κοινότητα αντιπροσώπου του,
- περιγραφή του προϊόντος (τύπος, χαρακτηρισμός, χρήση, κλπ.),
- διατάξεις τις οποίες πληροί το προϊόν,
- ειδικές συνθήκες χρήσης του προϊόντος,
- όνομα και διεύθυνση του αναγνωρισμένου οργανισμού, ανάλογα με την περίπτωση,
- όνομα και αρμοδιότητα του εξουσιοδοτημένου προσώπου που υπογράφει τη δήλωση εξ ονόματος του κατασκευαστή ή του εξουσιοδοτημένου αντιπροσώπου του.

#### **A.13.2. Μέθοδος εκμετάλλευσης**

Η εκμετάλλευση λαμβάνει χώρα συνήθως σε πρανή λόφων από όπου δεν υπάρχει οπτική επαφή με κοντινές κατοικημένες περιοχές, αρχαιολογικούς χώρους κ.τ.λ. Γενικά το συχνό απότομο ανάγλυφο ευνοεί την ανάπτυξη λατομείων αδρανών.

Η συνηθέστερη μέθοδος εκμετάλλευσης σε λατομείο αδρανών στον ελληνικό χώρο είναι αυτή των ορθών βαθμίδων, ανοικτών μετώπων.

Η εξορυκτική διαδικασία του πετρώματος λαμβάνει χώρα συνήθως σε απόσταση από την μονάδα του σπαστηροτριβείου. Ένας σημαντικός παράγοντας στην εξορυκτική διαδικασία είναι ο τρόπος και χρόνος μεταφοράς του εξορυσσόμενου υλικού. Οι δρόμοι πρέπει να έχουν κλίση κατά μέσο όρο 6% και όχι μεγαλύτερη από 12%, ενώ το πλάτος πρέπει να είναι τουλάχιστον 12 μέτρα. Είναι σημαντικό η μονάδα σπαστηροτριβείου πρώτης θραύσης να βρίσκεται σε σημείο βολικό για όλα τα πιθανά μέτωπα εξόρυξης.



**Εικόνα 6.** Εξόρυξη αδρανών υλικών

### **A.13.3. Μηχανήματα παραγωγής, φόρτωσης και ζύγισης αδρανών υλικών**

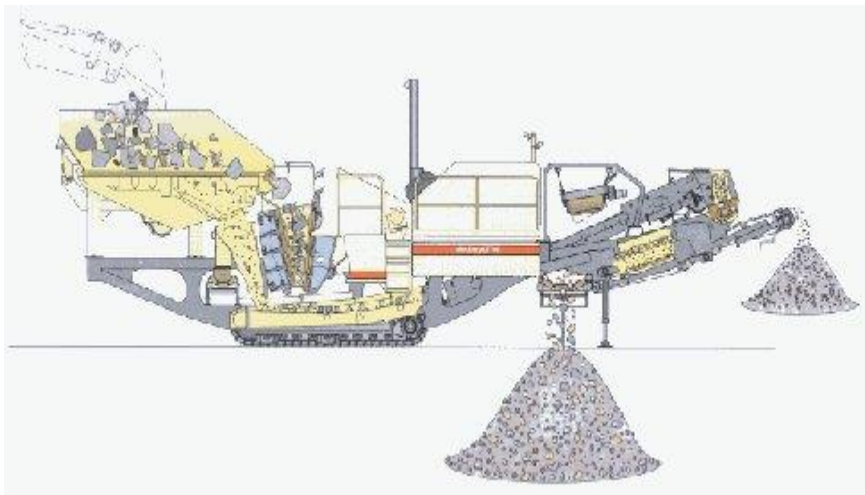
Στην διαδικασία παραγωγής των αδρανών υλικών είναι σημαντική η ύπαρξη όσο το δυνατό λιγότερων νεκρών χρόνων. Η μεταφορά του υλικού θα πρέπει να είναι συνεχής, χωρίς να υπάρχουν κενά στην τροφοδοσία της μονάδας, αλλά και χωρίς να υπάρχει καθυστέρηση στα μέσα μεταφοράς, αναμονή δηλαδή των φορτηγών μεταφοράς.

Στα λατομεία γίνεται απόσπαση βραχωδών όγκων, θραύση και διαχωρισμός κατά μέγεθος, με τη βοήθεια κατάλληλων κόσκινων (κοκκομετρικός διαχωρισμός).





**Εικόνα 7.** Συσκευή κοσκίνισματος αδρανών υλικών



**Εικόνα 8.** Τυπική μορφή παραγωγικής μονάδας ολοκληρωμένου συστήματος παραγωγής αδρανών σε σχέδιο



**Εικόνα 9.** Τυπική μορφή παραγωγικής μονάδας ολοκληρωμένου συστήματος παραγωγής αδρανών σε πραγματική λειτουργία.

Από κατασκευαστική πλευρά, τα συγκροτήματα παραγωγής αδρανών περιλαμβάνουν:

- **Τροφοδοτικά συστήματα** και **χοάνες** για την παραλαβή της πρώτης ύλης (ακατέργαστο ή ημικατεργασμένο υλικό).
- **Σπαστήρες** για τη σμίκρυνση και μορφοποίηση του υλικού. Ανάλογα με τη χρήση τους διακρίνονται σε αρχικούς, δευτερεύοντες ή ειδικούς σπαστήρες.

**Οι θραυστήρες ή σπαστήρες** τροποποιούν το φυσικό υλικό σε μέγεθος και σε σχήμα. Το αρχικό υλικό, πριν οδηγηθεί στους σπαστήρες υφίσταται φυσικό διαχωρισμό (πιθανή αφαίρεση χωμάτων ή ανεπιθύμητων προσμίξεων).

Οι θραυστήρες διακρίνονται σε αρχικής, δευτερεύουσας και τρίτης θραύσης (με θραύση επιτυγχάνουν σμίκρυνση μεγάλων τεμαχίων πρώτης ύλης στο τελικό επιθυμητό μέγεθος).

Μορφολογικά και λειτουργικά διακρίνονται σε σπαστήρες με σιαγώνες, περιστροφικούς, κρουστικούς ή μονοκύλινδρους.

Συνήθως παραλαμβάνουν, σε ειδικούς τροφοδότες και χοάνες την πρώτη ύλη (ακατέργαστο υλικό) σε διαστάσεις αρκετά μεγάλες (π.χ. βράχους, που μπορεί η μεγαλύτερη διάσταση τους να φθάνει τα 1,2 m) και την κομματιάζουν. Πρακτικά, ένας σπαστήρας αδυνατεί να δώσει θραύσματα του 1/100 του αρχικού μεγέθους σε μία μόνο φάση. Γι' αυτό χρησιμοποιούνται σπαστήρες διαδοχικής μείωσης των διαστάσεων (δευτερεύοντες σπαστήρες). Συχνά χρειάζεται διπλός ή τριπλός σπαστήρας, με σύστημα κώνου ή με ρότορα μαχαιριών.

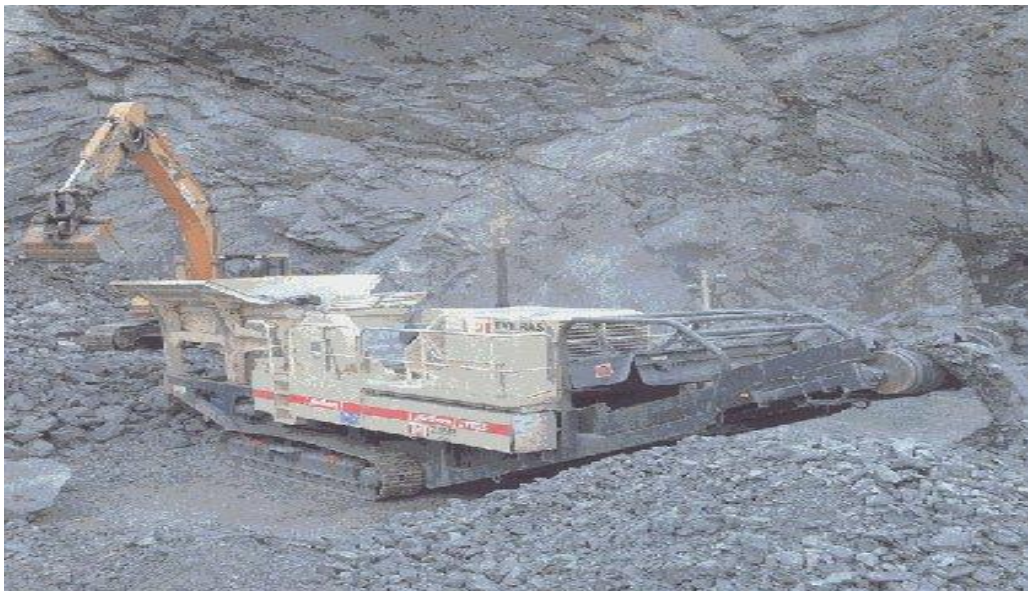
- **Ταινίες μεταφοράς** και τροχοφόρους **κάδους** για τη μεταφορά και οδήγηση του υλικού στα διαδοχικά στάδια κατεργασίας, και την τελική απόθεση σε σωρούς ή συσκευασία.
- **Κόσκινα** για το διαχωρισμό, τη βαθμονόμηση και την οδήγηση σε επόμενα στάδια ή την ομοιογενή αποθήκευση του κατεργασμένου ή ημικατεργασμένου υλικού.
- **Δοχεία** ή άλλα αποθηκευτικά συγκροτήματα για το έτοιμο προϊόν με ελεγχόμενες χοάνες παραλαβής υλικού από φορτηγά, ή συστήματα συσκευασίας.



**Εικόνα 10.** Ταινιοζυγοί



**Εικόνα 11.** Μηχάνημα μεταφοράς  
αδρανών υλικών



**Εικόνα 12.** Συγκρότημα σπαστήρων και συστημάτων διαλογής σκύρων σε ερπυστριοφόρα  
βάση



**Εικόνα 13.** Σύστημα παραγωγής αδρανών υλικών σε λατομείο

#### **A.13.4. Αποθήκευση των αδρανών**

Ως προς την αποθήκευση των αδρανών το Λατομείο υποχρεούται να εξασφαλίζει ότι δεν θα γίνεται διαχωρισμός τους, δεν θα αναμιγνύονται μεταξύ τους τα διάφορα είδη και θα εξασφαλίζεται η μη ρύπανση κατά την φόρτωση τους.

Η αποθήκευση των αδρανών πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε:

- α) Να μη διαχωρίζονται οι κόκκοι των αδρανών, όπως π.χ. συμβαίνει όταν ένα χονδρόκοκκο αδρανές αδειάζεται από μεγάλο ύψος ή όταν αναμοχλεύεται.
- β) Να αποφεύγεται η ανάμιξη διαφορετικών αδρανών, όπως π.χ. συμβαίνει όταν δύο σωροί εφάπτονται χωρίς ενδιάμεσο χώρισμα.
- γ) Να αποφεύγεται η ρύπανσή τους από επιβλαβείς προσμίξεις (χώμα, λύματα, κλπ.).

#### **A.13.5. Χειρισμός, αποθήκευση και συνθήκες στο χώρο παραγωγής**

Ο παραγωγός θα πρέπει να κάνει τις απαραίτητες διευθετήσεις ώστε να διατηρείται η ποιότητα του προϊόντος κατά τον χειρισμό και την αποθήκευση.

Οι διευθετήσεις αυτές θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τα ακόλουθα:

1. ανάμιξη του προϊόντος
2. διαχωρισμό
3. καθαρότητα του εξοπλισμού χειρισμού και των χώρων αποθήκευσης.

#### **A.13.6. Μεταφορά και Συσκευασία**

##### *α) Μεταφορά*

Το σύστημα ελέγχου παραγωγής θα πρέπει να προσδιορίζει το μέγεθος της ευθύνης του

παραγωγού όσον αφορά στην αποθήκευση και διανομή.

Όταν τα αδρανή μεταφέρονται χύδην μπορεί να είναι απαραίτητο να καλύπτονται ή να περιέχουν αδρανή που να μειώνεται η ανάμιξη.

##### *β) Συσκευασία*

Εάν τα αδρανή συσκευάζονται οι μέθοδοι και τα υλικά που χρησιμοποιούνται δεν θα πρέπει να επιτρέπουν ανάμιξη ή υποβιβασμό των αδρανών σε σημείο που οι ιδιότητες να αλλάζουν σημαντικά πριν αυτά απομακρυνθούν από τη συσκευασία. Κάθε απαραίτητη προφύλαξη προκειμένου να εξασφαλιστεί αυτό κατά τον χειρισμό και την φύλαξη των συσκευασμένων αδρανών θα πρέπει να αναφέρεται στη συσκευασία ή στα συνοδευτικά έγγραφα.

## **ΜΕΡΟΣ Β. ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

### **B.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Όπως προαναφέρθηκε το σκυρόδεμα παρασκευάζεται με μίξη σε κατάλληλες αναλογίες τσιμέντου, αδρανών (χαλίκων), άμμου και νερού, ενώ τακτικά χρησιμοποιούνται και πρόσμικτα (admixtures) που του προσδίδουν ορισμένες ιδιότητες ή βελτιώνουν αυτές που ήδη έχει (εργασιμότητα, ταχύτητα σκλήρυνσης κλπ.). Οι αναλογίες αυτές καθορίζονται από την εκάστοτε Μελέτη Σύνθεσης. Τα επιμέρους αυτά υλικά περιγράφηκαν αναλυτικά παραπάνω.

Κατά την εκπόνηση της Μελέτης Σύνθεσης παρασκευάζονται κυβικά ή κυλινδρικά δοκίμια με διάφορες αναλογίες των συστατικών του σκυροδέματος, τα οποία στη συνέχεια και θραύονται για να διαπιστωθεί ποιά από τις δοκιμαζόμενες αναλογίες εμφανίζει τη μέγιστη τάση θραύσης. Αυτές είναι οι αναλογίες που θα υιοθετηθούν τελικά.

Σαν γενικός κανόνας, ισχυρότερο σκυρόδεμα παράγεται από μεγαλύτερη ποσότητα τσιμέντου και μικρότερο λόγο νερού προς τσιμέντο. Κάθε φορά που αλλάζει καθ' οποιονδήποτε τρόπο κάποιο από τα συστατικά του σκυροδέματος (συνήθως τα αδρανή), απαιτείται και νέα Μελέτη Σύνθεσης. Γι αυτό και τα συγκροτήματα παραγωγής ετοιμού σκυροδέματος, που χρησιμοποιούν σταθερές πηγές για τα υλικά τους, λειτουργώντας έτσι υπό εντελώς ελεγχόμενες συνθήκες, μόνο σποραδικά μπορεί να απαιτηθεί να τροποποιήσουν την αρχική μελέτη σύνθεσής για κάθε κατηγορία σκυροδέματος.

Η εύρεση της αναλογίας των διαφόρων συστατικών στο σκυρόδεμα, δηλαδή η μελέτη σύνθεσης του σκυροδέματος, αποτελεί μια περισσότερο εμπειρική και λιγότερο επιστημονική διαδικασία, σύμφωνα με την οποία υπολογίζονται οι σωστές ποσότητες τσιμέντου, αδρανών, νερού και πρόσμικτων ή πρόσθετων (αν χρειάζονται), ώστε να προκύψει σκυρόδεμα με το ελάχιστο δυνατό κόστος, ικανοποιώντας ταυτόχρονα συγκεκριμένες απαιτήσεις.

Οι απαιτήσεις αφορούν σε μια σειρά από παραμέτρους επιτελεστικότητας, όπως είναι η αντοχή και η εργασιμότητα (δηλαδή να ξεπερνά η μέση συμβατική αντοχή σε 28 ημέρες την απαιτούμενη και η κάθιση να βρίσκεται εντός δεδομένων ορίων), ενώ παράλληλα θα πρέπει να ικανοποιούνται συγκεκριμένες απαιτήσεις ως προς το μέγιστο κόκκο αδρανών, ο οποίος δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος από το 1/3 του



πάχους του στοιχείου που θα κατασκευαστεί από αυτό το σκυρόδεμα, την ελάχιστη ποσότητα τσιμέντου, το μέγιστο λόγο νερού προς τσιμέντο κ.τ.λ., ώστε να εξασφαλίζεται η προστασία των οπλισμών έναντι διάβρωσης αλλά ενδεχομένως και άλλες ιδιότητες όπως π.χ. η ανθεκτικότητα σε παγετό ή σε τυχόν βλαβερά χημικά.

Συγκεκριμένα, όσον αφορά στην απαιτούμενη αντοχή, ισχύουν τα εξής:

Αν υπάρχουν στοιχεία τυπικής αποκλίσεως  $s$ , που έχουν προκύψει από 60 τουλάχιστον διαδοχικά δοκίμια διαφορετικών αναμιγμάτων, που έγιναν με τα ίδια υλικά, τις ίδιες εγκαταστάσεις παραγωγής και για σκυρόδεμα του οποίου η χαρακτηριστική αντοχή δε διαφέρει περισσότερο από 7 MPa από εκείνη του υπόψη έργου, τότε η απαιτούμενη αντοχή πρέπει να έχει τουλάχιστον την τιμή που υπολογίζεται από τη Σχέση:

$$f_a = f_{ck} + 2,01s \quad (1)$$

όταν πρόκειται για σκυρόδεμα μεγάλων έργων και από τη σχέση:

$$f_a = f_{ck} + 2,14s \quad (2)$$

όταν πρόκειται για σκυρόδεμα μικρών έργων.

Η απαιτούμενη αντοχή  $f_a$  του εργοστασιακού σκυροδέματος πρέπει να καθορίζεται από τα ίδια τα εργοστάσια και να είναι τουλάχιστον ίση με

$$f_a = f_{ck} + 1,64s \quad (3)$$

Αν η τιμή της τυπικής αποκλίσεως που προαναφέρθηκε έχει προκύψει - με τις προηγούμενες προϋποθέσεις για τη χαρακτηριστική αντοχή - από λιγότερα των 60 δοκίμια, όχι όμως και λιγότερα των 15, τότε η τιμή αυτή πριν εισαχθεί στις Σχέσεις (1), (2) και (3) πρέπει να πολλαπλασιάζεται με τον αντίστοιχο συντελεστή του Πίνακα 16.

Συντελεστής διόρθωσης της τυπικής απόκλισης	
Αριθμός δοκιμίων	Συντελεστής Πολλαπλασιασμού
15	1,27
20	1,18
30	1,09
40	1,05
50	1,02
60 ή περισσότερα	1,00

**Πίνακας 16.** Συντελεστής διορθώσεως της τυπικής αποκλίσεως

Αν η τιμή της τυπικής αποκλίσεως (μετά τον πολλαπλασιασμό της με τον αντίστοιχο συντελεστή του Πίνακα 16) είναι μικρότερη από 3 MPa, τότε στις Σχέσεις (1), (2) και (3) πρέπει να εισάγεται τιμή  $s = 3$  MPa.

Αν δεν υπάρχουν στοιχεία τυπικής αποκλίσεως ή υπάρχουν, αλλά από λιγότερα των 15 δοκίμια ή ακόμα αν η χαρακτηριστική αντοχή του σκυροδέματος δεν ικανοποιεί τα παραπάνω, τότε ο υπολογισμός της απαιτούμενης αντοχής από τις Σχέσεις (1), (2) και (3) πρέπει να γίνεται με την παραδοχή τυπικής αποκλίσεως  $s = 5$  MPa αν θα χρησιμοποιηθούν θραυστά αδρανή και  $s = 6$  MPa αν θα χρησιμοποιηθούν φυσικά αδρανή.

Η κάθιση για την οποία και θα συντάσσεται η Μελέτη Συνθέσεως πρέπει να καθορίζεται από το Μελετητή ή τον Επιβλέποντα σύμφωνα με τις ειδικές απαιτήσεις του έργου.

Το σκυρόδεμα που συμπυκνώνεται με συνήθη δονητικά μέσα στο εργοτάξιο για τη μόρφωση φορέων πρέπει να έχει κάθιση τουλάχιστον 5 cm αν παρασκευάζεται με θραυστά υλικά και τουλάχιστον 3 cm αν παρασκευάζεται με φυσικά υλικά. Σκυρόδεμα με μικρότερη κάθιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για τη μόρφωση προκατασκευασμένων στοιχείων, δαπέδων, ογκωδών έργων ή άλλων ειδικών κατασκευών.

Το κόστος των υλικών του σκυροδέματος καθορίζεται κυρίως από το κόστος του τσιμέντου, που είναι μια τάξη μεγέθους μεγαλύτερο από αυτό των αδρανών. Επομένως είναι σκόπιμο όχι μόνο να χρησιμοποιείται η ελάχιστη απαιτούμενη

ποσότητα τσιμέντου στο ανάμιγμα, αλλά και το ίδιο το τσιμέντο να είναι χαμηλού κόστους περιέχοντας προσμίξεις (π.χ. ποζολανικές), όπου φυσικά αυτό είναι δυνατό και στον βαθμό που επιτρέπεται, ώστε να μην επηρεάζονται δυσμενώς τα χαρακτηριστικά του σκυροδέματος.

Ως γενικές οδηγίες σχετικά με την επίτευξη της βέλτιστης εργασιμότητας (δηλαδή της ρευστότητας και της συνεκτικότητας) του σκυροδέματος μπορούμε να αναφέρουμε τις παρακάτω:

- Η ρευστότητα δεν πρέπει να ξεπερνά αυτήν που απαιτείται για τη διάστρωση, συμπύκνωση και τελείωμα.
- Για την βελτίωση της συνεκτικότητας είναι προτιμότερο να αυξηθεί ο λόγος άμμου προς χονδρά αδρανή αντί για την αναλογία των λεπτόκοκκων συστατικών της άμμου.
- Για σκυρόδεμα με μεγάλες απαιτήσεις ρευστότητας κατά τη διάστρωση είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται ρευστοποιητικά ή υπερρευστοποιητικά αντί για πρόσθετο νερό, ώστε να αποφευχθούν δυσάρεστες επιπτώσεις στην αντοχή και στην ανθεκτικότητα σε διάρκεια.

Η ρευστότητα εκτιμάται συνήθως με την κάθιση, που είναι σχεδόν ανάλογη της περιεκτικότητας του αναμίγματος σε νερό. Η απαιτούμενη ποσότητα νερού για την επίτευξη δεδομένης κάθισης γενικά μειώνεται αυξάνοντας το μέγιστο κόκκο καλά διαβαθμισμένων αδρανών, μειώνοντας την περιεκτικότητα αδρανών με γωνιώδεις και τραχείς επιφάνειες και αυξάνοντας την ποσότητα του εγκλωβισμένου στο ανάμιγμα αέρα.

Επειδή υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ της αντοχής του σκυροδέματος και της ανθεκτικότητας σε διάρκεια, γι' αυτό και η δεύτερη επιτυγχάνεται έμμεσα, εκτός από ορισμένες περιπτώσεις που πρέπει να ληφθούν ειδικά μέτρα (π.χ. χρήση αερακτικού ή άλλων πρόσμικτων). Γενικά, η αύξηση της αντοχής ενός αναμίγματος επιτυγχάνεται μειώνοντας τον λόγο N/T. Η μείωση αυτή είναι προτιμότερο να γίνεται χωρίς να αυξάνεται η ποσότητα του τσιμέντου αλλά μειώνοντας την ποσότητα του νερού. (π.χ. με κατάλληλη διαβάθμιση των αδρανών ή χρησιμοποιώντας ρευστοποιητικά πρόσμικτα), ώστε να μειώνεται το κόστος αλλά και η πιθανότητα ρηγματώσεων λόγω μεγάλης θερμότητας ενυδάτωσης ή συστολής ξήρανσης.



## **B.2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ**

### **ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

Η σύνθεση του σκυροδέματος επιλέγεται έτσι ώστε να ικανοποιηθούν οι προδιαγραφόμενες απαιτήσεις για νωπό και σκληρυμένο σκυρόδεμα όπως η εργασιμότητα, πυκνότητα, αντοχή, ανθεκτικότητα, προστασία οπλισμού από διάβρωση, λαμβάνοντας υπόψη τη διαδικασία παραγωγής και τη μέθοδο εκτέλεσης των εργασιών του σκυροδέματος. Βέβαια οι απαιτούμενες ιδιότητες του σκυροδέματος μπορούν να επιτευχθούν μόνο αν τηρηθούν ορισμένες διαδικασίες που αφορούν το νωπό σκυρόδεμα στο χώρο χρήσης του σκυροδέματος.

Έτσι, εκτός από τις απαιτήσεις αυτού του προτύπου, πρέπει να ληφθούν υπόψη πριν προδιαγραφεί το σκυρόδεμα, οι απαιτήσεις σε μεταφορά, διάστρωση, συμπίκνωση, συντήρηση και άλλων πρόσθετων μέτρων (EN 13670-1 κ.ά.). Πολλές από αυτές τις απαιτήσεις είναι αλληλοεξαρτώμενες. Αν όλες αυτές οι απαιτήσεις ικανοποιηθούν, οι διαφορές στην ποιότητα του σκυροδέματος της κατασκευής και των δοκιμών καλύπτονται επαρκώς από τους συντελεστές ασφαλείας του υλικού (EN 1992-1).

Η επιλογή των υλικών (τύπος και περιεκτικότητα: τσιμέντου, αδρανών, προσθέτων κ.λπ.) θα λαμβάνει υπόψη τους παρακάτω περιορισμούς:

- τον τρόπο εκτέλεσης της εργασίας
- την τελική χρήση του σκυροδέματος
- τις συνθήκες συντήρησης (π.χ. μέτρα θερμοκρασιακής προστασίας)
- τις διαστάσεις της κατασκευής (σκυροδέματα μάζης)
- τις συνθήκες περιβάλλοντος στις οποίες θα εκτεθεί το σκυρόδεμα
- πιθανές χημικές αντιδράσεις (αλκαλοπυριτική αντίδραση, θειούχα εδάφη κλπ.)
- τυχόν απαιτήσεις για εμφανή σκυροδέματα, εμφανή αδρανή, τελειώματα εργασιών
- τη συμβατότητα των προσθέτων με τον τύπο του τσιμέντου αλλά και μεταξύ των
- τους περιορισμούς σε Cl<sup>-</sup> που πιθανόν υπάρχουν σε κάθε συστατικό αλλά και στο σύνολο του σκυροδέματος (π.χ. [Cl<sup>-</sup>] < 0,2% κ.β. τσιμέντου)
- τα όρια θερμοκρασιών του νωπού σκυροδέματος π.χ. θερμοκρασία όχι χαμηλότερη από 5 0C.

### **B.3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ**

Η μελέτη σύνθεσης μπορεί να γίνει μόνο εργαστηριακά, βάσει μιας διαδικασίας διαδοχικών δοκιμών, χρησιμοποιώντας τα συγκεκριμένα υλικά που είναι διαθέσιμα για την παρασκευή του σκυροδέματος. Δηλαδή με τα αδρανή, το τσιμέντο, τα πρόσθετα και το νερό που θα χρησιμοποιηθούν στο έργο. Τα υλικά αυτά πρέπει να προσκομίζει στο Εργαστήριο εκείνος που ζητά την Μελέτη Σύνθεσης.

Σύμφωνα με τον **Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος**, μελέτες σύνθεσης μπορούν να γίνονται μόνο από Εργαστήρια του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., από Εργαστήρια των Α.Ε.Ι και από αναγνωρισμένα ιδιωτικά Εργαστήρια (διαπιστευμένα Εργαστήρια και Εργαστήρια που υποπεύονται από το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.).

Η μελέτη σύνθεσης είναι υποχρεωτική για κάθε ποιότητα σκυροδέματος, όπως επίσης και για οποιοδήποτε σκυρόδεμα ειδικών απαιτήσεων (στεγανό σκυρόδεμα, ανθεκτικό σκυρόδεμα κ.λπ) και πρέπει να γίνεται στην αρχή κάθε έργου και να επαναλαμβάνεται :

- α) όταν αλλάζει η πηγή λήψης αδρανών,
- β) όταν τα αδρανή παρουσιάζουν διαφορετική διαβάθμιση από εκείνη που είχαν στη μελέτη σύνθεσης, με αποκλίσεις που ξεπερνούν το 10% για τα κόσκινα τα μεγαλύτερα των []4 ή No4, το 8% για τα κόσκινα της άμμου (πλην του []0,25)
- γ) όταν αλλάζουν τα πρόσμικτα ή ο τύπος τσιμέντου ή η κατηγορία αντοχής τσιμέντου,
- δ) όταν το μίγμα παρουσιάζει τάσεις απόμιξεις ή η κάθιση του δεν ικανοποιεί τις σχετικές απαιτήσεις μολονότι τηρούνται οι αναλογίες της μελέτης σύνθεσης.

Δεν είναι όμως υποχρεωτική για σκυρόδεμα υποστρώσεων, ισοπεδωτικών στρώσεων και άλλων βοηθητικών κατασκευών, που δεν μετέχουν ουσιαστικά στη λειτουργία του έργου.

Τα δεδομένα του προβλήματος είναι συνήθως η κάθιση, η απαιτούμενη αντοχή, ο μέγιστος κόκκος αδρανών, η ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου, η μορφή των δοκιμίων ελέγχου (κυβικά ή κυλινδρικά) και τυχόν ειδικές απαιτήσεις (π.χ. επιχρισμένο/ανεπίχριστο σκυρόδεμα, παραθαλάσσιο περιβάλλον, υδατοστεγανότητα κ.τ.λ. ).

Ως πρώτο βήμα για τη μελέτη σκυροδέματος προσδιορίζεται η απαιτούμενη περιεκτικότητα νερού στο ανάμιγμα, ανάλογα με το μέγιστο κόκκο αδρανών (ο οποίος εξαρτάται από το πάχος επικάλυψης των οπλισμών αλλά και το πάχος του

στοιχείου που θα κατασκευαστεί) και την επιθυμητή κάθιση που όπως έχουμε ήδη αναφέρει για συνήθη στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα πρέπει να ξεπερνά τα 3cm για συλλεκτά αδρανή και τα 50cm για θραυστά αδρανή.

Μικρότερες τιμές κάθισης επιτρέπονται μόνο για προκατασκευασμένα στοιχεία που συμπυκνώνονται με ισχυρά μέσα δόνησης, για δάπεδα ή για άοπλα ογκώδη στοιχεία. Πιο συγκεκριμένες ελάχιστες τιμές κάθισης δίνονται στον Πίνακα 17, ενώ σαφή όρια των τιμών κάθισης δίνονται στον Πίνακα 18. Οι τιμές αυτές ισχύουν για συνηθισμένα στοιχεία, συμπύκνωση με καλή δόνηση, μέσες θερμοκρασίες και συνηθισμένες πυκνότητες οπλισμού(για τα οπλισμένα στοιχεία).

Είδος στοιχείου	Κάθιση (mm)
Ογκώδη άοπλα στοιχεία, οδοστρώματα	25
Δάπεδα, πεζοδρόμια,βάθρα	50
Πέδιλα θεμελίωσης, οπλισμένοι τοίχοι αντιστήριξης	50
Υποστυλώματα	80
Πλάκες, τοιχεία, δοκοί	100

**Πίνακας 17.** Ελάχιστες συνιστώμενες τιμές κάθισης

Για υψηλές θερμοκρασίες, μεγάλη πυκνότητα οπλισμού (ιδιαίτερα για οπλισμό σε περισσότερες από μια στρώσεις), ή για συμπύκνωση χωρίς δονητή, οι τιμές αυτές πρέπει να αυξάνονται κατά 50% περίπου. Ο προσδιορισμός του νερού γίνεται από τον Πίνακα 19, που δίνει και τον αναπόφευκτο όγκο κενών. Οι τιμές του Πίνακα 19 ισχύουν για σκυρόδεμα θραυστών αδρανών χωρίς αερακτικά πρόσμικτα. Η αντικατάσταση των θραυστών αδρανών με στρογγυλεμένα (π.χ. συλλεκτά) συνεπάγεται μείωση της ποσότητας νερού κατά 13kg περίπου, ενώ χρήση ρευστοποιητικού επιτρέπει μείωση του νερού περίπου κατά 5%.

Είδος στοιχείου	Μέγιστη* Κάθιση(mm)	Ελάχιστη Κάθιση(mm)
Οπλισμένοι τοίχοι θεμελίων και πέδιλα	75	25
Άοπλα θεμέλια, τοιχεία εγκιβωτισμού, τοιχεία στο έδαφος	75	25
Δοκοί και οπλισμένα τοιχεία	100	25
Υποστρώματα	100	25
Δάπεδα, πεζοδρόμια. Πλάκες	75	25
Ογκώδη στοιχεία	50	25

\*Μπορεί να αυξηθεί κατά 25mm για συμπίκνωση χωρίς δονητή

**Πίνακας 18.** Μέγιστες και ελάχιστες τιμές κάθισης (ACI 211, 1-91)

	Νερό σε kg/m <sup>3</sup> σκυροδέματος για μέγιστο κόκκο αδρανών (mm)							
Κάθιση(mm)	9.5	12.5	19	25	37.5	50	75	150
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	...
Όγκος κενών (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

**Πίνακας 19.** Απαιτούμενη ποσότητα νερού ανάμιξης συναρτήσει κάθισης και μέγιστου κόκκου.

Κατόπιν εκλέγεται ο λόγος N/T από τον Πίνακα 20, ανάλογα με την απαιτούμενη μέση συμβατική αντοχή του σκυροδέματος σε 28 ημέρες και τον τύπο τσιμέντου. Οι τιμές του Πίνακα 20 ισχύουν για καλή συμπίκνωση με δονητή. Ως μέγιστος λόγος N/T ορίζεται κατά τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος το 0.70 για επιχρισμένο σκυρόδεμα ή το 0.67 για ανεπίχριστο ή βαμμένο ή με επικάλυψη μαρμάρου. Οι τιμές για σκυροδέματα ειδικών απαιτήσεων συνοψίζονται ως εξής:

- Για σκυρόδεμα μειωμένης υδατοπερατότητας, 0.58 και 0.50 για μέγιστο αδρανών 31.5 ή 1'' και 16 ή 1/2'' αντίστοιχα.
- Για σκυρόδεμα μέσα σε νερό (όχι διαβρωτικό), 0.60.
- Για σκυρόδεμα στη θάλασσα, 0.48.

- Για σκυρόδεμα σε παραθαλάσσιο περιβάλλον, 0.60.
- Για σκυρόδεμα ανθεκτικό σε χημικές προσβολές ισχύει ο Πίνακας 21.

Στη συνέχεια, από την περιεκτικότητα νερού και το λόγο N/T υπολογίζεται η περιεκτικότητα του αναμίγματος σε τσιμέντο.

Στον **EN 206-1** αντίθετα με τα ισχύοντα στον ΚΤΣ 97, ο λόγος N/T στο Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 206 είναι λόγος "ενεργού νερού προς τσιμέντο", άρα λόγος προστιθέμενου νερού πλην του νερού στα αδρανή, πρόσθετα, ατμό, πάγο κλπ.

Όταν το τσιμέντο, το νερό, ή η περιεκτικότητα τσιμέντου θα πρέπει να προσδιοριστούν, η περιεκτικότητα σε τσιμέντο, η περιεκτικότητα σε πρόσθετα ή το προστιθέμενο νερό πρέπει να παίρνονται το καθένα από όργανο καταγραφής της ποσότητας σκυροδέματος ή όταν ο εξοπλισμός καταγραφής δεν χρησιμοποιείται, από τα πρακτικά παραγωγής σε σχέση με τις οδηγίες της ποσότητας σκυροδέματος.

Όταν η αναλογία νερού / τσιμέντο θα καθορίζεται, θα πρέπει να υπολογίζεται με βάση την καθορισμένη περιεκτικότητα τσιμέντου και το Φ.Β. (Φαινόμενο Βάρος) του νερού. Η απορρόφηση νερού αδρανών κανονικού βάρους και μεγαλύτερου βάρους θα πρέπει να καθορίζεται από τον EN 1097. Η απορρόφηση νερού χονδρών ελαφροβαρών αδρανών σε νωπό τσιμέντο θα παίρνεται ως η τιμή που βασίζεται σε παρατήρηση μίας ώρας χρησιμοποιώντας την κατάσταση υγρασίας αντί της ξηρής.

Όταν η ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου αντικαθίσταται από την ελάχιστη περιεκτικότητα (τσιμέντου +πρόσθετων ή η αναλογία νερού / τσιμέντο αντικαθίσταται από την αναλογία νερού / (τσιμέντο + k \* πρόσθετο) ή από την αναλογία νερού / (τσιμέντο + πρόσθετο), η μέθοδος εφαρμόζεται με κατάλληλες τροποποιήσεις.

Καμιά απλή τιμή της προσδιορισμένης αναλογίας νερό / τσιμέντο δεν θα είναι μεγαλύτερη κατά 0,02 πάνω από την οριακή τιμή.

Όταν ο καθορισμός της περιεκτικότητας τσιμέντου, της περιεκτικότητας πρόσθετων ή της αναλογίας νερού / τσιμέντου του νωπού σκυροδέματος είναι διαθέσιμα από αναλύσεις, η μέθοδος δοκιμής και οι ανοχές πρέπει να συμφωνούν με τον ειδικό και τον παραγωγό.

Επισημαίνεται ότι για να επιτευχθεί ένα ικανοποιητικό επίπεδο ανθεκτικότητας (αλλά δευτερευόντως και να εξασφαλισθούν ομαλές και λείες επιφάνειες

σκυροδέματος), πρέπει η ποσότητα τσιμέντου στο ανάμιγμα να είναι μεγαλύτερη από μια ελάχιστη τιμή, που σύμφωνα με τον **Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος** ορίζεται ως 270 Kg/m<sup>3</sup> για επιχρισμένο σκυρόδεμα χωρίς ειδικές απαιτήσεις και σε 300 Kg/m<sup>3</sup> για ανεπίχριστο (ή βαμμένο ή με επικάλυψη μαρμάρου). Οι ελάχιστες αυτές ποσότητες ισχύουν για μέγιστο κόκκο αδρανών []31,5 ή 1'' και []63 ή 1 1/2 '' . Για μέγιστο κόκκο []8 ή 3/8'' αυξάνονται σε 320 kg/m<sup>3</sup> και 350 kg/m<sup>3</sup>, αντίστοιχα, ενώ για μέγιστο κόκκο []16 ή 1/2 '' αυξάνονται σε 300 kg/m<sup>3</sup> και 330 kg/m<sup>3</sup>, αντίστοιχα. Οι ελάχιστες ποσότητες τσιμέντου για σκυροδέματα ειδικών απαιτήσεων συνοψίζονται ως εξής:

- Για σκυρόδεμα ανθεκτικό σε επιφανειακή φθορά 350 kg/m<sup>3</sup>
- Για σκυρόδεμα μειωμένης υδατοπερατότητας 350 kg/m<sup>3</sup> και 400 kg/m<sup>3</sup>, για μέγιστο κόκκο αδρανών []31,5 ή 1'' και []16 ή 1/2 '' ,αντίστοιχα.
- Για σκυρόδεμα μέσα σε νερό(όχι διαβρωτικό ) 350 Kg/m<sup>3</sup>.
- Για σκυρόδεμα στη θάλασσα 400 kg/m<sup>3</sup>.
- Για σκυρόδεμα σε παραθαλάσσιο περιβάλλον 330 Kg/m<sup>3</sup>.
- Για σκυρόδεμα ανθεκτικό σε χημικές προσβολές ισχύει ο Πίνακας 21

N/T	Σύνθεση Τσιμέντο Portland (Τύπου CEM II / 32.5)		Τσιμέντο Portland (Τύπου CEM I / 42.5)	
	Κύβος 150mm	Κύλινδρος 150*300mm	Κύβος 150mm	Κύλινδρος 150*300mm
0.40	43	36	49	41
0.50	34	27	41	34
0.60	28	22	34	27
0.70	23	18	28	22
0.80	19	15	24	19

**Πίνακας 20.** Λόγος N/T συναρτήσσει μέσης συμβατικής αντοχής 28 ημερών (MPa), τύπου δοκιμίου και τύπου τσιμέντου.

Οι απαιτήσεις του Πίνακα 21 ισχύουν για ήπιες κλιματολογικές συνθήκες, για φυσικό νερό που έχει μολυνθεί από χημικές ουσίες και είναι στάσιμο ή ρέει με βραδύτητα, όπως και για εδάφη που είναι υγρά ή υγραίνονται συχνά. Δεν ισχύουν για θαλασσινό νερό, για υγρά βιομηχανικά απόβλητα, για αποθέσεις στερεών βιομηχανικών αποβλήτων και γενικά για εδάφη με περιεκτικότητα θεικών μεγαλύτερη από 100 mg θειοϊόντων ανά kg εδαφικού υλικού ξηραμένου στον αέρα.

Ακόμα, οι απαιτήσεις κάθε στήλης του Πίνακα 21 ισχύουν ακόμα και αν ένας μόνο από τους αναγραφόμενους χημικούς παράγοντες βρίσκεται στην περιοχή που ορίζεται σ' αυτή τη στήλη. Αν συγχρόνως δυο ή περισσότερες τιμές χημικών παραγόντων μιας στήλης βρίσκονται στο πάνω τέταρτο (για το pH στο κάτω τέταρτο) του Πίνακα 21. Τέλος, οι ελάχιστες ποσότητες τσιμέντου που αναγράφονται στον Πίνακα 21 ισχύουν για αδρανή με μέγιστο κόκκο [ ]31.5 ή 1'' .Οι ποσότητες αυτές πρέπει να ελαττώνονται κατά 30 kg/m<sup>3</sup> για αδρανή με μέγιστο κόκκο [ ]16 ή 1/2''.

Χημικοί παράγοντες και απαιτήσεις	Μέθοδοι προσδιορισμού	Βαθμός προσβολής <sup>(6)</sup>		
		Ασθενής	Μέτριος	Ισχυρός
<b>ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΕΚΤΟΣ ΘΕΙΙΚΩΝ</b>				
pH (μόνο για νερό)	ISO 4316	6.5-5.5	5.5-4.5	4.5-4.0
CO <sub>2</sub> mg/l (μόνο για νερό)	pr EN 13 577/99	15-40	40-100	>100 <sup>(8)</sup>
NH <sub>2</sub> <sup>+</sup> mg/l (μόνο για νερό)	ISO 7150-1 ή 7150-2	15-30	30-60	60-100
Mg <sup>2+</sup> mg/l (μόνο για νερό)	ISO 7980	300-1000	1000-3000	>3000 <sup>(8)</sup>
Βαθμός οξύτητας (μόνο για εδάφη)	ΣΚ - 391	>200 <sup>(2)</sup>	-	-
<b>Α π α ι τ ή σ ε ι ς</b> Τύπος τσιμέντου		CEM I,II <sup>(5)</sup> ,III,IV 0.60	CEM I,II <sup>(5)</sup> ,III,IV	CEM I,II <sup>(5)</sup> ,III,IV
Μέγιστος λόγος N/T		300	0.55	0.50
Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου Kg/m <sup>3</sup>			330	370
<b>ΘΕΙΙΚΑ</b>				
Στο νερό: SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	EN 196-2	200-600 <sup>(3)</sup>		600-3000
Στο έδαφος: SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> <sup>(1)</sup> mg/kg	ΣΚ - 390	2000-3000 <sup>(4)</sup>		3000-12000
3000-5000				12000-24000
<b>Α π α ι τ ή σ ε ι ς</b> Τύπος τσιμέντου		CEM I,II <sup>(5)</sup> ,III,IV	SR <sup>(7)</sup>	SR <sup>(7)</sup>
Μέγιστος λόγος N/T		0.55	0.60	0.60
Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου Kg/m <sup>3</sup>		340	320	300
			0.55	0.55
			330	330
<p>(1) Εδάφη με διαπερατότητα μικρότερη των 10 m/s μπορούν να καταταγούν σε μικρότερη κατηγορία</p> <p>(2) Για βαθμό οξύτητας μικρότερο από 200 δεν υπάρχει προσβολή</p> <p>(3) Για νερό με περιεκτικότητα σε SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> μικρότερη από 200 mg/l και για έδαφος με περιεκτικότητα σε SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> μικρότερη από 200 mg/l δεν απαιτούνται ιδιαίτερα μέτρα.</p> <p>(4) Εάν υπάρχει κίνδυνος σωρευτικής αύξησης του μικρότερη του SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> λόγω τριχοειδούς πρόσφυσης ή επανειλημμένων κύκλων διύγρανσης – ξήρανσης το έδαφος κατατάσσεται στην κατηγορία της μέτριας προσβολής.</p> <p>(5) Εκτός των τύπων II/B-L, II/B-LL</p> <p>(6) Απαιτείται ειδική μελέτη για: α) τιμές εκτός των ορίων του πίνακα, β) άλλους χημικούς παράγοντες Προσβολής, γ) μεγάλες ταχύτητες ροής νερού</p> <p>(7) SR τσιμέντο Πόρτλαντ ανθεκτικό στα θειικά σύμφωνα με το Π.Δ. 244/80</p> <p>(8) Απαιτείται ειδική μελέτη και ενδεχόμενη επιφανειακή προστασία του σκυροδέματος.</p>				

**Πίνακας 21.** Βαθμός προσβολής και απαιτήσεις για σκυρόδεμα που προσβάλλεται από χημικά. (Κ.Τ.Σ. 1997)

Ακολούθως υπολογίζεται ο συνολικός στερεός όγκος των αδρανών σε 1 m<sup>3</sup> αναμίγματος. Αυτό γίνεται αφαιρώντας από το 1 m<sup>3</sup> τον όγκο του νερού, του τσιμέντου και του αέρα των κενών:

$$\text{Όγκος στερεών αδρανών/m}^3 = 1 - m_T / \rho_T - m_N / 1000 - \text{Όγκος αέρα} \quad (4)$$

Όπου:  $m_T$  = μάζα τσιμέντου (kg/m<sup>3</sup>),

$\rho_T$  = πυκνότητα στερεών του τσιμέντου (συνήθως ίση με 3100 kg/m<sup>3</sup>) και

$m_N$  = μάζα νερού (kg/m<sup>3</sup>).

Αν ενδιαφέρει μόνο η συνολική ποσότητα των αδρανών, η μετατροπή του όγκου στερεών των αδρανών σε μάζα αδρανών γίνεται πολλαπλασιάζοντας με την πυκνότητα στερεών αδρανών  $\rho_a$ . Διαφορετικά, μπορεί να υπολογιστούν οι ποσότητες των χονδρόκοκκων αδρανών (γαρμπίλι και σκύρα) και της άμμου στο ανάμιγμα ώστε να ελαχιστοποιηθεί το ποσοστό των κενών του μίγματος των αδρανών.

Ο φαινόμενος όγκος των χονδρόκοκκων καθορίζεται από τον Πίνακα 22 συναρτήσει το μέτρου λεπτότητας της άμμου και του μέγιστου κόκκου των αδρανών. Οι τιμές του Πίνακα 22 ισχύουν για μη αντλητό σκυρόδεμα, ενώ για αντλητό σκυρόδεμα μειώνονται κατά 10%. Ο όγκος αυτός μετατρέπεται σε μάζα πολλαπλασιάζοντας με την αντίστοιχη φαινόμενη πυκνότητα, και μετά σε όγκο στερεών, διαιρώντας τη μάζα με την πυκνότητα στερεών του μίγματος των χονδρόκοκκων αδρανών. Έπειτα, ο όγκος στερεών της άμμου υπολογίζεται με αφαίρεση του όγκου στερεών του μίγματος των χονδρόκοκκων αδρανών από τον όγκο στερεών των αδρανών που υπολογίστηκε από την εξ.(4). Τέλος η μάζα της άμμου υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τον όγκο στερεών της με την αντίστοιχη πυκνότητα.



Μέγιστος κόκκος (mm)	Μέτρο λεπτότητας άμμου, FM			
	2.4	2.6	2.8	3.0
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

**Πίνακας 22.** Φαινόμενος όγκος σκύρων και γαρμπιλιού ανά m<sup>3</sup> σκυροδέματος

Σημειώνεται ότι οι παραπάνω υπολογισμοί ισχύουν για αδρανή εσωτερικά κορεσμένα και επιφανειακά ξηρά. Αν τα αδρανή έχουν μια ποσότητα επιφανειακής υγρασίας, αυτή πρέπει να αφαιρεθεί από την ποσότητα του νερού ανάμιξης που έχει προσδιοριστεί, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να αυξηθεί το βάρος των αδρανών στο ανάμιγμα (διότι μια συγκεκριμένη ποσότητα υγρών αδρανών αντιπροσωπεύει μια κάπως μικρότερη πραγματική ποσότητα αδρανών). Το αντίθετο πρέπει να γίνει αν τα αδρανή απορροφούν υγρασία από το ανάμιγμα.

Κατά την εκπόνηση της μελέτης σκυροδέματος παρασκευάζονται κυβικά ή κυλινδρικά δοκίμια με διάφορες αναλογίες των συστατικών του σκυροδέματος, τα οποία στη συνέχεια και θραύονται για να διαπιστωθεί ποια από τις δοκιμαζόμενες αναλογίες εμφανίζει τη μέγιστη τάση θραύσης. Αυτές είναι οι αναλογίες που θα υιοθετηθούν τελικά. Για την παρασκευή π.χ. 1m<sup>3</sup> σκυροδέματος κατηγορίας C20/25 (το ισοδύναμο του παλαιού B300, που έχει χαρακτηριστική αντοχή κύβου 25 Μpa), μία μελέτη σύνθεσης μπορεί να προβλέπει 400 kg τσιμέντου, 445 kg σκύρων, 356 kg χαλίκων, 178 kg ψηφίδας, 800 kg άμμου και 200 kg νερού.

Σαν γενικός κανόνας, ισχυρότερο σκυρόδεμα παράγεται από μεγαλύτερη ποσότητα τσιμέντου και μικρότερο λόγο νερού προς τσιμέντο. Κάθε φορά που αλλάζει καθ' οποιονδήποτε τρόπο κάποιο από τα συστατικά του σκυροδέματος (συνήθως τα αδρανή), απαιτείται και νέα Μελέτη Σύνθεσης. Γι αυτό και τα συγκροτήματα παραγωγής ετοιμού σκυροδέματος, που χρησιμοποιούν σταθερές πηγές για τα υλικά τους λειτουργώντας έτσι υπό εντελώς ελεγχόμενες συνθήκες, μόνο σποραδικά μπορεί να απαιτηθεί να τροποποιήσουν την αρχική μελέτη σύνθεσης για κάθε κατηγορία σκυροδέματος.

Συνοψίζοντας λοιπόν μερικές βασικές οδηγίες που οδηγούν στην κατασκευή ανθεκτικότερων κατασκευών είναι :

1. Νερό εν γένει δεν πρέπει να προστίθεται στη θέση σκυροδέτησης για σκοπούς αύξησης της εργασιμότητας, καθώς αυτό αυξάνει το λόγο νερού/τσιμέντο και μειώνει τις τελικές αντοχές.
2. Θεμελιώδης για την αντοχή του σκυροδέματος είναι η σωστή δόνησή του (vibration) κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης, Η δόνηση αφαιρεί τον περιεχόμενο στο σκυρόδεμα αέρα, δημιουργώντας μια συμπαγή μάζα.
3. Θεμελιώδης είναι επίσης η συντήρηση του (curing) μετά το τέλος της σκυροδέτησης. Η συντήρηση (π.χ. με κατάβρεγμα της τελικής επιφάνειας αμέσως μετά τη σκυροδέτηση με νερό και σκέπασμα με νάιλον, ή ψεκασμός με ειδικά χημικά) διατηρεί την υγρασία που απαιτεί το σκυρόδεμα για να ενυδατωθεί πλήρως (τουλάχιστον 7 μέρες) & να αποκτήσει τις επιθυμητές αντοχές.
4. Οι ξυλότυποι να μην αφαιρούνται πριν από το διάστημα που καθορίζεται από τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος, ανάλογα με το φορέα (πλάκα, δοκάρι, στύλος κλπ.).
5. Οι φορείς (πλάκες, υποστυλώματα κλπ.) να σκυροδετούνται χωρίς διακοπή της σκυροδέτησης (μονολιθικά) αν είναι δυνατόν, κι όταν αυτό δεν είναι δυνατόν οι διακοπές της σκυροδέτησης να γίνονται στους κατασκευαστικούς αρμούς (construction joints) που υποδεικνύει ο Μελετητής.

## **ΜΕΡΟΣ Γ. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ**

### **Γ.1. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΤΣ-97**

Η ποιότητα του σκληρυμένου σκυροδέματος ελέγχεται με στατιστική επεξεργασία μετρήσεων της θλιπτικής αντοχής δοκιμίων (με την ίδια μορφή και διαστάσεις όπως αυτά που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη σύνθεσης του σκυροδέματος) που αποτελούν το 0.01-0.1% μόνο του όγκου του σκυροδέματος που ελέγχεται, τα οποία λαμβάνονται στην έξοδο του αναμικτήρα (για εργοταξιακό σκυροδέμα) ή στην έξοδο του αυτοκινήτου μεταφοράς (για εργοστασιακό ή έτοιμο σκυροδέμα).

Με βάση τις τιμές της θλιπτικής αντοχής, που θεωρείται τυχαία μεταβλητή με μέσο όρο και τυπική απόκλιση (που, ενδεικτικά, είναι  $s = 5$  MPa για θραυστό αδρανή και  $s = 6$  MPa για συλλεκτά αδρανή), αποφασίζεται αν η ποσότητα του σκυροδέματος που ελέγχεται θα γίνει αποδεκτή ή θα απορριφθεί, βάσει κριτηρίων (κριτήρια συμμόρφωσης) που καθορίζονται λεπτομερώς από τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος.

Σύμφωνα με τον Κ.Τ.Σ. '97 το σκυροδέμα που διαστρώνεται σε μια ημέρα θα αποτελεί μια παρτίδα και θα αντιπροσωπεύεται από μια δειγματοληψία έξι (6) δοκιμίων, εκτός εάν η ποσότητα που θα διαστρωθεί σε μια ημέρα δεν υπερβαίνει τα είκοσι κυβικά μέτρα (20 m<sup>3</sup>).

Η αρμόδια Υπηρεσία ή ο Επιβλέπων, αλλά και το εργοστάσιο παραγωγής του σκυροδέματος έχουν το δικαίωμα να αυξήσουν τον αριθμό των δοκιμίων μιας δειγματοληψίας από 6 σε 12, αν πρόκειται να διαστρωθούν περισσότερα από 11 φορτία αυτοκινήτων. Η δαπάνη ελέγχου των επιπλέον 6 δοκιμίων θα βαρύνει εκείνον που ζήτησε τη λήψη τους.

Στον έλεγχο μίας παρτίδας σκυροδέματος πρέπει να ελεγχθεί εάν το ποσοστό της συνολικής ποσότητας της παρτίδας με αντοχή κάτω από την προδιαγραμμένη χαρακτηριστική τιμή  $f_{ck}$  περιορίζεται στην επιθυμητή τιμή  $p = 5\%$  και αυτό γίνεται με τον έλεγχο των συμβατικών αντοχών των δοκιμίων μίας παρτίδας και των κριτηρίων συμμόρφωσης που ορίζει ο Κανονισμός.

Λόγω της φυσικής διασποράς των αντοχών και της στατιστικής φύσης του προβλήματος υπάρχει πιθανότητα να απορριφθεί η παρτίδα, ενώ το πραγματικό ποσοστό υποαντοχής είναι μικρότερο από 5% ("λάθος τύπου I", κίνδυνος

παραγωγού), ή αντίθετα να γίνει αποδεκτή η παρτίδα, ενώ το πραγματικό ποσοστό υποαντοχής είναι μεγαλύτερο από 5% ("λάθος τύπου II, κίνδυνος ιδιοκτητή).

Το διάγραμμα που για το συγκεκριμένο κριτήριο συμμόρφωσης δίνει την πιθανότητα αποδοχής μίας παρτίδας σκυροδέματος ως συνάρτηση του πραγματικού ποσοστού υποαντοχής,  $p$ , λέγεται καμπύλη λειτουργίας (Σχήμα 2).

Ο σύγχρονος **ΚΤΣ 97** ορίζει κριτήρια συμμόρφωσης που αποτελούνται από δύο απλούς κανόνες αποδοχής, της μορφής:

$$\bar{x}_n \geq f_{ck} + k_1 \quad (5)$$

ή

$$\bar{x}_n \geq f_{ck} + k_3 s \quad (6)$$

ή

$$x_i \geq f_{ck} - k_2 \quad i=1,2,3,\dots,n \quad (7)$$

όπου  $x_i$  = αντοχή του  $i$ -οστού δοκιμίου

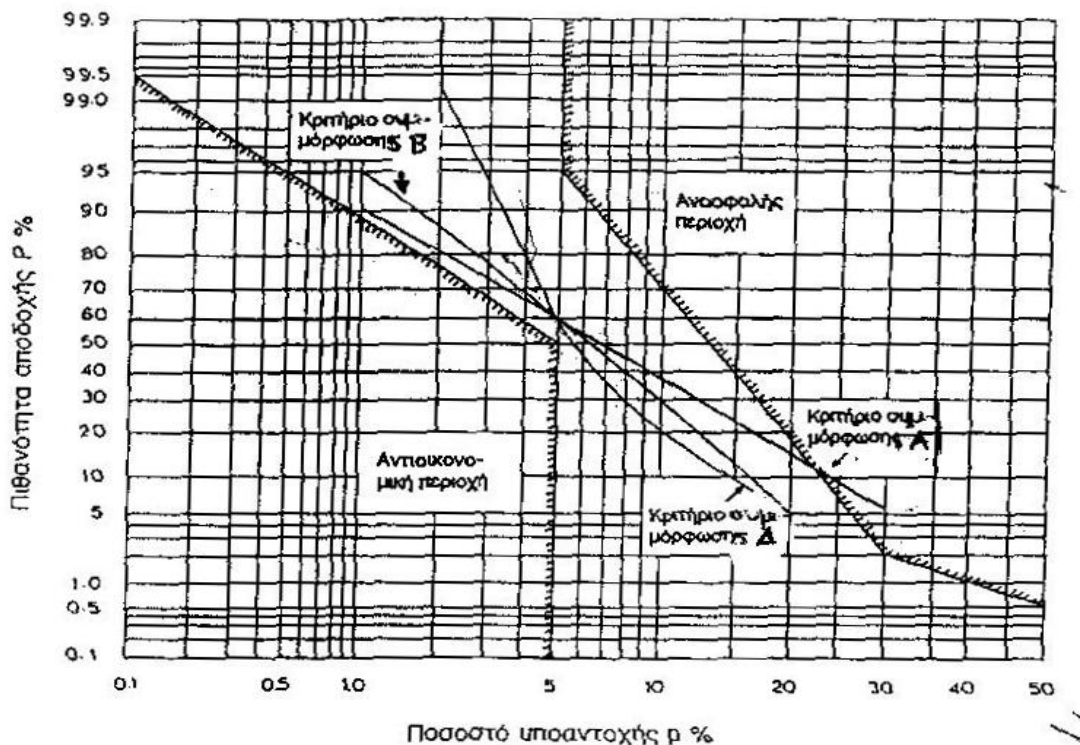
$\bar{x}_n$  = μέση αντοχή των  $n$  δοκιμίων της δειγματοληψίας

$k_1, k_2$  = σταθερές (σε MPa)

$k_3$  = αδιάστατος συντελεστής και

$s$  = τυπική απόκλιση της αντοχής που δίνεται από την σχέση:

$$s = \left[ \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_n)^2 / (n-1) \right]^{1/2} \quad (8)$$



**Σχήμα 2.** Καμπύλες λειτουργίας για τα κριτήρια συμμόρφωσης

Σε σχέση με τον έλεγχο του σκυροδέματος και τα κριτήρια συμμόρφωσης, ο **ΚΤΣ 97** κάνει τη διάκριση μεταξύ του ελέγχου της ποιότητας μίας συστηματικής και συνεχούς παραγωγής σκυροδέματος (π.χ. συνεχής έλεγχος **έτοιμου** σκυροδέματος από τον ίδιο τον παραγωγό ή έλεγχος εργοταξιακού\_σκυροδέματος, που παράγεται για τις ανάγκες ενός **μεγάλου έργου** κοινής ωφελείας, από τον ίδιο τον κατασκευαστή του) και του ελέγχου μίας σχετικά μικρής ποσότητας\_σκυροδέματος για τις ανάγκες ενός **μικρού έργου** (π.χ. κοινού οικοδομικού).

Για την παρακολούθηση της ποιότητας του σκυροδέματος συνεχούς παραγωγής (έτοιμο ή μεγάλων έργων) η καλή λειτουργία του συγκροτήματος παραγωγής ελέγχεται εβδομαδιαία, η δε δειγματοληψία και ο έλεγχος γίνονται συχνά. Έτσι μπορεί ολόκληρη η παραγωγή σκυροδέματος να θεωρηθεί ότι ανήκει στατιστικά στον ίδιο πληθυσμό.

Στις τεχνολογικά αναπτυγμένες χώρες το σκυρόδεμα ή ανήκει στην κατηγορία των μεγάλων έργων, ή, για μικρά έργα, έρχεται έτοιμο από εργοστάσια με εγγυημένη και σταθερή ποιότητα παραγωγής. Γι' αυτό και οι κανονισμοί των χωρών αυτών αντιμετωπίζουν όλες τις περιπτώσεις με ενιαίους κανόνες, προσαρμοσμένους στις συνθήκες παραγωγής σκυροδέματος για μεγάλα έργα. Στην περίπτωση σκυροδέματος μεγάλων έργων ο κατασκευαστής είναι υποχρεωμένος:

- Να συγκεντρώσει στον τόπο του έργου μεγάλη ποσότητα αδρανών ομοιόμορφης ποιότητας, τουλάχιστον ένα μήνα πριν από την έναρξη παραγωγής σκυροδέματος.
- Να εκπονήσει μελέτη σύνθεσης σκυροδέματος και να την εφαρμόσει για την παραγωγή 15 έως 60 αναμιγμάτων (ενδιάμεσος αριθμός μπορεί να είναι μόνο πολλαπλάσιος του 10), με ποσότητα σκυροδέματος το καθένα τουλάχιστον τη μισή αυτής που θα περιέχει ένα τυπικό ανάμιγμα της περιόδου κατασκευής.
- Να παρασκευάσει δυο δίδυμες ομάδες συμβατικών δοκιμίων από κάθε τέτοιο ανάμιγμα και να δοκιμάσει σε θλίψη τη μία ομάδα στις 7 ημέρες από τη σκυροδέτηση και την άλλη στις 28, με σκοπό τον υπολογισμό του λόγου των αντοχών 28 προς 7 ημερών και τον υπολογισμό της τυπικής απόκλισης  $s$ . Αν ο αριθμός  $n_s$  των δοκιμίων αυτών είναι μικρότερος από 60 αλλά τουλάχιστον ίσος με 15, το  $s$  που υπολογίζεται από αυτά θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί επί 1,27 για  $n_s = 15$ , 1.18 για  $n_s = 20$ , 1.09 για  $n_s = 30$ , 1.05 για  $n_s = 40$ , 1.02 για  $n_s = 50$  και 1.00 για  $n_s = 60$ , για να δώσει το  $s$  των 60 δοκιμίων.
- Να αναπροσαρμόσει τη μελέτη σύνθεσης αν η απαιτούμενη αντοχή  $f_a$  με βάση την τιμή της  $s_{60}$  είναι μεγαλύτερη από αυτήν που είχε θεωρηθεί στην αρχική μελέτη σύνθεσης.

Στην περίπτωση **μικρών έργων**, το σκυρόδεμα διαστρώνεται σε μικρές ποσότητες και κατά αραιά διαστήματα και ή έρχεται έτοιμο από εργοστάσια, που παράγουν σκυρόδεμα ενδεχομένως μεταβλητής και όχι απόλυτα εγγυημένης ποιότητας, ή (σπάνια σήμερα) παρασκευάζεται στο εργοτάξιο με υλικά που έρχονται συνήθως σε μικρές ποσότητες για κάθε διάστρωση.

Συνεπώς, οι δειγματοληψίες και οι έλεγχοι συμμόρφωσης της κατηγορίας αυτής πρέπει

να γίνονται αυτοδύναμα, θεωρώντας ότι διαφορετικές παρτίδες σκυροδέματος δεν ανήκουν στατιστικά στον ίδιο πληθυσμό (δηλαδή δεν έχουν σταθερό μέσο όρο και τυπική απόκλιση). Για την περίπτωση αυτή, δηλαδή του σκυροδέματος μικρών έργων, ο **ΚΤΣ 97** θεωρεί την ποσότητα που διαστρώνεται σε μία ήμερα ως μία παρτίδα σκυροδέματος, που αντιπροσωπεύεται από 6 δοκίμια, αν είναι μέχρι  $150 \text{ m}^3$ , ή από 12 δοκίμια αν είναι πάνω από  $150 \text{ m}^3$ . Τόσο ο επιβλέπων όσο και ο παραγωγός / κατασκευαστής έχουν δικαίωμα να ζητήσουν την λήψη 12 δοκιμίων αντί 6, ακόμα

και για παρτίδες σκυροδέματος μικρότερες από  $150 \text{ m}^3$ , αρκεί να διατίθενται τουλάχιστον 12 φορτία αυτοκινήτων ή αναμίγματα.

Ειδικά για **έτοιμο** σκυρόδεμα, αν η ποσότητα σκυροδέματος που θα διαστρωθεί σε μία ημέρα δεν ξεπερνά τα  $20 \text{ m}^3$  και ολοκληρώνεται με το φορτίο ενός ή δυο αυτοκινήτων, τότε το φορτίο κάθε αυτοκινήτου θεωρείται ως μία παρτίδα από την οποία λαμβάνονται 3 δοκίμια ως εξής:

- το πρώτο μετά την αποφόρτωση του 15% περίπου του φορτίου ή περίπου  $1 \text{ m}^3$ ,
- το δεύτερο από το μέσον περίπου του φορτίου και
- το τρίτο πριν από την αποφόρτωση του τελευταίου 15% περίπου του φορτίου ή του τελευταίου  $\text{m}^3$ .

Αν όμως η διάστρωση ολοκληρώνεται με περισσότερα από 2 αυτοκίνητα λαμβάνονται υπόψη δύο μόνο παρτίδες (που αντιπροσωπεύονται από 3 δοκίμια η κάθε μία), δηλαδή τα φορτία δύο τυχαίων αυτοκινήτων, επιλογής του αγοραστή.

Επίσης, αν η σκυροδέτηση έτοιμου σκυροδέματος διαρκεί δύο ή περισσότερες διαδοχικές ημέρες, η ποσότητα που διαστρώνεται σε κάθε διήμερο θεωρείται ως μία παρτίδα και αντιπροσωπεύεται από 12 δοκίμια (6 κάθε ημέρα). Αν ο συνολικός αριθμός ημερών συνεχούς σκυροδέτησης είναι περιττός, η τελευταία ημέρα θεωρείται ως μία παρτίδα και αντιπροσωπεύεται από 6 δοκίμια.

Στην περίπτωση που η σκυροδέτηση ενός διήμερου διακοπεί πριν ληφθούν 12 δοκίμια, τότε η παρτίδα του διήμερου αντιπροσωπεύεται από τα 6 πρώτα δοκίμια, ενώ τα υπόλοιπα αγνοούνται. Σκυρόδεμα το οποίο διαστρώνεται σε δύο όχι διαδοχικές ημέρες αποτελεί δύο παρτίδες και αντιπροσωπεύεται από δύο δειγματοληψίες.

Τέλος, αν το έργο απαιτεί διάστρωση χωρίς διακοπή για περισσότερες από μία ημέρες (όπως συμβαίνει σε κατασκευές με "ολισθαίνοντα" ξυλότυπο), το σκυρόδεμα χωρίζεται σε νοητές παρτίδες ανάλογα με τις φάσεις της κατασκευής (π.χ. διάστρωση ημέρας, διάστρωση νύκτας). Επισημαίνεται ότι για να είναι στατιστικά ανεξάρτητα, τα δοκίμια πρέπει να προέρχονται από διαφορετικά φορτία αυτοκινήτων, για έτοιμο σκυρόδεμα, ή από διαφορετικά αναμίγματα, για εργοταξιακό. Αν αυτό δεν είναι δυνατό, περισσότερα δοκίμια μπορεί να προέρχονται από το ίδιο αυτοκίνητο ή ανάμιγμα, αρκεί μεταξύ διαδοχικών αναμιγμάτων να έχει ξεφορτωθεί τουλάχιστον  $1 \text{ m}^3$  σκυροδέματος.

Τα 6 ή 12 δοκίμια της δειγματοληψίας υποβάλλονται στην συμβατική δοκιμή αντοχής σε θλίψη 28 ημέρες μετά τη λήψη τους και ακολουθεί ο έλεγχος της ισχύος των παρακάτω κανόνων:

#### **Κριτήριο συμμόρφωσης Α** (για 6 δοκίμια ανά παρτίδα)

$$\bar{x}_6 \geq f_{ck} + 1,60 s, \quad s \geq 1,5 \text{ MPa} \quad 1^{os} \text{ κανόνας αποδοχής} \quad (9)$$

$$x_i \geq f_{ck} - 2,0 \text{ (MPa)} \quad (i = 1, 2, \dots, 6) \quad 2^{os} \text{ κανόνας αποδοχής} \quad (10)$$

#### **Κριτήριο συμμόρφωσης Β** (για 12 δοκίμια ανά παρτίδα)

$$\bar{x}_{12} \geq f_{ck} + 1,57 s, \quad s \geq 2,2 \text{ MPa} \quad 3^{os} \text{ κανόνας αποδοχής} \quad (11)$$

$$x_i \geq f_{ck} - 3,0 \text{ (MPa)} \quad (i = 1, 2, \dots, 12) \quad 4^{os} \text{ κανόνας αποδοχής} \quad (12)$$

Για αντοχές με κανονική κατανομή συχνότητας και για συνηθισμένες τιμές του  $s$ , ο  $2^{os}$  και ο  $4^{os}$  κανόνας αποδοχής ενεργοποιούνται σπάνια, και απλώς συμπεριλαμβάνονται στα κριτήρια συμμόρφωσης για την ανίχνευση ακραίων περιπτώσεων, όπου, λόγω κακής παρακολούθησης, αλλάζουν σημαντικά οι αναλογίες σύνθεσης, ή η ανάμιξη δεν είναι πλήρης κ.λπ., οπότε η αντοχή ξεφεύγει από την κανονική κατανομή συχνότητας. Έτσι οι καμπύλες λειτουργίας των κριτηρίων Α και Β του Σχ.2 καθορίζονται μόνο από τον  $1^o$  και  $3^o$  κανόνα, αντίστοιχα. Όπως μάλιστα δείχνει το σχήμα αυτό, η αύξηση του αριθμού των δοκιμίων από 6 σε 12 οδηγεί σε μικρότερη πιθανότητα λάθους τύπου II για  $p > 5 \%$  και σε μικρότερη πιθανότητα λάθους τύπου I για  $p < 5 \%$ . Συνεπώς, ο διπλασιασμός του αριθμού των δοκιμίων συμφέρει και τον ιδιοκτήτη και τον παραγωγό.

Αν παραβιάζονται ο  $1^{os}$  ή ο  $3^{os}$  κανόνας αποδοχής, ή αν ο  $2^{os}$  ή ο  $4^{os}$  κανόνας δεν ικανοποιούνται από περισσότερα από ένα δοκίμια, τότε αμφισβητείται ολόκληρη η παρτίδα και επανελέγχεται σύμφωνα με τις διατάξεις που αναφέρονται παρακάτω.

Τέλος αν ο  $2^{os}$  ή ο  $4^{os}$  κανόνας αποδοχής παραβιάζονται από ένα μόνο δοκίμιο της παρτίδας που ελέγχεται, τότε αμφισβητείται η ποιότητα μόνο του φορτίου αυτοκινήτου ή του αναμίγματος από το οποίο προερχόταν το δοκίμιο αυτό και επανελέγχεται το σκληρυμένο σκυρόδεμα του φορτίου ή του αναμίγματος αυτού σύμφωνα με τις διατάξεις που αναφέρονται παρακάτω. Επισημαίνεται ότι απαραίτητη



προϋπόθεση για τους επανέλεγχους είναι να έχουν σημειωθεί οι θέσεις στην κατασκευή όπου διαστρώθηκε το σκυρόδεμα κάθε φορτίου ή αναμίγματος.

Για την περίπτωση 3 δοκιμών ανά παρτίδα (διάστρωση έτοιμου σκυροδέματος ποσότητας μικρότερης των 20 m<sup>3</sup>) ισχύει το παρακάτω κριτήριο συμμόρφωσης.

**Κριτήριο συμμόρφωσης E** (για 3 δοκίμια ανά παρτίδα)

$$\bar{x}_3 \geq f_{ck} + 3,7 \quad (\text{MPa}) \quad (13)$$

$$x_i \geq f_{ck} \quad (14)$$

Αν δεν ικανοποιείται έστω και ένας από τους παραπάνω κανόνες αποδοχής, αμφισβητείται η αντοχή της παρτίδας του αντίστοιχου αυτοκινήτου και ακολουθεί επανέλεγχος, σύμφωνα με τις διατάξεις που αναφέρονται παρακάτω.

Για το σκυρόδεμα **μεγάλων έργων** που παρασκευάζεται επί τόπου σε κεντρικά συγκροτήματα (και μετά τις προκαταρκτικές δειγματοληψίες δύο ομάδων, ελέγχους κ.λπ. που αναφέρονται παραπάνω) ακολουθείται η εξής διαδικασία:

Με την έναρξη της κανονικής παραγωγής για το έργο, η ποσότητα σκυροδέματος μίας ημέρας θεωρείται ως μια παρτίδα και αντιπροσωπεύεται από μία δειγματοληψία. Για την ακριβέστερη εκτίμηση του  $s$ , τις 3 πρώτες ημέρες λαμβάνονται 12 δοκίμια ανά παρτίδα. Μέχρι το τέλος των δειγματοληψιών αυτών το  $s$  ολόκληρου του πληθυσμού θεωρείται ακόμα άγνωστο και οι αντίστοιχες παρτίδες ελέγχονται αυτοδύναμα με το κριτήριο συμμόρφωσης B (το οποίο, στην περίπτωση αυτή, ονομάζεται **κριτήριο συμμόρφωσης Γ**).

Η μη ικανοποίηση του 3<sup>ου</sup> κανόνα αποδοχής ή η παραβίαση του 4<sup>ου</sup> κανόνα αποδοχής από δύο ή περισσότερα δοκίμια καθιστά υποχρεωτικό τον επανέλεγχο ολόκληρης της παρτίδας, ενώ η μη ικανοποίηση του 4<sup>ου</sup> κανόνα αποδοχής από ένα μόνο δοκίμιο οδηγεί σε επανέλεγχο μόνο του αντίστοιχου αναμίγματος.

Η ποσότητα σκυροδέματος που διαστρώνεται κάθε ημέρα μετά την 3<sup>η</sup> θεωρείται επίσης ως μία παρτίδα, αλλά επειδή έχουν συγκεντρωθεί αρκετά στοιχεία για την εκτίμηση του  $s$  του πληθυσμού της παραγωγής και σε ένα καλά οργανωμένο εργοτάξιο η σταθερή ποιότητα του σκυροδέματος θεωρείται εξασφαλισμένη, αρκούν

3 δοκίμια για κάθε παρτίδα. Για να γίνει αποδεκτή η παρτίδα, πρέπει να ικανοποιηθούν και οι δύο κανόνες αποδοχής του παρακάτω κριτηρίου συμμόρφωσης Δ. Αν έστω και ένας από τους κανόνες αυτούς παραβιάζεται, επανελέγχεται η παρτίδα της μίας ημέρας σύμφωνα με τις διατάξεις που δίνονται στα επόμενα.

**Κριτήριο συμμόρφωσης Δ (για δειγματοληψία 3 δοκιμίων)**

$$\bar{x}_{36} \geq f_{ck} + 1,70 s, \quad 7^{\text{ος}} \text{ κανόνας αποδοχής} \quad (15)$$

$$\bar{x}_3 \geq f_{ck} + 1,83 s, \quad 8^{\text{ος}} \text{ κανόνας αποδοχής} \quad (16)$$

όπου  $\bar{x}_{36}$  = ο μέσος όρος αντοχής των 3 δοκιμίων δειγματοληψίας και των 33 αμέσως προηγούμενων,

$\bar{x}_3$  = ο μέσος όρος αντοχής των 3 δοκιμίων της δειγματοληψίας και

s = η τυπική απόκλιση της τελευταίας ομάδας 60 δοκιμίων (μέχρι τη 10<sup>η</sup> ημέρα διάστρωσης, που δεν θα έχουν συγκεντρωθεί 60 κανονικά δοκίμια, τα ήδη συγκεντρωμένα κανονικά δοκίμια θα συμπληρώνονται με τον αναγκαίο αριθμό από τα τελευταία προκαταρκτικά δοκίμια, μέχρι το συνολικό αριθμό των 60).

Η συνολική καμπύλη λειτουργίας του κριτηρίου συμμόρφωσης Δ δίνει σημαντικά μεγαλύτερη πιθανότητα αποδοχής για  $p < 5\%$  από τα κριτήρια συμμόρφωσης Α και Β, αλλά λίγο μικρότερη πιθανότητα αποδοχής για  $p > 5\%$  από το κριτήριο συμμόρφωσης Β

Στην περίπτωση που η παραγωγή σκυροδέματος μεγάλων έργων γίνεται σε εργοστάσιο έτοιμου σκυροδέματος (κατόπιν συμφωνίας παραγωγού και κατασκευαστή), ο Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος ορίζει ότι οι δειγματοληψίες για τον έλεγχο της ποιότητας θα γίνονται στο εργοστάσιο παραγωγής και όχι στο εργοτάξιο.

Ο έλεγχος της παραγωγής έτοιμου σκυροδέματος από τον ίδιο τον παραγωγό προϋποθέτει τη λήψη ενός δοκιμίου την ημέρα για κάθε κατηγορία σκυροδέματος που παράγει το εργοστάσιο. Η δοκιμή θα γίνεται 28 ημέρες μετά τη δειγματοληψία και ανά 3 ημέρες θα υπολογίζονται ο μέσος όρος των αντοχών των 3 και των 36 τελευταίων ημερών, καθώς και η τυπική απόκλιση των 60 πιο πρόσφατων δειγμάτων.

Αυτοί οι δύο μέσοι όροι, η παραπάνω τυπική απόκλιση καθώς και οι αντίστοιχες τιμές του δεξιού μέλους των ανισοτήτων (15) και (16) θα καταγράφονται ανά τριήμερο υπό μορφή διαγραμμάτων χρονικής μεταβολής τα οποία θα χρησιμεύουν για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της παραγωγής και θα είναι διαθέσιμα για επιθεώρηση από την αρμόδια κρατική αρχή.

## Γ.2. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ

Σύμφωνα με τον **EN 206 – 1** η αναλογία της αντοχής καταδεικνύοντας την ανάπτυξη της αντοχής είναι η αναλογία από τον μέσο όρο της θλιπτικής αντοχής μετά από 2 ημέρες ( $f_{cm,2}$ ) προς τον μέσο όρο της θλιπτικής αντοχής μετά από 28 ημέρες ( $f_{cm,28}$ ), η οποία είναι καθορισμένη από τις αρχικές δοκιμές ή βασισμένη σε γνωστές επιδόσεις του σκυροδέματος από την συγκρίσιμη σύνθεση. Για αυτές τις αρχικές δοκιμές, τα δείγματα για τον προσδιορισμό της αντοχής επιλέγονται, φτιάχνονται, συντηρούνται και δοκιμάζονται σύμφωνα με τους EN 12350-1, EN12390-1, EN12390.

Ανάπτυξη αντοχής	Εκτίμηση της αντοχής, αναλογία $f_{cm,2}/f_{cm,28}$
Ταχύτητα	> 0.5
Μέση	> 0.3 και <0,5
Αργή	>0,15 και <0,3
Πολύ αργή	<0,15

**Πίνακας 23.** Ανάπτυξη αντοχής του σκυροδέματος στους 20° C

Τα κριτήρια συμμόρφωσης A και B δίνουν γενικά πολύ μεγάλη πιθανότητα λάθους τύπου II και σημαντική πιθανότητα λάθους τύπου I. Για να μειωθούν αυτά τα ενδεχόμενα σε επίπεδα ανεκτό από πλευράς ασφάλειας και οικονομίας, ο **ΚΤΣ 97** καθόρισε την απαιτούμενη αντοχή  $f_a$  στην οποία πρέπει να στοχεύει ως μέση αντοχή η μελέτη σύνθεσης του σκυροδέματος, έτσι ώστε η πιθανότητα απόρριψης σκυροδέματος που στην πραγματικότητα έχει ανεκτό ποσοστό υποαντόχης να είναι το πολύ 16% (με αντίστοιχη πιθανότητα αποδοχής 84%). Η καμπύλη λειτουργίας του κριτηρίου A δίνει για πιθανότητα αποδοχής 84% ποσοστό υποαντοχής  $p = 1,6\%$ , που για αντοχή με κανονική κατανομή συχνοτήτων δίνει:

$$f_a = f_{cm} = f_{ck} + 2,14s \quad (17)$$

Το αντίστοιχο ποσοστό για το κριτήριο B είναι  $p = 2,2\%$ , ώστε:

$$f_a = f_{cm} = f_{ck} + 2,01s \quad (18)$$

Σύμφωνα λοιπόν με τον Κανονισμό, η Μελέτη Σύνθεσης σκυροδέματος θα πρέπει να στοχεύει, για μεν το έτοιμο ή το εργοταξιακό σκυρόδεμα μικρών έργων στην  $f_a$  της εξ.(17), για δε το εργοταξιακό σκυρόδεμα μεγάλων έργων στην  $f_a$  της εξ.(18). Ελλείψει στοιχείων, στις παραπάνω εξισώσεις μπορεί να θεωρηθεί  $s = 5$  MPa για θραυστά αδρανή ή  $s = 6$  MPa για συλλεκτά.

Για να χρησιμοποιηθεί μικρότερο  $s$  (πάντως όχι μικρότερο από 3 MPa, ενώ μεγαλύτερο δεν επιτρέπεται) στις παραπάνω εξισώσεις, θα πρέπει αυτό να έχει προκύψει από 60 τουλάχιστον δοκίμια διαφορετικών αναμιγμάτων, που παρασκευάστηκαν με το ίδιο υλικό και μηχανήματα και έδωσαν σκυρόδεμα με χαρακτηριστική αντοχή κατά 7MPa το πολύ διαφορετική από αυτή του έργου. Αν ο αριθμός  $n$  των δοκιμίων αυτών είναι μικρότερος από 60 αλλά τουλάχιστον ίσος με 15, το  $s$  που υπολογίζεται από αυτά θα έχει μικρότερη αξιοπιστία, και γι' αυτό πριν χρησιμοποιηθεί στις εξ. (17) ή (18) θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί επί 1.27 για  $n = 15$ , 1.18 για  $n = 20$ , 1.09 για  $n = 30$ , 1.05 για  $n = 40$ , 1.02 για  $n = 50$  και 1.00 για  $n = 60$  (όπως έχει προαναφερθεί). Οι συντελεστές αυτοί είναι συντηρητικοί, κάτι που έχει και ως συνέπεια την αύξηση της απαιτούμενης αντοχής, άρα και του κόστους. Γι' αυτό και η ύπαρξη στοιχείων για 60 τουλάχιστον δοκίμια είναι προς όφελος του παραγωγού.

Για το έτοιμο σκυρόδεμα, ο **ΚΤΣ 97** επιτρέπει στον παραγωγό να καθορίσει ο ίδιος την απαιτούμενη αντοχή για τη μελέτη σύνθεσης, βάζοντας ως ελάχιστο όριο τη μέση τιμή της χαρακτηριστικής αντοχής:

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,64s, \quad (19)$$

(όπου:  $f_{ck}$ : η χαρακτηριστική αντοχή,  $f_{cm}$ : η μέση θλιπτική αντοχή και  $s$ : η τυπική απόκλιση), η οποία εξασφαλίζει ποσοστό υποαντοχής 5% [έναντι του 1.6% ή 2.2% των εξ. (17) ή (18)]. Βεβαίως είναι στην ευχέρεια του παραγωγού να καθορίσει υψηλότερη απαιτούμενη αντοχή ώστε να μειώσει τον κίνδυνο απόρριψης αποδεκτού σκυροδέματος σε ανεκτά επίπεδα.

Και για την περίπτωση του έτοιμου σκυροδέματος ισχύουν όλα τα παραπάνω τόσο για τον καθορισμό του  $s$  από τα υπάρχοντα στοιχεία όσο και για το ελάχιστο όριο των 3 MPa.

Ειδικά για μετά τις 3 πρώτες ημέρες παραγωγής εργοταξιακού σκυροδέματος μεγάλων έργων, ο Κανονισμός ορίζει ότι αφού συγκεντρωθούν στοιχεία αντοχής 60 τουλάχιστον δοκιμίων που ικανοποιούν τα κριτήρια συμμόρφωσης B και Δ υπολογίζονται η τυπική απόκλιση  $s_{60}$  και ο μέσος όρος των 60 δοκιμίων.

Αν η  $s_{60}$  διαφέρει απ' αυτήν που χρησιμοποιήθηκε στην εξ. (17) για τον υπολογισμό της  $f_a$  περισσότερο από 0.5 MPa, τότε χρειάζεται να αναθεωρηθεί η  $f_a$  με βάση την τιμή της  $s_{60}$  (λαμβάνοντας την τουλάχιστον ίση με 3 MPa) και την εξ. (17) και στη συνέχεια να μεταβληθεί αντίστοιχα η σύνθεση του μίγματος.

Αν όμως η μέση αντοχή των 60 δοκιμίων προκύψει μεγαλύτερη από τη μέχρι τότε απαιτούμενη, τότε, δεδομένου ότι η παραγωγή σκυροδέματος στο εργοτάξιο είναι πλέον γνωστή και ελεγχόμενη, η  $f_a$  μπορεί να μειωθεί (με επιλογή και ευθύνη του παραγωγού) μέχρι και το κάτω όριο που καθορίζεται από την εξ. (19) με τυπική απόκλιση την  $s_{60}$ . Αν στη συνέχεια δυο συνεχείς δειγματοληψίες παραβιάσουν το κριτήριο συμμόρφωσης Δ, η  $f_a$  επανέρχεται στην τιμή που δίνει η εξ. (18). Αν οι δύο συνεχείς αποτυχίες ικανοποίησης του κριτηρίου Δ συμβούν χωρίς νοιώθει η  $f_a$  κάτω από αυτή της εξ. (18), τότε η  $f_a$  αυξάνεται σε:

$$f_a = f_{ck} + 2.42s, \quad (20)$$

η οποία αντιστοιχεί σε ποσοστό υποαντοχής περίπου 1%. Μελλοντικά, αφού συμπληρωθούν 60 δοκίμια που ικανοποιούν το κριτήριο Δ, επιτρέπεται να επανέλθει η  $f_a$  στην προηγούμενη τιμή της.

Οι παραπάνω αναθεωρήσεις της  $f_a$  ανάλογα με την πορεία των ελέγχων διευκολύνονται με τη χρήση δοκιμίων ηλικίας 7 ημερών αντί 28, και μετατροπή των αποτελεσμάτων με βάση το λόγο αντοχών που υπολογίστηκε στο στάδιο των προκαταρκτικών δοκιμών.

### **Γ.3. ΕΠΑΝΕΛΕΓΧΟΣ ΣΚΛΗΡΥΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

Για τις περιπτώσεις που αμφισβητείται η ποιότητα του σκυροδέματος ενός μόνο φορτίου ή αναμίγματος, ο Κανονισμός προβλέπει επανέλεγχο του σκληρυμένου σκυροδέματος, βάσει της διαδικασίας που ακολουθεί (**επανέλεγχος φορτίου ή αναμίγματος**).

Αρχικά η περιοχή του έργου όπου έχει διαστρωθεί το σκυρόδεμα αυτό υποβάλλεται σε εντατική συντήρηση για 14 έως 28 ημέρες (με πλημμύρισμα για τα οριζόντια στοιχεία και με υγρές λινάτσες για τα κατακόρυφα, ώστε να βελτιωθεί η ενυδάτωση. Μετά το τέλος της συντήρησης κόβονται 3 πυρήνες ("καρότα") διαμέτρου  $100 \pm 5$  mm και ύψους μέχρι 125 mm (που στρογγυλεύεται σε 5 mm ως εξής: αν το πρώτο δεκαδικό είναι 3-7 γίνεται 5, αν είναι μικρότερο από 3 ή μεγαλύτερο από 7 γίνεται 0), από τυχαίες θέσεις της αμφισβητούμενης ποιότητας σκυροδέματος και μακριά από ακμές ή αρμούς ή θέσεις με οφθαλμοφανώς μειωμένη αντοχή (π.χ. μεγάλα κενά, θέσεις απόμιξης, θέσεις συγκέντρωσης λεπτού υλικού). Πυρήνες που περιέχουν τμήματα οπλισμού διαμέτρου μεγαλύτερης από 8 mm απορρίπτονται.

Οι πυρήνες ελέγχονται σε θλίψη μετά από συντήρηση σε περιβάλλον δωματίου για δύο ημέρες, γίνεται κοπή του ύψους για επιπεδότητα σε 95 mm τουλάχιστον και προετοιμασία. Η αντοχή τους ανάγεται σε συμβατική αντοχή κυλίνδρου 150 x 300 mm σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ -344 (ελαφρά τροποποιημένο όπως καθορίζει ο **ΚΤΣ 97**), πολλαπλασιάζοντας με:

$$1.05\lambda_1/K_dK_t$$

όπου:  $\lambda_1$  = συντελεστής μορφής, ίσος με 0.85 για λόγο ύψους προς διάμετρο πυρήνα,  $h/d$ , ίσο με 1.0, ή με 0.91 για  $h/d = 1.25$  (για ενδιάμεσες τιμές γίνεται γραμμική παρεμβολή και για την οριακή περίπτωση που  $h/d = 0.95$  το  $\lambda_1$  είναι ίσο με 0.83).

$K_d$  = συντελεστής πάχους, ίσος με 1.0 για πάχος ελεγχόμενου στοιχείου μεγαλύτερο ή ίσο από 250 mm, ή με 0.95, για πάχος μικρότερο ή ίσο από 150 mm (γραμμική παρεμβολή για ενδιάμεσες τιμές).

$K_t$ = συντελεστής ηλικίας, ίσος με 1.0 αν οι έλεγχοι γίνουν πριν τη συμπλήρωση δύο μηνών από τη σκυροδέτηση, 1.10 αν έχουν περάσει δύο μήνες, ή 1.15, αν έχουν περάσει τρεις ή περισσότεροι.

Αν χρειάζεται αναγωγή των αντοχών πυρήνα σε κυβικό δοκίμιο, τότε η παραπάνω διόρθωση ακολουθείται από αναγωγή κατά τον Πίνακα 24 (με γραμμική παρεμβολή για ενδιάμεσες τιμές). Αφού γίνει η αναγωγή αντοχών των 3 πυρήνων σε συμβατικές αντοχές δοκιμίων της μορφής για την οποία έχει οριστεί η συμβατική αντοχή,  $f_{ck}$ , ελέγχεται αν ο μέσος όρος τους ικανοποιεί (με περιθώριο ασφάλειας 0.5 MPa τουλάχιστον) τον 2<sup>ο</sup> ή 4<sup>ο</sup> κανόνα αποδοχής ανάλογο με το αν η αρχική δειγματοληψία είχε γίνει με 6 ή 12 δοκίμια, αντίστοιχα.

Αν ο έλεγχος αυτός δώσει θετικό αποτέλεσμα, τότε η αντοχή του αναμίγματος ή του φορτίου θεωρείται ικανοποιητική, διαφορετικά αμφισβητείται η ποιότητα όλης της αντίστοιχης παρτίδας σκυροδέματος και απαιτείται επανέλεγχος της τελευταίας.

Αντοχή κυλίνδρου 150x300mm (MPa)	9.2	12.8	18.4	25.4	39.5
Αντοχή κύβου 150mm (MPa)	12.6	16.8	23.6	31.5	47.2
Αντοχή κύβου 200mm (MPa)	12.0	16.0	22.4	31.0	45.0

**Πίνακας 24.** Αντιστοιχία συμβατικών αντοχών κυλινδρικών και κυβικών δοκιμίων

Ο επανέλεγχος ολόκληρης παρτίδας σκυροδέματος γίνεται με κοπή 6 πυρήνων κατά τα παραπάνω. Μετά την αναγωγή των αντοχών σε αντοχές συμβατικών δοκιμίων ελέγχεται αν ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση των δοκιμίων ικανοποιούν τον 1<sup>ο</sup> κανόνα αποδοχής. Αν ο έλεγχος αυτός δώσει αρνητικά αποτελέσματα, αποκόπτονται 6 ακόμα πυρήνες ώστε να συμπληρωθούν 12. Μετά την αναγωγή των αντοχών εξετάζεται μήπως ο πυρήνας με τη μικρότερη αντοχή,  $x_{min}$ , έχει ληφθεί από θέση τόσο μειωμένης αντοχής ώστε δεν μπορεί να θεωρηθεί στατιστικά ότι ανήκει στον ίδιο πληθυσμό με τους υπόλοιπους. Έτσι αν:

$$x_{min} > \bar{x}_{12} - 2.28s$$



όπου  $\bar{x}_{12}$  και  $s$  είναι ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση του δείγματος των 12 πυρήνων,

ο πυρήνας αυτός συμπεριλαμβάνεται στο δείγμα, διαφορετικά ο πυρήνας αυτός αγνοείται.

Τέλος, ο επανέλεγχος γίνεται με βάση τον 3<sup>ο</sup> κανόνα αποδοχής, με μέσο όρο  $\bar{x}_{11}$  ή  $\bar{x}_{12}$  και τυπική απόκλιση που υπολογίζεται από την εξ. (8) με  $n = 11$  ή 12 αντίστοιχα.

Αν ο 3<sup>ος</sup> κανόνας αποδοχής ικανοποιείται, η παρτίδα γίνεται αποδεκτή. Διαφορετικά θεωρείται μειωμένης αντοχής, οπότε ακολουθεί λεπτομερής έλεγχος του αντίστοιχου τμήματος της κατασκευής με συνδυασμό πρόσθετων πυρηνοληψιών, έμμεσων μετρήσεων αντοχής (π.χ. κρουσίμετρο, υπέρηχοι), ακριβέστερης ανάλυσης του δομικού συστήματος (πιθανόν με μειωμένα φορτία), και αν είναι δυνατόν, δοκιμαστικών φορτίσεων. Με βάση τα αποτελέσματα των παραπάνω ελέγχων αποφασίζεται αν η κατασκευή έχει ικανοποιητική αντοχή, αν απαιτείται ενίσχυση, ή ακόμα και κατεδάφισή της.

Τέλος επισημαίνεται ότι οι τρύπες στο σκυρόδεμα από τη λήψη των πυρήνων πρέπει να γεμίσουν το συντομότερο δυνατό με κατάλληλο σκυρόδεμα μειωμένης συστολής ξήρανσης και αυξημένης ικανότητας πρόσφυσης.

#### **Γ.4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ EN 206-1**

Οι έλεγχοι συμμόρφωσης κατά EN 206-1 διαφοροποιούνται κάπως σε σχέση με τους προαναφερθέντες κατά τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος, έχοντας ως κεντρικό άξονα το σκυρόδεμα ως εργοστασιακό ή εργοταξιακό μεγάλων έργων, με σταθερή ποιότητα παραγωγής.

Σύμφωνα με τον EN 206-1 παρτίδα είναι η ποσότητα νωπού σκυροδέματος που παράγεται σε έναν κύκλο λειτουργίας του αναμικτήρα ή η ποσότητα που εκφορτώνεται κατά τη διάρκεια 1 λεπτού από αναμικτήρα συνεχούς λειτουργίας.

Παρτίδα < 1 φορτίο	1
1 φορτίο < παρτίδα < 2 φορτία	2
2 φορτία < παρτίδα < 100 m <sup>3</sup>	3
100 m <sup>3</sup> < παρτίδα < 200 m <sup>3</sup>	4
200 m <sup>3</sup> < παρτίδα < 300 m <sup>3</sup>	5
300 m <sup>3</sup> < παρτίδα < 400 m <sup>3</sup>	6

**Πίνακας 25.** Ελάχιστο πλήθος δειγμάτων

#### **Γ.4.1. Έλεγχος Συμμόρφωσης για Σχεδιαζόμενο Σκυρόδεμα**

##### **Γ.4.1.1. Έλεγχος συμμόρφωσης θλιπτικής αντοχής**

Μία σημαντική ιδιότητα του σκληρυμένου σκυροδέματος είναι η θλιπτική αντοχή, η οποία καθορίζεται από τη δοκιμή συμπίεσης σε ειδικά παραγόμενα δοκίμια (κύβους ή κυλίνδρους) ή καρότα (πυρήνες) από την κατασκευή.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη θλιπτική αντοχή είναι ο τύπος του τσιμέντου, ο λόγος νερού/ τσιμέντο και ο βαθμός ενυδάτωσης, ο οποίος επηρεάζεται κυρίως από το χρόνο και τη μέθοδο ωρίμανσης.

Η αντοχή του σκυροδέματος επομένως προκύπτει από την αντοχή του ενυδατωμένου τσιμέντου, την αντοχή των αδρανών, την πρόσφυση μεταξύ των δύο αυτών συστατικών και την ωρίμανση.

Η λήψη δειγμάτων για την παρασκευή δοκιμίων γίνεται τυχαία, με ελάχιστη συχνότητα αυτή που δίνει ο Πίνακας 26. Στην περίπτωση χρήσης ρευατοποιητικών ή

υπερρευστοποιητικών προσμίκτων επιτρέπεται η λήψη δοκιμών πριν από την προσθήκη αυτών, αρκεί να αποδεικνύεται μέσω προκαταρκτικών δοκιμών ότι τα πρόσμικτα δεν επηρεάζουν δυσμενώς την αντοχή. Ως αποτέλεσμα μίας δοκιμής θεωρείται αυτό που προκύπτει είτε από τη θραύση ενός συμβατικού δοκιμίου είτε ως μέση τιμή των αντοχών δύο ή περισσότερων συμβατικών δοκιμών που κατασκευάστηκαν από το ίδιο δείγμα. Στην τελευταία περίπτωση, αν οι επιμέρους τιμές αντοχής διαφέρουν από τη μέση τιμή πάνω από το 15% αυτής, τότε η συγκεκριμένη δειγματοληψία θεωρείται ως μη γενομένη, εκτός και αν τα αποτελέσματα μίας συγκεκριμένης δοκιμής τεκμηριωμένο απορρίπτονται.

Παραγωγή	Ελάχιστος ρυθμός δειγματοληψίας		
	Για τα πρώτα 50 m <sup>3</sup> παραγωγής	Μετά τα πρώτα 50 m <sup>3</sup> παραγωγής*	
		Σκυρόδεμα με πιστοποιητικό ελέγχου παραγωγής	Σκυρόδεμα χωρίς πιστοποιητικό ελέγχου παραγωγής
Αρχική (διαθεσιμότητα <30 δοκιμών)	3 δοκίμια	1/200 m <sup>3</sup> ή 2/εβδομάδα παραγωγής	1/150 m <sup>3</sup> ή 2/ημέρα παραγωγής
Συνεχής ** (≥ 35 δοκιμές σε λιγότερο από ένα έτος)		1/400 m <sup>3</sup> ή 1/εβδομάδα παραγωγής	
*Η λήψη δειγμάτων γίνεται από όλη την παραγωγή, ομοιόμορφα, με μέγιστο 1 δείγμα ανά 25m <sup>3</sup> ** Όπου η τυπική απόκλιση των τελευταίων 15 αποτελεσμάτων δοκιμών ξεπερνά το 1.35s, ο ρυθμός δειγματοληψίας αυξάνεται για τις επόμενες 35 δοκιμές σε αυτόν που προβλέπεται για αρχική παραγωγή			

#### Πίνακας 26. Ελάχιστος ρυθμός δειγματοληψίας για τον έλεγχο συμμόρφωσης

Η αξιολόγηση της συμμόρφωσης θα γίνει στα αποτελέσματα των δοκιμών που πάρθηκαν κατά την διάρκεια μιας περιόδου αξιολόγησης η οποία δεν υπερβαίνει τους τελευταίους 12 μήνες.

Η συμμόρφωση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος αξιολογείται με δοκιμές δειγμάτων σε 28 ημέρες για:

- Ομάδες μη-επικαλυμμένων ή επικαλυμμένων διαδοχικών αποτελεσμάτων δοκιμών  $f_{cm}$
- Κάθε μεμονωμένο αποτέλεσμα της δοκιμής  $f_{cl}$

Τα κριτήρια συμμόρφωσης αναπτύσσονται με βάση τα αποτελέσματα μη-αλληλεπικαλυμμένων δοκιμών. Εφαρμογή των κριτηρίων για αλληλεπικαλυμμένα αποτελέσματα δοκιμών αυξάνει τον κίνδυνο απόρριψης.

- περίοδο αξιολόγησης.

Η προαναφερθείσα δειγματοληψία γίνεται είτε από μεμονωμένα αναμίγματα είτε από "οικογένειες" σκυροδεμάτων. Ως οικογένεια ορίζεται συγκεκριμένη ποσότητα παραγωγής με κοινά χαρακτηριστικά, π.χ. ίδιος τύπος τσιμέντου, παρόμοια αδρανή (ίδιας γεωλογικής προέλευσης και μεθόδου παραγωγής) και τυχόν πρόσθετα, σκυροδέματα με περιορισμένο εύρος κατηγοριών αντοχής κ.λπ..

Όταν λοιπόν ο έλεγχος συμμόρφωσης γίνεται σε οικογένεια σκυροδεμάτων, αρχικά επιλέγεται ένα σκυρόδεμα αναφοράς (π.χ. ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος τύπος σκυροδέματος της οικογένειας ή σκυρόδεμα με αντοχή στο μέσον περίπου του εύρους των αντοχών της οικογένειας) και ακολούθως βρίσκονται οι σχέσεις αντοχής του σκυροδέματος αναφοράς με τα υπόλοιπα της οικογένειας.

Η συμμόρφωση είναι επικυρωμένη εάν και τα δύο κριτήρια για κάθε μία αρχική ή συνεχή παραγωγή είναι ικανοποιητικά. Όπου η συμμόρφωση αξιολογείται με βάση την κατηγορία (οικογένεια) σκυροδέματος, το κριτήριο 1 εφαρμόζεται στο σχετικό σκυρόδεμα λαμβάνοντας υπ' όψιν όλα τα μετατεθειμένα αποτελέσματα της δοκιμής της οικογένειας το κριτήριο 2 εφαρμόζεται στα αρχικά αποτελέσματα της δοκιμής.

Παραγωγή	Αριθμός "n" αποτελεσμάτων από την δοκιμή για την θλιπτική αντοχή στην ομάδα.	Κριτήριο 1	Κριτήριο 2
		Μέσος όρος "n" αποτελεσμάτων (f <sub>cm</sub> ) N/mm <sup>2</sup>	Οποιοδήποτε μεμονωμένο αποτέλεσμα της δοκιμής (f <sub>cl</sub> ) N/mm <sup>2</sup>
Αρχική	3	> f <sub>ck</sub> + 4	> f <sub>ck</sub> - 4
Συνεχής	15	> f <sub>ck</sub> + 1.48σ	> f <sub>ck</sub> - 4

**Πίνακας 27.** Κριτήρια συμμόρφωσης για θλιπτική αντοχή

Για την επικύρωση ότι κάθε μεμονωμένο μέλος ανήκει στην οικογένεια, ο μέσος όρος όλων των μη-μετατεθειμένων αποτελεσμάτων της δοκιμής (f<sub>cm</sub>) για μια μεμονωμένη παρτίδα θα αξιολογηθεί ενάντια στο κριτήριο 3 όπως δίνεται στον πίνακα 28. Σε οποιαδήποτε αποτυχία του σκυροδέματος αυτό το κριτήριο θα αφαιρεθεί από την οικογένεια και θα αξιολογηθεί χωριστά για την συμμόρφωση.

Αριθμός “n” αποτελεσμάτων θλιπτικής αντοχής ενός σκυροδέματος	Κριτήριο 3
	Μέση τιμή $f_{cm}$ “n” αποτελεσμάτων για μεμονωμένο μέλος οικογένειας (σε MPa)
2	$\geq f_{ck} - 1$
3	$\geq f_{ck} + 1$
4	$\geq f_{ck} + 2$
5	$\geq f_{ck} + 2.5$
6	$\geq f_{ck} + 3$

**Πίνακας 28.** Κριτήριο συμμόρφωσης για μέλη οικογένειας σκυροδεμάτων

Αρχικά, η σταθερή απόκλιση θα πρέπει να υπολογιστεί από 35 τουλάχιστον διαδοχικά αποτελέσματα της δοκιμής που λήφθηκαν σε μία περίοδο που υπερβαίνει τους τρεις μήνες και της οποίας η συμμόρφωση της αμέσως προηγούμενης περιόδου παραγωγής ελέγχθηκε.

Η αξία της θα ληφθεί ως ο υπολογισμός της σταθερής απόκλισης ( $\sigma$ ) του πληθυσμού. Η αξία της αποδεκτής τιμής πρέπει να ελεγχθεί κατά την διάρκεια της επόμενης παραγωγής. Δύο μέθοδοι για την εκτίμηση της τιμής  $\sigma$  επιτρέπονται. Η επιλογή της μεθόδου θα γίνει σύμφωνα με:

- Μέθοδος 1: Η αρχική αξία της σταθερής απόκλισης μπορεί να εφαρμοστεί για την επόμενη περίοδο κατά την διάρκεια της οποίας η συμμόρφωση πρόκειται να ελεγχθεί, υπό τον όρο ότι η σταθερή απόκλιση των πιο πρόσφατων 15 αποτελεσμάτων ( $S_{15}$ ) δεν παρεκκλίνει σημαντικά από την αποδεκτή σταθερή απόκλιση. Αυτή θεωρείται έγκυρη με την προϋπόθεση ότι:

$$0,63 \sigma < S_{15} < 1,37 \sigma$$

Όπου η τιμή  $S_{15}$  βρίσκεται έξω από αυτά τα όρια, ένας νέος υπολογισμός του  $\sigma$  θα καθοριστεί από τα τελευταία διαθέσιμα 35 αποτελέσματα της δοκιμής.

- Μέθοδος 2: Η νέα τιμή του  $\sigma$  μπορεί να υπολογιστεί από ένα συνεχές σύστημα και αυτή η τιμή γίνεται αποδεκτή. Η ευαισθησία του συστήματος θα είναι

τουλάχιστον αυτή της μεθόδου 1. Ο νέος υπολογισμός για το  $\sigma$  θα εφαρμόζεται στην επόμενη.

#### **Γ. 4.1.2. Έλεγχος συμμόρφωσης αντοχής σε εφελκυσμό από διάρρηξη**

Ισχύουν τα προαναφερθέντα για τη θλιπτική αντοχή, με εξαίρεση τα περι οικογένειας σκυροδεμάτων, τα οποία δεν έχουν εφαρμογή στην περίπτωση ελέγχου συμμόρφωσης της αντοχής σε εφελκυσμό από διάρρηξη. Τα κριτήρια συμμόρφωσης δίνονται στον Πίνακα 29.

Παραγωγή	Αριθμός “n” αποτελεσμάτων	Κριτήριο 1	Κριτήριο 2
		Μέση τιμή “n” αποτελεσμάτων $f_{ctm}$ (MPa)	Αντοχή κάθε δείγματος $f_{cti}$ (MPa)
Αρχική	3	$\geq f_{ctk} + 0.5$	$\geq f_{ctk} - 0.5$
Συνεχής	15	$\geq f_{ctk} + 1.48s$	$\geq f_{ctk} - 0.5$

**Πίνακας 29.** Κριτήρια συμμόρφωσης για την αντοχή σε εφελκυσμό από διάρρηξη

#### **Γ.4.1.3. Έλεγχος συμμόρφωσης άλλων ιδιοτήτων.**

Ο έλεγχος συμμόρφωσης άλλων ιδιοτήτων πλην των αντοχών (π.χ. πυκνότητα, λόγος N/T, περιεκτικότητα τσιμέντου, αέρα και χλωρίων, κάθιση, χρόνος Vebe, βαθμός συμπίκνωσης, μέτρο ρευστότητας) για σκυρόδεμα συγκεκριμένης περιόδου παραγωγής (που δεν ξεπερνά το ένα έτος) ικανοποιείται όταν:

- α) ο αριθμός αποτελεσμάτων (εντός της συγκεκριμένης περιόδου) τα οποία βρίσκονται εκτός των προδιαγραφόμενων οριακών τιμών, ορίων κατηγορίας κ.λπ.. είναι μικρότερος από έναν μέγιστο επιτρεπόμενο και
- β) όλα τα επιμέρους αποτελέσματα είναι εντός των ορίων μίας μέγιστης επιτρεπόμενης απόκλισης.

Τα παραπάνω μέγιστα καθορίζονται σε πίνακες του EN 206-1.

#### **Γ.4.2. Έλεγχος Συμμόρφωσης για Προδιαγραφόμενο Σκυρόδεμα**

Ο έλεγχος συμμόρφωσης για το προδιαγραφόμενο σκυρόδεμα συνίσταται στη σύγκριση της ποσότητας τσιμέντου, του μέγιστου κόκκου και των αναλογιών (αν καθορίζονται) των αδρανών, του λόγου N/T και της ποσότητας τυχόν πρόσμικτων ή πρόσθετων, όπως αυτά προδιαγράφονται, με τις πραγματικές τιμές, όπως αυτές

δίνονται στο εκτυπωμένο δελτίο υλικών ανάμιξης της μονάδας παραγωγής (ή μετρώνται μέσω ανάλυσης του νωπού σκυροδέματος). Αν οι διαφορές που προκύπτουν βρίσκονται εντός συγκεκριμένων ανοχών ο έλεγχος ικανοποιείται. Οι ανοχές αυτές είναι:  $\pm 3\%$  για το τσιμέντο, το νερό, τα αδρανή και τυχόν πρόσθετα σε ποσότητα  $> 5\%$  κ.β. τσιμέντου,  $\pm 5\%$  για τυχόν πρόσμικτα και πρόσθετα σε ποσοστό  $< 5\%$  κ.β. τσιμέντου και  $\pm 4\%$  για το N/T.

## Γ.5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΚΑΘΙΣΗΣ

Η συνοχή ενός μίγματος περιγράφει την ομοιογένεια της σύστασης του νωπού μίγματος σκυροδέματος κατά την τοποθέτησή του. Απουσία συνοχής οδηγεί σε απόμιξη, διαχωρισμό και προβλήματα στην τοποθέτηση.

Η κατηγορία κάθισης προδιαγράφεται από τον μηχανικό. Αν η κάθιση που μετράται βρίσκεται έξω από τα όρια αυτά, τότε γίνονται άλλες δύο δοκιμές σε νέο δείγμα και υπολογίζεται ο μέσος όρος των τεσσάρων μετρήσεων (που πρέπει να γίνουν σε διάστημα 15 λεπτών).

Αν ο τελικός μέσος όρος ξεπερνά την επιθυμητή κάθιση περισσότερο από τις παραπάνω ανοχές, τότε ο επιβλέπων του έργου δικαιούται να θεωρήσει τη διαφορά ως περίσσεια νερού στο ανάμιγμα και να επιστρέψει το φορτίο του σκυροδέματος, ενώ αν ο μέσος όρος είναι μικρότερος από τις ανοχές, ο επιβλέπων μπορεί να παραλάβει το φορτίο αφού αποκατασταθεί η κάθιση επί τόπου, με την προσθήκη υπερρευστοποιητικού.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος οι κατηγορίες κάθισης δίνονται στον Πίνακα 30.

Κατηγορία	Κάθιση σε mm
S1	10 μέχρι 40
S2	50 μέχρι 90
S3	100 μέχρι 150
S4	160 μέχρι 210

**Πίνακας 30.** Κατηγορίες κάθισης σύμφωνα με τον ΚΤΣ 97

Με τον EN 206 -1 προστέθηκαν νέες κατηγορίες στην συνοχή του σκυροδέματος, οι οποίες φαίνονται στον Πίνακα 31.

Κατηγορία	Κάθιση σε mm
S1	10 μέχρι 40
S2	50 μέχρι 90
S3	100 μέχρι 150
S4	160 μέχρι 210
S5	≥220

**Πίνακας 31.** Κατηγορίες κάθισης σύμφωνα με τον EN 206 - 1



## **Γ.6. ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΚΤΣ-97 ΚΑΙ ΕΛΟΤ EN 206-1**

Το νέο Ευρωπαϊκό Πρότυπο Σκυροδέματος εισάγει μια σειρά από αλλαγές που ήδη συζητούνται στον τεχνικό κόσμο της χώρας μας. Οι κυριότερες από αυτές τις αλλαγές είναι:

- Νέες απαιτήσεις (όπως οι κατηγορίες έκθεσης στις δράσεις του περιβάλλοντος),
- Νέα πρότυπα υλικών (όπως τα EN 197 για το τσιμέντο και EN 12620 για τα αδρανή) αλλά και
- Νέα αντίληψη για τον έλεγχο παραγωγής του σκυροδέματος. Η νέα αυτή αντίληψη βασίζεται στην Ευρωπαϊκή οδηγία 89/106 που ισχύει για όλα τα δομικά προϊόντα και φυσικά και για το σκυρόδεμα.

Το πρότυπο EN 206-1 προδιαγράφει απαιτήσεις για: τα υλικά παρασκευής σκυροδέματος, τις ιδιότητες του σκυροδέματος (νωπού και σκληρυμένου), τους ελέγχους που αφορούν αυτές τις ιδιότητες, τους περιορισμούς που αφορούν στη μελέτη συνθέσεως του σκυροδέματος. Επίσης προδιαγράφει την παραγγελία (προδιαγραφή) του σκυροδέματος, τις διαδικασίες του ελέγχου παραγωγής, την παράδοση του νωπού σκυροδέματος, καθώς και τα κριτήρια και τους ελέγχους συμμόρφωσης.

Το πρότυπο αυτό δεν καλύπτει ειδικές περιπτώσεις όπως: σκυρόδεμα για οδοστρώματα, σκυρόδεμα με ίνες, εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, σκυρόδεμα για ογκώδεις κατασκευές (π.χ. φράγματα), αφροσκυρόδεμα, πορώδες σκυρόδεμα (χωρίς λεπτόκοκκα μέχρι 4 mm).

Το πρότυπο αυτό δεν προδιαγράφει θέματα που σχετίζονται με την εκτέλεση εργασιών στην κατασκευή (EN 13670-1), ούτε με τους ελέγχους του σκυροδέματος στην κατασκευή (EN 12504). Το Πρότυπο EN 206-1 είναι λειτουργικό μόνο όταν συνδυάζεται με τα πρότυπα υλικών δηλαδή για το τσιμέντο (EN 197), για τα αδρανή (EN 12620), για το Νερό (EN 1008), για τα πρόσθετα (EN 934-2) κλπ.

Το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 206-1 έφερε μια σειρά από αλλαγές και νέες έννοιες, οι κυριότερες από τις οποίες είναι οι εξής:

- Νέα πρότυπα Υλικών (τσιμέντο, αδρανή, πρόσθετα)
- Προσμίξεις στο σκυρόδεμα (φίλλερ, χρωστικές, πυριτική παιπάλη, I.T.)

- Κατηγορίες έκθεσης σκυροδέματος (ενανθράκωση, C1-, παγοπληξία)
- Ελαφροσκυροδέματα (πυκνότητα < 2000kg/m<sup>3</sup>)
- Σκυροδέματα υψηλής αντοχής (C55/67, C60/75, C70/85, C80/95, C90/105, C100/115) και σκυροδέματα συνήθους αντοχής (C8/10, C12/15, C16/20, C20/25, C25/30, C30/37, C35/45, C40/50, C45/55, C50/60).
- Οικογένειες σκυροδεμάτων (σκυροδέματα με συγγενικές ιδιότητες)
- Σκυροδέματα γνωστής σύνθεσης (προδιαγραφόμενα και τυποποιημένα)
- Έλεγχος παραγωγής σκυροδέματος βάσει των αρχών EN ISO 9001 (Εγκαθίδρυση συστήματος ποιότητας, έλεγχοι στο προσωπικό, στον εξοπλισμό, στα υλικά, στις διαδικασίες παραγωγής, τήρηση στοιχείων και εγγράφων).
- Έλεγχος συμμόρφωσης αντοχών (Νέα κριτήρια συμμόρφωσης)
- Έλεγχος συμμόρφωσης άλλων ιδιοτήτων πλην αντοχών (περιορισμός πλήθους μη αποδεκτών αποτελεσμάτων).
- Αξιολόγηση της συμμόρφωσης από αναγνωρισμένο φορέα ελέγχου.
- Παροχή Πιστοποιητικού του ελέγχου παραγωγής από φορέα Πιστοποίησης.
- Έλεγχος ταυτότητας θλιπτικής αντοχής οιοδήποτε φορτίου σκυροδέματος.

Η πρώτη μεγάλη καινοτομία του προτύπου EN 206-1 είναι η υιοθέτηση κατηγοριών έκθεσης στο εξωτερικό περιβάλλον. Η προσβολή του σκυροδέματος από δράσεις του περιβάλλοντος είναι ταξινομημένη σε κατηγορίες έκθεσης. Οι κατηγορίες έκθεσης περιληπτικά είναι οι ακόλουθες:

- Κίνδυνος διάβρωσης οπλισμού λόγω ενανθράκωσης (XCi)
- Κίνδυνος διάβρωσης οπλισμού λόγω χλωριόντων εκτός θαλασσινού νερού (XD<sub>i</sub>)
- Κίνδυνος διάβρωσης οπλισμού λόγω χλωριόντων που προέρχονται από θαλασσινό νερό (XS<sub>i</sub>)
- Προσβολή από ψύξη-απόψυξη με ή χωρίς αντιπαγοτικά άλατα (XF<sub>i</sub>)
- Χημική προσβολή (XA<sub>i</sub>).

Για να ανταπεξέλθει το σκυροδέμα στις δράσεις αυτές του περιβάλλοντος πρέπει να συνταχθούν και να υιοθετηθούν ειδικές μέθοδοι σχεδιασμού ανθεκτικότητας για κάθε διαφορετική δράση που βασίζονται στις διαφορετικές κατά τόπους μακροχρόνιες εμπειρίες.

Καθώς όμως επί του παρόντος δεν υπάρχουν ούτε Ευρωπαϊκά αλλά ούτε και Εθνικά πρότυπα για τέτοιες μεθόδους σχεδιασμού της ανθεκτικότητας, το EN 206-1 ζητεί την ικανοποίηση απαιτήσεων με τη μορφή περιοριστικών τιμών που αφορούν

στη σύνθεση του σκυροδέματος. Απαιτήσεις που θα λαμβάνουν υπόψη τον επιθυμητό χρόνο ζωής της κατασκευής.

Οι απαιτήσεις αυτές για κάθε κατηγορία έκθεσης αναφέρονται κυρίως:

- α) στο μέγιστο λόγο N/T,
- β) στην ελάχιστη περιεκτικότητα σε τσιμέντο,
- γ) στην ελάχιστη κατηγορία αντοχής και
- δ) όπου χρειάζεται στην ελάχιστη περιεκτικότητα σε εγκλωβισμένο αέρα.

Οι απαιτήσεις για τα διάφορα συστατικά του σκυροδέματος συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Τσιμέντο: Η καταλληλότητά του προσδιορίζεται σύμφωνα με το EN 197-1.
- Αδρανή: Η καταλληλότητά τους προσδιορίζεται με το EN 12620.
- Νερό: Η καταλληλότητά του προσδιορίζεται σύμφωνα με το EN 1008.
- Πρόσθετα: Η καταλληλότητά τους προσδιορίζεται με το EN 934-2.
- Προσμίξεις: Αδρανείς προσμίξεις (τύπου I): φίλλερ (EN 12620) και χρωστικές (EN 12878). Προσμίξεις με λανθάνουσες υδραυλικές ιδιότητες (τύπου II): πυριτική παιπάλη (EN 13263) και I.T. (EN 450-1).
- Αν για κάποιο υλικό δεν υπάρχει Ευρωπαϊκό πρότυπο τότε η πιστοποίηση της καταλληλότητας του μπορεί να προκύψει από σχετικό κανονισμό της χώρας που παρασκευάζεται το σκυρόδεμα σύμφωνα με EN 206-1.

Η δεύτερη μεγάλη καινοτομία που εισάγει το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 206-1 για το σκυρόδεμα είναι ο έλεγχος παραγωγής, συμμόρφωσης και η αξιολόγηση της συμμόρφωσης με τελικό στόχο την έκδοση πιστοποιητικού συμμόρφωσης από αναγνωρισμένο φορέα ώστε το δομικό προϊόν να καλύπτει τις απαιτήσεις σήμανσης CE σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 89/106/CE όσον αφορά τα προϊόντα των δομικών κατασκευών.

Όπως έχει προαναφερθεί τα κύρια σημεία που συντελούν στην διασφάλιση της ποιότητας και της συμπεριφοράς του σκυροδέματος είναι τα παρακάτω:

- Η σωστή συντήρηση του σκυροδέματος
- Η συμπίκνωσή του, κατά την διάστρωσή του
- Ο χαμηλός λόγος Νερού/Τσιμέντο και

- Η τήρηση της ελάχιστης περιεκτικότητας σε τσιμέντο καθώς και του κατάλληλου τύπου

Συνήθως οι δοσολογίες τσιμέντου κυμαίνονται από 270 kg/m<sup>3</sup> έως 350 kg/m<sup>3</sup>. Ειδικά στο “παραθαλάσσιο σκυρόδεμα”, που είναι σε απόσταση 1 km από την παραλία, η ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου είναι 330 kg/m<sup>3</sup>. Αλλά και η ελάχιστη επικάλυψη αλλάζει από τα 2,5 cm σε 3,5 cm όπως και ο λόγος N/T 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. 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

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

- Αλλαγές στους χρόνους αφαίρεσης ξυλοτύπων 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 Mpa.
- 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).

Το πρότυπο **ΕΛΟΤ EN 206-1** είναι πολύ πιο προχωρημένο από τον **ΚΤΣ ’97**, στο θέμα της ανθεκτικότητας. Η ανθεκτικότητα της κατασκευής αποκτά συγκεκριμένη απαίτηση διάρκειας ζωής, που είναι 50 χρόνια για τα συνηθισμένα έργα, ενώ αναγνωρίζεται ως κυρίαρχων κίνδυνος η διάβρωση του χάλυβα.

Προσδιορίζονται σαφέστερα, πληρέστερα και αναλυτικότερα οι παράγοντες που προκαλούν την διάβρωση του χάλυβα και αυτοί που δημιουργούν την εξασθένηση του σκυροδέματος και τη μείωση της ικανότητας του να προστατεύει τον χάλυβα.

### **Γ.6.1. Απαιτήσεις για τις κατηγορίες έκθεσης περιβάλλοντος**

Η πρώτη μεγάλη καινοτομία του προτύπου EN 206-1 είναι η υιοθέτηση κατηγοριών έκθεσης στο εξωτερικό περιβάλλον. Η προσβολή του σκυροδέματος από δράσεις του περιβάλλοντος είναι ταξινομημένη σε κατηγορίες έκθεσης. Οι κατηγορίες έκθεσης περιληπτικά είναι οι ακόλουθες:

- Κίνδυνος διάβρωσης οπλισμού λόγω ενανθράκωσης (XCi)
- Κίνδυνος διάβρωσης οπλισμού λόγω χλωριόντων εκτός θαλασσινού νερού (XDi)
- Κίνδυνος διάβρωσης οπλισμού λόγω χλωριόντων που προέρχονται από θαλασσινό νερό (XSi)
- Προσβολή από ψύξη-απόψυξη με ή χωρίς αντιπαγωτικά άλατα (XF<sub>i</sub>)
- Χημική προσβολή (XA<sub>i</sub>).

Απαιτήσεις Σκυροδέματος	Κατηγορίες έκθεσης				
	Χωρίς κίνδυνο διάβρωσης ή προσβολής	Διάβρωση λόγω ενανθράκωσης			
		X0	XC 1	XC 2	XC 3
Μέγιστος λόγος N/T	---	0,65	0,60	0,55	0,50
Ελάχιστη κατηγορία αντοχής	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37
Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου (kg/m <sup>3</sup> )	---	260	280	280	300
Ελάχιστη περιεκτικότητα σε αέρα (%)	---	---	---	---	---

**Πίνακας 32.** Περίπτωση διάβρωσης οπλισμού λόγω ενανθράκωσης

Απαιτήσεις Σκυροδέματος	Κατηγορία έκθεσης					
	Διάβρωση λόγω χλωριόντων			Χλωριόντα που δεν προέρχονται από θαλασσινό νερό		
	Από θαλασσινό νερό					
	XS 1	XS 2	XS 3	XD 1	XD 2	XD 3
Μέγιστος λόγος N/T	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45
Ελάχιστη κατηγορία αντοχής	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45
Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου (kg/m <sup>3</sup> )	300	320	340	300	300	320
Ελάχιστη περιεκτικότητα σε αέρα (%)	---	---	---	---	---	---

**Πίνακας 33.** Περίπτωση διάβρωσης οπλισμού λόγω χλωριόντων

Απαιτήσεις Σκυροδέματος	Κατηγορία έκθεσης			
	Προσβολή από ψύξη/απόψυξη			
	XF 1	XF 2	XF 3	XF 4
Μέγιστος λόγος N/T	0,55	0,55	0,50	0,45
Ελάχιστη κατηγορία αντοχής	C30/37	C20/25	C30/37	C30/37
Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου (kg/m <sup>3</sup> )	300	300	320	340
Ελάχιστη περιεκτικότητα σε αέρα (%)	---	4,0	4,0	4,0
Άλλες απαιτήσεις	Αδρανή σύμφωνα με prEN12620:2000 με ικανοποιητική αντοχή σε παγετό			

**Πίνακας 34.** Περίπτωση προσβολής του σκυροδέματος από ψύξη – αποψύξη

### **Γ.6.2. Διαφορές νωπού σκυροδέματος μεταξύ ΚΤΣ – 97 και EN 206-1**

Σύμφωνα με τον EN 206-1 η περιεκτικότητα χλωριόντων στο σκυρόδεμα, που εκφράζεται σαν ποσοστό ιόντων χλωριδίου σε μάζα τσιμέντου, δεν θα πρέπει να ξεπερνά την τιμή για την επιλεγμένη κατηγορία που δίνεται στον πίνακα 35.

Τα χλωριόντα ασβεστίου και τα πρόσμικτα που βασίζονται στα χλωριόντα δεν θα πρέπει να προστίθενται στο σκυρόδεμα που περιέχει χαλύβδινο οπλισμό, προσυμπιεσμένο χαλύβδινο οπλισμό ή άλλο ενσωματωμένο μέταλλο.

Για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας χλωριόντων στο σκυρόδεμα, το ποσό των συνεισφορών από τα συστατικά υλικά θα πρέπει να καθορίζεται χρησιμοποιώντας μία, ή συνδυασμό, από τις παρακάτω μεθόδους:

- Ο υπολογισμός που βασίζεται στην μέγιστη περιεκτικότητα χλωριόντων των συστατικών είτε είναι επιτρεπόμενος στα πρότυπα για τα συστατικά είτε δηλώνεται από τον παραγωγό του κάθε συστατικού υλικού.
- Ο υπολογισμός που βασίζεται στην περιεκτικότητα χλωριόντων των συστατικών υλικών υπολογίζεται μηνιαία από το άθροισμα των τελευταίων 25 προσδιορισμένων περιεκτικότητων χλωριόντων προσθέτοντας την τιμή 1,64 και πολλαπλασιάζοντας το αποτέλεσμα αυτό με την υπολογισμένη σταθερή απόκλιση για κάθε συστατικό υλικό.

Χρήση σκυροδέματος	Κατηγορία <sup>1</sup> περιεκτικότητας χλωριόντων	Μέγιστη περιεκτικότητα χλωριόντων σε μάζα τσιμέντου <sup>2</sup>
Δεν περιέχεται χαλύβδινος οπλισμός ή άλλο ενσωματωμένο μέταλλο με εξαίρεση τη διάβρωση – που αντιστέκεται στις ανυψωτικές συσκευές	CI 1,0	1,0 %
Περιέχεται χαλύβδινος οπλισμός ή άλλο ενσωματωμένο μέταλλο	CI 0,20	0,20 %
	CI 0,40	0,40 %
Περιέχεται προσυμπιεσμένος χαλύβδινος οπλισμός	CI 0,10	0,10 %
	CI 0,20	0,20 %

1. Για χρήση συγκεκριμένου σκυροδέματος, η κατηγορία που εφαρμόζεται εξαρτάται από τις διατάξεις που ισχύουν στην περιοχή χρησιμοποίησης του σκυροδέματος  
2. Όπου χρησιμοποιούνται τα πρόσθετα τύπου II και λαμβάνονται υπ' όψιν στην περιεκτικότητα τσιμέντου, η περιεκτικότητα σε χλωριόντα εκφράζεται σαν ποσοστό ιόντων χλωριδίου στη μάζα τσιμέντου και στην συνολική μάζα των πρόσθετων που λαμβάνονται υπ' όψιν.

**Πίνακας 35.** Μέγιστη περιεκτικότητα χλωριόντων στο σκυρόδεμα

Σύμφωνα με τον **Κ.Τ.Σ. '97** τα φυσικά αδρανή από θάλασσα που δεν έχουν πλυθεί, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παρασκευή οπλισμένου σκυροδέματος, αν η περιεκτικότητά τους σε χλωριούχα άλατα, εκφρασμένη σε ισοδύναμο ποσοστό άνυδρου χλωριούχου ασβεστίου ( $\text{CaCl}_2$ ), δεν υπερβαίνει το 1% του βάρους του τσιμέντου. Σε προεντεταμένο σκυρόδεμα απαγορεύεται η χρησιμοποίηση φυσικών αδρανών από θάλασσα που δεν έχουν πλυθεί.

Θαλασσινό νερό δεν θα χρησιμοποιείται για παρασκευή οπλισμένου σκυροδέματος, εκτός αν αυτό καθίσταται αναπόφευκτο από την έλλειψη κατάλληλου νερού και επιτρέπεται από τη φύση του έργου.

### **Γ.6.3. Προφυλάξεις για αλκαλοπυριτική αντίδραση**

Με τον EN 206-1 έχουμε πλέον προφυλάξεις για αλκαλοπυριτική αντίδραση:

- Αντίσταση στην αλκαλοπυριτική αντίδραση: Όπου τα αδρανή περιέχουν ποικιλία πυριτίας ευαίσθητη στην προσβολή αλκαλίων ( $\text{Na}_2\text{O}$  και  $\text{K}_2\text{O}$  προερχόμενα από τσιμέντο ή άλλες πηγές) και το σκυρόδεμα εκτίθεται σε υγρές συνθήκες, θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα έτσι ώστε να αποτρέπεται η επιβλαβή αλκαλοπυριτική αντίδραση χρησιμοποιώντας διαδικασίες με καθιερωμένη καταλληλότητα.

Η αντίδραση αλκαλίων-αδρανών (AAR) σχετίζεται με τις αντιδράσεις του διαλύματος των πόρων του σκυροδέματος με τα αδρανή. Αυτές παράγουν ένα πυριτικό gel το οποίο διαστέλλεται λόγω απορρόφησης του νερού και προκαλεί ρωγμές ή αποφλοίωση του σκυροδέματος.

Η μορφή και ο ρυθμός της αντίδρασης ποικίλει σύμφωνα με τον τύπο των αδρανών.

- Αντίδραση αλκαλίων-πυριτίου (ASR) σε ηφαιστειακά αδρανή
  - Αντίδραση αλκαλίων-αλάτων ανθρακικού οξέος (ACR) σε ασβεστολιθικά αδρανή
  - Αντίδραση αλκαλίων-πυριτικών αλάτων σε κρυσταλλικά αδρανή
- Αντίδραση Αλκαλίων-Αδρανών: Υπάρχει κίνδυνος για την αντίδραση αυτή όταν γίνεται χρήση αδρανών ευαίσθητων σε αλκάλια. Το πρόβλημα μπορεί προφανώς να ξεπεραστεί εάν δε γίνει χρήση τους – αλλά αυτό δεν είναι συχνά πρακτικό για



οικονομικούς και οικολογικούς λόγους. Χρησιμοποιώντας κατάλληλα τσιμέντα και τεχνολογία παραγωγής σκυροδέματος υψηλής ποιότητας, η αντίδραση αυτή μπορεί να αποφευχθεί ή τουλάχιστον να μειωθεί.

Ο ακριβής μηχανισμός της αντίδρασης εξακολουθεί να ερευνάται εντατικώς. Σε γενικές γραμμές, τα ιόντα αλκαλίων διεισδύουν στα αδρανή μέσω της απορρόφησης του νερού και προκαλούν εσωτερική πίεση, η οποία προκαλεί ρωγμές και θραύση των αδρανών και ακολούθως στην τσιμεντοδομή, καταστρέφοντας έτσι το σκυρόδεμα. Η διάρκεια και η έντασή του εξαρτάται από την αντιδραστικότητα του τσιμέντου, τον τύπο και το πορώδες των αδρανών, το πορώδες του σκυροδέματος και τα προστατευτικά μέτρα που θα ληφθούν.

Τα **προστατευτικά μέτρα** είναι:

- Μερική αντικατάσταση του τσιμέντου Portland από σκωρίες ή άλλες προσθήκες (πυριτική παιπάλη/ ιπτάμενη τέφρα) με χαμηλό ισοδύναμο σε  $\text{Na}_2\text{O}$
- Ανάλυση της πιθανότητας αντιδράσεων των αδρανών και κατηγοριοποίησή τους (πετρογραφική ανάλυση/ δοκιμές μικροπίεσης/ έλεγχος απόδοσης κτλ.)
- Αντικατάσταση ή μερική αντικατάσταση των αδρανών (ανάμιξη με άλλα διαθέσιμα αδρανή)
- Μείωση ή αποφυγή ολοκληρωτικά της εισχώρησης υγρασίας στο σκυρόδεμα (στεγάνωση ή αποστράγγιση της κατασκευής)
- Σχεδιασμός οπλισμού για καλή κατανομή των ρωγμών στο σκυρόδεμα (δηλαδή δημιουργία μόνο πολύ λεπτών ρωγμών)
- Σχεδιασμός στεγανού σκυροδέματος για ελαχιστοποίηση της διείσδυσης της υγρασίας

#### **Γ.6.4. Εισέρχεται η έννοια της τιμής K.**

Με τον EN 206-1 εισάγετε η τιμή K. Η έννοια της τιμής K επιτρέπει να ληφθούν υπ' όψιν τα πρόσθετα τύπου II στα παρακάτω:

- στην αντικατάσταση του όρου αναλογίας νερό / τσιμέντο
- στην ελάχιστη απαίτηση περιεκτικότητας σε τσιμέντο

Η πραγματική τιμή του K εξαρτάται από τα συγκεκριμένα πρόσθετα.



μικροπυριτική σκόνη / τσιμέντο  $\leq 0.11$

Αν χρησιμοποιείται μία μεγαλύτερη ποσότητα μικροπυριτικής σκόνης, η περίσσεια δεν θα ληφθεί υπ' όψιν για την έννοια της τιμής K.

Οι παρακάτω τιμές K επιτρέπονται να εφαρμόζονται για σκυρόδεμα που περιέχει τσιμέντο τύπου CEM I σύμφωνα με τον EN 197-1:

Για συγκεκριμένη αναλογία N/T  $\leq 0.45$  K = 2.0

Για συγκεκριμένη αναλογία N/T  $> 0.45$  K = 2.0 εκτός

από τις κατηγορίες έκθεσης XC και XF όπου K=1

Το ποσό του (τσιμέντο + K\*μικροπυριτική σκόνη) δεν θα πρέπει να είναι λιγότερο από την ελάχιστη περιεκτικότητα σε τσιμέντο που απαιτείται για τις σχετικές κατηγορίες έκθεσης. Η ελάχιστη περιεκτικότητα σε τσιμέντο δεν πρέπει να μειωθεί περισσότερο από 30 kg/m<sup>3</sup> σε σκυρόδεμα για χρήση στην κατηγορία έκθεσης για την οποία η ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου είναι  $\leq 300$  kg/m<sup>3</sup>.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Γενικά το Ευρωπαϊκό πρότυπο Σκυροδέματος EN 206-1 εισάγει μια νέα αντίληψη για την παραγωγή σκυροδέματος, ενιαία σε όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης επομένως και στη χώρα μας. Η αντίληψη αυτή βασίζεται στην ανάγκη εναρμόνισης του σκυροδέματος με την Οδηγία του Συμβουλίου της Ευρώπης 89/106/CE που αφορά τα προϊόντα του τομέα δομικών κατασκευών. Το πρότυπο EN 206-1 αποτελεί κατά την φιλοσοφία της οδηγίας, την απαραίτητη τεχνική προδιαγραφή με την οποία οφείλει να συμμορφώνεται κάθε παρτίδα παραγόμενου σκυροδέματος. Υπεύθυνος για τη βεβαίωση ότι το σκυρόδεμα συμφωνεί με τις απαιτήσεις του προτύπου είναι ο παραγωγός (βεβαίωση πιστότητας, κεφάλαιο V της οδηγίας).

Η νέα αυτή αντίληψη για το σκυρόδεμα διαπερνά όλο το πρότυπο, τις απαιτήσεις για τα συστατικά του σκυροδέματος, τις απαιτήσεις για τις ιδιότητες τόσο του νωπού όσο και του σκληρυμένου προϊόντος, τον τρόπο παραγωγής του (με υιοθέτηση συστημάτων ποιότητας) καθώς και τους ελέγχους συμμόρφωσης (τόσο με αυτοέλεγχο του παραγωγού όσο και με ελέγχους από αναγνωρισμένους φορείς ελέγχου).

Η εμπέδωση λοιπόν όλων αυτών των νέων εννοιών απαιτεί συνεχείς και έντονες προσπάθειες από πολλούς φορείς που εμπλέκονται στον τομέα των δομικών κατασκευών.

Αναμένεται να εκδοθεί το Εθνικό Προσάρτημα ώστε η EN 206, να γίνει νομός του κράτους και να ακολουθηθεί. Πιστεύουμε ότι η ενασχόληση μας με την μελέτη και την σύγκριση των δυο κανονισμών (ΚΤΣ-97 κ' EN 206) θα μας βοηθήσει στην χρήση της ως αυριανούς μηχανικούς.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον καθηγητή μας Δημήτριο Παγανό και τον εργαστηριακό συνεργάτη Ζαχαρία Χρήστου για την συνεργασία και την πολύτιμη βοήθεια τους τόσο κατά την διάρκεια της φοίτησης μας όσο και κατά την διάρκεια της πτυχιακής μας εργασίας.

## ΟΡΙΣΜΟΙ

### **Σκυρόδεμα**

Υλικό που διαμορφώνεται με την ανάμιξη τσιμέντου, χονδρόκοκκων και λεπτόκοκκων αδρανών και νερό, με ή χωρίς την ενσωμάτωση των προσμίξεων και πρόσθετων, το οποίο αναπτύσσει τις ιδιότητες με την ενυδάτωση του τσιμέντου.

### **Νωπό σκυρόδεμα**

Σκυρόδεμα που αναμιγνύεται πλήρως και είναι ακόμα στην κατάσταση που είναι ικανό να γίνει συμπαγές με την επιλεγμένη μέθοδο.

### **Σκληρυμένο σκυρόδεμα**

Σκυρόδεμα το οποίο είναι σε στερεά κατάσταση και έχει αναπτύξει μια συγκεκριμένη αντοχή

### **Εργοταξιακό σκυρόδεμα**

Σκυρόδεμα που παράγεται στο μέρος της κατασκευής από τον χρήστη του σκυροδέματος για δική του χρήση.

### **Έτοιμο σκυρόδεμα (ή εργοστασιακό)**

Σκυρόδεμα που παραδίδεται σε νωπή κατάσταση από ένα άτομο που δεν είναι ο χρήστης. Το έτοιμο σκυρόδεμα είναι επίσης

-σκυρόδεμα που παράγεται εκτός τοποθεσίας από τον χρήστη

-σκυρόδεμα που παράγεται στην τοποθεσία αλλά όχι από τον χρήστη

### **Προϊόντα προκατασκευασμένου σκυροδέματος**

Προϊόντα σκυροδέματος που κατασκευάζονται και συντηρούνται σε άλλο μέρος από την τελική τοποθεσία που θα χρησιμοποιηθούν

### **Κανονικού (ειδικού) βάρους σκυρόδεμα**

Σκυρόδεμα που έχει ξηραθεί σε κλίβανο με πυκνότητα μεγαλύτερη από  $2000\text{kg/m}^3$  αλλά όχι πάνω από  $2600\text{ kg/m}^3$

### **Ελαφροβαρύ σκυρόδεμα**

Σκυρόδεμα που έχει ξηραθεί σε κλίβανο με πυκνότητα όχι λιγότερη από  $800\text{kg/m}^3$  αλλά και όχι μεγαλύτερη από  $2000\text{ kg/m}^3$ . Παράγεται χρησιμοποιώντας ελαφροβαρύ αδρανή για όλο ή για ένα μέρος του συνολικού μεγέθους των αδρανών.

### **Βαρύ σκυρόδεμα**

Σκυρόδεμα που έχει ξηραθεί σε κλίβανο με πυκνότητα μεγαλύτερη από  $2600\text{kg/m}^3$

### **Υψηλής αντοχής σκυρόδεμα**

Σκυρόδεμα με κατηγορία θλιπτικής αντοχής μεγαλύτερη

- από C50/60 στην περίπτωση του κανονικού ή βαρύ σκυροδέματος
- και LC50/55 στην περίπτωση του ελαφροβαρύ σκυροδέματος.

### **Σχεδιασμένο σκυρόδεμα**

Σκυρόδεμα του οποίου οι απαιτούμενες ιδιότητες και τα πρόσθετα χαρακτηριστικά καθορίζονται στον παραγωγό που είναι υπεύθυνος να παρέχει σκυρόδεμα που να συμμορφώνεται με τις απαιτούμενες ιδιότητες και τα πρόσθετα χαρακτηριστικά

### **Προδιαγραμμένο σκυρόδεμα**

Σκυρόδεμα του οποίου η σύνθεση και τα συστατικά υλικά που χρησιμοποιούνται καθορίζονται στον παραγωγό που είναι υπεύθυνος να παρέχει σκυρόδεμα με την καθορισμένη σύνθεση

### **Τυποποιημένο προδιαγραμμένο σκυρόδεμα**

Προδιαγραμμένο σκυρόδεμα του οποίου η σύνθεση δίνεται από τα ισχύον πρότυπα στην περιοχή της χρησιμοποίησης του σκυροδέματος

### **Οικογένειες (κατηγορίες) σκυροδέματος**

Μία ομάδα από συνθέσεις σκυροδέματος όπου προσδιορίζεται και καταγράφεται η σχέση μεταξύ των σχετικών ιδιοτήτων τους

### **Κυβικό μέτρο σκυροδέματος**

Η ποσότητα νωπού σκυροδέματος η οποία καταλαμβάνει όγκο ενός κυβικού μέτρου, όταν συμπακνώνεται σύμφωνα με την διαδικασία που δίνεται στο EN 12350-6

### **Φορτηγό αναμκτήρας**

Αναμκτήρας σκυροδέματος με αυτοπροωθούμενο σασσί που είναι ικανό να αναμίξει και να παραδώσει ένα ομογενές σκυρόδεμα

### **Εξοπλισμός ανάδευσης / ανάμιξης**

Εξοπλισμός που βασίζεται γενικά σε ένα αυτοπροωθούμενο σασσί και είναι ικανός να διατηρεί το νωπό σκυρόδεμα σε ομογενή κατάσταση κατά τη διάρκεια της μεταφοράς.

### **Εξοπλισμός μη ανάμιξης**

Εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για την μεταφορά του σκυροδέματος χωρίς ανάδευση όπως στον όρο 3.1.17. π.χ αναστρεφόμενο φορτηγό ή μεταφορικό χωνί.

### **Παρτίδα**

Ποσότητα νωπού σκυροδέματος που παράγεται σ' ένα κύκλο λειτουργίας του αναμκτήρα ή η ποσότητα που παρέχεται κατά τη διάρκεια ενός λεπτού συνεχούς ανάμιξης.

### **Φορτίο**

Ποσότητα σκυροδέματος που μεταφέρεται σε όχημα που περιλαμβάνει μία ή περισσότερες παρτίδες

### **Μεταφορά**

Η διαδικασία της μεταφοράς του νωπού σκυροδέματος από τον παραγωγό

### **Πρόσμικτα**

Υλικά που προστίθενται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της ανάμιξης σκυροδέματος σε μικρές ποσότητες σχετικά με την μάζα του τσιμέντου για να τροποποιήσουν τις ιδιότητες του νωπού και του σκληρυμένου σκυροδέματος

## **Πρόσθετα**

Λεπτά διαχωρισμένα υλικά που χρησιμοποιούνται στο σκυρόδεμα με σκοπό να βελτιώσουν ορισμένες ιδιότητες ή να επιτύχουν ειδικές ιδιότητες. Αυτά τα πρότυπα αναφέρονται σε δύο τύπους ανόργανων πρόσθετων

- σχεδόν αδρανή πρόσθετα (τύπος I )
- ποζολανικά ή λανθάνων υδραυλικά πρόσθετα ( τύπος II )

## **Αδρανή**

Είναι κοκκώδες ορυκτό υλικό κατάλληλο για χρήση στο σκυρόδεμα. Τα αδρανή μπορούν να είναι φυσικά, τεχνητά ή ανακυκλωμένα από υλικά που είχαν χρησιμοποιηθεί παλιότερα σε άλλη κατασκευή.

### **Κανονικο-βαρύ (συνήθη) αδρανή**

Αδρανή που έχουν ξηραθεί σε κλίβανο με πυκνότητα στοιχειωδών σωματιδίων μεγαλύτερη από  $2000\text{kg/m}^3$  και μικρότερη από  $3000\text{ kg/m}^3$  όταν καθορίζονται σύμφωνα με το EN 1097-6.

### **Ελαφροβαρύ αδρανή**

Αδρανή ορυκτής προέλευσης που έχουν ξηραθεί σε κλίβανο με πυκνότητα στοιχειωδών σωματιδίων μικρότερη από  $2000\text{ kg/m}^3$  όταν καθορίζονται σύμφωνα με το EN 1097-6 ή που έχουν ξηραθεί σε κλίβανο με ελεύθερη πυκνότητα μάζας μικρότερη από  $1200\text{ kg/m}^3$  όταν καθορίζονται σύμφωνα με το EN 1097-3.

### **Βαριά αδρανή**

Αδρανή που έχουν ξηραθεί σε κλίβανο με πυκνότητα στοιχειωδών σωματιδίων μεγαλύτερη από  $3000\text{kg/m}$  όταν καθορίζονται σύμφωνα με το EN 1097-6.

### **Τσιμέντο (υδραυλικός σύνδεσμος)**

Ένα λεπτά αλεσμένο ανόργανο υλικό που όταν αναμιγνύεται με νερό σχηματίζει μία κόλλα που πήζει και σκληραίνει με τη βοήθεια των αντιδράσεων και των διαδικασιών ενυδάτωσης και που, μετά την σκλήρυνση διατηρεί την αντοχή και την σταθερότητα ακόμα και κάτω από το νερό.



### **Συνολική περιεκτικότητα σε νερό**

Το προστιθέμενο νερό συν το νερό που περιείχαν ήδη τα αδρανή και η επιφάνεια των αδρανών, συν το νερό που χρησιμοποιείται στα πρόσμικτα και στα πρόσθετα σε μορφή πολτού, συν το νερό που είναι αποτέλεσμα οποιασδήποτε προστιθέμενης θέρμανσης (υγροποίησης) ατμού ή πάγου

### **Αποτελεσματική περιεκτικότητα σε νερό**

Η διαφορά μεταξύ του συνολικού νερού που παρουσιάζεται στο νωπό σκυρόδεμα και του νερού που απορροφάται από τα αδρανή

### **Αναλογία Ύδατος / Τσιμέντου (N/T)**

Η αναλογία της αποτελεσματικής περιεκτικότητας νερού σε περιεκτικότητα τσιμέντου για μία μάζα νωπού σκυροδέματος.

### **Χαρακτηριστική αντοχή**

Η τιμή της αντοχής κάτω από την οποία το 5% του συνολικού πληθυσμού όλων των δυνατών αντοχών, που καθορίζονται από τον όγκο του υπό εξέταση τσιμέντου, εκτιμάται ότι θα αστοχήσει.

### **Εγκλωβισμένος αέρας**

Μικροσκοπικές αεροφυσαλίδες που ενσωματώνονται σκόπιμα στο σκυρόδεμα κατά την ανάμιξη με την χρησιμοποίηση επιφανειοδραστικών μέσων. Συνήθως με διάμετρο μεταξύ 10μm και 300μm και σφαιρικές ή σχεδόν έτσι.

### **Παγιδευμένος αέρας**

Κενά αέρος στο σκυρόδεμα που δεν εγκλωβίζονται σκόπιμα

### **Εργοτάξιο (τοποθεσία κατασκευής)**

Η περιοχή όπου αναλαμβάνεται η εργασία κατασκευής

### **Προδιαγραφές**

Η τελική σύνταξη των τεκμηριωμένων τεχνικών απαιτήσεων που δίνονται στον παραγωγό όσον αφορά την εκτέλεση ή την σύνθεση.

### **Ειδικός**

Το άτομο που προσδιορίζει τις προδιαγραφές για το νωπό και το σκληρυμένο σκυρόδεμα.

### **Παραγωγός**

Το άτομο που παράγει το νωπό σκυρόδεμα.

### **Χρήστης**

Το άτομο που χρησιμοποιεί το νωπό σκυρόδεμα για την εκτέλεση μιας κατασκευής ή ενός συστατικού.

### **Διάρκεια ζωής**

Η χρονική περίοδος κατά τη διάρκεια της οποίας η απόδοση του σκυροδέματος στην κατασκευή πρέπει να κρατηθεί σ' ένα σύμφωνο επίπεδο με την εκπλήρωση των απαιτήσεων απόδοσης της κατασκευής με την προϋπόθεση ότι θα συντηρηθεί καλά.

### **Αρχική δοκιμή**

Δοκιμή ή δοκιμές που ελέγχουν, πριν αρχίσει η παραγωγή ποια θα είναι η σύνθεση του σκυροδέματος ή της οικογένειας (κατηγορίας) σκυροδέματος, έτσι ώστε να ικανοποιεί όλες τις συγκεκριμένες απαιτήσεις σε νωπή ή σκληρυμένη κατάσταση.

### **Δοκιμή ταυτότητας**

Η δοκιμή που καθορίζει αν τα επιλεγμένα φορτία ή οι παρτίδες προέρχονται από ένα πληθυσμό προσαρμογής.

### **Δοκιμή συμμόρφωσης**

Η δοκιμή που εκτελείται από τον παραγωγό για να αξιολογήσει τη συμμόρφωση του σκυροδέματος

### **Εκτίμηση της συμμόρφωσης**

Η συστηματική εξέταση του βαθμού στον οποίο ένα προϊόν εκπληρώνει τις καθορισμένες απαιτήσεις.

## Περιβαλλοντικές δράσεις

Αυτές είναι οι χημικές και φυσικές δράσεις στις οποίες εκτίθεται το σκυρόδεμα. Επιδρούν στο σκυρόδεμα, στον οπλισμό ή στα ενσωματωμένα μέταλλα και δεν θεωρούνται φορτία στο κατασκευαστικό σχέδιο.

## Επαλήθευση

Η επιβεβαίωση από την εξέταση των αντικειμενικών στοιχείων ότι έχουν εκπληρωθεί οι καθορισμένες απαιτήσεις.

## Σύμβολα και συντομεύσεις

<b>XO</b>	Κατηγορίες έκθεσης για τον κίνδυνο της διάβρωσης ή της προσβολής
<b>XC...</b>	Κατηγορίες έκθεσης για τον κίνδυνο της διάβρωσης που προκαλείται από ενανθράκωση
<b>XD...</b>	Κατηγορίες έκθεσης για τον κίνδυνο της διάβρωσης που προκαλείται από τα χλωριόντα εκτός των προερχομένων από το θαλάσσιο νερό
<b>XS...</b>	Κατηγορίες έκθεσης για τον κίνδυνο της διάβρωσης που προκαλείται από τα χλωριόντα των προερχομένων από το θαλάσσιο νερό
<b>XF...</b>	Κατηγορίες έκθεσης για την προσβολή πάγου
<b>XA...</b>	Κατηγορίες έκθεσης για την προσβολή χημικών.
<b>SI ως S5</b>	Κατηγορίες συνοχής που εκφράζονται από την κάθιση
<b>VO ως V4</b>	Κατηγορίες συνοχής που εκφράζονται από τον χρόνο VEBE
<b>C0 ως C3</b>	Κατηγορίες συνοχής που εκφράζονται από τον βαθμό της συμπύκνωσης.
<b>F1 ως F6</b>	Κατηγορίες συνοχής που εκφράζονται από την διάμετρο ροής.
<b>C.../...</b>	Κατηγορίες θλιπτικής αντοχής στην περίπτωση του κανονικού και βαρύ σκυροδέματος.
<b>LC.../...</b>	Κατηγορίες θλιπτικής αντοχής στην περίπτωση του ελαφροβαρύ σκυροδέματος.
<b>Fck.cyl</b>	Χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή σκυροδέματος που καθορίζεται από κυλινδρικά δοκίμια
<b>Fc.cyl</b>	Θλιπτική αντοχή σκυροδέματος που καθορίζεται από κυλινδρικά δοκίμια
<b>Fck.cube</b>	Χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή σκυροδέματος που καθορίζεται από

	κυβικά δοκίμια
<b>Fc.cube</b>	Θλιπτική αντοχή σκυροδέματος που καθορίζεται από κυβικά δοκίμια
<b>Fcm</b>	Μέση θλιπτική αντοχή σκυροδέματος
<b>Fcm.j</b>	Μέση θλιπτική αντοχή σκυροδέματος στην ηλικία των (j) ημερών.
<b>Fci</b>	Αποτελέσματα ατομικών δοκιμών για την θλιπτική αντοχή σκυροδέματος
<b>Ftk</b>	Χαρακτηριστική εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος
<b>Ftm</b>	Μέση εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος
<b>Fti</b>	Αποτελέσματα ατομικών δοκιμών για την εφελκυστική αντοχή σκυροδέματος
<b>D...</b>	Κατηγορία πυκνότητας για ελαφροβαρύ σκυρόδεμα
<b>Dmax</b>	Μέγιστος κόκκος αδρανών
<b>CEM...</b>	Τύπος τσιμέντου σύμφωνα με την σειρά EN 197
<b>Σ</b>	Εκτίμηση για την σταθερή απόκλιση ενός πληθυσμού
<b>Sn</b>	Σταθερή απόκλιση από n αποτελέσματα διαδοχικών δοκιμών
<b>AQL</b>	Αποδοχή επιπέδου ποιότητας (βλέπε ISO 2859-1)
<b>w/c</b>	Αναλογία νερού / τσιμέντου
<b>k</b>	Παράγοντας που λαμβάνει υπ' όψιν την δραστηριότητα του τύπου II πρόσθετων
<b>e</b>	Διάστημα κλίμακας επαλήθευσης του εξοπλισμού ζύγισης
<b>m</b>	Φορτία που χρησιμοποιούνται στον εξοπλισμό ζύγισης
<b>n</b>	Αριθμός

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Σκυρόδεμα είναι δομικό υλικό, που παράγεται με την ανάμιξη κατάλληλου μίγματος τσιμέντου, αδρανών υλικών, νερού και βελτιωτικών πρόσθετων.

Το **τσιμέντο** παρασκευάζεται από τη σύγχρονη όπτηση ασβεστόλιθου και αργίλου. Υπάρχουν τέσσερις τύποι τσιμέντων (I, II, III και IV), και τρεις κατηγορίες από άποψη αντοχής (35, 45 και 55). Πρόσμικτα υλικά του τσιμέντου είναι: α) οι ποζολάνες και β) φίλλερ.

Ως **αδρανή υλικά** χρησιμοποιούνται συντρίμματα πετρωμάτων, κυρίως ασβεστολιθικών και πυριτικών. Τα αδρανή δεν πρέπει να έχουν επάνω στην επιφάνεια τους ή μέσα στη μάζα τους ή αναμεταξύ τους ξένες ουσίες όπως είναι: η παιπάλη, οι οργανικές προσμείξεις και οι θειούχες ενώσεις.

Βασική υποχρέωση των λατομείων αδρανών είναι να λειτουργούν σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και να παράγουν προϊόντα σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ΕΛΟΤ 408 και του ΚΤΣ 97 για το σκυρόδεμα. Κάθε φορτίο, εκτός από το δελτίο αποστολής, πρέπει να συνοδεύεται με ενυπόγραφο Δελτίο κοκκομετρικής διαβάθμισης των αδρανών που θα υπογράφεται από τον Υπεύθυνο του Λατομείου.

Κατά την αποθήκευση των αδρανών το Λατομείο υποχρεούται να εξασφαλίζει ότι δεν θα γίνεται διαχωρισμός τους, δεν θα αναμιγνύονται μεταξύ τους και θα εξασφαλίζεται η μη ρύπανση κατά την φόρτωση τους. Εάν τα αδρανή συσκευάζονται οι μέθοδοι και τα υλικά που χρησιμοποιούνται δεν θα πρέπει να επιτρέπουν ανάμειξη ή υποβιβασμό των αδρανών.

Το **νερό πρόσμιξης** δεν πρέπει να περιέχει συστατικά όπως είναι η ζάχαρη, τα οξέα, τα λάδια και λίπη και οι οργανικές ουσίες, που μπορούν να έχουν δυσμενή επίδραση στην εξέλιξη των χημικών αντιδράσεων.

**Τα πρόσθετα υλικά ή βελτιωτικά του σκυροδέματος** προσθέτονται μέσα στο σκυρόδεμα κατά την παρασκευή του και τροποποιούν κατά ορισμένο τρόπο μερικές από τις ιδιότητές του. Κατατάσσονται, ανάλογα με το αποτέλεσμά τους, στις ακόλουθες κατηγορίες: 1) ρευστοποιητικά, 2) αερακτικά, 3) επιβραδυντικά, 4) επιταχυντικά, 5) στεγανωτικά και 6) αντιπαγετικά. Σε πειραματικό στάδιο βρίσκονται οι κατηγορίες: 1) αεραπαγωγά, 2) διογκωτικά, 3) αντιδιαβρωτικά, 4) δραστικά κατά των μυκήτων και των μικροβίων και 5) χρώματα. Τέλος, στην κατηγορία των προσθέτων πρέπει να περιληφθούν και τα αεριοποιητικά και αφοροποιητικά.

Η **ανάμιξη** του σκυροδέματος γίνεται μηχανικά με αναμικτήρες (μπετονιέρες), όπου αρχικά προστίθονται τα χονδρόκοκκα αδρανή, κατόπιν τα λεπτόκοκκα και μετά το τσιμέντο και αναμιγνύονται για περίπου 1 min. Ακολουθεί η προσθήκη νερού σε μικρές δόσεις και των τυχόν πρόσμικτων και η ανάμιξη συνεχίζεται για τουλάχιστον 1 min.

Η **μεταφορά** του έτοιμου σκυροδέματος πρέπει να διαρκεί το πολύ 45 λεπτά, αν γίνεται με κοινό φορτηγό (σπανίως) ή το πολύ 90 λεπτά, αν γίνεται με ειδικό όχημα – μπετονιέρα μέσα σε περιστρεφόμενο κάδο, για να αποφευχθεί η μείωση της ρευστότητας .

Η **εκφόρτωση** του νωπού σκυροδέματος πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στη θέση τελικής διάστρωσης. Το σκυρόδεμα πρέπει να αδειάζεται σε οριζόντιες στρώσεις του ίδιου περίπου πάχους ενώ η διάστρωση πλακών σε δύο στρώσεις (στάρωμα) πρέπει να αποφεύγεται εφόσον το πάχος δεν υπερβαίνει τα 0.60 m.

Το **τελείωμα** επιτυγχάνεται με τη χρήση ευθύγραμμης δοκού ορθογωνικής διατομής, που σύρεται στην επιφάνεια και ταυτόχρονα μετακινείται πάνω-κάτω, παρασύροντας έτσι το σκυρόδεμα από περιοχές που περισσεύει προς τυχόν κοιλότητες.

Η **συντήρηση** του σκυροδέματος αποσκοπεί στο να εξασφαλίσει στο σκυρόδεμα το νερό που απαιτείται για την ενυδάτωση και είναι υποχρεωτική για κάθε έργο. Αρχίζει αμέσως μετά την διάστρωση και σύμφωνα με τον Κ.Τ.Σ. πρέπει να διαρκεί τουλάχιστον 7 ημέρες, ενώ για σκυρόδεμα με απαιτήσεις μεγάλης αντοχής σε επιφανειακή φθορά ή αυξημένης υδατοστεγανότητας ή ανθεκτικότητας σε χημικές ουσίες κ.λπ., τουλάχιστον 14 ημέρες.

Οι αναλογίες των συστατικών του σκυροδέματος καθορίζονται από την **Μελέτη Σύνθεσης**, κατά την εκπόνηση της οποίας παρασκευάζονται κυβικά ή κυλινδρικά δοκίμια με διάφορες αναλογίες των συστατικών του σκυροδέματος, τα οποία στη συνέχεια και θραύονται για να διαπιστωθεί ποιά από τις δοκιμαζόμενες αναλογίες εμφανίζει τη μέγιστη τάση θραύσης. Αυτές είναι οι αναλογίες που θα υιοθετηθούν τελικά.

Η μελέτη σύνθεσης μπορεί να γίνει μόνο εργαστηριακά, βάσει μιας διαδικασίας διαδοχικών δοκιμών, χρησιμοποιώντας τα συγκεκριμένα υλικά που είναι διαθέσιμα για την παρασκευή του σκυροδέματος.

Εξετάζεται η κάθιση, η απαιτούμενη αντοχή, ο μέγιστος κόκκος αδρανών, η ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου, η μορφή των δοκιμίων ελέγχου (κυβικά ή κυλινδρικά) και τυχόν ειδικές απαιτήσεις.

Ως πρώτο βήμα για τη μελέτη σκυροδέματος προσδιορίζεται η απαιτούμενη περιεκτικότητα νερού στο ανάμιγμα, ανάλογα με το μέγιστο κόκκο αδρανών και την επιθυμητή κάθιση. Η ποσότητα τσιμέντου στο ανάμιγμα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από μια ελάχιστη τιμή, η οποία καθορίζεται από τον Κανονισμό. Υπολογίζεται ακολούθως ο συνολικός στερεός όγκος των αδρανών σε  $1 \text{ m}^3$  αναμίγματος αφαιρώντας από το  $1 \text{ m}^3$  τον όγκο του νερού, του τσιμέντου και του αέρα των κενών. Κάθε φορά που αλλάζει καθ' οποιονδήποτε τρόπο κάποιο από τα συστατικά του σκυροδέματος (συνήθως τα αδρανή), απαιτείται και νέα Μελέτη Σύνθεσης.

Η ποιότητα του σκληρυμένου σκυροδέματος ελέγχεται με στατιστική επεξεργασία μετρήσεων της θλιπτικής αντοχής δοκιμίων (με την ίδια μορφή και διαστάσεις όπως αυτά που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη σύνθεσης του σκυροδέματος). Με βάση τις τιμές της θλιπτικής αντοχής αποφασίζεται αν η ποσότητα του σκυροδέματος που ελέγχεται θα γίνει αποδεκτή ή θα απορριφθεί, βάσει κριτηρίων (**κριτήρια συμμόρφωσης**) που καθορίζονται λεπτομερώς από τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος.

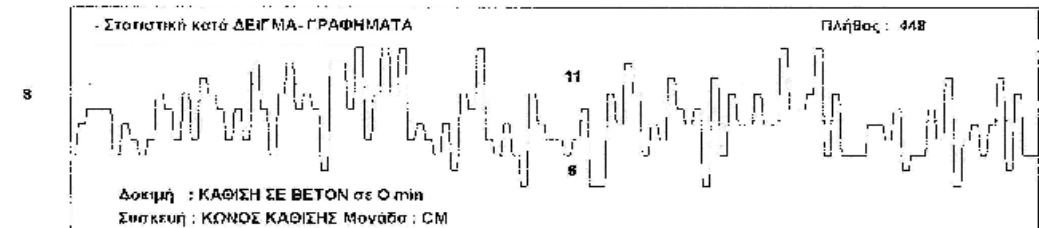
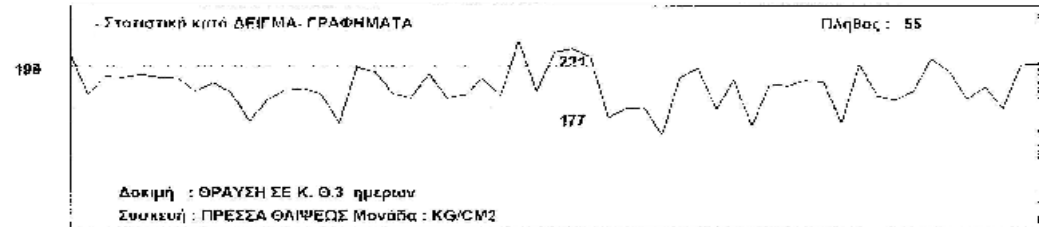
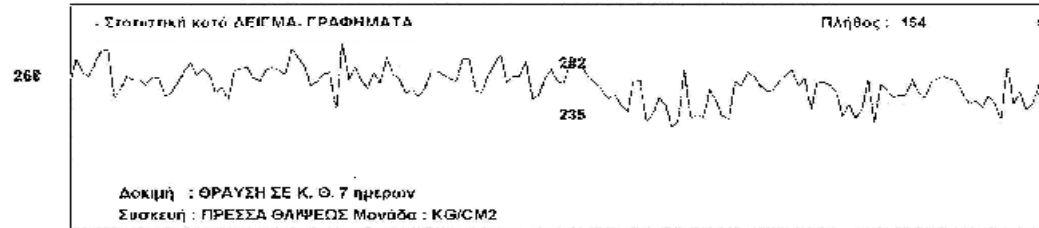
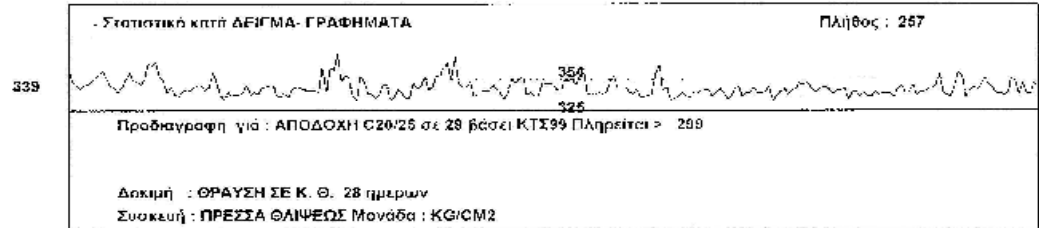
Για την παρακολούθηση της ποιότητας του σκυροδέματος συνεχούς παραγωγής (έτοιμο ή μεγάλων έργων) η καλή λειτουργία του συγκροτήματος παραγωγής ελέγχεται εβδομαδιαία, η δε δειγματοληψία και ο έλεγχος γίνονται συχνά.

Στην περίπτωση μικρών έργων ο **ΚΤΣ 97** θεωρεί την ποσότητα που διαστρώνεται σε μία ήμερα ως μία παρτίδα σκυροδέματος. Αναλόγως με τα κριτήρια που παραβιάζονται είτε αμφισβητείται ολόκληρη η παρτίδα και επανελέγχεται, είτε αμφισβητείται η ποιότητα μόνο του φορτίου αυτοκινήτου ή του αναμίγματος από το οποίο προερχόταν το δοκίμιο και επανελέγχεται το σκληρυμένο σκυρόδεμα του φορτίου ή του αναμίγματος αυτού. Απαραίτητη προϋπόθεση για τους επανέλεγχους είναι να έχουν σημειωθεί οι θέσεις στην κατασκευή όπου διαστρώθηκε το σκυρόδεμα κάθε φορτίου ή αναμίγματος.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

## ΕΝΤΥΠΟ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Α/Α	Κωδικός	Συσσκευή	Τιμή	Μονάδα Μέτρησης	Τ. Απόδοση	Πλήθος	Ελάχιστο	Μέγιστο
2003	ΠΡΕΣΣΑ ΘΛΙΨΕΩΣ		339,16	KG/CM <sup>2</sup>	14,39	257	316	397
2003	ΠΡΕΣΣΑ ΘΛΙΨΕΩΣ		269,49	KG/CM <sup>2</sup>	23,25	154	201	316
2003	ΠΡΕΣΣΑ ΘΛΙΨΕΩΣ		199,67	KG/CM <sup>2</sup>	22,12	55	147	248
2001	ΚΩΝΟΣ ΚΑΘΨΗΣ		9,28	CM	2,3	448	4	15
2007	ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟ ΒΕΤΟΝ		29,48	ΒΑΘΜΟΙ C	2,78	448	18,2	36,8





**ΕΝΤΥΠΟ ΔΙΑΒΙΒΑΣΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ ΕΤΟΙΜΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑΚΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΠΕΛΑΤΗ ΣΕ ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΗ**

Ημ/νία: .... / .... / ....

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΡΑΓΓΕΛΟΝΤΑ**

Επώνυμο

Τηλ.:

Όνομα

Κινητό:

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΥ**

Οδός & Αριθμός:

Περιοχή:

Αριθμός Οικοδομικής Άδειας:

Είδος Έργου:

**ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΠΡΟΣ ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ**

Θεμελίωση  Κοιτώνες  Τοιχεία  
 Πλάκες  Περιβάλλον Χώρος  Άλλο

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΛΑΤΗ / ΤΙΜΟΛΟΓΟΥΜΕΝΟΥ**

Επωνυμία

Τηλ.:

Κινητό:

Δ/ση

Περιοχή

Α.Φ.Μ./Α.Δ.Τ.

Δ.Ο.Υ.:

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ**

Επιθυμητή Ημ/νία Σκυροδέτησης ..... / ..... / .....	Ποσότητα (m <sup>3</sup> )							Εφαρμογή Κριτηρίου Ε; (Ποσότητα <20m <sup>3</sup> ):	
	C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	ΝΑΙ <input type="checkbox"/>	ΟΧΙ <input type="checkbox"/>
Κατηγορία Σκυροδέματος	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Μέγιστος Κόκκος	31,5 mm <input type="checkbox"/>	16 mm <input type="checkbox"/>	Άλλο <input type="checkbox"/>						
Επιθυμητή Κάθιση (εργασιμότητα) στο Έργο	S1 (10-40 mm) <input type="checkbox"/>	S2 (50-90 mm) <input type="checkbox"/>	S3 (100-150 mm) <input type="checkbox"/>	S4 (160-210 mm) <input type="checkbox"/>	S5 (≥ 220 mm) <input type="checkbox"/>				

**ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ**

**ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ**

Χωρίς ειδικές απαιτήσεις, **Επιχρισμένο:**

Χωρίς ειδικές απαιτήσεις, **Ανεπίχριστο:**

Ανθεκτικό σε επιφανειακή φθορά:

Με μειωμένη υδατοπερατότητα:

Μέσα σε νερό (όχι διαβρωτικό):

Στη θάλασσα:

Εκτεθειμένο σε αέρα κορεσμένο με θαλάσσια άλατα (παραθαλάσσιο περιβάλλον):

Ανθεκτικό σε χημικές προσβολές:

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΤΛΙΑΣ ΚΑΙ ΛΗΨΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ**

Χρήση Αντλίας: ΝΑΙ  ΟΧΙ

Ύψος Ιστού (m):

Μορφή Δοκιμίων: Κυβικά  Κυλινδρικά

Επιθυμητός Ρυθμός Τροφοδοσίας του Έργου:

Βαρέλια / Ωρα:

**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ**

Η παραγγελία δόθηκε στ..... κ. .... ώρα

τρόπος  
με Fax  Τηλεφωνικά

Η παραγγελία θα πρέπει να δίνεται στο τμήμα προγραμματισμού τουλάχιστον (τρεις) 3 ημέρες πριν από την επιθυμητή ημερομηνία σκυροδέτησης.



**ΙΝΤΕΡΜΠΕΤΟΝ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ Α.Ε.**  
 ΙΝΤΕΡΜΠΕΤΟΝ ΑΝΟΝΥΜΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ  
 ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ, ΛΑΤΟΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ  
 ΥΠΟΚ/ΜΑ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗΣ: ΤΑΤΟΙΟΥ 219 ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ • 14452 ΑΤΤΙΚΗ • ΤΗΛ: 210 2882700  
 ΓΡΑΦΕΙΑ: ΤΑΤΟΙΟΥ 219 ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ • 144 52 ΑΤΤΙΚΗ • ΤΗΛ: 210 2882700 • FAX: 210 2882770  
 ΕΔΡΑ: ΧΑΛΚΙΔΟΣ 22Α • 111 43 ΑΘΗΝΑ • ΤΗΛ: 210 2591111  
 Α.Φ.Μ.: 094057796 • Δ.Ο.Υ.: Φ.Α.Ε.Ε. ΑΘΗΝΩΝ • ΑΡ.Μ.Α.Ε.: 2827/01/Β/86/2926



ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ  
 ΕΛΟΤ ΕΝ ISO 9001 - Αρ.02.16.03.406

ΜΟΝΑΔΑ: ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ, ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΕΙΡΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ
ΣΚ	62295

ΑΒΕΡΩΡΗΤΑ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ Α.Υ.Ο. Π.Ο.Λ. 1196/2002

**ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 5/6/2006

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΛΑΤΗ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΥ	ΚΩΔΙΚΟΣ : ΕΠΩΝΥΜΙΑ : ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ : ΕΠΑΓΓΕΛΜΑ :	ΣΚΟΠΟΣ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ: ΠΩΛΗΣΗ - ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ - ΑΘΗΝΑ- 14452 Α.Φ.Μ./Δ.Ο.Υ.: ( )
	ΚΩΔΙΚΟΣ : ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ :	2 - 01 5 Km
<b>ΠΟΣΟΤΗΤΑ</b> ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΕ Μ <sup>3</sup> : 8,50 ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΕ ΤΟΝ. : 20029 ΠΟΣΟΤ. ΟΛΟΓΡΑΦΩΣ: ΟΚΤΩ ΚΟΜΜΑ ΠΕΝΤΕ		ΚΩΔΙΚ. ΣΚΥΡ.: 20000000 ΚΑΤΗΓ. ΣΚΥΡ.: C20/25 ΚΑΘΙΣΗ: ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ Τ/Μ <sup>3</sup> : 2,365,38 ΧΗΜ. ΠΡΟΣΘΕΤΟ (1): ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΗΣ ΧΗΜ. ΠΡΟΣΘΕΤΟ (2):
<b>ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑ</b> ΑΡ. ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ : 01.Α1.44709 ΑΡΧ. ΠΟΣΟΤΗΤΑ (Μ <sup>3</sup> ): 51,00 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΚΥΡ.: C20/25 ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΚΑΘΙΣΗΣ: S2 ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΣΧΕΤ. ΠΑΡ/ΚΑ:		Ν/Τ: 0,65 ΤΥΠΟΣ ΤΣΙΜ: 1132,5N 1142,5N ΜΕΓ. ΚΟΚΚΟΣ: 31,5Δ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: 10°C < T <sub>μ</sub> < 32°C ΕΛΑΧ. ΤΙΜ. (ΚG) 280
<b>ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΕΝΤΟΛΕΣ ΠΕΛΑΤΗ</b> Ο ΕΚΔΟΤΗΣ Ο ΠΑΡΑΔΙΔΩΝ Ο ΠΑΡΑΛΑΜΒΑΝΩΝ 071A4EDB1D9F4C365E381C16038264BC85280634 0014 00051612 0606050823 EXY03008770 ΔΟΚΙΜΙΑ α/α ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΥΠΟΓΡΑΦΗ ΟΝΟΜ/ΜΟ		ΟΔΗΓΟΣ: ΡΑΠΤΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ ΚΩΔ. ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ: 0062 ΑΝΤΛΙΑ: ΑΗ 42 9102 9102Σ ΩΡΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΗΣ: 08:22 ΩΡΑ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ:
<b>ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΕΛΑΤΗ</b> ΩΡΑ ΑΦΙΞΗΣ    ΕΝΑΡΞΗ ΣΚΥΡΟΔ.    ΤΕΛΟΣ ΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ    ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΕΙΣ		

ΤΟ ΔΙΑΚΙΝΟΥΜΕΝΟ ΕΙΔΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΙ ΜΕΡΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ. ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ η προσθήκη νερού στο σκυρόδεμα - ΚΤΣ άρθρο 6.9. Η επιθυμητή εργασία/έπιπληξη θα επιτεχθεί μόνο με υπερευστασιοπηκτό.

Δ. ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ: 62295 (12) 5/6/2006    ΚΩΔ.: 20000000    ΠΕΛΑΤΗΣ: 21344    ΕΡΓΟ: 28628

C20/25	Τυπική σύνθεση / m <sup>3</sup>	1022	580	300	160	120	181	Σύνολο Κιλών
/Μίξς: 2,833 m <sup>3</sup>	Τυπική σύνθεση / ανάμιξη	2895	1643	850	453	340	513	2.363,0 kg/m <sup>3</sup>

Μίξς				Υγρασία	Αδρανή			Τσιμέντο		Νερό		
No	Ωρα	Μίξερ	%Mes	Αμμος	Αμμος 2	Χαλίκι	Γαρμπ.	II/32,5	II/32,5	Νερό	+/-	Comp.
01	08:17	20 s	%	0,5%	2.938	1.648	905	443	337	510	-5	-19
02	08:18	20 s	%	0,5%	2.887	1.646	811	468	345	479	-5	-19
03	08:19	20 s	%	0,5%	2.898	1.606	802	449	334	504	-5	-19
20029 / 8,5m <sup>3</sup>					8.723	4.900	2.518	1.360	1.016	1.493	-15	-57
Μέσος Όρος / m <sup>3</sup>					1.026	576	296	160	120	176		

Το παρόν έντυπο αποτελεί τυχαίο δείγμα και χορηγήθηκε από την εταιρεία μόνο για χρήση της παρούσας πτυχιακής εργασίας

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- **ΚΤΣ 97 97**
- EN 206-1
- Εργαστηριακές σημειώσεις οπλισμένου σκυροδέματος, Θ. Γεωργόπουλος – Δ. Παγανός
- Τεχνολογία του Σκυροδέματος, Χρ. Οικονόμου, Θεσσαλονίκη 1993, Δεύτερη έκδοση- Αναθεωρημένη σύμφωνα με τους νέους ελληνικούς κανονισμούς
- Δομικά Υλικά, Αθ. Τριανταφύλλου, Πάτρα 2004, Έκτη Έκδοση
- Προσχέδιο για τον Νέο Ελληνικό Κανονισμό Σκυροδέματος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 1979
- Θέματα Τεχνολογίας Σκυροδέματος, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Τμήμα Δυτικής Ελλάδος, Πάτρα, Οκτώβριος 2004
- Σκυρόδεμα Οδηγός 2004-2005

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΜΕΡΟΣ Α΄ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΤΟΙΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

<b>A.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ</b> .....	1
<b>A.2. ΤΟ ΤΣΙΜΕΝΤΟ</b> .....	3
A.2.1. Η παραγωγή του τσιμέντου .....	3
A.2.2. Χημική σύνθεση .....	4
A.2.3. Τεχνικές προδιαγραφές τσιμέντου.....	5
A.2.3.1. EN 197-1.....	7
A.2.3.2. EN 196-7.....	12
A.2.4. Ενυδάτωση του τσιμέντου .....	24
A.2.5. Χρήση τσιμέντων στην Ελλάδα.....	25
<b>A.3. ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ</b> .....	26
A.3.1. Προέλευση και αντοχή των αδρανών .....	27
A.3.2. Τεχνικές προδιαγραφές αδρανών υλικών .....	27
A.3.3. Καθαρότητα .....	36
A.3.4. Η μορφή των κόκκων .....	37
A.3.5 Ποιοτικός έλεγχος αδρανών .....	38
A.3.5.1. Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12620 .....	40
<b>A.4 ΤΟ ΝΕΡΟ ΑΝΑΜΕΙΞΕΩΣ</b> .....	46
A.4.1. Επιβλαβείς ουσίες.....	46
A.4.2. Τεχνικές Προδιαγραφές.....	48
<b>A. 5. ΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ -ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ</b> .....	50
A.5.1. Ρευστοποιητικά.....	52
A.5.2. Αερακτικά.....	52
A.5.3. Επιβραδυντικά .....	53
A.5.4. Επιταχυντικά.....	54
A.5.5. Στεγανοποιητικά .....	55
A.5.6. Αντιπαγετικά .....	57
A.5.7. Τεχνικές Προδιαγραφές.....	57
<b>A.6. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΩΠΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ</b> .....	61
<b>A.7. ΑΝΑΜΙΞΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ</b> .....	62
<b>A.8. ΔΙΑΣΤΡΩΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ</b> .....	66
<b>A.9. ΤΕΛΕΙΩΜΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ</b> .....	68

<b>A.10. ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ</b> .....	69
<b>A.11. ΩΡΙΜΑΝΣΗ – ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ</b> .....	70
A.11.1. Μέθοδοι Ωρίμανσης .....	71
<b>A.12. ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΕΥΛΟΤΥΠΩΝ</b> .....	73
<b>A.13. ΛΑΤΟΜΕΙΑ</b> .....	74
A.13.1. Προδιαγραφές και υποχρεώσεις λατομείων .....	74
A.13.1.1. Η Ευρωπαϊκή οδηγία 89/106 για τα δομικά υλικά. – Σήμανση CE .....	75
A.13.2. Μέθοδος εκμετάλλευσης .....	78
A.13.3. Μηχανήματα παραγωγής, φόρτωσης και ζύγισης αδρανών υλικών .....	79
A.13.4. Αποθήκευση των αδρανών .....	83
A.13.5. Χειρισμός, αποθήκευση και συνθήκες στο χώρο παραγωγής .....	83
A.13.6. Μεταφορά και Συσκευασία .....	83
<b><u>ΜΕΡΟΣ Β. ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ</u></b> .....	84
<b>B.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	84
<b>B.2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ</b> .....	88
<b>B.3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ</b> .....	89
<b><u>ΜΕΡΟΣ Γ. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ</u></b> .....	98
<b>G.1. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΚΤΣ-97</b> .....	98
<b>G.2. ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ</b> .....	107
<b>G.3. ΕΠΑΝΕΛΕΓΧΟΣ ΣΚΛΗΡΥΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ</b> .....	109
<b>G.4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ EN 206-1</b> .....	113
G.4.1. Έλεγχος Συμμόρφωσης για Σχεδιαζόμενο Σκυρόδεμα.....	113
G.4.1.1. Έλεγχος συμμόρφωσης θλιπτικής αντοχής.....	113
G. 4.1.2. Έλεγχος συμμόρφωσης αντοχής σε εφελκυσμό από διάρρηξη .....	117
G.4.1.3. Έλεγχος συμμόρφωσης άλλων ιδιοτήτων .....	117
G.4.2. Έλεγχος Συμμόρφωσης για Προδιαγραφόμενο Σκυρόδεμα .....	118
<b>G.5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΚΑΘΙΣΗΣ</b> .....	119
<b>G.6. ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΚΤΣ-97 ΚΑΙ ΕΛΟΤ EN 206-1</b> .....	120
G.6.1. Απαιτήσεις για τις κατηγορίες έκθεσης περιβάλλοντος .....	124
G.6.2. Διαφορές νωπού σκυροδέματος μεταξύ ΚΤΣ – 97 και EN 206-1 .....	126
G.6.3. Προφυλάξεις για αλκαλοπυρρική αντίδραση .....	127
G.6.4. Εισέρχεται η έννοια της τιμής K .....	128

<b><u>ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....</u></b>	<b>131</b>
<b><u>ΟΡΙΣΜΟΙ.....</u></b>	<b>132</b>
<b><u>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</u></b>	<b>140</b>
<b><u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....</u></b>	<b>143</b>
<b><u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</u></b>	<b>146</b>