

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**



**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ-ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ :**

**Κακαβάς Παναγιώτης**

**Καθηγητής Τ.Ε.Ι.**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:**

**Κοτσορόνη Κωνσταντίνα**

**Ξαρχάκου Μάρθα**

**Κουφαλη Νίκη**

**ΠΑΤΡΑ, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2014**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας την Πτυχιακή μας Εργασία νιώθουμε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε τον Εισηγητή και Επιβλέπων της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας τον κύριο Παναγιώτη Κακαβά, Καθηγητή Τ.Ε.Ι., για την πολύτιμη βοήθεια που μας προσέφερε κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, τη συνεχή καθοδήγησή του και την υπομονή του.

Επίσης θέλουμε να εκφράσουμε την ευγνωμοσύνη μας στο σύνολο των καθηγητών μας για την προσπάθεια τους να μας μεταδώσουν όσες περισσότερες πληροφορίες και γνώσεις μπορούσαν, ο καθένας στο αντικείμενο του.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας είναι η μελέτη σύνθεσης σκυροδέματος. Σκοπός μας είναι η ανάλυση της διαδικασίας μελέτης σκυροδέματος, τα προβλήματα και οι παράμετροι που επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα, να επισημάνουμε τους κινδύνους αστοχίας και να αναδείξουμε νέα τεχνολογικά επιτεύγματα στον τομέα αυτό.

Επίσης θα ασχοληθούμε με διάφορους τύπους σκυροδέματος που υπάρχουν ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής τους ή την περιοχή εφαρμογής τους ή ακόμα τον τρόπο παρασκευής τους.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ.....	6
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	6
1.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.....	10
1.3 ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΜΙΓΜΑΤΟΣ .....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ .....	23
2.1 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ - ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ .....	23
2.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΝΩΠΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.....	26
2.3 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΚΥΡ/ΤΟΣ.....	28
2.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΤΟΧΩΝ - ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ .....	32
2.5 ΕΡΓΑΣΗΜΟΤΗΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.....	35
2.6 ΣΥΝΘΕΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ .....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΝΕΟΙ ΤΥΠΟΙ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.....	67
3.1 ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ .....	67
3.2 ΥΠΕΡΥΨΗΛΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ .....	77
3.3 ΑΥΤΟΣΥΜΠΙΚΝΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ .....	80
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΝΕΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ .....	84

4.1 ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΙ ΟΙ ΘΕΣΕΙΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ.....	84
4.2 ΟΝ ΛΙΝΕ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ .....	88
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	94
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	95

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

### 1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Το τσιμέντο, ή σκυροκονίαμα, είναι ένα υδραυλικό συνδετικό κονίαμα. Δηλαδή είναι ένα λεπτά διαμερισμένο ανόργανο υλικό (σκόνη) που σε ανάμειξη με νερό σχηματίζει μια πάστα η οποία πήζει και σκληραίνει μέσω αντιδράσεων και διεργασιών ενυδάτωσης και μετά την σκλήρυνση επανακτά την αντοχή και την σταθερότητα ακόμα και μέσα στο νερό.

Ο όρος τσιμέντο ή τσιμεντοκονία αναφέρεται στη συνδετική σκόνη, συνήθως προ της ανάμειξης με νερό, χωρίς άλλα αδρανή πρόσθετα όπως άμμος και χαλίκι. Ενώ το σκυρόδεμα αναφέρεται είτε στο μείγμα τσιμέντου με ποσότητα από άλλα αδρανή υλικά, είτε συνήθως στο στερεό κατασκευαστικό υλικό που προκύπτει μετά την ανάμειξη αυτού του μίγματος με νερό, πήξη και σκλήρυνση. Το σιδηροπαγές ή οπλισμένο σκυρόδεμα ονομάζεται, εκ του γαλλικού όρου, μπετόν αρμέ (béton armé).



Εικόνα 1. Δοκίμια σκυροδέματος.

Η χημική αντίδραση του τσιμέντου με το νερό (ενυδάτωση τσιμέντου) παράγει προϊόντα που έχουν χαρακτηριστικά πήξης και σκλήρυνσης. Ουσιαστικά η χημεία-τεχνολογία του σκυροδέματος είναι η χημεία της αντίδρασης μεταξύ του τσιμέντου και του νερού. Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι όσο περισσότερο τσιμέντο (μέχρις ενός ορισμένου ορίου βέβαια) περιέχεται στην μονάδα όγκου του σκυροδέματος, εφόσον και οι λοιποί παράγοντες (ποιότητα και κοκκομετρική σύνθεση των αδρανών, ποσότητα νερού, μέθοδος διάστρωσης και συμπύκνωσης, κλπ.) παραμένουν σταθεροί, τόσο μεγαλύτερη αντοχή εμφανίζει το σκυρόδεμα. Φυσικά η αύξηση αυτής της αντοχής δεν είναι απεριόριστη, αλλά σταματά στην αντοχή του λιγότερο ανθεκτικού υλικού του σκυροδέματος. Πάντως πρέπει να σημειωθεί ότι η

τσιμεντόπαστα είναι η πηγή ανεπιθύμητων φαινομένων (πχ. ερπυσμός, συστολή ξήρανσης, μικρορηγμάτωση, χημική επίδραση διαβρωτικών παραγόντων) που δρουν αρνητικά στην ανθεκτικότητα του σκυροδέματος. Γι' αυτό είναι προτιμότερο η ποσότητα του τσιμέντου να κρατιέται σε χαμηλές τιμές (καλή κοκκομετρία αδρανών).

Το τσιμέντο υπάρχει στη φύση τουλάχιστον 12 εκατομμύρια χρόνια. Όταν η γη υφίστατο έντονες γεωλογικές μεταβολές συνέβαινε φυσική παραγωγή τσιμέντου. Αυτό το φυσικό τσιμέντο ήταν και το πρώτο που χρησιμοποίησαν οι άνθρωποι ως δομικό υλικό. Αργότερα ανακάλυψαν πως να παρασκευάζουν τσιμέντο.

<b>7,000 π.Χ.</b>	Το αρχαιότερο γνωστό σήμερα σκυρόδεμα βρίσκεται στη νότια Γαλιλαία του Ισραήλ. Ανακαλύφθηκε το 1985 και αποτελείται από μίγμα ασβέστη με πέτρες.
<b>3,000 π.Χ.</b>	Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι χρησιμοποιούσαν άχυρα για να αυξήσουν την αντοχή πλίνθων κατά την ξήρανσή τους. Επίσης χρησιμοποιούσαν κονιάματα με γύψο σαν πρώτη ύλη και κονιάματα με ασβεστόλιθο.
<b>800 π.Χ.</b>	Έλληνες, Κρήτες και Κύπριοι χρησιμοποιούσαν λάσπη κτισίματος που είχε πολύ υψηλότερες αντοχές από τις μετέπειτα Ρωμαϊκές εφαρμογές
<b>300 π.Χ.- 476 μ.Χ.</b>	Οι ρωμαίοι χρησιμοποιούσαν ποζολάνες από την Pozzuoli, πόλη που βρισκόταν κοντά στο ηφαίστειο Βεζούβιος για να κτίσουν την Αππία Οδό, τα ρωμαϊκά λουτρά, το Κολοσσαίο, το Πάνθεο της ρώμης και τον αγωγό νερού στο <u>Pont du Gard</u> στη νότια Γαλλία. Χρησιμοποιούσαν επίσης ασβέστη ως υδραυλικό υλικό. Αναφέρονται συνθέσεις ενός μέρους ασβέστη προς 4 μέρη άμμου. Ο Βιτρούβιος αναφέρει σύνθεση με 2 μέρη ποζολάνης προς ένα μέρος ασβέστη. Επίσης, το πάχος των ζώων, γάλα και αίμα αποτελούσαν τα πρόσθετα της εποχής (υλικά που βελτιώνουν ιδιότητες της σύνθεσης).
<b>1200-1500 μ.χ.</b>	Παρατηρείται πτώση της ποιότητας των υδραυλικών υλικών. Η χρήση ασβέστη και ποζολάνης σταματά έως το 1300.
<b>1779</b>	Ο Bry Higgins παρουσιάζει ευρεσιτεχνία του για παραγωγή υδραυλικού τσιμέντου ( <u>stucco</u> ) για χρήση ως εξωτερικό επίχρισμα.
<b>1793</b>	Ο John Smeaton ανακαλύπτει ότι η ασβεστοποίηση ασβεστολιθικών πετρωμάτων που περιέχουν άργιλο παράγει ασβέστη που σκληραίνει κάτω από την επιφάνεια του νερού (υδραυλικός ασβέστης). Χρησιμοποιεί το υλικό αυτό για να ξανακτίσει το φάρο στο <u>Eddystone</u> της Κορνουάλης του οποίου η

	κατασκευή άρχισε το 1756 αλλά δεν μπορούσε να προχωρήσει χωρίς την ύπαρξη συνδετικού υλικού που να μην επηρεάζεται από το νερό.
<b>1796</b>	Ο James <u>Parker</u> (Αγγλία) πατεντάρει ένα φυσικό υδραυλικό τσιμέντο που παρασκευάζει θερμαίνοντας (ασβεστοποιώντας) ακάθαρτο ασβεστόλιθο που περιέχει άργιλο. Το ονομάζει τσιμέντο Parker ή Ρωμαϊκό τσιμέντο.
<b>1812-1813</b>	Ο Γάλλος Luis Vicat παρασκευάζει συνθετικό υδραυλικό ασβέστη με θέρμανση συνθετικών μιγμάτων ασβεστόλιθου και αργίλου.
<b>1824</b>	Ο Άγγλος Joseph Aspdin ανακαλύπτει το τσιμέντο τύπου Πόρτλαντ. Θερμαίνει λεπτά τριμμένη κιμωλία και άργιλο σε κλίβανο ασβεστοποιίας ώσπου να φύγει το διοξείδιο του άνθρακα από το μίγμα. Το κρυσταλλωμένο παράγωγο της διαδικασίας αλέθεται στη συνέχεια και λαμβάνει την ονομασία τσιμέντο Πόρτλαντ, από τις εξαιρετικής ποιότητας πέτρες κτισίματος που εξορύσσονται στην περιοχή του Πόρτλαντ.
<b>1836</b>	Οι πρώτοι συστηματικοί έλεγχοι εφελκυστικής αντοχής γίνονται στη Γερμανία.
<b>1889</b>	Κτίζεται η πρώτη γέφυρα από σκυρόδεμα
<b>1891</b>	Ο George Bartholomew κατασκευάζει το πρώτο δρόμο από σκυρόδεμα στις ΗΠΑ στο Bellefontaine, OH. Υπάρχει ακόμα και σήμερα.
<b>1903</b>	Ο πρώτος ουρανοξύστης από σκυρόδεμα κατασκευάζεται στο <u>Cincinnati</u> του Οχάιο των ΗΠΑ.
<b>1945</b>	Πρώτη δημοσίευση στην Ελλάδα των μεταφρασμένων Γερμανικών DIN 1045 (Τεχνικά Χρονικά ΤΕΕ)
<b>1954</b>	Εκδίδεται ο πρώτος Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος
<b>1970-1981</b>	Υιοθετούνται οι Γερμανικές Κατηγορίες B25, B35



<b>1985</b>	Εκδίδεται ο Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΦΕΚ 266/Β/9.5.85)
<b>1997</b>	Αναθεώρηση του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος με έκδοση του ΚΤΣ 97 που δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ/315/Β/17,4,97
<b>2002</b>	Προσαρμογή του ΚΤΣ-97 στα Ευρωπαϊκά πρότυπα. Εισάγονται οι κατηγορίες κάθισης S1-S5.
<b>2006</b>	Σύνθεση επιτροπής Αναθεώρησης του ΚΤΣ-97 σύμφωνα με τα πρότυπα του ΕΛΟΤ EN 206-1 (Δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ/1318/Β/14.9.06)

## 1.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Στις μέρες μας η χρήση του σκυροδέματος είναι αρκετά διαδεδομένη. Στην Χώρα μας λόγω μεγάλης Σεισμικής δραστηριότητας, οι προδιαγραφές χρήσης του σκυροδέματος είναι αρκετά αυστηρές σε σχέση με άλλες Χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης .

Ως Πολιτικοί Μηχανικοί είμαστε υποχρεωμένοι να γνωρίζουμε πολλά για το σκυρόδεμα τόσο θεωρητικά όσο και πρακτικά. Φυσικά πολλά από αυτά θα τα μάθουμε κατά την επαγγελματική μας δραστηριότητα και όχι μέσα σε μια αίθουσα. Γύρω μας η πλειοψηφία των κατασκευών που βλέπουμε είναι κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα. Κατά κύριο λόγο όλα τα οικοδομικά έργα (κατοικίες, σχολεία, εμπορικά κέντρα) κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αυτό οφείλεται στην ασφάλεια που παρέχει η εν λόγω κατασκευή αλλά και η εμπειρία που έχουν αποκτήσει πλέον τα συνεργεία εφαρμογής. Επίσης και στα μεγάλα Δημόσια έργα (σήραγγες, γέφυρες, τοίχοι αντιστήριξης) προτιμάται η χρήση οπλισμένου σκυροδέματος.



Εικόνα 2.Εκτόξευση σκυροδέματος εσωτερικά της σήραγγας.



Εικόνα 3. Θεμελίωση οικοδομικού έργου.



Εικόνα 4. Τρόπος σκυροδέτησης.

## 1.3 ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΜΙΓΜΑΤΟΣ

### Γενικά

Είναι πολλές οι φορές, οι οποίες κάποιος μπορεί να ακούσει περί πρόσμικτων στο σκυρόδεμα όπως και ότι αυτά το βελτιώνουν κλπ. Το θέμα είναι, ότι πράγματι, κάποια από αυτά, για αυτό έχουν κατασκευαστεί, αλλά υπάρχουν και πολλά άλλα τα οποία δεν ξέρουμε, ή τι δουλειά κάνουν, ή πολύ περισσότερο σε ποιες κατηγορίες ανήκουν. Με αυτή την λογική θα αναφερθούμε και θα παραθέσουμε κάποια επεξηγηματικά δεδομένα, καθώς και ποια είναι η σύνηθες κατηγοριοποίηση.

Για αρχή να πούμε τι αποτελούν τα Πρόσμικτα. Τα πρόσμικτα αποτελούν είδη των πρόσθετων των διαφόρων τύπων Σκυροδέματος, το οποίο προστίθεται κάθε φορά για συγκεκριμένο λόγο. Έτσι τα υλικά που συντελούν στην παραγωγή του σκυροδέματος ανεξαρτήτως χρήσης είναι:

- Νερό
- Τσιμέντο
- Αδρανή
- Πρόσθετα

Στο νερό το μόνο που φροντίζουμε είναι η πρόσθεση της σωστής δοσολογίας σε σχέση με το τσιμέντο. Η ποιο σύνηθες αναλογία ή πιο σωστά ο λόγος νερού προς τσιμέντου ( w/c) πρέπει να είναι μεταξύ του 0,40 έως και του 0,47. Για το τσιμέντο το μόνο που μπορούμε στην παρούσα φάση να πούμε είναι ότι ο τύπος που χρησιμοποιούμε συνήθως είναι το Portland, ενώ στο κομμάτι των αδρανών έχει να κάνει με την κατηγορία του σκυροδέματος και για την χρήση που προορίζεται (πυρίμαχα, αλουμινούχα, πυριτικά κλπ).

Όπως είπαμε «Πρόσθετα» μπορούν να χαρακτηριστούν όλα εκείνα τα συστατικά στοιχεία που μπαίνουν στην παραγωγή του σκυροδέματος ή του gunite. Η χρησιμοποίηση των επιμέρους πρόσθετων (Πρόσμικτα), τα οποία πολλές φορές κάνουν την δουλειά τους χωρίς να επηρεάζουν την λειτουργία του ενός έναντι του άλλου (εσωτερικές διεργασίες στο σκυρόδεμα), μπορεί και πρέπει τηρουμένων των αναλογιών, να αρκестούν σε μικρές ποσότητες. Αυτές οι ποσότητες των Πρόσμικτων είναι αυτές που βελτιώνουν ή τροποποιούν τη Κατηγορία και Ποιότητα του Σκυροδέματος (όχι ως προς την διαδικασία παραγωγής) αλλά ως προς το προσδωκόμενο τελικό αποτέλεσμα. Τα συνήθη Πρόσμικτα λοιπόν είναι:

- Επιταχυντές σκυροδέματος ( για την πήξη του σκυροδέματος)
- Τέφρα και πυριτική παιπάλη (συνήθως για την σκλήρυνση και το στέγνωμα του σκυροδέματος)
- Επιβραδυντές σκυροδέματος ( για την αποφυγή πήξεως κατά την μεταφορά)
- Επιταχυντές (ρυθμιστές θετικά της ταχύτητας πήξης κατά την σκυροδέτηση)
- Επιβραδυντές (ρυθμιστές αρνητικά της ταχύτητας πήξης κατά την σκυροδέτηση)
- Πλαστικοποιητές ( σε φαθυρά υλικά και μη συνεκτικά πετρώματα)

- Μειωτές νερού ( όπου θέλουμε να αποφύγουμε την δημιουργία θυλάκων στο εσωτερικό του σκυροδέματος)
- Υπερρευστοποιητές (σε περιπτώσεις εντονής υγρασίας και χαμηλής θερμοκρασίας)
- Αερακτικά( σε περιπτώσεις εκτόξευσης σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες)
- Υλικά ωρίμανσης ( βοηθά στην ομαλή δημιουργία του φέροντος οργανισμού του σκυροδέματος)

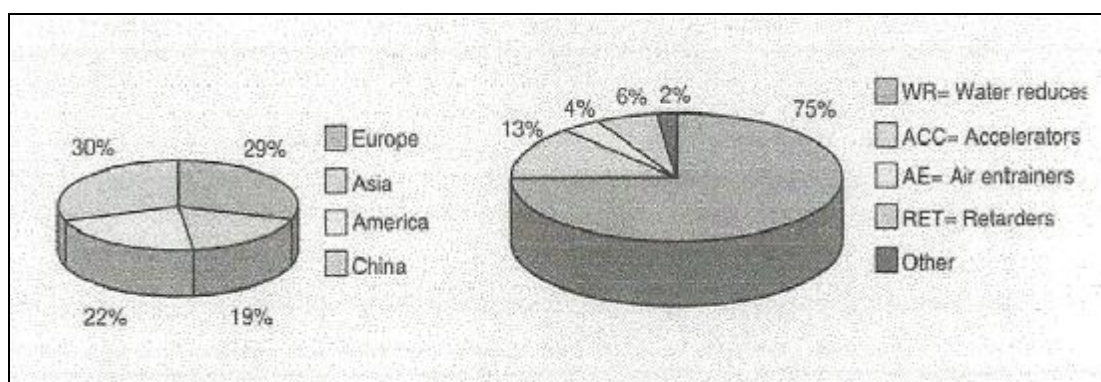
## Αναλυτικά

### Ορισμός

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία Εταιρειών Χημικών Πρόσμικτων (EFCA) πρόσμικτα είναι χημικές ενώσεις, οι οποίες προστίθενται στο σκυροδέμα κατά τη διαδικασία ανάμιξης με στόχο τη βελτίωση των ιδιοτήτων και της συμπεριφοράς του σκυροδέματος (EN 934)

### Παγκόσμια κατανάλωση

Παρακάτω παρουσιάζεται την παγκόσμια κατανομή χρήσης πρόσμικτων κατά τύπο πρόσμικτου και ήπειρο. Ιδιαίτερη μνεία πρέπει να γίνει για τα πρόσμικτα ελεύθερα αλκαλίων, πρόοδο σημαντική τόσο τεχνολογικά όσο και περιβαλλοντικά.

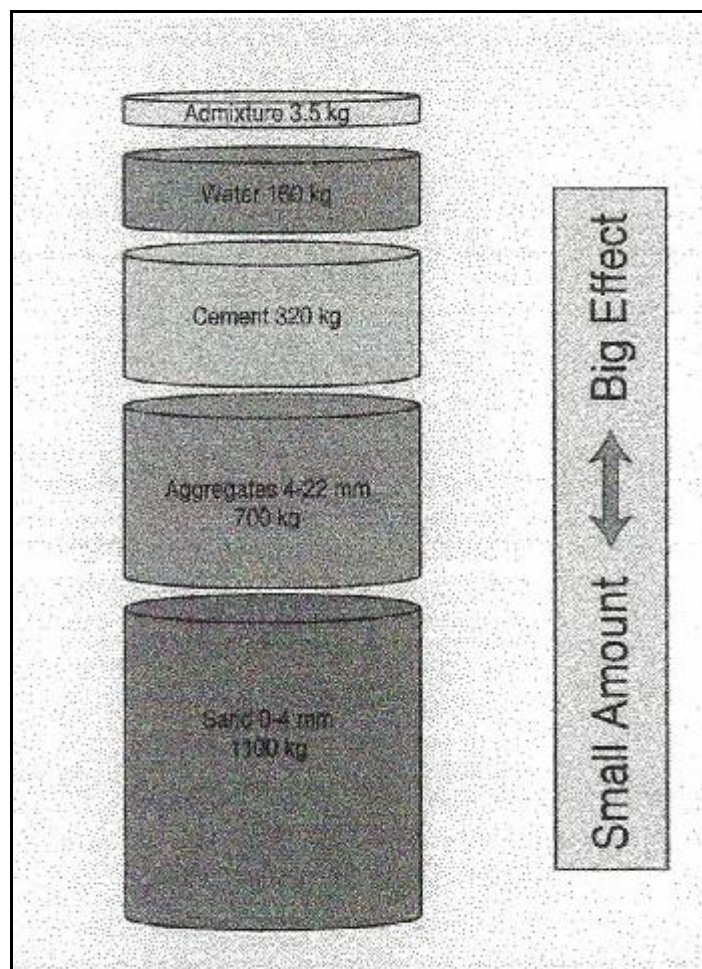


Εικόνα 5. Κατανάλωση πρόσμικτων.

Κύρια	Ειδικά
<ul style="list-style-type: none"> <li>• μειωτής ύδατος</li> <li>• επιταχυντές</li> <li>• επιβραδυντές</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VMA)Viscosity Modifier Admixtures)</li> <li>• υδρόφοβα</li> <li>• Αναστολείς διάβρωσης (corrosion inhibitors)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• αερακτικό</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• επανάκτησης σκυροδέματος</li> <li>• μειωτές συρρίκνωσης</li> </ul>

Εικόνα 6. Χημικά πρόσμικτα.

Ανάλογα με την κατηγορία του σκυροδέματος έχουμε τα παρακάτω πρόσμικτα :



Εικόνα 7. Σύνθεση σκυροδέματος με πρόσμικτα.

## Στόχοι

Τα χημικά πρόσμικτα σκοπεύουν σε μεταβολή (βελτίωση) των ιδιοτήτων του σκυροδέματος και συγκεκριμένα :

- Εργασιμότητα, μεταβολή της σύστασης και του χρόνου εφαρμογής
- Ποιότητα, μεταβολή της ανθεκτικότητας;
- Αντοχή, υψηλότερες τιμές, σε συνδυασμό με την μεταβολή του απαιτούμενου χρόνου επίτευξης
- Διαχείριση, βελτίωση των συνθηκών μεταφοράς κα διάστρωσης
- Ανθεκτικότητα, επιμήκυνση του χρόνου ζωής του σκυροδέματος
- Περιβάλλον, μείωση απαιτήσεων σε νερό και ενέργεια

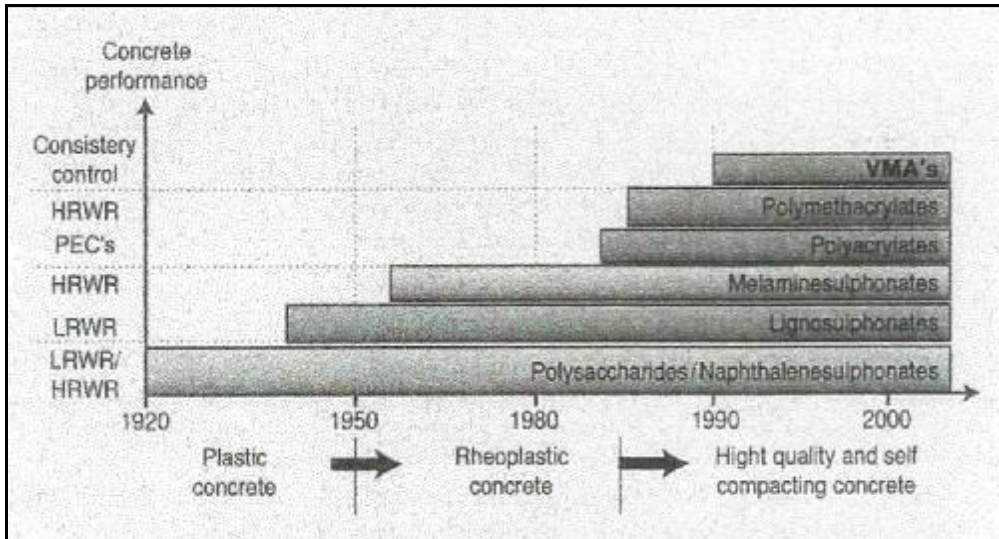
## Επιλογή πρόσμικτου

Η επιλογή του σωστού χημικού πρόσμικτου πρέπει να ακολουθεί την επόμενη διαδικασία:

- Προσδιορισμός απαιτήσεων συμπεριφοράς σκυροδέματος
- Έλεγχος διαδικασίας μίξης με επιλογή των κατάλληλων υλικών (του πρόσμικτου συμπεριλαμβανομένου)
- Εκτέλεση εργαστηριακών και ει δυνατόν και επί τόπου δοκιμών
- Προσδιορισμός μεταβολής του κόστους λόγω χρήσης πρόσμικτου και των συγκριτικών πλεονεκτημάτων για τον χρήστη

## Μειωτής ύδατος

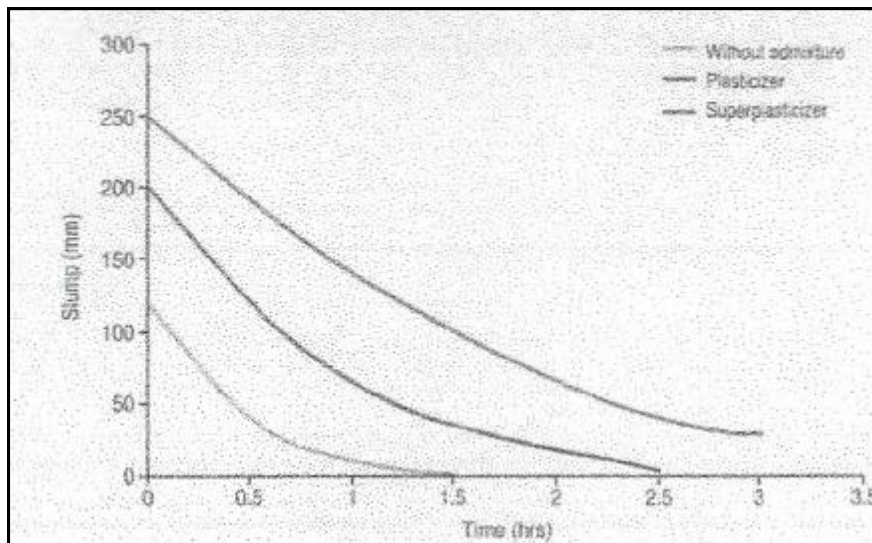
Ονομάζονται τα πρόσμικτα τα οποία χωρίς να επηρεάζουν την σύσταση και εργασιμότητα επιτρέπουν τη μείωση του ποσοστού ύδατος στο μίγμα του σκυροδέματος. Η παρακάτω εικόνα παρουσιάζει τη διαχρονική εξέλιξη της τεχνολογίας καθώς και την χημική τους σύσταση.



Εικόνα 8. Χημική σύσταση των διαφόρων μορφών μειωτών ύδατος.

Οι ιδιότητες που κυρίως επηρεάζονται είναι οι εξής :

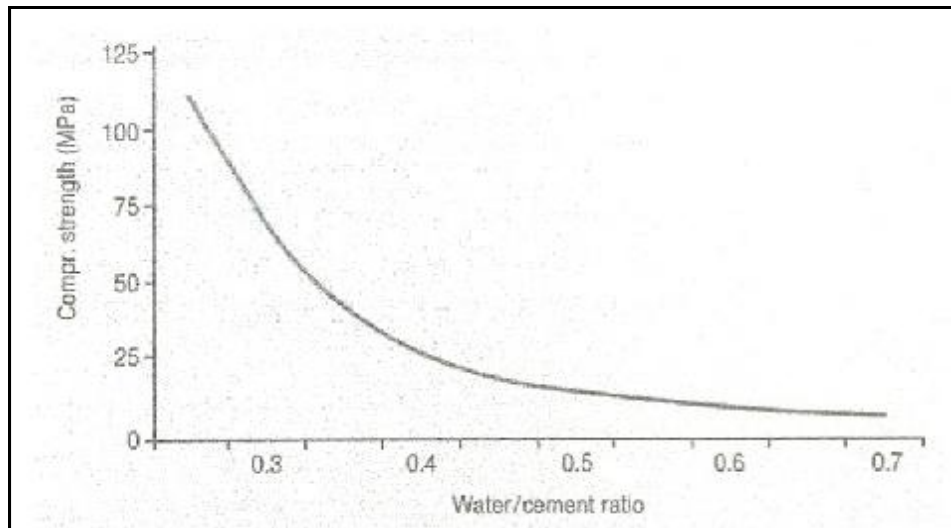
1. Εργασιμότητα



Εικόνα 9.Επίδραση μειωτών ύδατος στην εργασιμότητα

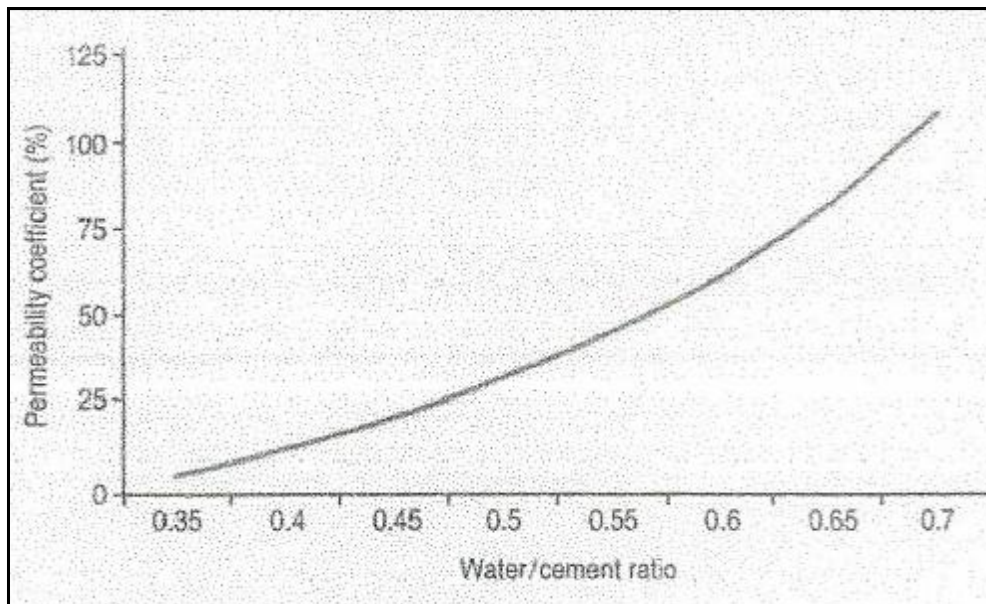


## 2. Θλιπτική αντοχή



Εικόνα 10. Μεταβολή θλιπτικής αντοχής λόγω χρήσης μειωτών ύδατος (μείωση λόγου W/C)

## 3. Ανθεκτικότητα



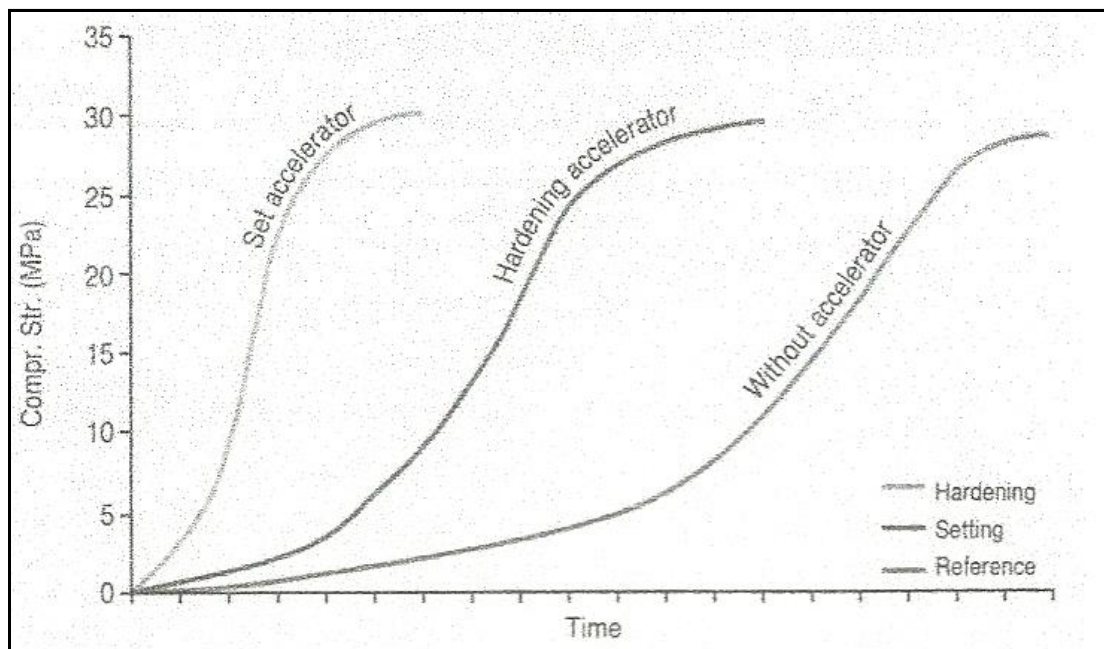
Εικόνα 11. Βελτίωση της ανθεκτικότητας; λόγω μείωσης της διαπερατότητας (μείωση λόγου W/C)

Τύπος	Μείωση ύδατος (%)	Αντοχή (Μρα)
Πλαστικοποιητές	5-10	10-25
Super plasticizers	10-20	20-50
Megap lasticizers	25-40	40-150

Εικόνα 12. Αποτελέσματα λόγω χρήσης των μειωτών ύδατος

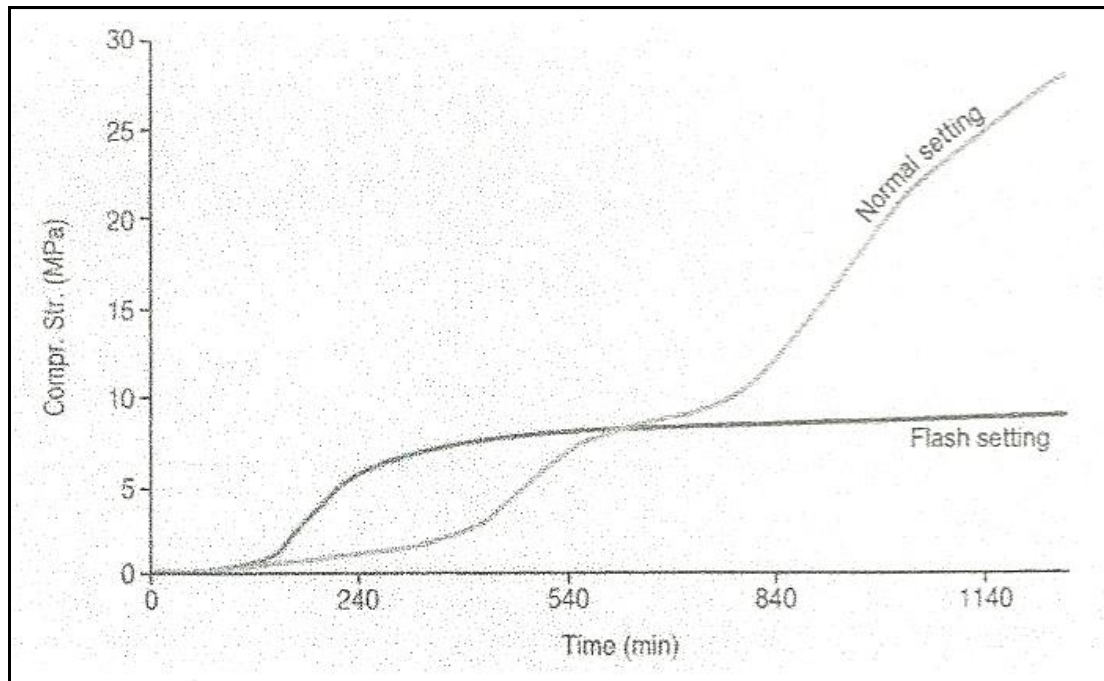
### Επιταχυντές

Ορίζονται οι χημικές ουσίες, οι οποίες μειώνουν το χρόνο μετάβασης από την πλαστική κατάσταση στην σκληρόμενη (EN 934). Συνέπεια αυτής της διαδικασίας είναι ότι επιτυγχάνεται ταχεία ανάπτυξη της αντοχής χωρίς να επηρεάζεται ο χρόνος καθίζησης (EFNARC, 1999). Η χρήση επιταχυντών επηρεάζει σημαντικά την αντοχή.



Εικόνα 13. Ανάπτυξη της αντοχής ως συνάρτηση της χρήσης επιταχυντή.

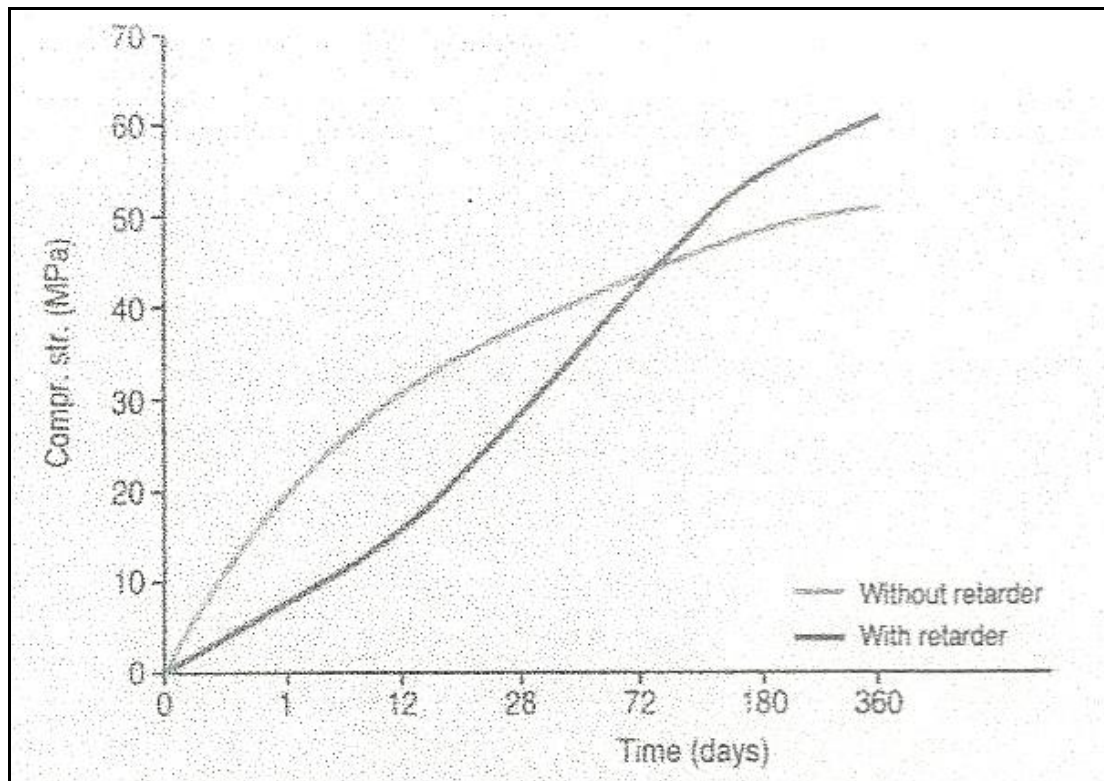
Αξίζει να τονίσουμε ότι η αύξηση της ταχύτητας καθίζησης δεν συνεπάγεται και αύξηση της αντοχής.



Εικόνα 14. Ανάπτυξη της αντοχής (θλιπτικής) ως συνάρτηση της ταχύτητας καθίζησης

### Επιβραδυντές

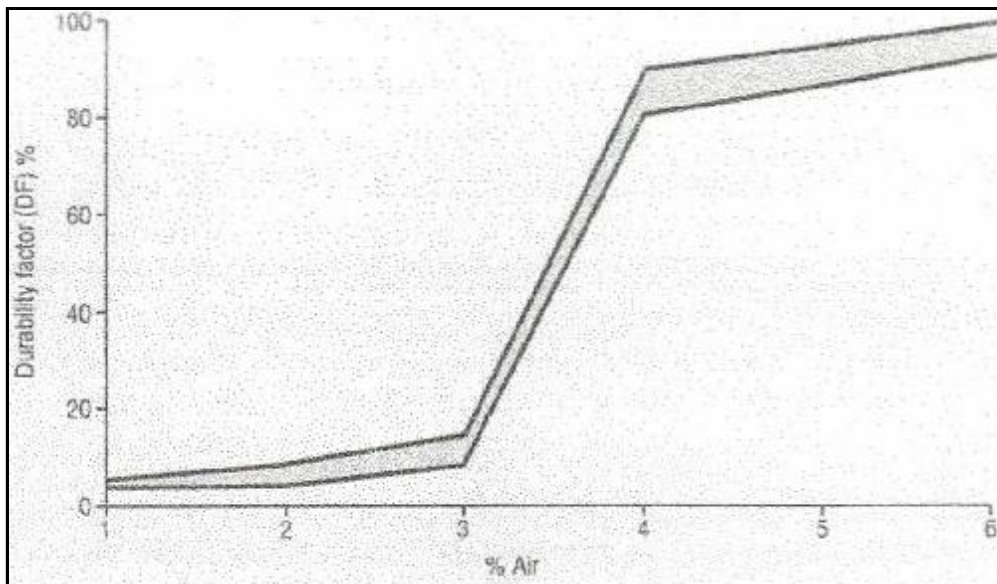
Ορίζονται τα χημικά πρόσμικτα τα οποία μειώνουν το χρόνο μετάβασης από την πλαστική στην σκληρυμένη κατάσταση του σκυροδέματος. Η κύρια επίδραση είναι στην ανάπτυξη της θλιπτικής αντοχής .



Εικόνα 15. Θλιπτική αντοχή ως συνάρτηση της χρήσης επιβραδυντή

#### Αερακτικό

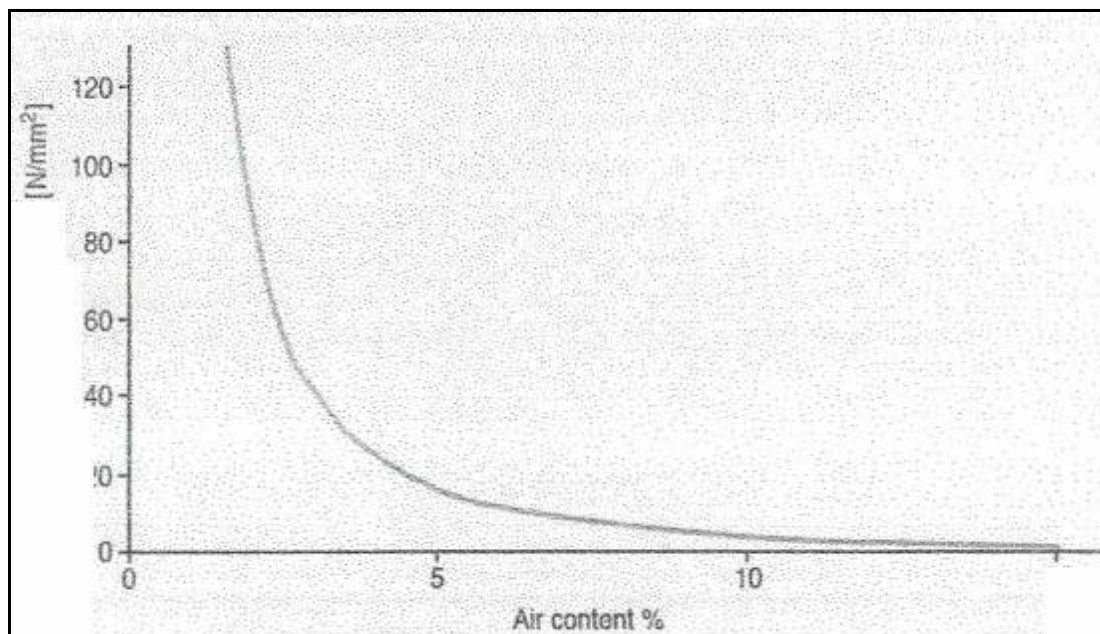
Είναι τα χημικά πρόσμικτα τα οποία κατανέμουν ομοιόμορφα τις φυσαλίδες αέρος στο σκυρόδεμα κατά τη διαδικασία μίξης. Οι φυσαλίδες παραμένουν κα μετά την πήξη του σκυροδέματος. Κύρια επίδραση των είναι η βελτίωση της ανθεκτικότητας του σκυροδέματος και κατά συνέπεια και της διάρκειας ζωής του.



Εικόνα 16. Ανθεκτικότητα σκυροδέματος ως συνάρτηση του ποσοστού αέρος

## DEFOAMERS

Είναι τα χημικά πρόσμικτα τα οποία μειώνουν τα κενά αέρος στο σκυρόδεμα, ιδίως τις μεγαλύτερες όγκου φυσαλίδες. Συνέπεια αυτού είναι η δυνατότητα μεταφοράς του σκυροδέματος σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Η χρήση τους είναι κυρίως σε σκυροδέματα όχι υψηλών ποιοτικών απαιτήσεων. Τονίζεται ότι δεν υποκαθιστούν τους πλαστικοποιητές και απαιτείται προσοχή στην εφαρμογή τους. Η παρακάτω εικόνα είναι χαρακτηριστική της επιρροής του ποσοστού των κενών αέρος στη θλιπτική αντοχή.



Εικόνα 17. Θλιπτική αντοχή ως συνάρτηση του ποσοστού κενών

## ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ

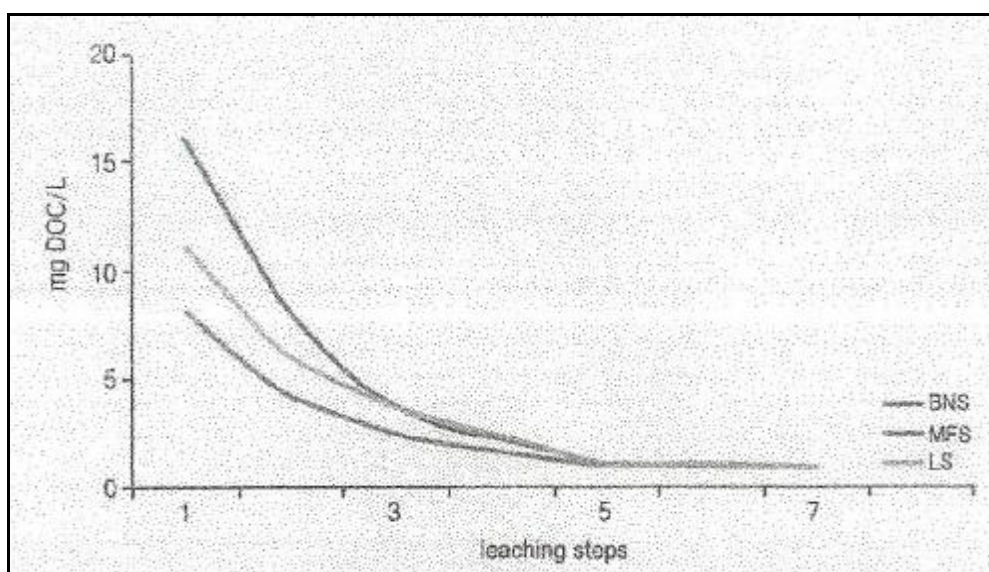
Τα χημικά πρόσμικτα στους πρώιμους χρόνους εφαρμογής παρουσιάζουν αρκετά περιβαλλοντικά προβλήματα. Σήμερα η εξέλιξη έχει οδηγήσει σε προϊόντα σαφώς φιλικότερα προς το περιβάλλον.

### *Τοξικότητα*

Τα χημικά πρόσμικτα σήμερα αποτελούνται από μη επικίνδυνες πολυμερείς ενώσεις καθόσον περιλαμβάνουν αυτά ουσίες όπως σάκχαρα, αλκοόλες ή ανόργανα/οργανικά άλατα, οι οποίες είναι μη τοξικές. Στα χημικά πρόσμικτα για εκτοξευόμενο σκυρόδεμα η ύπαρξη αλκαλίων επηρεάζουν τα μάτια, το δέρμα κτλ. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος δημιουργήθηκε μία νέα γενιά πρόσμικτων τα οποία εξαφανίζουν ή μειώνουν σημαντικότητα τις δυσμενείς επιπτώσεις στους χρήστες.

### *Έκπλυση*

Το γράφημα στην Εικόνα 12 παρουσιάζει τη συμπεριφορά διαφόρων πρόσμικτων σε έκπλυση.



Εικόνα 18. Οργανικές ενώσεις που εκπλύνονται σε διαδοχικούς κύκλους

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

### 2.1 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ - ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

Το τσιμέντο, σε αντίθεση με άλλες κονίες, είναι βιομηχανικό προϊόν που παρασκευάζεται από τη σύγχρονη όπτηση **ασβεστόλιθου** και **αργίλου**.

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

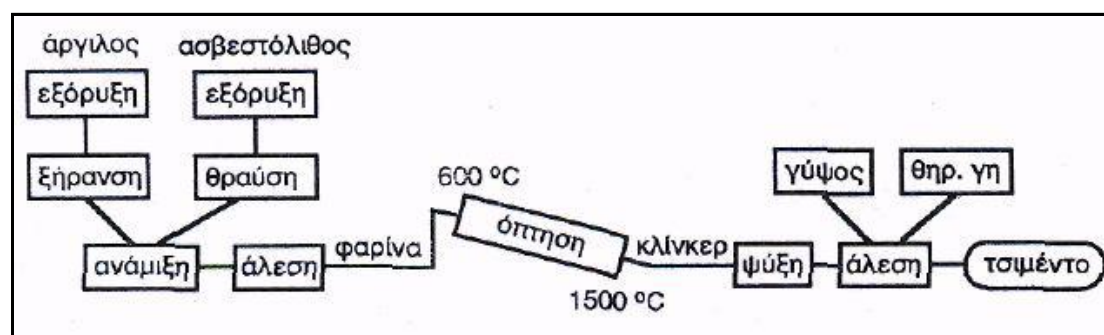
**α)** Εξόρυξη ασβεστολιθικών πετρωμάτων και αργιλικών εδαφών χωριστά. Τα πετρώματα αυτά περνούν από σπαστήρες, ώστε να τεμαχιστούν και να αποκτήσουν διάμετρο μερικών εκατοστών.

**β)** Μετά την έξοδο τους από τους σπαστήρες γίνεται ανάμειξη των δύο υλικών. (**προομοιογενοποίηση**)

**γ)** Έπειτα αλέθονται σε τριβεία, ώστε να αποκτήσουν διάμετρο λίγων χιλιοστών. Το προϊόν της αλέσεως, λεπτόκοκκο μείγμα ασβεστολιθικής και αργιλικής άμμου, αποθηκεύεται σε σιλό και ονομάζεται **φαρίνα**.

**δ)** Το μείγμα εισάγεται στο επάνω άκρο κυλινδρικής καμίνου, η οποία περιστρέφεται αργά γύρω από τον άξονα της. Η θερμότητα παράγεται από καυστήρα πετρελαίου, τοποθετούμενη στο κάτω άκρο της. Η θερμοκρασία μέσα στην κάμινο είναι περίπου 600 °C στο επάνω άκρο και φτάνει στους 1500 °C στο κάτω άκρο, που είναι και το σημείο εξόδου των προϊόντων. Τα προϊόντα της οπτήσεως ονομάζονται **εκβολάδες** ή διεθνώς **klinker**. Έχουν διάμετρο λίγων εκατοστών, χρώμα μαύρο-πράσινο και αποτελούν, κατά κάποιον τρόπο, τα πετρώματα του τσιμέντου.

**ε)** Τα προϊόντα αυτά της οπτήσεως, οι εκβολάδες, αλέθονται και αποκτούν τη γνωστή μορφή του τσιμέντου. Το υλικό αυτό, όπως προκύπτει από την άλεση των



Εικόνα 19. Διάγραμμα ροής παραγωγής τσιμέντου

Κάθε χώρα παγκοσμίως παρασκευάζει τσιμέντο, χρησιμοποιώντας τις πηγές πρώτων υλών που διαθέτει. Έτσι ανάλογα με τις υπάρχουσες και

χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες δημιουργήθηκαν οι διάφοροι τύποι τσιμέντων που παράγονται παγκοσμίως, όπως το καθαρό ή αμιγές τσιμέντο, το τσιμέντο με ποζολάνη, ιπτάμενη τέφρα πυριτική ή ασβεστολιθική, σκωρία υψικαμίνου, πυριτική παιπάλη, ασβεστόλιθο κλπ.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι βασικοί τύποι τσιμέντου:

ΤΥΠΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
CEM I	Τσιμέντο Πόρτλαντ
CEM II	Σύνθετο Τσιμέντο Πόρτλαντ
CEM III	Σκωριοτσιμέντο
CEM IV	Ποζολανικό Τσιμέντο
CEM V	Σύνθετο Τσιμέντο

Εικόνα 20. ονοματολογία.

**Τσιμέντο Τύπου I (CEM I), Πόρτλαντ αμιγή:** χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που προέρχονται από συνάλεση Κλίνκερ και γύψου.

**Τσιμέντο Τύπου II (CEM II), Σύνθετα τσιμέντα Πόρτλαντ:** χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που προέρχονται από την συνάλεση Κλίνκερ - Πόρτλαντ, γύψου και πουζολάνης, φυσικής ή τεχνητής προέλευσης σε ποσοστά από 6-35% κατά μέγιστο.

**Τσιμέντο Τύπου III (CEM III), Σκωριακά τσιμέντα ή σκωριοτσιμέντα:** χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που προέρχονται από την συνάλεση Κλίνκερ, γύψου και σκωρίας μόνο σε ποσοστά από 36-95% κατά μέγιστο.

**Τσιμέντο Τύπου IV (CEM IV), Ποζολανικά τσιμέντα:** χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που προέρχονται από τη συνάλεση Κλίνκερ -Πόρτλαντ, γύψου και πουζολάνης που μπορεί να είναι φυσική ή ψημένη, ιπτάμενη τέφρα πυριτική ή ασβεστόυχα και πυριτική παιπάλη. Δεν μπορεί να περιέχει σκωρία.

**Τσιμέντο Τύπου V (CEM V), Σύνθετα τσιμέντα:** χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που προέρχονται από την συνάλεση Κλίνκερ, γύψου, σκωρίας και σε ίσο ποσοστό ποζολάνη φυσική ή ψημένη ή πυριτική ιπτάμενη τέφρα σε ποσοστά από 36-50% κατά μέγιστο. Δεν μπορεί να περιέχει πυριτική παιπάλη.

Από άποψη αντοχής τα τσιμέντα κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

**35, 45 και 55**



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 35 Mpa. Ο ρυθμός αύξησης της αντοχής του τσιμέντου επιτυγχάνεται συνήθως με αύξηση της λεπτότητας (Blaine). Ένα λεπτόκοκκο τσιμέντο (Blaine=4000 cm<sup>2</sup>/g) έχει γρηγορότερο ρυθμό αύξησης της αντοχής από ένα χονδροαλεσμένο τσιμέντο (Blaine=2500-3000 cm<sup>2</sup>/g).

Θεωρητικά οι τύποι των τσιμέντων θα ήταν 9. Οι παραγόμενοι όμως τύποι είναι λιγότεροι γιατί είτε δεν είναι όλοι οι συνδυασμοί πρακτικά εφικτοί, είτε δεν είναι απαραίτητοι στην πράξη.

### *Τσιμέντα που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα*

Σήμερα στην Ελληνική αγορά, εκτός από μικρή μερίδα ειδικών τσιμέντων, χρησιμοποιούνται ευρέως τα γνωστά τσιμέντα Πόρτλαντ που συνοπτικά αναφέρονται παρακάτω:

**1. Τσιμέντο Πόρτλαντ – I/45:** Παρουσιάζει γρήγορη ανάπτυξη αντοχών και είναι κατάλληλο για την κατασκευή σκυροδεμάτων υψηλών κατηγοριών και δομικών στοιχείων που απαιτούν γρήγορο ξεκαλούπωμα (προκατασκευή και προεντεταμένο σκυρόδεμα).

**2. Τσιμέντο Πόρτλαντ – I/55:** Η χρήση του στο εσωτερικό είναι περιορισμένη. Οι ποιότητες και οι χρήσεις του είναι ανάλογες με το τσιμέντο I/45 με επιδόσεις καλύτερες, κυρίως στην ανάπτυξη αντοχών.

**3. Τσιμέντο Πόρτλαντ με Ποζολάνη – II/35:** Στην αγορά είναι γνωστό με την ονομασία "κοινό τσιμέντο" ή Π 35. Χρησιμοποιείται για τα σκυροδέματα των συνήθων κατασκευών. Η ανάπτυξη των αντοχών του είναι βραδύτερη συγκριτικά με τους τύπους I, αλλά λόγω της παρουσίας ποζολανικών υλικών στη σύνθεσή του, συνεχίζονται να αυξάνονται μακροχρόνια οι αντοχές του σκυροδέματος με αποτέλεσμα την αύξηση της ανθεκτικότητάς του. Το σκυρόδεμα που παρασκευάζεται με το τσιμέντο αυτό, παρουσιάζει μειωμένη ανάπτυξη θερμοκρασιών (χαμηλή θερμότητα ενυδάτωσης), μειωμένη διαπερατότητα και αυξημένη ανθεκτικότητα στα θειικά άλατα, το θαλασσινό νερό και σε διάφορα διαβρωτικά περιβάλλοντα (χρήση σε λιμενικά έργα).

**4. Τσιμέντο Πόρτλαντ με Ποζολάνη – II/45 (ΠΥΑ 2000):** Χρησιμοποιείται κυρίως σε έργα της ΔΕΗ (φράγματα, σήραγγες). Είναι τσιμέντο ανάλογο του II/35 και έχει βελτιωμένα τα ειδικά χαρακτηριστικά και το ρυθμό ανάπτυξης των αντοχών έναντι του II/35. Είναι κατάλληλο για χρήση σε λιμενικά έργα.

## 2.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΝΩΠΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

### ΕΞΙΔΡΩΣΗ

Εξίδρωση ονομάζουμε το φαινόμενο του διαχωρισμού του νερού από τα στερεά συστατικά του σκυροδέματος, που παρουσιάζεται στην περίοδο πριν από την πήξη.

Τα στερεά συστατικά καθιζάνουν λόγω της βαρύτητας, ενώ το νερό, λόγω των τριχοειδών δυνάμεων, έχει την τάση να κινηθεί προς τα επάνω. Έτσι εμφανίζεται στην επιφάνεια του σκυροδέματος λεπτό στρώμα νερού που μοιάζει με εξίδρωση. Το νερό αυτό τελικά εξατμίζεται. Η εξίδρωση επομένως έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του τελικού όγκου του μείγματος και την απομάκρυνση μέρους νερού. Η ελάττωση του νερού είναι, βέβαια, επιθυμητή, γιατί έχει ευνοϊκό αποτέλεσμα στην αντοχή, αλλά το φαινόμενο του διαχωρισμού είναι επιβλαβές και ανεπιθύμητο γενικά, λόγω της ανομοιογένειας που δημιουργεί μέσα στη μάζα του σκυροδέματος και ειδικότερα τα ακόλουθα δυσμενή φαινόμενα:

**α)** Όπως το νερό κινείται προς τα επάνω, συμπαρασύρει το λεπτόκοκκο τμήμα του τσιμέντου. Κατά τον τρόπο αυτό το μείγμα γίνεται φτωχότερο σε τσιμέντο, και στην επάνω επιφάνεια δημιουργείται λεπτό στρώμα κονιάς, που ρηγματώνεται και αποφλοιώνεται.

**β)** Κατά τη δίοδο του νερού ανάμεσα από τα στερεά συστατικά δημιουργούνται μέσα στον τσιμεντοπολλτό λεπτοί σωληνίσκοι.

**γ)** Η συγκέντρωση του νερού δεν γίνεται μόνο στην επάνω επιφάνεια του σκυροδέματος, αλλά το ίδιο φαινόμενο εμφανίζεται τοπικά και στις κοιλότητες μεταξύ των σκύρων, όπου γίνεται τοπική συγκέντρωση νερού με αποτέλεσμα τη δημιουργία κοιλοτήτων.

**δ)** Το ίδιο φαινόμενο δημιουργείται και σε όλο το μήκος κάτω από τις ράβδους του οπλισμού, όπου το κενό που σχηματίζεται, μειώνει την επιφάνεια συνεργασίας ανάμεσα στο σκυρόδεμα και το σίδηρο και συγχρόνως αυξάνει τον κίνδυνο διαβρώσεως των οπλισμών.

Το φαινόμενο της εξιδρώσεως επιτείνεται με την αύξηση του νερού αναμείξεως, καθώς και με την έλλειψη λεπτόκοκκων υλικών της άμμου και του τσιμέντου, γιατί μ' αυτό τον τρόπο διευκολύνεται η κίνηση του νερού προς τα επάνω. Τέλος, πρέπει να επισημανθεί ότι κάθε είδος τσιμέντου έχει διαφορετική ικανότητα συγκρατήσεως νερού, ρόλο παίζει κυρίως η λεπτότητα του τσιμέντου και οι προσμίξεις.

### ΑΠΟΜΕΙΞΗ

Τα στερεά συστατικά, όχι μόνο σαν σύνολο διαχωρίζονται από το νερό, αλλά και μεταξύ τους χωρίζονται, κατά την κίνηση τους προς τα κάτω, ανάλογα με το

βάρος τους. Τα βαρύτερα κινούνται προς τα χαμηλότερα στρώματα και έτσι τελικά τακτοποιούνται σε στρώσεις ανάλογα με το βάρος τους. Το φαινόμενο αυτό λέγεται απόμειξη του σκυροδέματος. Αν οι κόκκοι είναι από το ίδιο πέτρωμα και επομένως έχουν το ίδιο ειδικό βάρος, ο διαχωρισμός γίνεται ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων. Το φαινόμενο της απομείξεως είναι από τα πιο καταστρεπτικά για την αντοχή και γενικά για την ποιότητα του σκυροδέματος, γιατί όπως είναι φανερό, μεταβάλλει τις αναλογίες μείξεως κατά τρόπο ανομοιόμορφο και απρόβλεπτο. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται περιοχές με μειωμένη αντοχή, καθώς επίσης και μειωμένη πρόσφυση μεταξύ του οπλισμού και σκυροδέματος από την έλλειψη κονιάματος.

## ΕΡΓΑΣΙΜΟ

Με τον όρο “εργάσιμο” ή “εργασιμότητα” χαρακτηρίζουμε γενικά την ευκολία με την οποία μπορούμε να μεταφέρουμε, διαστρώσουμε και συμπυκνώσουμε το σκυρόδεμα. Ο ορισμός όμως αυτός δεν είναι απόλυτα ακριβής, γιατί η ευκολία αυτή κατεργασίας του νωπού σκυροδέματος συνδέεται και με τα μέσα που διαθέτουμε. Το εργάσιμο θα πρέπει να το φανταστούμε ανεξάρτητα από τις εξωτερικές αυτές συνθήκες. Γι αυτό σωστότερο είναι να το ορίσουμε ως το έργο που απαιτείται για την υπερνίκηση των εσωτερικών τριβών ωστόσο πετύχουμε πλήρη συμπύκνωση. Το εργάσιμο είναι μια πολύ για την πράξη έννοια, γιατί αποδίδει ακριβώς αυτό που ενδιαφέρει τον κατασκευαστή κατά τον χρόνο της σκυροδετήσεως, είναι όμως ιδιότητα σύνθετη που συνδέεται με άλλες ρεολογικές ιδιότητες και που δύσκολα μπορεί να αποδοθεί ποσοτικά.

Τέτοιες ιδιότητες, με τις οποίες συνδέεται και εξαρτάται το εργάσιμο, είναι οι ακόλουθες:

**α) Η ρευστότητα** που σημαίνει την ευκολία με την οποία ρέει ένα υλικό. Η ρευστότητα εξαρτάται κυρίως από την ποσότητα του νερού αναμείξεως.

**β) Η πλαστικότητα**, με την οποία νοείται η ικανότητα του υλικού να παραμορφώνεται χωρίς διακοπή της συνέχειας του.

**γ) Η συνοχή**, η οποία είναι το αποτέλεσμα των δυνάμεων που έλκουν τα μόρια του υλικού μεταξύ τους και επομένως είναι μία από τις ιδιότητες που συντελούν στην πλαστικότητα.

**δ) Η συμπυκνωσιμότητα**, δηλαδή η δυνατότητα του υλικού να συμπυκνωθεί και που εξαρτάται από τον αρχικό βαθμό συμπυκνώσεως.

**ε) Τέλος**, τον όρο **συνεκτικότητα** χρησιμοποιούμε πολλές φορές, για να εκφράσουμε άλλοτε το εργάσιμο και άλλοτε τη ρευστότητα.

## 2.3 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΚΥΡ/ΤΟΣ

### ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ & ΟΡΙΣΜΟΙ

Ο Ελληνικός Κ.Τ.Σ. προβλέπει για τον έλεγχο της αντοχής τα ακόλουθα:

#### α) Συμβολισμοί (Άρθρο 2)

**f<sub>28</sub>** = Συμβατική αντοχή σε θλίψη δοκιμίου ή αντοχή συμβατικού δοκιμίου σε θλίψη, σε ηλικία 28 ημερών.

**f<sub>ck</sub>** = Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη.

**f<sub>m</sub>** = Μέση αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη.

**f<sub>a</sub>** = Απαιτούμενη αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη.

**X<sub>n</sub>** = Μέσος όρος αντοχής ή συμβατικών δοκιμίων μιας δειγματοληψίας.

**X<sub>i</sub>** = Αντοχή ενός συμβατικού δοκιμίου μιας δειγματοληψίας.

**s** = Τυπική απόκλιση των αντοχών ενός αριθμού συμβατικών δοκιμίων

**n** = Αριθμός δοκιμίων

#### β) Ορισμοί (Άρθρο 3)

**“Συμβατική αντοχή σε θλίψη δοκιμίου, f<sub>28</sub>”**, είναι η αντοχή ενός “συμβατικού” δοκιμίου δηλαδή ενός δοκιμίου που έχει διαστάσεις και τη μορφή που προβλέπονται στον Κανονισμό και που παρασκευάζεται και συντηρείται σύμφωνα με τη μέθοδο ΣΚ304, και ελέγχεται σύμφωνα με τη μέθοδο ΣΚ304 σε ηλικία 28 ημερών.

**“Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη, f<sub>ck</sub>”**, θεωρείται εκείνη η τιμή αντοχής κάτω της οποίας υπάρχει 5% πιθανότητα να βρεθεί η τιμή αντοχής ενός τυχαίου δοκιμίου.

**“Μέση αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη, f<sub>m</sub>”**, είναι ο μέσος όρος αντοχής όλων των συμβατικών δοκιμίων που θα μπορούσαν να παρασκευασθούν από μία σημαντικά μεγάλη ποσότητα σκυροδέματος αν ολόκληρα αυτή η ποσότητα μετατρεπόταν σε δοκίμια. Το σκυρόδεμα της σημαντικά μεγάλης ποσότητας πρέπει να έχει παρασκευασθεί με τα ίδια υλικά, τις ίδιες αναλογίες και τα ίδια μηχανικά μέσα.

**“Απαιτούμενη αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη, f<sub>a</sub>”**, είναι η τιμή της μέσης αντοχής f<sub>m</sub> για την οποία το σκυρόδεμα του έργου έχει μια ορισμένη πιθανότητα αποδοχής, όταν εξετάζεται με τα Κριτήρια συμμορφώσεως του Κανονισμού αυτού. Οι αναλογίες υλικών της Μελέτης Συνθέσεως πρέπει να εξασφαλίζουν μέση αντοχή f<sub>m</sub> τουλάχιστον ίση με την απαιτούμενη f<sub>a</sub>.

**“Ανάμιγμα”**, είναι η ποσότητα σκυροδέματος που προκύπτει από μια φόρτωση, ανάμιξη και αποφόρτωση του αναμικτήρα. Η ποσότητα αυτή πρέπει να είναι μικρότερη ή το πολύ ίση από εκείνη που επιτρέπουν οι Προδιαγραφές λειτουργίας του αναμικτήρα.

**“Παρτίδα”**, είναι η ποσότητα του σκυροδέματος που αξιολογείται από τα δοκίμια μιας δειγματοληψίας. Η ποσότητα αυτή πρέπει να έχει παρασκευασθεί με τα ίδια υλικά, τις ίδιες αναλογίες και τα ίδια μηχανικά μέσα.

**“Εργοταξιακό σκυρόδεμα”**, λέγεται το σκυρόδεμα στο οποίο ο κύριος του έργου ή η Υπηρεσία ή ο Επιβλέπων έχει πλήρη παρακολούθηση και έλεγχο της παραγωγής σε όλες τις φάσεις της, δηλαδή όταν μπορεί να ελέγχει τα υλικά του σκυροδέματος, τα μηχανήματα παραγωγής, μπορεί να μεταβάλλει τις αναλογίες συνθέσεως και τη διαδικασία αναμίξεως και μπορεί να ελέγχει το έτοιμο προϊόν σε οποιαδήποτε θέση (μέσα στον αναμικτήρα, μετά την αποφόρτωση, μετά τη μεταφορά κλπ.). Το εργοταξιακό σκυρόδεμα μπορεί να παρασκευάζεται δίπλα στο έργο ή σε μεγαλύτερη απόσταση, οπότε και μεταφέρεται με αυτοκίνητα - αναδευτήρες. Μπορεί ακόμα να παρασκευάζεται σε εργοστάσιο έτοιμου σκυροδέματος όταν, μετά από συμφωνία, εξασφαλίζονται οι διευκολύνσεις για την εκτέλεση των προηγούμενων ελέγχων.

**“Εργοστασιακό σκυρόδεμα”**, λέγεται το σκυρόδεμα στο οποίο ο κύριος του έργου ή η Υπηρεσία ή ο Επιβλέπων ή ο κατασκευαστής δεν έχει δικές του πληροφορίες για τα υλικά, τις αναλογίες συνθέσεως και τη διαδικασία παραγωγής, ελέγχει δε μόνο το έτοιμο προϊόν στη θέση παραδόσεώς του. Το εργοστασιακό σκυρόδεμα είναι κατά κανόνα έτοιμο.

**“Έτοιμο σκυρόδεμα”**, λέγεται το σκυρόδεμα που παρασκευάζεται σε απόσταση από το έργο και μεταφέρεται σ αυτό:

α) Μετά από πλήρη ανάμιξη, με φορτηγά αυτοκίνητα ή αυτοκίνητα – αναδευτήρες.

β) Μετά από μερική ανάμιξη ή χωρίς να έχει γίνει εισαγωγή νερού, με αυτοκίνητα - αναμικτήρες.

Στη δεύτερη περίπτωση η εισαγωγή νερού και η ανάμιξη γίνεται στη διαδρομή μέχρι το έργο ή στο έργο πριν από την παράδοση. Το έτοιμο σκυρόδεμα μπορεί να είναι εργοστασιακό ή εργοταξιακό.

## **ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ**

Η απαιτούμενη αντοχή  $f_a$ , πρέπει να έχει τέτοια τιμή ώστε κατά τον έλεγχο των δοκιμίων με τα κριτήρια συμμορφώσεως, να υπάρχει μια λογική πιθανότητα να ικανοποιούνται.

Για την απαιτούμενη αντοχή ο Κανονισμός δίνει τις ακόλουθες σχέσεις: Όταν 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:

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

όταν πρόκειται για **σκυρόδεμα μεγάλων έργων**, και από τη σχέση:

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

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:

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

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 παρακάτω εικόνα:

Αριθμός δοκιμίων	Συντελεστής πολλαπλασιασμού
15	1,27
20	1,18
30	1,09
40	1,05
50	1,02
60 ή περισσότερα	1,00

Εικόνα 21. Συντελεστής διόρθωσης της τυπικής απόκλισης.

Στην περίπτωση που η τιμή της τυπικής αποκλίσεως (μετά τον πολλαπλασιασμό της με τον αντίστοιχο συντελεστή του πίνακα) είναι μικρότερη από 3 MPa, τότε στις σχέσεις (1), (2) και (3) πρέπει να εισάγεται τιμή: **s = 3 MPa**.

Τέλος, αν δεν υπάρχουν στοιχεία τυπικής αποκλίσεως ή υπάρχουν, αλλά από λιγότερα των 15 δοκίμια ή ακόμα αν η χαρακτηριστική αντοχή του σκυροδέματος δεν ικανοποιεί την απαίτηση  **$f_a = f_{ck} + 2,14 * s$** , τότε ο υπολογισμός της απαιτούμενης αντοχής από τις σχέσεις (1), (2) και (3) πρέπει να γίνεται με την παραδοχή τυπικής αποκλίσεως:

- Ø **s = 5 MPa** αν θα χρησιμοποιηθούν **θραυστά** αδρανή και
- Ø **s = 6 MPa** αν θα χρησιμοποιηθούν **φυσικά** αδρανή.

## 2.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΤΟΧΩΝ - ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ

Το σκυρόδεμα θα ελέγχεται με δοκίμια που θα παίρνονται στην έξοδο του αναμικτήρα, αν πρόκειται για εργοταξιακό σκυρόδεμα ή στην έξοδο του αυτοκινήτου μεταφοράς αν πρόκειται για εργοστασιακό σκυρόδεμα.

### Μορφή και διαστάσεις δοκιμίων

Τα συμβατικά δοκίμια, με τα οποία θα γίνονται οι έλεγχοι συμμορφώσεως, καθώς και τα δοκίμια του έργου θα είναι κυβικά ακμής 15 cm ή κυλινδρικά διαμέτρου 15 cm και ύψους 30 cm. Για τους ελέγχους συμμορφώσεως θα χρησιμοποιούνται για το ίδιο έργο δοκίμια της ίδιας μορφής και διαστάσεων, με εκείνα που χρησιμοποιήθηκαν στη Μελέτη Συνθέσεως. Στην περίπτωση του εργοστασιακού έτοιμου σκυροδέματος που η Μελέτη Συνθέσεως του έχει γίνει στο εργοστάσιο, η μορφή και οι διαστάσεις των δοκιμίων θα προδιαγράφονται. Για το ίδιο έργο απαγορεύεται η λήψη διαφορετικών δοκιμίων και η σύγκριση της αντοχής τους μετά από πολλαπλασιασμό με συντελεστές αναγωγής.

Αντοχές κυλινδρικών δοκιμίων σκυροδέματος 15×30cm σε MPa	≤9,2	12,8	18,4	25,4	≥39,5
Συντελεστές πολλαπλασιασμού για αναγωγή αντοχής κυλίνδρου σε αντοχή κύβου 20×20×20cm	1,30	1,25	1,22	1,18	1,14

Εικόνα 22. Συντελεστές αναγωγών από αντοχές κυλινδρικών σε κυβικά δοκίμια

Για την παρασκευή των δοκιμίων σκυροδέματος του έργου, ισχύουν οι διατάξεις του άρθρου 13 του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος - 97 (ΦΕΚ 315/Β/17-4-97) και των Προδιαγραφών ΣΚ-303 και ΣΚ-350 του Υπουργείου Δημοσίων Έργων.

Υπομνηστική παράθεση των κυριότερων διατάξεων των συνηθέστερων περιπτώσεων, που αφορούν τα συμβατικά **κυβικά δοκίμια**, που εφαρμόζονται σχεδόν αποκλειστικά στην πράξη, περιλαμβάνεται περιληπτικά στα επόμενα. Τα συμβατικά δοκίμια που **προορίζονται για τους ελέγχους συμμορφώσεως**, θα είναι για ολόκληρο το έργο όλα των αυτών διαστάσεων, κυβικά 15 \* 15 \* 15cm., λαμβανόμενα με χυτοσιδηρές μήτρες. Ο αριθμός των δοκιμίων που απαιτείται για κάθε διαστρωμένο τμήμα, είναι, ανά ημέρα έξι (6) για ποσότητα σκυροδέματος μέχρι 150 m<sup>3</sup>, ή δώδεκα (12) δοκίμια για ποσότητα σκυροδέματος μεγαλύτερη των 150 m<sup>3</sup>. Αριθμός δοκιμίων μικρότερος των έξι (6) ή των δώδεκα (12) αντίστοιχα, δεν επιτρέπει την εφαρμογή των Κριτηρίων Συμμορφώσεως Α και Β αντιστοίχως, που



προβλέπει ο Κ.Τ.Σ. Υποδεικνύεται η λήψη και έβδομου ή δέκατου τρίτου δοκιμίου, που θα καλύψει την περίπτωση καταστροφής ή τραυματισμού ή εμφανών ελαττωμάτων ενός από τα υπόλοιπα έξι ή δώδεκα. Στις περιπτώσεις που απαιτείται έλεγχος δοκιμίων και σε ηλικίες μικρότερες των 28 ημερών, τότε θα πρέπει να λαμβάνεται μεγαλύτερος αριθμός δοκιμίων.

Από κάθε αυτοκίνητο (βαρέλα) δεν επιτρέπεται η λήψη περισσότερων του ενός δοκιμίων, εκτός εάν το τμήμα που διαστρώνεται απαιτεί λιγότερα από έξι (6) αυτοκίνητα σκυροδέματος. Στην περίπτωση αυτή πρέπει μεταξύ της λήψεως του πρώτου και του δεύτερου δοκιμίου από το ίδιο αυτοκίνητο να έχει διαστρωθεί όγκος σκυροδέματος τουλάχιστον 1m<sup>3</sup>. Κατ' εξαίρεση, για ημερήσια ποσότητα σκυροδέματος μικρότερη των 20m<sup>3</sup> ισχύουν οι απαιτήσεις του άρθρου 13.3.10 του Κ.Τ.Σ. και εφαρμόζεται το **Κριτήριο Συμμορφώσεως Ε** (Κ.Τ.Σ. -13.6.5). Συνοπτικά, θα λαμβάνονται τότε τρία δοκίμια από κάθε αυτοκίνητο, από ένα (εάν δεν υπάρχει δεύτερο) ή δύο τυχαία αυτοκίνητα, που καθένα τους θα θεωρείται ότι αποτελεί ξεχωριστή παρτίδα.

Το σκυρόδεμα που χρησιμοποιείται για την παρασκευή δοκιμίων δεν πρέπει να ανήκει στο αρχικό 15 έως 20% του όγκου του σκυροδέματος του αυτοκινήτου (βαρέλας) που εκφορτώνεται, ούτε στο τελευταίο 15 έως 20%. Αν χρησιμοποιηθεί υπερρευστοποιητικό, η λήψη του δοκιμίου θα γίνεται μετά την ανάμειξη του. Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της λήψεως του σκυροδέματος και της παρασκευής του δοκιμίου, δεν πρέπει να ξεπερνά τα 15 λεπτά της ώρας. Οι μήτρες πριν από τη χρήση τους πρέπει να έχουν λαδωθεί ελαφρά με ορυκτέλαιο.

Για κάθιση σκυροδέματος μέχρι 50 mm, η συμπύκνωση γίνεται με δονητή, αμέσως μετά από το πλήρες γέμισμα της μήτρας. Για μεγαλύτερη κάθιση γίνεται με τη ράβδο συμπυκνώσεως. Στη δεύτερη περίπτωση (της ράβδου), κάθε μήτρα γεμίζεται με τη σέσουλα (όχι μυστρί, γιατί διαφεύγει το λεπτό υλικό) σε δύο στρώσεις (μισή και μισή κάθε φορά) και κάθε στρώση συμπυκνώνεται ιδιαίτερα. Η συμπύκνωση κάθε στρώσεως απαιτεί 25 χτυπήματα με την σχετική ράβδο.

Η ράβδος συμπυκνώσεως είναι Φ16, μήκους 60 cm., με στρογγυλεμένα άκρα. Κατά τη συμπύκνωση της κατώτερης στρώσης η ράβδος πρέπει να εισχωρεί μέχρι τον πυθμένα της μήτρας. Η συμπύκνωση θα γίνεται αμέσως μετά την τοποθέτηση του σκυροδέματος στη μήτρα και χωρίς διακοπή μεταξύ 1ης και 2ης στρώσης. Μετά τη συμπύκνωση επιπεδώνεται η τελική επιφάνεια και αριθμείται το δοκίμιο. Τα δοκίμια πρέπει να παραμείνουν στη σκιά, μέσα στις μήτρες, χωρίς χτυπήματα, δονήσεις, ξήρανση τουλάχιστον 20 ώρες και όχι περισσότερο από 32 ώρες. Μετά την αφαίρεση τους από τις μήτρες τα δοκίμια μεταφέρονται το ταχύτερο δυνατόν στο δημόσιο ή αναγνωρισμένο ιδιωτικό εργαστήριο όπου θα θραύσουν. Σε περίπτωση που προβλέπεται σημαντική καθυστέρηση παραδόσεως στο εργαστήριο, τα δοκίμια πρέπει να διατηρηθούν συσκευασμένα μέσα σε υγρή άμμο, πριονίδια κ.λπ. για τη διατήρηση της υγρασίας τους. Κρούσεις και δονήσεις κατά τη μεταφορά και αποκλίσεις από τη θερμοκρασία συντηρήσεως (20 °0 ± 2), πρέπει να αποφεύγονται.

Για κάθε δοκίμιο, επιβάλλεται η αναγραφή του αριθμού του δελτίου αποστολής και του αριθμού κυκλοφορίας του αυτοκινήτου (ή αντίστροφα του αριθμού δοκιμίου επί του δελτίου αποστολής), καθώς και της ώρας λήψεως του. Είναι σκόπιμη η ζύγιση των δοκιμίων για τον προσδιορισμό του

πραγματικού ειδικού βάρους του υπ' όψη σκυροδέματος, με το οποίο θα γίνει ο υπολογισμός του όγκου της ποσότητας που προσκομίστηκε, εκ του βάρους του περιεχομένου κάθε αυτοκινήτου - βαρέλας.

## 2.5 ΕΡΓΑΣΗΜΟΤΗΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

### **Ανάμιξη σκυροδέματος**

Τα αδρανή υλικά και το τσιμέντο πρέπει να μετριοούνται σε βάρος και το νερό σε βάρος ή όγκο. Τα στερεά πρόσθετα σε σκόνη πρέπει να μετριοούνται σε μέρη βάρους και τα υγρά πρόσθετα σε μέρη βάρους ή όγκου. Μέτρηση των αδρανών σε όγκο επιτρέπεται μόνο σε μικρά έργα (άρθρο 13.4). Στην περίπτωση αυτή θα ισχύουν τα ακόλουθα:

**α)** Η απαιτούμενη αντοχή θα υπερβαίνει τη χαρακτηριστική κατά 12 MPa αν χρησιμοποιούνται θραυστά αδρανή και 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, γαρμπιλιού, 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 Παραρτήματος Β 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 μετριοείται μετά την εισαγωγή όλων των υλικών στον αναμικτήρα. Μικρότερος ελάχιστος χρόνος αναμίξεως επιτρέπεται όταν:

**α)** Ο αναμικτήρας είναι βιαίας αναμίξεως, οι δε προδιαγραφές του προβλέπουν μικρότερο χρόνο.

**β)** Ο έλεγχος ομοιομορφίας που έγινε σύμφωνα με το Παράρτημα Β του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 346 έχει αποδείξει ότι μικρότερος χρόνος είναι ικανοποιητικός.

Τα αδρανή θα μετριοούνται με ακρίβεια 3% του βάρους τους, το τσιμέντο με ακρίβεια 2% του βάρους του, το νερό με ακρίβεια 2% και τα πρόσθετα με ακρίβεια 3% του βάρους ή του όγκου τους ανάλογα με το αν είναι σε σκόνη ή σε μορφή υγρού. Τα υλικά του σκυροδέματος θα μπαίνουν στον αναμικτήρα με τις αναλογίες που προβλέπονται στη Μελέτη Συνθέσεως αφού οι αναλογίες άμμου και νερού διορθωθούν ανάλογα με τη φυσική υγρασία των αδρανών. Ο έλεγχος της υγρασίας των αδρανών και οι σχετικές διορθώσεις πρέπει να γίνονται πριν από κάθε σκυροδέτηση. Δεν πρέπει να γίνεται φόρτωση του αναμικτήρα αν το προηγούμενο ανάμειγμα δεν έχει αποφορτωθεί. Απαγορεύεται η προσθήκη υλικών στο μίγμα (όπως στεγανοποιητικών ή άλλων προσθέτων) μετά την απομάκρυνσή του από τον

αναμικτήρα. Σε έτοιμο σκυρόδεμα που μεταφέρεται με αυτοκίνητο – αναδευτήρα επιτρέπεται μόνο η προσθήκη υπερρευστοποιητικού, που θα συνοδεύεται από επανανάμιξη του μίγματος για 3 min.

### **Μεταφορά σκυροδέματος**

Κατά τη μεταφορά του μέχρι τη διάστρωση, το σκυρόδεμα πρέπει να προστατεύεται από τη βροχή ή την πρόσμιξή του με ξένα υλικά και δεν πρέπει να χάνει την ομοιογένειά του. Αν η μεταφορά γίνεται με αυτοκίνητο ή αυτοκίνητο - αναδευτήρα ισχύουν όσα αναφέρονται στην παράγραφο 2 του Σχεδίου Προτύπου ΕΛΟΤ 346 για το έτοιμο σκυρόδεμα. Αν χρησιμοποιείται αντλία, αυτή δεν πρέπει να μεταβάλλει την ομοιογένεια και την εργασιμότητα του μίγματος.

### **Διάστρωση σκυροδέματος**

Η εκφόρτωση πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στη θέση τελικής διαστρώσεως, ώστε να αποφεύγεται η μετακίνηση του σκυροδέματος με φτυάρια ή τσουγκράνες. Απαγορεύεται η μετακίνηση με τον δονητή. Αν η εκφόρτωση δεν είναι δυνατόν να γίνει στη θέση διαστρώσεως, θα χρησιμοποιούνται για την ενδιάμεση μεταφορά αντλίες, κεκλιμένα επίπεδα, μεταφορικές ταινίες ή άλλα μέσα που δεν προκαλούν απόμιξη του μίγματος. Απαγορεύεται η ελεύθερη πτώση του σκυροδέματος από ύψος μεγαλύτερο των 2,5 μέτρων. Σ αυτή την περίπτωση πρέπει να χρησιμοποιούνται κατάλληλοι σωλήνες που θα κατεβάζουν το σκυρόδεμα μέχρι τη θέση διαστρώσεως ή θα ανοίγονται παράθυρα στον ξυλότυπο σε ενδιάμεσα ύψη.

Απαγορεύεται η διάστρωση ολόσωμων πλακών σε δύο στρώσεις (στάρωμα) εφόσον το πάχος των πλακών δεν υπερβαίνει τα 60 cm. Αν το πάχος μιας πλάκας είναι μεγαλύτερο από 60 cm θα τηρούνται όσα αναφέρονται στο άρθρο 9.3.

Το σκυρόδεμα θα διαστρώνεται στο έργο με την κάθιση που προβλέπεται στη Μελέτη Συνθέσεως. Όταν όμως οι ανάγκες του έργου το απαιτούν, ο Επιβλέπων ή η Υπηρεσία μπορεί να μεταβάλει την κάθιση προσαρμόζοντας τις αναλογίες των υλικών σύμφωνα με τις οδηγίες που δίνονται στη Μελέτη Συνθέσεως. Η κάθιση του σκυροδέματος πρέπει να μετριέται πριν από τη διάστρωση σε δείγμα που θα παίρνεται μετά την αποφόρτωση του ενός τρίτου περιπτώ του αναμίγματος ή του ενός τρίτου του φορτίου του, αυτοκινήτου, αν πρόκειται για έτοιμο σκυρόδεμα (εργοταξιακό ή εργοστασιακό). Η τιμή της καθίσεως θα προκύπτει ως μέσος όρος των μετρήσεων δύο δοκιμών που θα γίνονται σε ποσότητες σκυροδέματος προερχόμενες από το ίδιο αρχικό δείγμα. Η τιμή αυτή, προκειμένου περί εργοταξιακού σκυροδέματος, δεν πρέπει να διαφέρει από την κάθιση της Μελέτης Συνθέσεως ή την κάθιση που έχει διαμορφωθεί επιτόπου του έργου ο Επιβλέπων με κατάλληλη προσαρμογή των αναλογιών της Μελέτης Συνθέσεως περισσότερο από το ένα τέταρτό της. Η κάθιση του έτοιμου εργοστασιακού σκυροδέματος πρέπει να βρίσκεται μέσα στα όρια της κατηγορίας καθίσεως του. Αν η τιμή που μετρήθηκε βρίσκεται έξω από αυτά τα όρια, γίνονται ακόμη δύο δοκιμές σε νέο δείγμα και υπολογίζεται ο μέσος όρος των τεσσάρων μετρήσεων. Οι τέσσερις μετρήσεις πρέπει να γίνουν σε διάστημα 15 min. Αν πρόκειται για έτοιμο σκυρόδεμα, του οποίου η

αποφόρτωση καθυστέρηση, από υπαιτιότητα του αγοραστή, περισσότερο από μισή ώρα το εργοστάσιο δεν ευθύνεται για τη μειωμένη κάθιση.

Ο Επιβλέπων ή η Υπηρεσία έχει το δικαίωμα να μη δεχτεί ανάμιγμα ή φορτίο έτοιμου σκυροδέματος, το οποίο έχει κάθιση μεγαλύτερη από εκείνη που αναφέρεται στο άρθρο 8.6. Ο Επιβλέπων ή η Υπηρεσία μπορεί να δεχτεί ανάμιγμα ή φορτίο έτοιμου σκυροδέματος με κάθιση μικρότερη από εκείνη που αναφέρεται στο άρθρο 8.6, αν αυτή αποκατασταθεί επιτόπου με την προσθήκη υπερρρευστοποιητικού. Η δαπάνη του υπερρρευστοποιητικού βαρύνει το εργοστάσιο. Ο Επιβλέπων ή η Υπηρεσία μπορούν να απαιτήσουν την επιτόπου αύξηση της εργασιμότητας του φορτίου έτοιμου σκυροδέματος πέραν της τιμής της παραγγελίας (άρθρο 12.1.1.16).

Η αύξηση της εργασιμότητας θα γίνεται μόνο με υπερρευστοποιητικό. Η δαπάνη του υπερρευστοποιητικού βαρύνει τον αγοραστή. Αν στο μίγμα υπάρχει αερακτικό, το ποσοστό αέρα δεν πρέπει να διαφέρει από το αντίστοιχο ποσοστό της Μελέτης Συνθέσεως ή το ποσοστό για έτοιμο σκυρόδεμα, περισσότερο από 1%. Ο έλεγχος του ποσοστού αέρα θα γίνεται σύμφωνα με τη Μέθοδο Ελέγχου ΣΚ-311 και με την ίδια διαδικασία που γίνεται και ο έλεγχος της καθίσεως (άρθρο 8.6.). Εφόσον πρόκειται να διαστρωθεί στο έδαφος ένα οπλισμένο δομικό στοιχείο, με οπλισμό στην κάτω επιφάνειά του (π.χ. μια πλάκα θεμελιώσεως), το έδαφος θα πρέπει να καλύπτεται με μια ισοπεδωτική στρώση σκυροδέματος μέσου πάχους τουλάχιστον 50 mm.

### **Συμπύκνωση σκυροδέματος**

Η συμπύκνωση του σκυροδέματος πρέπει να γίνεται με δονητή. Όταν το σκυρόδεμα έχει μεγάλη κάθιση (μεγαλύτερη από 20 cm) και το πάχος του στοιχείου που διαστρώνεται είναι μικρό, τότε, μετά από έγκριση του Επιβλέποντα ή της Υπηρεσίας η δόνηση μπορεί να παραλειφθεί και να γίνει τακτοποίηση του μίγματος με σανίδα ή ράβδο. Το είδος του δονητή (εσωτερικός δονητής, δονητής ξυλοτύπου, δονητής επιφάνειας κλπ.) και ο αριθμός των δονητών που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτάται από τη μορφή του στοιχείου που σκυροδετείτε με τη διαδικασία διαστρώσεως, προδιαγράφεται δε στη σύμβαση του έργου. 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 τη διάστρωση οριζόντια και όχι να οριζοντιοποιείται με το δονητή. Κάθε στρώση πρέπει να διαστρώνεται όσο το σκυρόδεμα της προηγούμενης στρώσεως είναι πλαστικό, ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία δονητή θα είναι ία αρμού εργασίας. Οι αποστάσεις μεταξύ των διαδοχικών θέσεων του ίσες με 1,5 A περίπου, όπου A η ακτίνα ενέργειας του δονητή. Κατά τη 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, μόνον όταν η ακαμψία και η ευστάθεια του ξυλοτύπου ή του σιδηροτύπου το επιτρέπουν. 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 το χειριστή.

## **Συντήρηση σκυροδέματος**

Η συντήρηση είναι υποχρεωτική για κάθε έργο. Αρχίζει αμέσως μετά τη διάστρωση και πρέπει να διαρκεί για χρονικό διάστημα που εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες και τις ειδικές απαιτήσεις του έργου (άρθρο 12). Το χρονικό αυτό διάστημα δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερο από επτά (7) ημέρες για την πρώτη φάση συντηρήσεως. Η συντήρηση πρέπει να δημιουργεί τις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας που θα επιτρέψουν να ενυδατωθεί το μεγαλύτερο ποσοστό τσιμέντου του μίγματος.

Η απαραίτητη υγρασία για τη συντήρηση εξασφαλίζεται:

**α)** Με μεθόδους που απαγορεύουν ή επιβραδύνουν την εξάτμιση νερού του μίγματος, όπως ο ψεκασμός με ειδικά υγρά που σχηματίζουν επιφανειακή μεμβράνη, η επικάλυψη με λινάτσες, άμμο, αδιάβροχα φύλλα κλπ.

**β)** Με μεθόδους που αντικαθιστούν το νερό που εξατμίζεται, όπως κατάβρεγμα, πλημμύρισμα κλπ.

Αν στη σύμβαση του έργου δεν αναφέρεται διαφορετικά και αν δεν προβλέπεται παγετός, η συντήρηση θα γίνεται ως εξής: Αμέσως μετά το τέλος της διαστρώσεως όλες οι ελεύθερες επιφάνειες του σκυροδέματος θα σκεπάζονται με λινάτσες. Οι λινάτσες θα διατηρούνται υγρές ολόκληρο το 24ωρο και για επτά τουλάχιστον ημέρες. Σ αυτό το διάστημα η κυκλοφορία του προσωπικού και κάθε άλλη εργασία αναγκαία για τη συνέχιση του έργου θα γίνεται πάνω στις λινάτσες. Η ίδια μέθοδος και για το ίδιο χρονικό διάστημα θα εφαρμόζεται και στις κατακόρυφες επιφάνειες, μετά την απομάκρυνση του ξυλοτύπου τους. Αν οι λινάτσες απομακρυνθούν πριν από τη συμπλήρωση 14 ημερών από τη διάστρωση, για το χρονικό διάστημα από τις 7 μέχρι τις 14 ημέρες, το σκυρόδεμα θα διαβρέχεται μέχρι κορεσμού της επιφάνειάς του δύο φορές την ημέρα και από τις 14 μέχρι τις 28 ημέρες μια φορά την ημέρα.

Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου συντηρήσεως και η εν γένει πρόοδος της σκληρύνσεως ελέγχεται με δοκίμια, τα οποία παραμένουν δίπλα στο έργο και συντηρούνται όπως αυτό (δοκίμια του έργου). Οι αντοχές αυτών των δοκιμίων δεν θα λαμβάνονται υπόψη στους ελέγχους συμμορφώσεως. Η διαβροχή λίγης ώρας και γενικά η διαβροχή που δεν συνεχίζεται ολόκληρο το 24ωρο δεν θεωρείται ικανοποιητική συντήρηση για τις μικρές ηλικίες του σκυροδέματος. Εφαρμόζεται μόνο μετά το τέλος της φάσεως της κύριας συντηρήσεως.

## 2.6 ΣΥΝΘΕΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗΝ ΒΟΗΘΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Με την βοήθεια του προγράμματος «Concrete quality» θα δούμε την διαδικασία μελέτης σύνθεσης σκυροδέματος ανάλογα με τις ανάγκες μας.

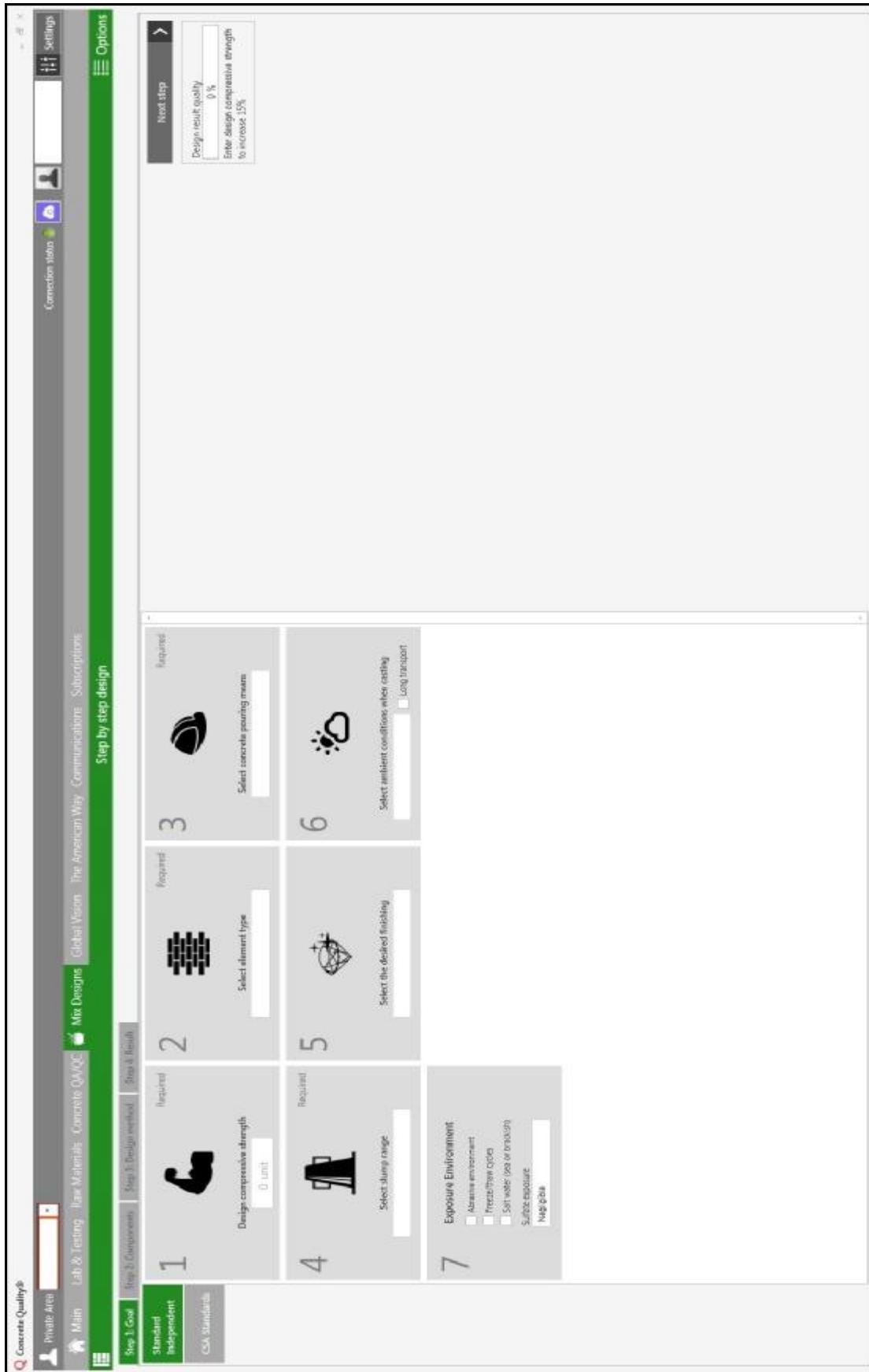


Εικόνα 23. Η επιφάνεια εργασίας του προγράμματος, επιλέγουμε «Mix designs»

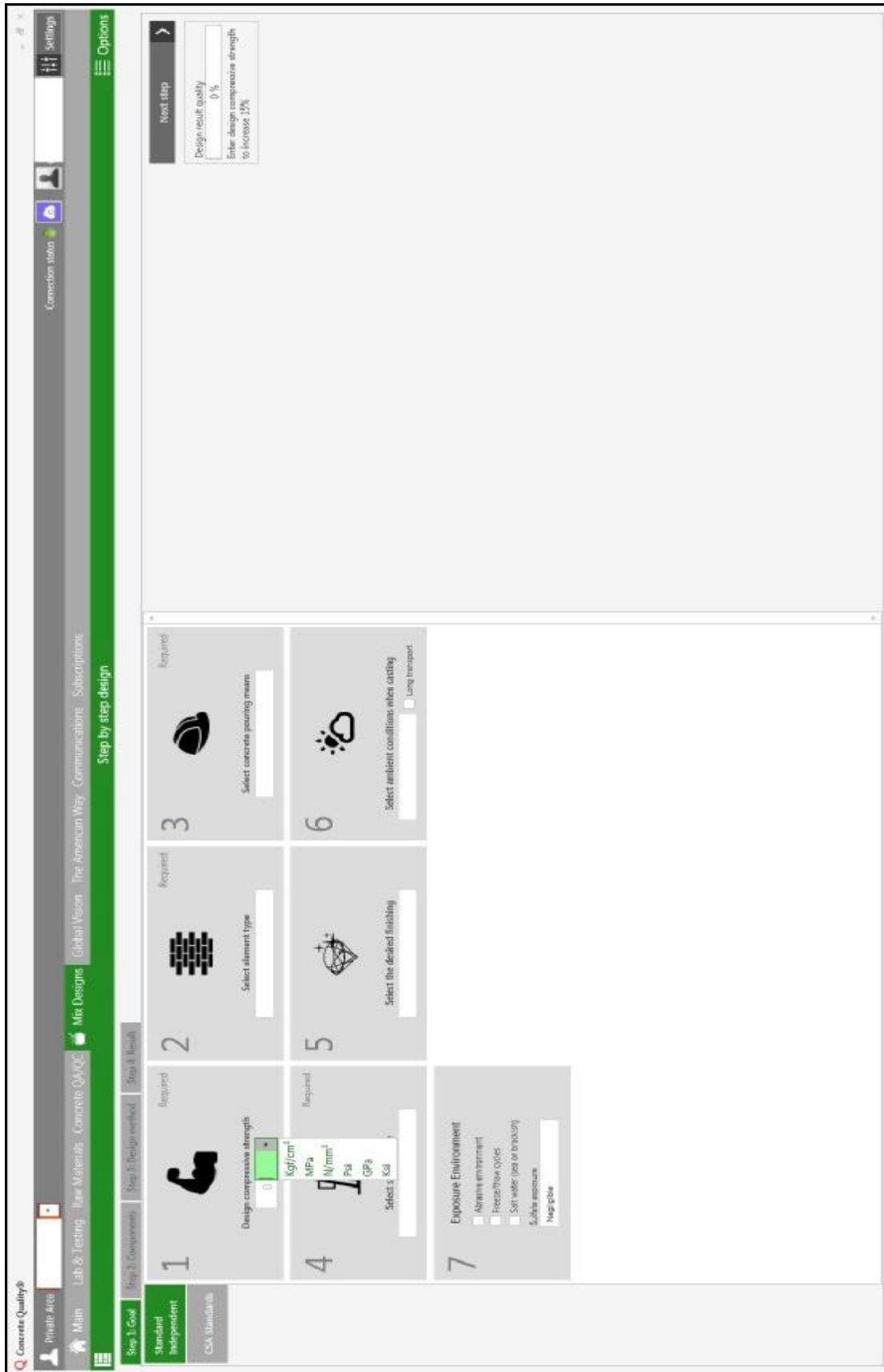


Εικόνα 24. Στην επόμενη επιφάνεια επιλέγουμε "Step by step"

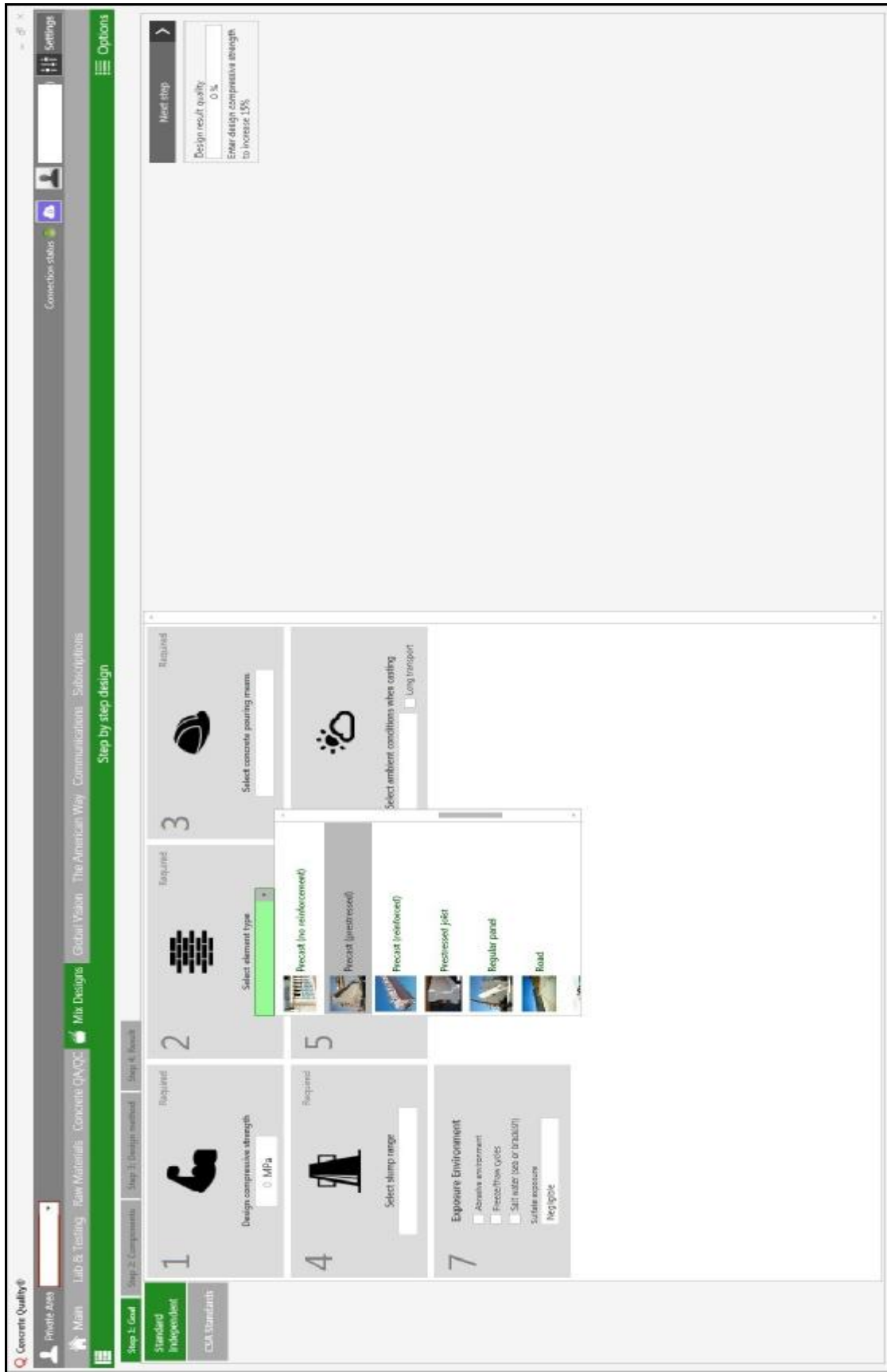




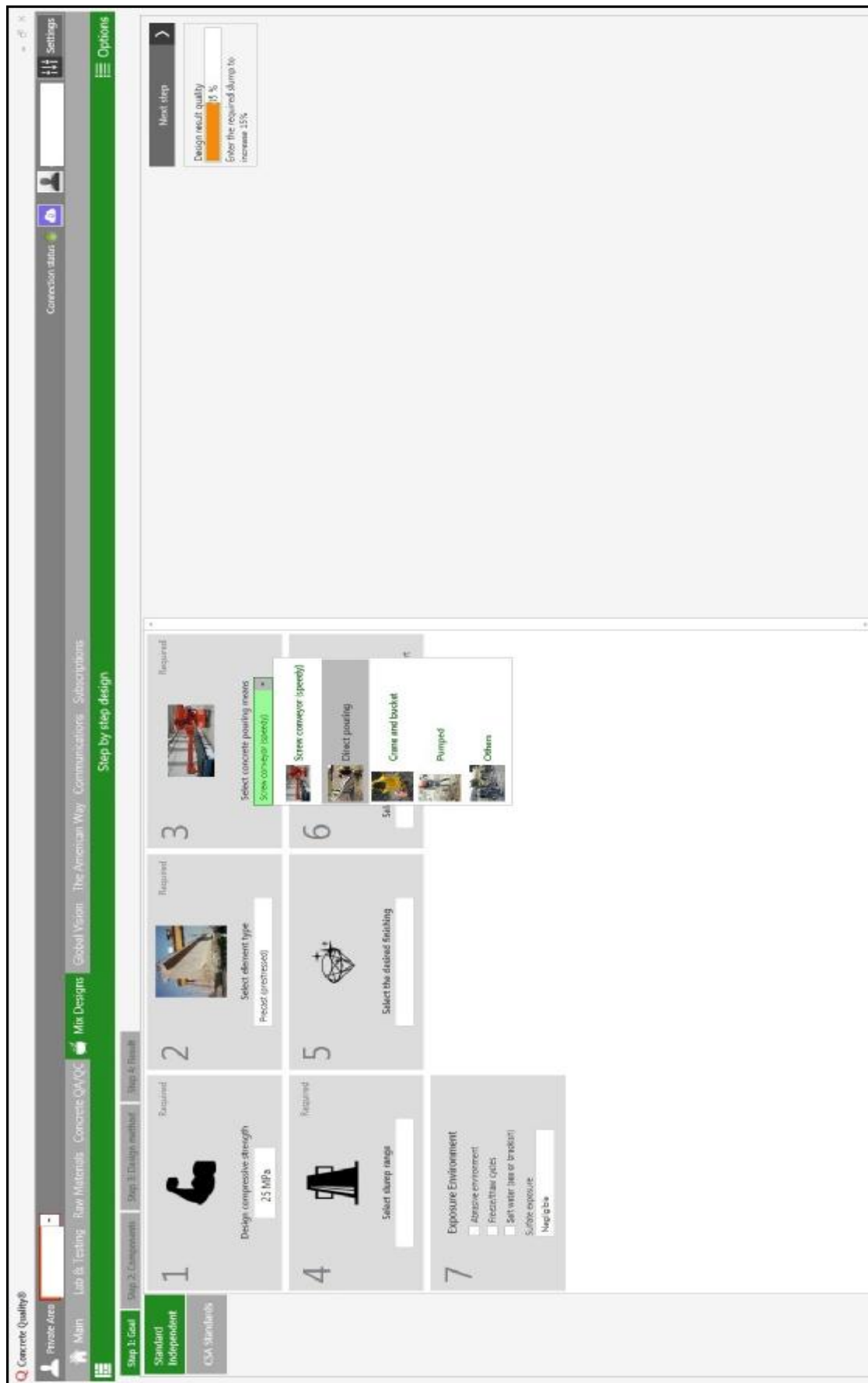
Εικόνα 25. Επιλέγουμε τις προδιαγραφές που θέλουμε για το σκυρόδεμα μας, μέσα από τις έξι επιλογές.



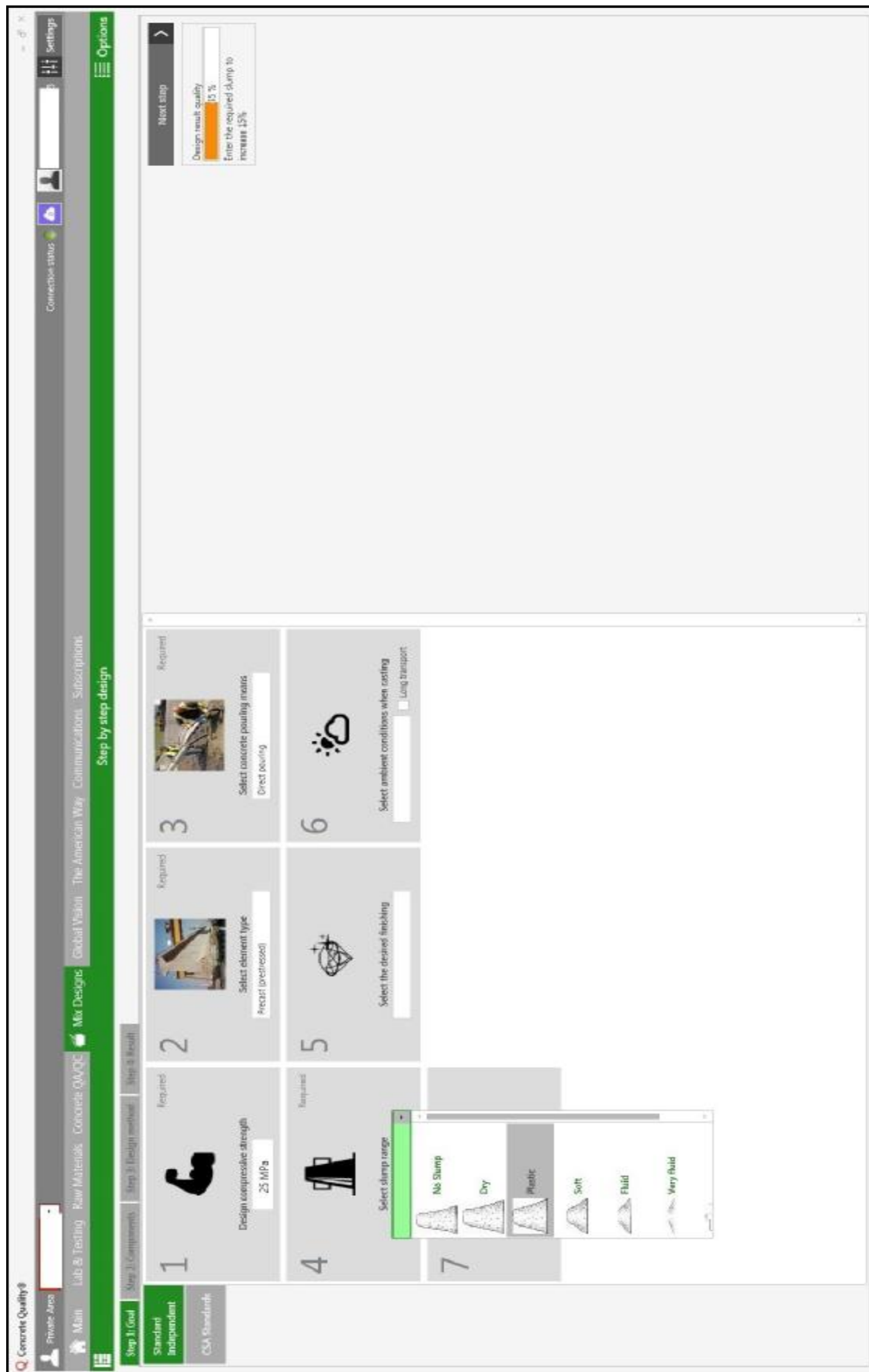
Εικόνα 26. Στο κελί 1 επιλέγουμε την αντοχή που θέλουμε και τις μονάδες μέτρησης.



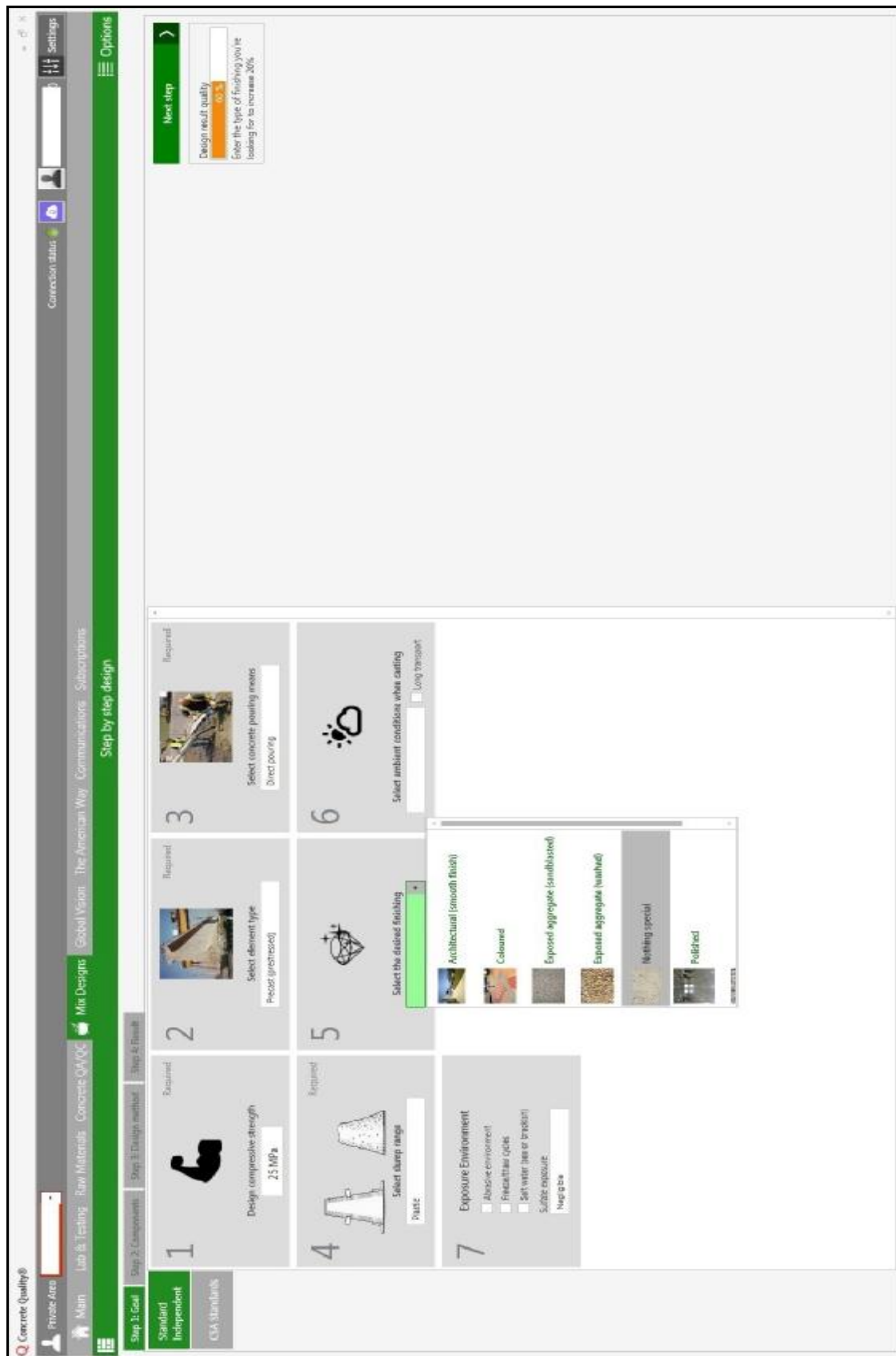
Εικόνα 27. Στο κελί 2 επιλέγουμε το είδος κατασκευής που θα σκυροδετήσουμε.



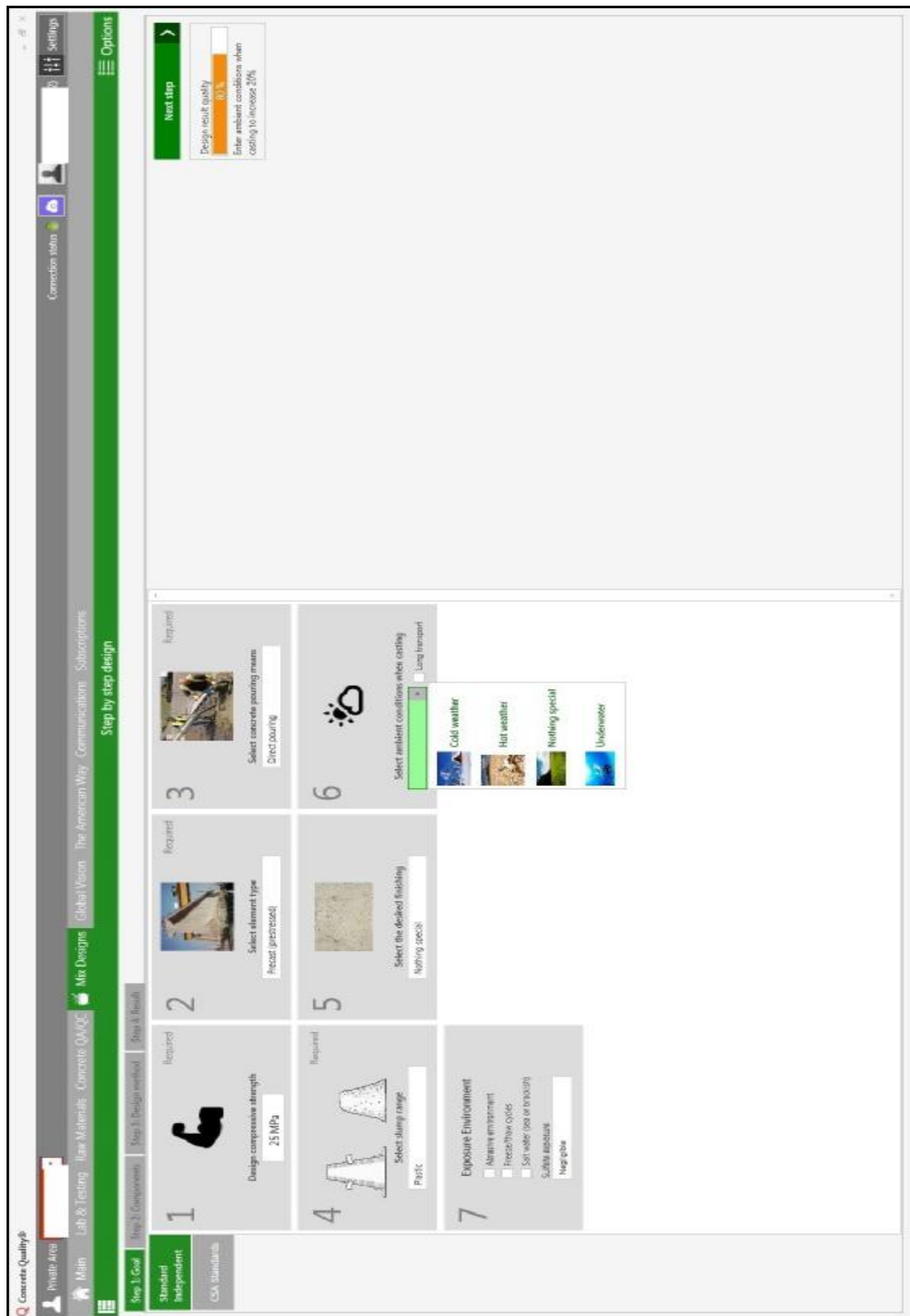
Εικόνα 28. Στο κελί 3 επιλέγουμε τον τρόπο που θα σκυροδετήσουμε.



Εικόνα 29. Στο κελί 4 επιλέγουμε τον τύπο κάθισης.

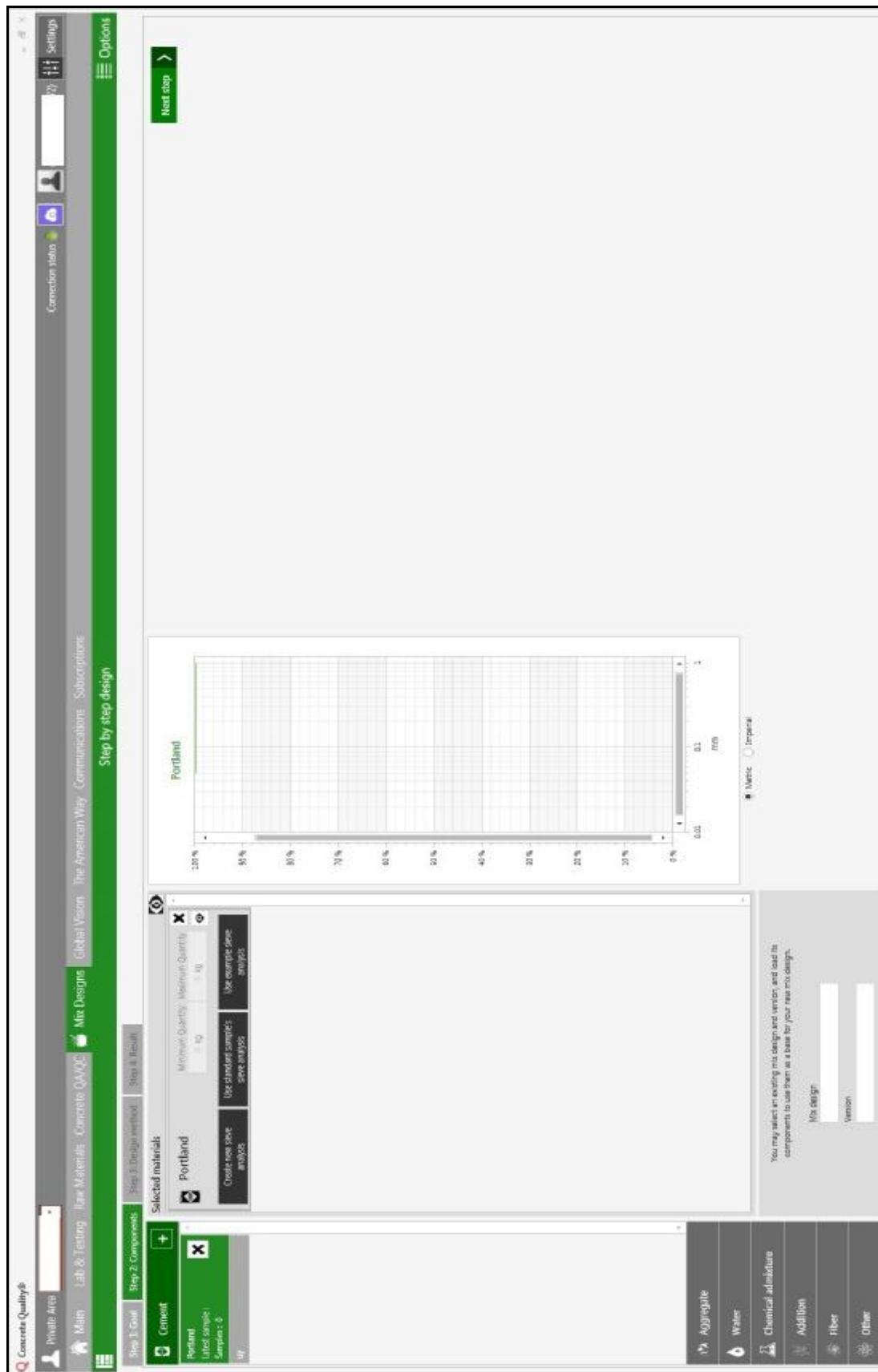


Εικόνα 30. Στο κελί 5 επιλέγουμε τυχόν επικαλύψεις που θα τοποθετήσουμε αργότερα.



Εικόνα 31. Στο κελί 6 επιλέγουμε τις καιρικές συνθήκες.

Εφόσον έχουμε επιλέξει τις 6 προδιαγραφές, παρατηρούμε ότι πάνω δεξιά στην οθόνη γεμίζει μία μπάρα όπου όταν ολοκληρωθεί μας επιτρέπει να πάμε στο επόμενο βήμα. (βλέπε παρακάτω)



Εικόνα 32.Εδώ επιλέγουμε τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν. Αριστερή στήλη της οθόνης.



The screenshot displays the 'Concrete Quality' software interface. The top navigation bar includes 'Private Area', 'My Playground', 'R&D Lab', 'Main', 'Raw Materials', 'Production', 'Quality Mix', and 'Options'. The 'Quality Mix' section is active, showing 'Step 1: Goal', 'Step 2: Components', 'Step 3: Design method', and 'Step 4: Result'. The 'Selected materials' list includes 'Portland cement' (Pyramid Cements) and 'Fine siliceous sand' (Desert Sands). The 'Fine siliceous sand' material is highlighted, and its sieve analysis data is shown in a graph and a table.

The sieve analysis data is as follows:

Sieve Size	Minimum Quantity (kg)	Maximum Quantity (kg)
350 µm	350	400
75 µm	10	10

The graph shows the cumulative percentage of sand passing through various sieve sizes. A yellow arrow points to the graph with the text: 'Sieve test information shows the data for the selected material'. Below the graph, there are buttons for 'Create new sieve analysis', 'Use standard sample's sieve analysis', and 'Use example sieve analysis'. The bottom right of the interface contains a 'Recommend' button and a 'Volume to calculate' field set to '1 m³'.

Εικόνα 33. Έχοντας επιλέξει το τσιμέντο, προχωράμε με τα σκύρα και την άμμο. (Από την βάση δεδομένων ή δικά μας στοιχεία)

The screenshot displays the 'Concrete Quality' software interface. The top navigation bar includes 'Private Area', 'My Playground', 'R&D Lab', 'Raw Materials', 'Production', 'Global Vision', 'Communications', 'Subscriptions', 'Settings', and 'IM (2)'. The main interface is divided into several sections:

- Left Panel:** A vertical menu with 'Step 1: Goal', 'Step 2: Components', 'Step 3: Design method', and 'Step 4: Result'. Under 'Step 2: Components', 'Aggregate' is selected, showing a list of materials: 'Fine siliceous sand', 'Limestone gravel 10/20', 'Limestone gravel 4/10', 'Limestone sand 0/5', and 'Limestone gravel 4/10'. The 'Limestone sand 0/5' material is highlighted in green.
- Selected materials:** A central panel showing 'Portland cement', 'Fine siliceous sand', and 'Limestone gravel 4/10'. Each material has input fields for 'Minimum Quantity' and 'Maximum Quantity' (e.g., 350 kg and 400 kg for cement). Below these are buttons for 'Create new sieve analysis', 'Use standard sample's sieve analysis', and 'Use example sieve analysis'.
- Right Panel:** A 'Limestone gravel 4/10' sieve analysis graph showing a curve on a grid. A yellow arrow points to the curve with the text: 'You can leave min and max values blank, or use only one of them'. Below the graph are input fields for 'Set W/C ratio', 'Set % air content' (0.00%), and 'Volume to calculate' (1 m³). A 'Recommend' button is also present.
- Bottom Panel:** A list of other materials: 'Water', 'Chemical admixture', 'Addition', 'Fiber', and 'Other'.

Εικόνα 34. Επιλέγοντας τα υλικά μπορούμε να δώσουμε και το ποσοτικό εύρος για το καθένα.

The screenshot displays the 'Concrete Quality' software interface. The top navigation bar includes 'Private Area', 'My Playground', 'PLAYGROUND MODE', 'R&D Lab', 'Raw Materials', 'Production', 'Quality Mix', and 'Options'. The main workspace is divided into several sections:

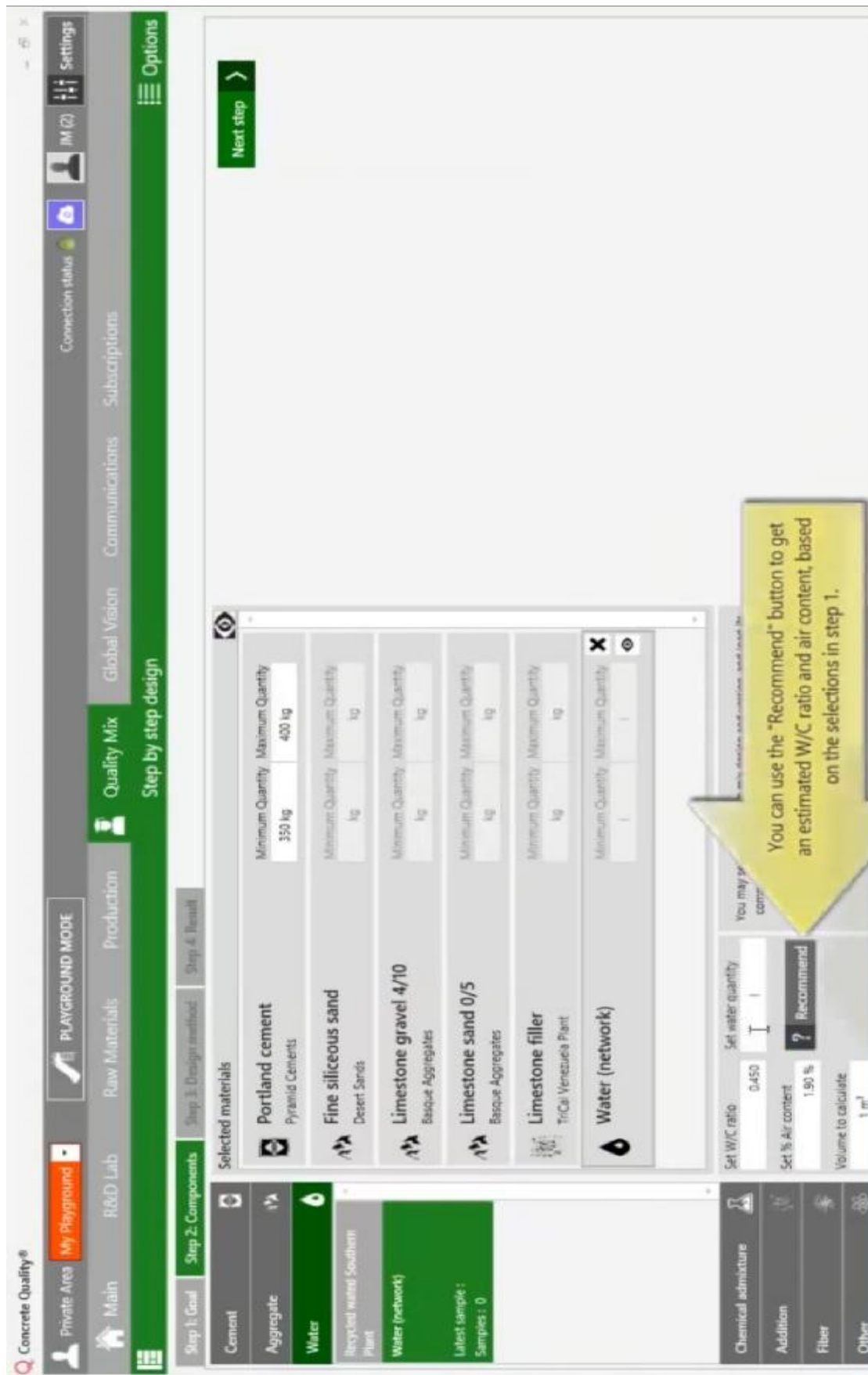
- Left Panel:** A vertical menu with categories: Cement, Aggregate, Water, Chemical admixture, and Addition. Under 'Addition', 'Limestone filler' is selected, showing details: 'Trical Venezuela Plant', 'Limestone Crushing, Ltd', 'Latest sample: 1/15/2014', 'Samples: 1', and 'Silica fume'.
- Center Panel:** 'Selected materials' section with a table:
 

Material	Minimum Quantity	Maximum Quantity
Portland cement (Pyramid Cements)	350 kg	400 kg
Fine siliceous sand (Desert Sands)	kg	kg
Limestone gravel 4/10 (Basique Aggregates)	kg	kg
Limestone sand 0/5 (Basique Aggregates)	kg	kg
Limestone filler (Trical Venezuela Plant)	kg	kg
- Right Panel:** 'Limestone filler' sieve analysis graph showing a curve from 100% at 0.075mm to approximately 30% at 0.15mm. Below the graph are buttons for 'Create new sieve analysis', 'Use standard sample's sieve analysis', and 'Use example sieve analysis'. Further right, there are input fields for 'Set W/C ratio', 'Set % Air content' (0.00%), and 'Volume to calculate' (1 m³), along with a 'Recommend' button.
- Bottom Panel:** 'Fiber' and 'Other' categories with icons.

Εικόνα 35. Μέχρι τώρα έχουμε επιλέξει: τσιμέντο , άμμο, σκύρα χονδρ. και λεπτ , filler .



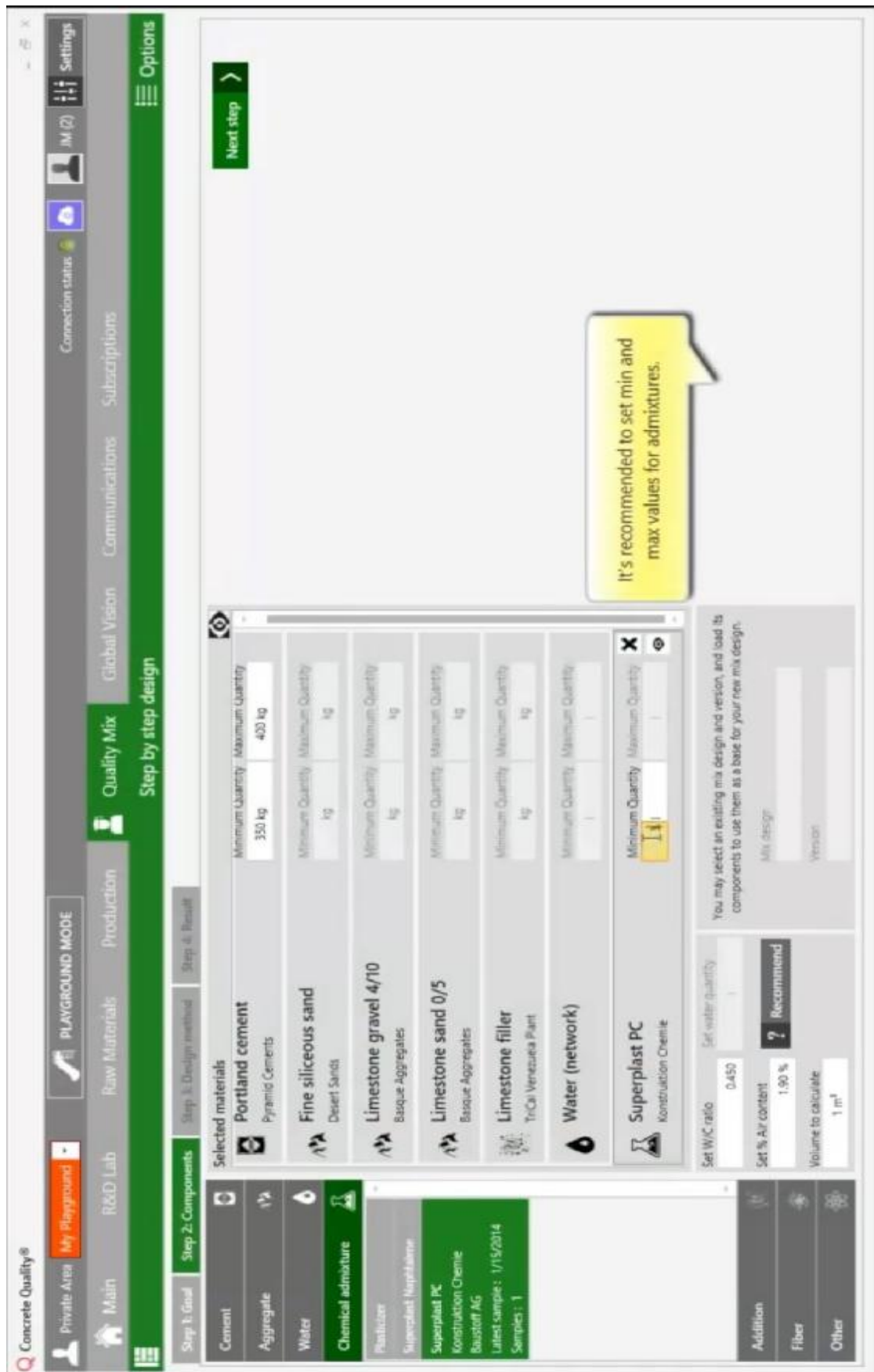
Εικόνα 36. Επιλέγοντας και το νερό μας δίνεται η επιλογή να εξαρτήσουμε την ποσότητα του νερού με το τσιμέντο με διάφορους τρόπους.



Εικόνα 37. Είναι απαραίτητο να δώσουμε και την ποσότητα του αέρα.



Εικόνα 38. Ακόμα έχουμε την επιλογή να δώσουμε την συνολική ποσότητα σκυροδέματος που χρειαζόμαστε.



Εικόνα 39. Επιλέγουμε την ποσότητα του προσμίκτη (εύρος).

The screenshot displays the 'Concrete Quality' software interface. The top navigation bar includes 'Private Area', 'My Playground', 'R&D Lab', 'Main', 'Raw Materials', 'Production', 'Quality Mix', 'Global Vision', 'Communications', 'Subscriptions', 'Connection status', 'IM (2)', and 'Settings'. The main workspace is divided into several sections:

- Left Panel:** A vertical menu with 'Cement', 'Aggregate', 'Water', 'Chemical admixture', 'Plasticizer', 'Superplastic Naphtholene', 'Superplast PC', 'Konstruktion Chemie', 'Baustoff AG', 'Latest sample: 1/15/2014', and 'Samples: 1'.
- Center Panel:** A list of 'Selected materials' with input fields for 'Minimum Quantity' and 'Maximum Quantity':
  - Portland cement (Pyramid Cements): 350 kg, 400 kg
  - Fine siliceous sand (Desert Sands): kg, kg
  - Limestone gravel 4/10 (Basique Aggregates): kg, kg
  - Limestone sand 0/5 (Basique Aggregates): kg, kg
  - Limestone filler (Trical Verticeux Part): 100 kg, kg
  - Water (network): Minimum Quantity, Maximum Quantity
- Right Panel:** A 'Limestone filler' graph showing a curve on a grid. A yellow callout box states: 'Let's set also a range for the limestone filler quantity. This is not required, just as an example.' Below the graph are buttons for 'Create new sieve analysis', 'Use standard sample's sieve analysis', and 'Use example sieve analysis'. Further right are input fields for 'Set W/C ratio' (0.450), 'Set % Air content' (1.90%), and 'Volume to calculate' (1 m³), along with a 'Recommend' button.
- Bottom Panel:** A row of buttons labeled 'Addition', 'Fiber', and 'Other'.

A 'Next step' button is located at the bottom right of the main workspace.

Εικόνα 40. Δίνουμε και το ποσοτικό εύρος και στα υπόλοιπα υλικά.

Δίνοντας όλα τα στοιχεία, μπορούμε να προχωρήσουμε στο επόμενο βήμα πατώντας το κουμπί πάνω δεξιά στην οθόνη.



Concrete Quality®

Private Area My Playground

PLAYGROUND MODE

Connection status IM (2) Settings

Main R&D Lab Raw Materials Production Quality Mix Global Vision Communications Subscriptions

Step by step design

Step 1: Goal Step 2: Components Step 3: Design method Step 4: Result

### Recommend method

**SCC 1**  
 Reference curve  
 Empiric reference curve, based on other self-compacting concretes with good performance. Ideal for a mix of round and crushed aggregates.

**SCC 2**  
 Reference curve

**SCC 3**  
 Reference curve

Shotcrete  
 Reference curve

Fuller  
 Theoretical

Boltonny  
 Theoretical

AS Power Chart  
 Theoretical

Let's select a mix design method

**Required parameters**  
 This method doesn't have any required parameters

**Other parameters**  
 Set W/C ratio: 0.450  
 Set water quantity: 1  
 Set % Air content: 1.90 %  
 Volume to calculate: 1 m<sup>3</sup>

**Optimize!**

Size	Unit	Passing %	Weight...
16,000	mm	100.00 %	1
14,000	mm	99.30 %	1
12,500	mm	91.80 %	1
10,000	mm	78.60 %	1
8,000	mm	69.30 %	1
6,300	mm	64.80 %	1
5,000	mm	63.90 %	1
4,000	mm	63.00 %	1
2,000	mm	54.60 %	1
1,000	mm	49.30 %	1
0,500	mm	42.60 %	2
0,250	mm	31.70 %	2
0,125	mm	25.00 %	4
0,063	mm	22.90 %	4

Εικόνα 41. Στο επόμενο βήμα επιλέγουμε την μέθοδο σύνθεσης από την στήλη αριστερά της οθόνης.

**Concrete Quality**

Private Area My Playground PLAYGROUND MODE Connection status JM (2) Settings

Main R&D Lab Raw Materials Production Quality Mix Global Vision Communications Subscriptions Step by step design Options

Step 3: Goal Step 2: Components Step 1: Result

### SCC 2

**Recommended method**

**SCC 1**  
Reference curve

**SCC 2**  
Reference curve  
Empiric reference curve, based on other self compacting concretes with good performance. For smaller aggregate size than reference Nr 1.

**SCC 3**  
Reference curve

Slabcrete  
Reference curve

Fuller  
Theoretical

Bolomy  
Theoretical

AS Power Chart  
Theoretical

**Required parameters**  
This method doesn't have any required parameters

**Other parameters**  
Set W/C ratio: 0.450  
Set water quantity: 1  
Set % Air content: 1.90 %  
Volume to calculate: 1 m<sup>3</sup>

**Graph**

Aggregate size (mm)	Aggregate content (%)
14,000	97.60 %
12,500	95.80 %
10,000	92.80 %
8,000	83.90 %
6,300	75.70 %
5,000	70.20 %
4,000	64.70 %
2,000	57.20 %
1,000	48.40 %
0,500	36.80 %
0,350	27.60 %
0,125	25.20 %
0,063	23.40 %

**Optimize!**

Our aggregate is small, so let's keep this one!

Εικόνα 42. Στην περίπτωση μας το πρόγραμμα μας προτείνει την μέθοδο 2. Πατάμε «Optimize»



Εικόνα 43. Η σύνθεση είναι έτοιμη. Στην αριστερή στήλη φαίνονται οι ποσότητες των υλικών που είχαμε επιλέξει.

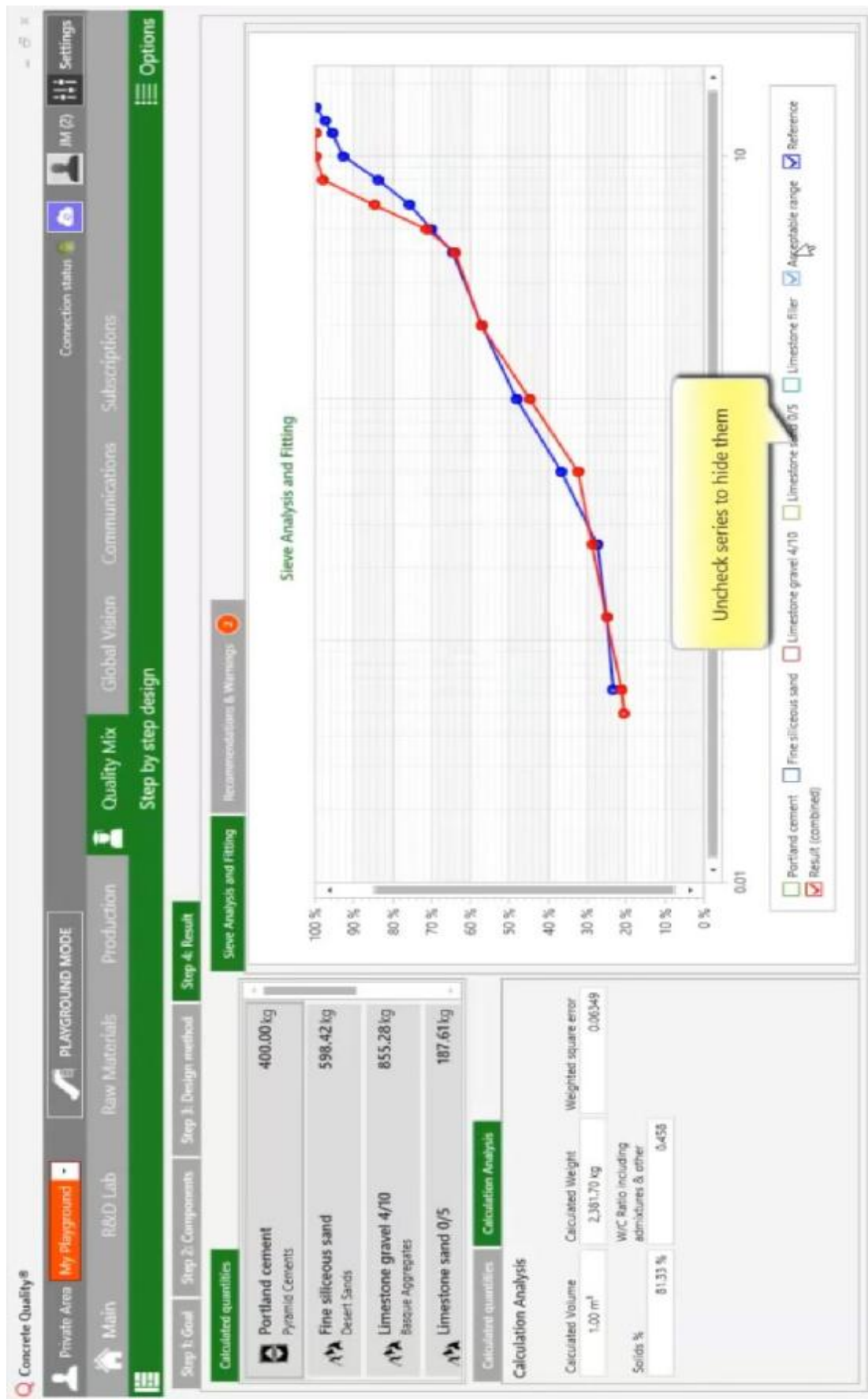


Εικόνα 44. Τα υπόλοιπα υλικά.





Εικόνα 46. Πιο αναλυτικά δεδομένα, κοκκομετρική καμπύλη.



Εικόνα 47. Επιλογή εμφάνισης δεδομένων.

The screenshot displays the 'Concrete Quality' software interface. The top navigation bar includes 'Private Area', 'My Playground', 'PLAYGROUND MODE', 'R&D Lab', 'Raw Materials', 'Production', 'Quality Mix', 'Global Vision', 'Community', 'Subscriptions', 'JM (2)', and 'Settings'. The main content area is divided into several sections:

- Step 1: Goal**
- Step 2: Components**
- Step 3: Design method**
- Step 4: Result**
- Score Analysis and Fitting**
- Recommendations & Warnings** (highlighted with a red circle)

A yellow callout box points to the 'Recommendations & Warnings' section, containing the text: "Quality Mix gives you recommendations and warnings based on your choices of goals, conditions, materials and mix design method".

The 'Recommendations (2)' section includes:

- Abrasive environments:** To reduce concrete abrasion (by wind or other use factors) it's recommended the use of strong, hard aggregates (high Los Angeles test value), create a high strength concrete and use a finishing technique that reduces cracking and increases abrasion resistance (e.g. polishing with quartz/corundum except for roads). In extreme cases you can add steel fibers to avoid aggregate detachment.
- SCC: Mixing time:** Self Compacting Concretes require higher than usual stirring, and usually it's not enough to mix all the components directly in the mixer truck. This is because of the high fine content in SCCs, and also because SCC-specific superplasticizer usually take a longer time to fully develop their effect. In horizontal mixers the usual mixing time for SCC is around 3 minutes after all components have been poured into the mixer.

The 'Calculation Analysis' section shows a table of calculated quantities:

Material	Quantity
Portland cement Pyramid Cements	400.00 kg
Fine siliceous sand Desert Sands	598.42 kg
Limestone gravel 4/10 Esque Aggregates	855.28 kg
Limestone sand 0/5	187.61 kg

Below the table, the 'Calculation Analysis' section provides the following data:

Calculated Volume	1.00 m <sup>3</sup>	Calculated Weight	2,381.70 kg	Weighted square error	0.06348
Solids %	81.33 %	W/C Ratio including admixtures & other	0.458		

Εικόνα 48. Παρατηρήσεις του προγράμματος.



The screenshot displays the 'Concrete Quality' software interface. The top navigation bar includes 'Private Area', 'My Playground', 'PLAYGROUND MODE', 'Connection status', 'IM (2)', and 'Settings'. The main navigation bar features 'Main', 'R&D Lab', 'Raw Materials', 'Production', 'Global Vision', 'Quality Mix', and 'Options'. A yellow arrow points to the 'Options' menu.

The interface is divided into several sections:

- Step 3: Goal** / **Step 2: Components** / **Step 3: Design method** / **Step 4: Result**
- Calculated quantities** table:

Material	Quantity
Portland cement Pyramid Cements	400.00 kg
Fine siliceous sand Desert Sands	598.42 kg
Limestone gravel 4/10 Basque Aggregates	855.28 kg
Limestone sand 0/5	187.61 kg

- Calculation Analysis** table:

Parameter	Value	Weighted square error
Calculated Volume	1.00 m <sup>3</sup>	0.06348
Calculated Weight	2,381.70 kg	
W/C Ratio including admixtures & other		0.458
Solids %	81.33 %	

- Recommendations (2)** / **Recommendations & Warnings (2)** / **Warnings (0)**
- Recommendations:**
  - Abrasive environments:** To reduce concrete abrasion (by wind or other use factors) it's recommended the use of strong, hard aggregates (high Los Angeles test value), create a high strength concrete and use a finishing technique that reduces cracking and increases abrasion resistance (e.g. polishing with quartz/corundum except for roads). In extreme cases you can add steel fibers to avoid aggregate detachment.
  - SCC: Mixing time:** Self Compacting Concretes require higher than usual stirring and usually it's not enough to mix all the components directly in the mixer truck. This is because of the high fine content in SCCs, and also because SCC-specific superplasticizer usually take a longer time to fully develop their effect. In horizontal mixers the usual mixing time for SCC is around 3 minutes after all components have been poured into the mixer.

Buttons at the bottom right include 'Reset', 'Create test batch', and 'Create new mix design'. A note states: 'You can select an existing mix design, and save this new design as a new version of it. Mix design.'

Εικόνα 49. Επιλογές ρυθμίσεων.

The screenshot displays the 'Concrete Quality' software interface, currently in 'PLAYGROUND MODE'. The top navigation bar includes 'Private Area', 'My Playgrounds', 'R&D Lab', 'Raw Materials', 'Production', 'Quality Mix', 'Global Vision', 'Communications', 'Subscriptions', and 'Settings'. The main navigation bar shows 'Main', 'Step 1: Goal', 'Step 2: Components', 'Step 3: Design method', and 'Step 4: Result'. The 'Quality Mix' section is active, with a 'Step by step design' indicator.

The interface is divided into several sections:

- Calculated quantities:**
  - Portland cement (Pyramid Cements): 400.00 kg
  - Fine siliceous sand (Desert Sands): 598.42 kg
  - Limestone gravel 4/10 (Basque Aggregates): 855.28 kg
  - Limestone sand 0/5: 187.61 kg
- Calculation Analysis:**
  - Calculated Volume: 1.00 m<sup>3</sup>
  - Calculated Weight: 2,381.70 kg
  - Weighted square error: 0.00349
  - Solids %: 81.33 %
  - W/C Ratio including admixtures & other: 0.458
- Recommendations (2):**
  - Abrasive environments:** To reduce concrete abrasion (by wind or other use factors) it's recommended the use of strong, hard aggregates (high Los Angeles test value), create a high strength concrete and use a finishing technique that reduces cracking and increases abrasion resistance (e.g. polishing with quartz/conchudum except for roads). In extreme cases you can add steel fibers to avoid aggregate detachment.
  - SCC: Mixing time:** Self Compacting Concretes require higher than usual stirring, and usually it's not enough to mix all the components directly in the mixer truck. This is because of the high fine content in SCCs, and also because SCC-specific superplasticizer usually take a longer time to fully develop their effect. In horizontal mixers the usual mixing time for SCC is around 3 minutes after all components have been poured into the mixer.
- Warnings (0):** A yellow arrow points to a message: "Here it is, saved to your mix designs database!".
- Options:**
  - Reset
  - Create test batch
  - Create new mix design
  - Mix design: New mix design by Quality Mix (v)

Εικόνα 50. Αποθήκευση μελέτης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΝΕΟΙ ΤΥΠΟΙ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

### 3.1 ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Το σκυρόδεμα που συντίθεται από υδραυλικά τσιμέντα, λεπτόκοκκα ή/και χονδρόκοκκα αδρανή και ασυνεχείς διακριτές ίνες ορίζεται ως ινοπλισμένο σκυρόδεμα. Οι ίνες είναι μικρού μήκους, της τάξης των μερικών εκατοστών, και διαμέτρου που είναι συνήθως κλάσμα του χιλιοστού, και διασκορπίζονται στη μάζα του υλικού κατά την ανάμιξη των συστατικών του, σε ποσοστό της τάξης του 1-3% κατά όγκο. Συνήθως παρασκευάζονται από χάλυβα, πολυπροπυλένιο ή γυαλί, ενώ εφαρμογές βρίσκουν και ίνες από άλλα υλικά, όπως ο άνθρακας, η αραμίδη, ο πολυεστέρας, το νάιλον, και φυσικά υλικά, όπως το ξύλο. Ο βασικός ρόλος των ινών στο σκυρόδεμα είναι η αύξηση της παραμόρφωσης του υλικού κατά την αστοχία (που σχετίζεται με εφελκύστηκες τάσεις) και ο περιορισμός γενικά της ρηγμάτωσης (π.χ. λόγω συστολής ξήρανσης), ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις επιτυγχάνεται και (μικρή συνήθως) αύξηση της αντοχής.



Εικόνα 51.

Αποτέλεσμα είναι κυρίως η αύξηση της δυσθραυστότητας του υλικού, δηλαδή της ικανότητας του να απορροφήσει ενέργεια κατά την παραμόρφωση, που αντιπροσωπεύεται από το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη φορτίου - παραμόρφωσης. Το εμβαδόν αυτό είναι συχνά 10-40 φορές μεγαλύτερο για το ινοπλισμένο σκυρόδεμα από ότι στο άοπλο.

Τα τελευταία χρόνια οι χρήσεις του ΙΝΟ.Σ. έχουν επεκταθεί σε παρά πολλές κατηγορίες έργων πολιτικού μηχανικού λόγω των βελτιωμένων μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων του σε σύγκριση με το συμβατικό άοπλο σκυρόδεμα.

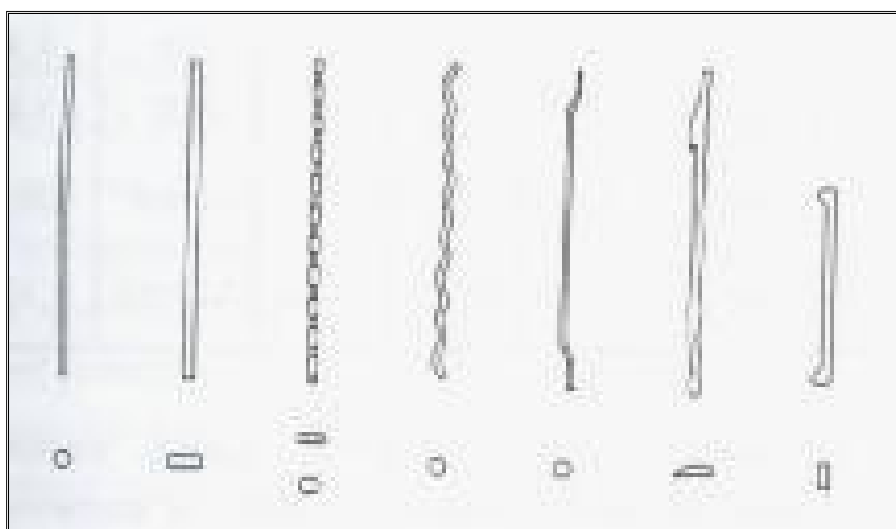
## ΥΛΙΚΑ

### Είδη ινών

Τυπικές ιδιότητες για διάφορες τεχνητές ίνες που χρησιμοποιούνται στο σκυρόδεμα δίνονται στον πίνακα 13. Οι πιο διαδεδομένες ίνες σκυροδέματος είναι οι ίνες χάλυβα. Διατίθενται σε μεγάλη ποικιλία μορφών, όπως αυτές της εικόνα 34 . Αρκετά διαδεδομένες επίσης είναι και οι ίνες πολυπροπυλενίου, κυρίως λόγω του χαμηλού κόστους και της χημικής τους αδράνειας. Οι ίνες αυτές είναι συνήθως συσσωματωμένες σε ομάδες και όχι μεμονωμένες, για να βελτιώνεται η συνάφεια με το σκυρόδεμα και να διευκολύνεται ο διασκορπισμός τους κατά την ανάμιξη. Προστίθενται στο σκυρόδεμα σε ποσότητα που κυμαίνεται μεταξύ  $0,5-2\text{kg/m}^3$ . Οι ίνες γυαλιού Ε είναι αρκετά διαδεδομένες και είναι χαμηλού κόστους, άλλα βασικό μειονέκτημα τους είναι ότι προσβάλλονται από το αλκαλικό περιβάλλον του σκυροδέματος. Περισσότερο ανθεκτικές στο περιβάλλον αυτό είναι οι ίνες γυαλιού ΑR, που όμως κοστίζουν αρκετά παραπάνω. Το αρκετά υψηλό κόστος των ινών άνθρακα και αραμίδης έχει εμποδίσει μέχρι σήμερα την ευρεία χρήση τους σε κατασκευές σκυροδέματος, παρόλο που η επίδραση τους στο υλικό έχει ιδιαίτερα ευνοϊκά αποτελέσματα (ιδιαίτερα των ινών άνθρακα).

Επιθυμητά χαρακτηριστήκα των ινών για τη βελτίωση της μηχανικής συμπεριφοράς του σκυροδέματος είναι: μεγάλο μέτρο ελαστικότητας, που επιτρέπει μεταφορά τάσεων από το σκυρόδεμα στις ίνες, λόγος Poisson παρόμοιος με αυτόν του σκυροδέματος, ώστε να μην προκαλείται αποκόλληση των ινών, μεγάλος λόγος μήκους προς διάμετρο ( $l/d$ ), ώστε η

αστοχία των ινών να γίνεται με εξολκευση και όχι με θραύση, και να αυξάνεται το έργο παραμόρφωσης και όσο το δυνατόν πιο παραμορφωμένη επιφάνεια, ώστε να βελτιώνεται η συνάφεια τους με το σκυρόδεμα και να αυξάνεται το φορτίο που απαιτείται για την αποκόλληση και εξολκευση τους.



Εικόνα 52.

Ινες	Διαμέτρος (μm)	Μήκος (mm)	Πυκνότητα (Kg/m <sup>3</sup> x10 <sup>3</sup> )	Μετρ. Ελαστικ. (GPa)	Λόγος Poisson	Εφελκ. αντοχή (MPa)	Παραμόρφ. θραύσης (%)	Τυπική αναλογία (% κ.ο)
Χάλυβας	100-600	10-60	7,86	200	0,28	700-2000	3,5	0,5-2
Ανοξ. Χαλ	10-330	10-60	7,86	160	0,28	2100	3	0,5-2
Πολυπροπυλένιο	500-4000	15-75	0,90	3-8	0,30-0,45	400-700	8-25	0,2-1,2
Γυαλί E	8-12	10-50	2,54	72-75	0,25	3500	4,8	2-8
Γυαλί AR	8-12	10-50	2,27	70-76	0,25	2000-3500	3-4,6	2-8
Κέβλαρ 29	10	5-65	1,44	70	0,32	2900	2,1	0,5-2
Κέβλαρ 49	10	5-65	1,45	135	0,35	2900	2,1	0,5-2
Άνθρακας								
υψηλού E	8	10-50	1,90	380	0,35	1800	0,5	2-12
υψηλής f <sub>t</sub>	9	10-50	1,90	230	0,35	2600	1,2	2-12
νάυλον	5-200	5-50	1,14	1-5	0,40	750-900	16-20	0,1-6
ξύλο	100-5000	5-50	1,50	50-75	0,2-0,4	700-1000	1-2	2-4

Εικόνα 53. Τυπικές ιδιότητες ινών.

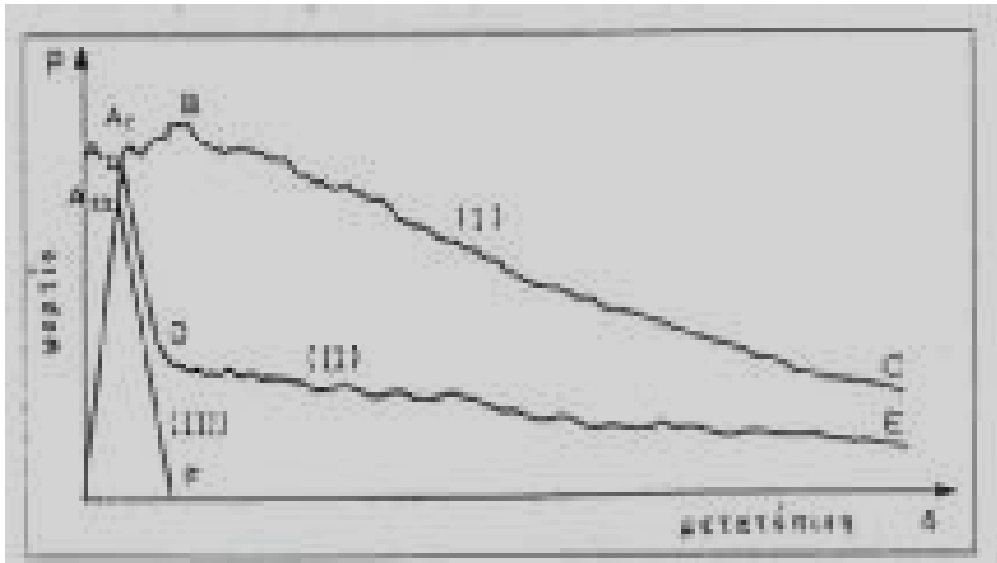
## Μηχανικά χαρακτηριστικά ΙΝΟ.Σ.

Η αποτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών του ΙΝΟ.Σ. γίνεται με τη βοήθεια του διαγράμματος φορτίου-μετατόπισης πρότυπου δοκιμίου υπό κάμψη. Στην εικόνα 36 φαίνονται δυο πιθανά διαγράμματα απόκρισης ΙΝΟ.Σ. , ενώ το τρίτο διάγραμμα αναφέρεται στην απόκριση αντιστοίχου δοκιμίου άοπλου σκυροδέματος της ίδιας σύνθεσης. Και τα τρία διαγράμματα διαθέτουν έναν περίπου ελαστικό κλάδο, καθώς η δυσκαμψία του δοκιμίου ελάχιστα επηρεάζεται από τις ίνες. Το τέλος του ελαστικού κλάδου (σημείο Α) ορίζει την αντοχή πρώτου ρήγματος  $f_{ct}$  ,το μέγεθος της οποίας διαμορφώνεται κυρίως από τις ιδιότητες του σκυροδέματος (περιεκτικότητα σε τσιμέντο, διαβάθμιση αδρανών, συντελεστής ύδατος - τσιμέντου, περιεκτικότητα αέρα, πυκνότητα κ.λ.π.) και δευτερευόντως από την ποσότητα των ινών. Υψηλά ποσοστά ινών αυξάνουν το όριο αναλογίας, υπο την προϋπόθεση της καλής διαβάθμισης των αδρανών και της επαρκούς συμπύκνωσης του μείγματος. Η αύξηση, όμως αυτή δεν είναι τόσο σημαντική ώστε να δικαιολογεί τη δαπάνη της χρήσης ινών.

Μετά το πρώτο ρήγμα, το ΙΝΟ.Σ. με υψηλό ποσοστό ινών (I) παρουσιάζει μικρή βελτίωση αντοχής μέχρι το σημείο Β που ορίζει την οριακή αντοχή του. Αντίθετα, το δοκίμιο (II) με χαμηλό ποσοστό ινών καθώς και το δοκίμιο (III) του άοπλου σκυροδέματος δεν παρουσιάζουν αντίστοιχη βελτίωση αντοχής, η οριακή δηλαδή αντοχή τους συμπίπτει με την αντοχή του πρώτου ρήγματος. για μεγαλύτερες μετατοπίσεις εμφανίζεται πτώση του αναλαμβανόμενου φορτίου, διαφορετικής όμως ταχύτητας για κάθε δοκίμιο. Στο δοκίμιο (I) η πτώση είναι ομαλή και οδηγεί σε πλαστικού τύπου αστοχία (κλάδος Β-С), στο δοκίμιο (III) είναι απότομη και οδηγεί σε ψαθυρού τύπου αστοχία (κλάδος AIII-F), ενώ στο δοκίμιο (II) είναι ενδιάμεσου τύπου, καθώς μεσολαβεί ένα πτωτικό άλμα (κλάδος AII-D) και κατόπιν εξελίσσεται ομαλά (κλάδος D-E) υπό μικρότερο, όμως, φορτίο έναντι του δοκιμίου (I). Αντίθετα από το συμβατικά οπλισμένο σκυρόδεμα, η αστοχία προκαλείται κατά κανόνα από την εξολκευση και όχι από τη διαρροή των ινών, η τάση των οποίων υπό το μέγιστο φορτίο είναι συνήθως πολύ χαμηλότερη από την τάση διαρροής τους. Ενώ, όμως, τις περισσότερες φορές η εξολκευση είναι φαινόμενο ψαθυρού χαρακτήρα, η συνεχής άνοδος του ρήγματος σε καμπτόμενα

στοιχεία και η συνακόλουθη ενεργοποίηση και εξολκευση νέων ινών οδηγούν σε σταδιακή (και όχι απότομη) πτώση αντοχής με την αύξηση των μετατοπίσεων, φαινόμενο δηλαδή που εμπεριέχει πλαστικά χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά αυτά συνήθως αποτιμώνται ποσοτικά με την ενέργεια που απορροφάται μέχρι μια συγκεκριμένη τιμή μετατόπισης, δηλαδή με το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη φορτίου-μετατόπισης μέχρι την υπόψη μετατόπιση. Πειραματικά στοιχεία αποδεικνύουν ότι η ενέργεια που απορροφάται μέχρι την πλήρη αποδιοργάνωση του δοκιμίου είναι 10-40 φορές μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του άοπλου δοκιμίου, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Η ιδιότητα αυτή του ΙΝΟ.Σ. να απορροφά σημαντική ενέργεια αποτελεί τον κύριο λόγο ανάπτυξης και χρήσης του ΙΝΟ.Σ. σε περιπτώσεις όπου το άοπλο σκυρόδεμα θεωρείται ανεπαρκές λόγω αδυναμίας να προσφέρει έστω και στοιχειώδη πλαστιμότητα, ενώ το συμβατικά οπλισμένο σκυρόδεμα, που διαθέτει βέβαια επαρκή πλαστιμότητα, είναι δύσκολο ή δαπανηρό να εφαρμοστεί.

Συμπερασματικά λοιπόν, για δεδομένη σύνθεση σκυροδέματος, η μορφή αστοχίας εξαρτάται κυρίως από το ποσοστό, τη γεωμετρία, την κατανομή και τις συνθήκες συνάφειας των ινών με το σκυρόδεμα. Οι τελευταίες εξαρτώνται τόσο από τη μορφή των ινών (κυρίως από τη διαμόρφωση των άκρων τους αλλά και από το λόγο μορφής, δηλαδή το λόγο μήκους προς διάμετρο ίνας) όσο και από τη σύνθεση του σκυροδέματος. Εξαιτίας των πολλών παραμέτρων που υπεισέρχονται στο πρόβλημα είναι φανερό ότι είναι δύσκολη η θεωρητική προσέγγιση πρόβλεψης της συμπεριφοράς του ΙΝΟ.Σ. Για το λόγο αυτό προς το παρόν χρησιμοποιούνται θεωρητικά προσομοιωματα τόσο από τη μηχανική των θραύσεων όσο και από τη θεωρία των σύνθετων υλικών, υποβοηθούμενα όμως απαραίτητα από πειραματικά στοιχεία.



Εικόνα 54. Σημαντικά χαρακτηριστικά της καμπύλης φορτίου- μετατόπισης υπό κάμψη κατά το πρότυπο ASTM C 1018-89

#### Δείκτες μηχανικής συμπεριφοράς

Όπως προαναφέρθηκε, το πλέον χαρακτηριστικό μέγεθος προς αποτίμηση είναι η ενέργεια που απορροφάται κατά την κάμψη ενός δομικού στοιχείου μέχρι μια συγκεκριμένη μετατόπιση. Ενδιαφέρουσες επίσης, άλλα δευτερεύουσας σημασίας είναι η αντοχή πρώτου ρήγματος και η οριακή αντοχή σε κάμψη. Για τις ανάγκες της προτυποποίησης των απαιτήσεων θεσπίστηκαν διάφοροι δείκτες μηχανικής συμπεριφοράς, οι συνηθέστεροι από τους οποίους σχολιάζονται παρακάτω.

#### Αμερικανικά πρότυπα

Από ιστορική άποψη, ο πρώτος δείκτης ενεργειακής συμπεριφοράς προτάθηκε από τον Henegar. Ο δείκτης αυτός, που υιοθετήθηκε από την επιτροπή ACI 544 και αναφέρεται σε πρότυπα δοκίμια δοκού, ορίζεται ως ο λόγος της ενέργειας που απορροφάται για μετατόπιση 1,9mm(0.075in) προς την ενέργεια που αντιστοιχεί στο πρώτο ρήγμα. Στην πρόταση αυτή μπορούν να εντοπιστούν δυο αδύνατα σημεία:

α) Ο δείκτης είναι σχετικά ευαίσθητος ιδίως ως προς τον παρανομαστή του, επειδή από πειραματική άποψη υπάρχει αντικειμενική δυσκολία ακριβούς



καθορισμού του σημείου ρηγμάτωσης. Η αδυναμία αυτή αναφέρεται τόσο στο μέγεθος του φορτίου ρηγμάτωσης, που δεν συμπίπτει πάντα με το οριακό φορτίο, όσο και στην ακρίβεια των οργάνων μέτρησης της αντίστοιχης μετατόπισης, που είναι της τάξης μερικών εκατοστών το χιλιοστού.

β) Το όριο μετατόπισης των 1,9mm είναι αυθαίρετο και σχετικά μεγάλο, 30 φορές περίπου μεγαλύτερο από τη μετατόπιση ρηγμάτωσης. Στην πραγματικότητα, το όριο μετατόπισης δεν πρέπει να είναι σταθερό, αλλά να καθορίζεται με βάση τις απαιτήσεις λειτουργικότητας κάθε έργου.

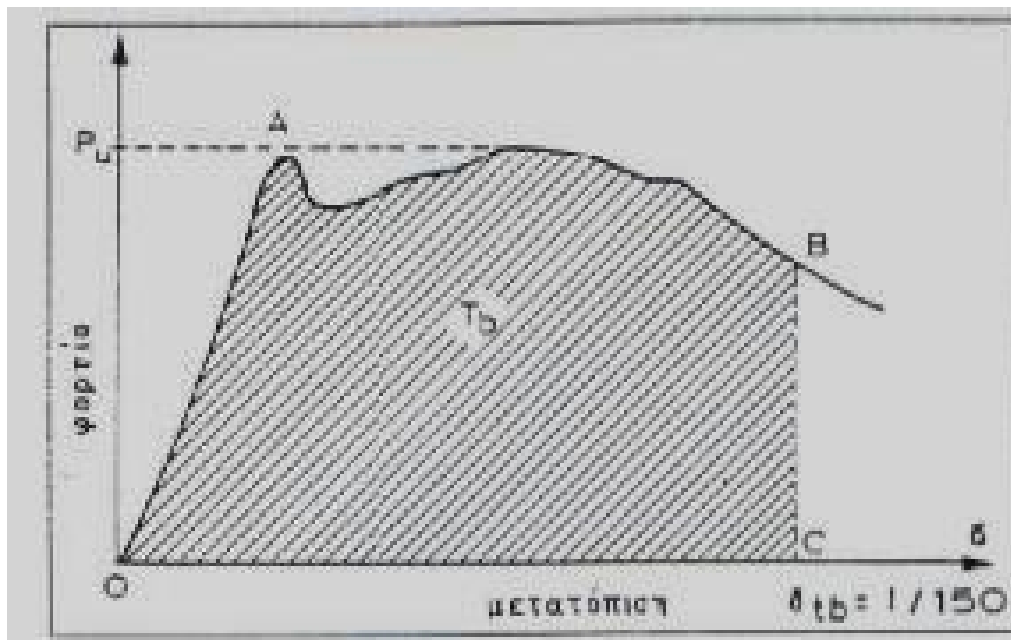
Βελτίωση του παραπάνω δείκτη αποτελεί η πρόταση του πρότυπου ASTM C 1018- 89. Στην πρόταση αυτή περιγράφεται η διαδικασία κατασκευής δοκιμών, καθορίζεται η γεωμετρία τους, η ταχύτητα φόρτισης και ο μετρητικός εξοπλισμός, παρέχονται οδηγίες για τον προσδιορισμό του σημείου ρηγμάτωσης και ορίζονται διάφοροι δείκτες για την αξιολόγηση της απόκρισης του δοκιμίου.

Ιαπωνικό πρότυπο

Το πρότυπο JCI-SF4 καθορίζει δυο δείκτες συμπεριφοράς:

α) Την οριακή αντοχή  $f_u$  (και όχι την αντοχή πρώτου ρήγματος) που ορίζεται ως η ορθή τάση υπό το μέγιστο φορτίο  $P_u$ .

β) Την ισοδύναμη τάση  $f_s$  (equivalent flexural strength) που ορίζεται ως η τάση υπό το μέσο φορτίο έως μετατόπιση ίση προς το 1/150 του ανοίγματος  $l$  της δοκού (εικόνα 36).



Εικόνα 55. Ορισμός δεικτών σύμφωνα με τον κανονισμό JCI-SF4

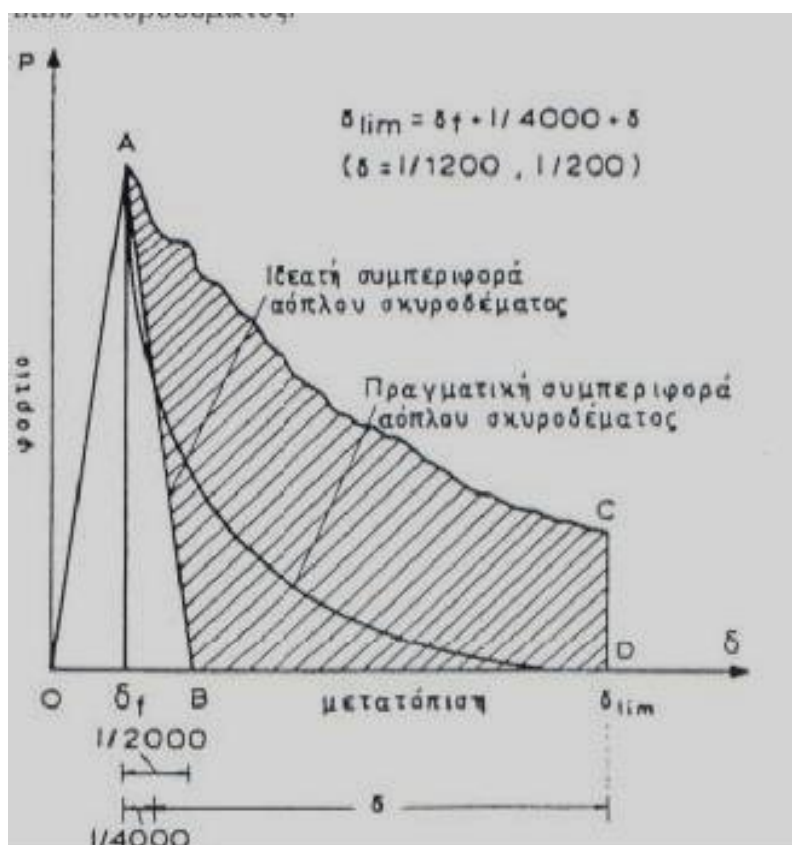
Είναι φανερό ότι το ιαπωνικό πρότυπο είναι απαλλαγμένο από τις επιπτώσεις της ανακρίβειας των μετρήσεων στις πολύ μικρές μετατοπίσεις, έχει όμως το μειονέκτημα ότι η ισοδύναμη τάση αναφέρεται σε πολύ μεγάλη μετατόπιση, π.χ. για τυπικές δοκούς ανοίγματος  $l=450\text{mm}$  η οριακή μετατόπιση είναι  $3\text{mm}$ . Κατά συνέπεια δεν είναι σε θέση να περιγράψει απαιτήσεις λειτουργικότητας που αντιστοιχούν σε μικρές μετατοπίσεις.

#### Γερμανικό πρότυπο

Το γερμανικό πρότυπο, όπως εξάλλου και αλλά ευρωπαϊκά πρότυπα, καθορίζει με περισσότερο αντικειμενικό τρόπο το φορτίο και τη μετατόπιση πρώτου ρήγματος. Επιπλέον, προτείνει έναν ενδιαφέροντα δείκτη, ο οποίος προσπαθεί να αντικατοπτρίσει κυρίως τη πρόσφορα των ινών στην απορρόφηση ενέργειας μετά το πρώτο ρήγμα. Η ισοδύναμη τάση υπολογίζεται όπως και στο ιαπωνικό πρότυπο, αφού όμως πρώτα έχει εξαιρεθεί η ενέργεια του αντιστοίχου άοπλου σκυροδέματος.

Έτσι υπολογίζεται ενέργεια OACD που απορροφάται από το δοκίμιο μέχρι μια ορισμένη μετατόπιση  $\delta_{lim}$  και κατόπιν αφαιρείται η ενέργεια OAB του αντιστοίχου δοκιμίου από άοπλο σκυρόδεμα που, κατά παραδοχή,

συμπεριφέρεται ως διγραμμικό υλικό με φθίνοντα κλάδο. Κατόπιν, υπολογίζεται το ισοδύναμο φορτίο  $P_{eq} = (\epsilon\mu\beta \cdot BACD/\delta)$  και η αντίστοιχη ισοδύναμη τάση. Με το τρόπο αυτό εξουδετερώνεται ο βαρύνων της μετατόπισης ρηγμάτωσης στον ορισμό διάφορων δεικτών, δεν απαιτείται η κατασκευή προσθέτων δοκιμίων άοπλου σκυροδέματος και επιπλέον με κατάλληλη επιλογή της μετατόπισης  $\delta$  μπορεί κανείς να επικεντρώσει το ενδιαφέρον του σε συγκεκριμένα όρια λειτουργικότητας.



Εικόνα 56. Απορρόφηση ενέργειας κατά το γερμανικό πρότυπο

Ενώ οι παραπάνω δείκτες ορίζουν ως πρότυπα δοκίμια τα δοκίμια δοκών, η πρόταση της EFNARC ορίζει δοκίμια πλακών με το σκεπτικό ότι οι κύριες εφαρμογές του ΙΝΟ.Σ. αναφέρονται σε επιφανειακά στοιχεία και κατά μία συνέπεια είναι ορθότερο να αποτιμώνται τα μηχανικά χαρακτηριστικά τους σε αντίστοιχα δοκίμια. Επιπλέον, οι ίνες συνεισφέρουν σε τουλάχιστον δυο διευθύνσεις, ενώ τα δοκίμια δοκών λαμβάνουν υπόψη τη λειτουργία κατά μία μόνο διεύθυνση. Σημαντικό είναι επίσης, το γεγονός ότι μειώνεται η συμμετοχή του ανοίγματος διάτμησης. Τα δοκίμια που ορίζονται είναι πλάκες

επιφάνειας 0,60x0,60m και πάχους 0,10m που εδράζονται περιμετρικά σε ελεύθερα στρεπτές στηρίξεις ανοίγματος 0,50m και φορτίζονται με φορτίο στο μέσον τους, κατανεμημένο σε επιφάνεια 0,10x0,10m. Η αποτίμηση των δοκιμών γίνεται με τον υπολογισμό της ενέργειας που αντιστοιχεί σε μετατόπιση του μέσου ίση προς 25mm, δηλαδή ίση προς το 1/20 του ανοίγματος λ της πλάκας.

#### *Συγκριτική αξιολόγηση των δεικτών*

Από την παρουσίαση και το σχολιασμό των κυριοτέρων δεικτών της διεθνούς βιβλιογραφίας προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

α) Οι μέχρι σήμερα προταθέντες δείκτες δεν έχουν κοινή βάση, με αποτέλεσμα να προκύπτουν μη συγκρίσιμα συμπεράσματα ως προς τη συμπεριφορά του ΙΝΟ.Σ.

β) Οι δείκτες, που χρησιμοποιούν ως βασική παράμετρο τη μετατόπιση πρώτου ρήγματος, έχουν σημαντική πιθανότητα ανακρίβειών, ιδιαίτερα μάλιστα όταν για την αξιολόγηση χρησιμοποιείται συγχρόνως μικρή σχετικά τιμή της οριακής μετατόπισης.

γ) Η χρήση δοκιμών πλακών έναντι των δοκιμών δοκών φαίνεται ότι είναι περισσότερο ρεαλιστική για τις συνήθεις εφαρμογές της πράξης.

δ) Ανεξάρτητα από τον υπό προσδιορισμό δείκτη, κυρίως όμως για τον προσδιορισμό δεικτών με βασική παράμετρο τη μετατόπιση πρώτου ρήγματος, απαιτείται συγχρόνως εξοπλισμός υψηλής ακρίβειας μετρήσεων για μεγάλο φάσμα μετατοπίσεων. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη συνεκτίμηση της ενδοτικότητας των στηρίξεων που μερικές φορές είναι σχετικά σημαντική.

## 3.2 ΥΠΕΡΥΨΗΛΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ

Τα σκυροδέματα υπερυψηλής αντοχής χρησιμοποιούνται την τελευταία δεκαετία σε πολλές χώρες του εξωτερικού με επιτυχία. Στην Ελλάδα, τα πρώτα βήματα για την παραγωγή σκυροδεμάτων υψηλής επιτελεστικότητας έχουν ήδη γίνει από την εταιρεία ΑΓΕΤ-Ηρακλής, στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος που συγχρηματοδοτείται από τη Γ.Γ.Ε.Τ, την ΑΓΕΤ-Ηρακλής και την CUBUS Hellas και υλοποιείται σε συνεργασία με το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Το υλικό που αναπτύσσεται στα πλαίσια του προαναφερθέντος προγράμματος είναι ινοπλισμένο κονίαμα θλιπτικής αντοχής της τάξης των 110Μρα και υψηλής αντοχής σε εφελκυσμό.

Στους νέους Γερμανικούς κανονισμούς DIN 1045-1 καλύπτονται οι κατηγορίες σκυροδεμάτων αντοχής C55/67 έως C110/115. Κατά την εφαρμογή τους προστίθενται σε πολλές περιπτώσεις ίνες χάλυβα ή συνθετικών υλικών προς βελτίωση των ιδιοτήτων

τους. Οι διαφορές που παρουσιάζουν ως προς τα σκυροδέματα συμβατικών αντοχών, αφορούν κυρίως στο ύψος της θλιπτικής και εφελκυστικής τους αντοχής, στη μειωμένη πλαστιμότητα σε θλίψη, στην αυξημένη ικανότητα απορρόφησης ενέργειας σε εφελκυσμό λόγω των ινών, και την αυξημένη αντοχή υπό συγκεντρωμένα φορτία (βλήτρα, αγκυρώσεις, φορτία προέντασης κ.α).

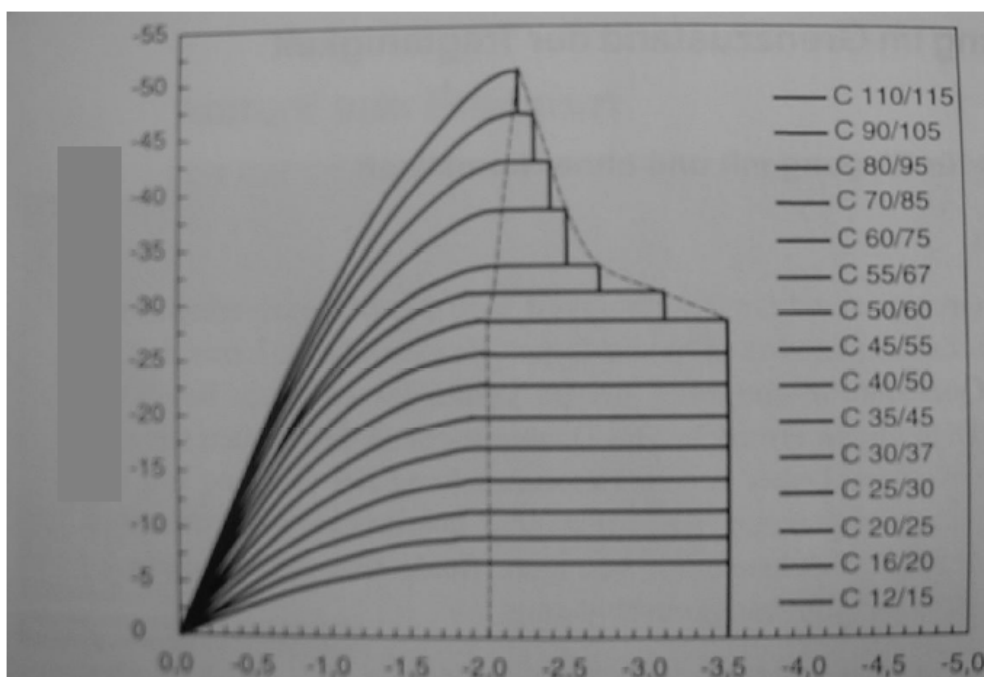
Τα μηχανικά προσομοιώματα που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό σε κάμψη, με ή χωρίς αξονικό φορτίο, σε διάτμηση / στρέψη, σε διάτρηση, σε συνάφεια του οπλισμού, σε περίσφιγξη και σε ρηγμάτωση, δε διαφέρουν ποιοτικά από αυτά που χρησιμοποιούμε για το κοινό σκυρόδεμα.

Διαφέρουν όμως ως προς τις ποσοτικές παραμέτρους και οδηγούν σε πολύ διαφορετικά και άκρως ενδιαφέροντα για την πράξη αποτελέσματα.

Στην παρούσα εργασία θα γίνει αναφορά στα παραπάνω μηχανικά προσομοιώματα και μεθόδους υπολογισμού, θα αναλυθούν οι παράμετροι που χαρακτηρίζουν τη μηχανική συμπεριφορά των σκυροδεμάτων υπερυψηλής αντοχής και θα εξαχθούν μερικοί αναλυτικοί τύποι για την εφαρμογή τους σε μελέτες της καθημερινής πράξης.

### Κάμψη με ή χωρίς αξονική δύναμη

Η οριακή βράχυνση του C100/115 περιορίζεται σε περίπτωση κάμψης με αξονική ή και ομοιόμορφη θλίψη στην τιμή  $\epsilon_{c2u}=\epsilon_{c2}=-2.2\%$ . Ο συντελεστής ασφαλείας του υλικού λαμβάνεται αυξημένος ως γινόμενο  $\gamma_c \cdot \gamma'_c=1.67$  ενώ του χάλυβα παραμένει στη γνωστή τιμή  $\gamma_s=1.15$ . Ο νόμος του υλικού εμφανίζει μειωμένη πλαστιμότητα, σύμφωνα με το ακόλουθο διάγραμμα :



Εικόνα 57. Τάση σκυροδέματος  $\sigma_{cd}$  [N/mm<sup>2</sup>] συναρτήσει της βράχυνσης σκυροδέματος  $\epsilon_c$  [%]

Χαρακτηριστική είναι η ψαθυρή αστοχία υπό θλίψη του C100/115. Μετά την υπέρβαση της θλιπτικής αντοχής και υπό την προϋπόθεση ότι εφαρμόζεται επιβαλλόμενη (ελεγχόμενη) παραμόρφωση, εμφανίζεται απότομα φθίνων κλάδος, δείγμα υψηλής ψαθυρότητας. Τα συμβατικά σκυροδέματα C12/15 έως C50/60 διαστασιολογούνται με τον ίδιο νόμο υλικού, παραβολή – ευθεία με κοινά όρια βράχυνσης  $-2\%$  και  $-3.5\%$ , ανεξάρτητα ύψους αντοχής. Στα Σ.Υ.Ε C55/67 έως C110/115 αλλάζει ο νόμος υλικού ανάλογα με την αντοχή και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν πλέον τα υπάρχοντα νομογραφήματα και οι πίνακες, διότι δεν αρκεί η αναγωγή στην

αντοχή σχεδιασμού  $f_{cd}$ . Για κάθε κατηγορία αντοχής απαιτούνται νέοι πίνακες και νομογραφήματα (π.χ. διαγράμματα αλληλεπίδρασης).

Σε ορθογωνικές διατομές η αύξηση της αντοχής σε απλή κάμψη (χωρίς αξονική) δεν είναι ανάλογη της κατηγορίας αντοχής του υλικού, διότι μειώνεται και ο βαθμός πληρότητας του στερεού των θλιπτικών τάσεων (νόμος υλικού) και αυξάνεται ο συντελεστής ασφάλειας του υλικού από 1.50 σε 1.67. Σε διατομές με πέλματα και κορμούς (Τ, Ι, κιβώτια) η εφαρμογή των Σ.Υ.Ε είναι πιο αποτελεσματική στην αύξηση της αντοχής. Η υψηλή τάση στη θλιβόμενη ζώνη είναι περίπου σταθερή και αυξάνεται ο μοχλοβραχίονας των εσωτερικών δυνάμεων.

Σε περίπτωση αξονικής δύναμης, έκκεντρης, δεν υπάρχει μεγάλη δυνατότητα ανακατανομής της θλίψης προς λιγότερο καταπονούμενες περιοχές, λόγω της ψαθυρής συμπεριφοράς του υλικού. Η χρήση ινών και η περίσφιγξη βελτιώνουν τη συμπεριφορά. Σε περίπτωση προέντασης επίσης εμφανίζεται αύξηση της αντοχής σε κάμψη, λόγω της προμήκυνσης του χάλυβα, που οδηγεί σε ανάληψη ροπής χωρίς, να απαιτείται σοβαρή καμπύλωση της θλιβόμενης ζώνης.

### 3.3 ΑΥΤΟΣΥΜΠΙΚΝΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Το σκυρόδεμα στις μέρες μας αποτελεί το δομικό υλικό παγκοσμίως που χρησιμοποιείται ευρύτατα λόγω της ευκολίας παραγωγής του και της ευκολίας διάστρωσης του στα δομικά στοιχεία των κατασκευών. Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που λαμβάνουν χώρα κατά την διάστρωσή του είναι και η συμπύκνωση, η διαδικασία που αποσκοπεί στο να απομακρυνθεί ο αέρας που έχει εγκλωβιστεί στο εσωτερικό της μάζας του υλικού κατά την παραγωγή και διάστρωση του. Για τη συμπύκνωση του σκυροδέματος στις κατασκευές συνήθως γίνεται δόνηση του νωπού σκυροδέματος κατά την χύτευση. Το παραπάνω βήμα αποτελεί σημαντικό στάδιο της κατασκευής καθώς με τη συμπύκνωση το πορώδες του σκυροδέματος περιορίζεται δραστικά ώστε έτσι να έχουμε αυξημένες αντοχές και συνεπώς αυξημένη ανθεκτικότητα στο χρόνο. Τα τελευταία χρόνια με τη χρήση του νέου Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού υπαγορεύεται η χρησιμοποίηση πυκνότερου οπλισμού στα δομικά στοιχεία που έχει ως αποτέλεσμα να γίνεται δυσχερής η χρησιμοποίηση δονητή και τη δημιουργία κενών (φωλιές) στα δομικά στοιχεία λόγω ελλιπούς συμπύκνωσης τόσο στο εσωτερικό όσο και στην επιφάνεια. Ένα ιδιαίτερα χρήσιμο στοιχείο που πρέπει να τονιστεί είναι ότι κατά τη διαδικασία της δόνησης δημιουργούνται υψηλά επίπεδα θορύβου που συνεπάγονται ανθυγιεινές συνθήκες εργασίας, αδυναμία επικοινωνίας μεταξύ των εργαζομένων που έχει ως επακόλουθο πληθώρα κακοτεχνιών και κίνδυνο εργατικού ατυχήματος.

Όλα τα παραπάνω που αναφέρθηκαν οδήγησαν στη δημιουργία ενός νέου είδους σκυροδέματος που ονομάστηκε Αυτοσυμπυκνούμενο Σκυρόδεμα (Self Compacting Concrete) με το οποίο επιτυγχάνεται η βέλτιστη συμπύκνωση του σκυροδέματος σε μια κατασκευή χωρίς την χρήση δονητών.

Το ΑΣΣ είναι εκείνο το σκυρόδεμα που σε νωπή κατάσταση έχει την ικανότητα να τοποθετείται στους ξυλότυπους και να διέρχεται μέσα από τον οπλισμό μόνο με τη δύναμη της βαρύτητας χωρίς τη χρήση δονητών μάζας ή άλλης εξωτερικής ενέργειας ενώ συνάμα διατηρεί την ομοιογένειά του.



Η τεχνολογία του ΑΣΣ εμφανίστηκε για πρώτη φορά στην Ιαπωνία το 1983 από τον Okamura ο οποίος έθεσε τις βάσεις για ένα σκυρόδεμα υψηλών προδιαγραφών για μεγάλα και ποιοτικά έργα όπου θα έχει αυξημένες αντοχές και μεγάλη ανθεκτικότητα στο χρόνο. Οι έρευνες για τις θεμελιώδεις αρχές και κανονισμούς που διέπουν το ΑΣΣ κατατέθηκαν από τους Ozawa και Mackawa στο Πανεπιστήμιο του Τόκιο. Την πρώτη του εμφάνιση στην Ευρώπη το ΑΣΣ την κάνει στις αρχές της δεκαετίας του 1990 στις χώρες της Σκανδιναβίας και ειδικά σε προκατασκευασμένα στοιχεία.

## **ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ**

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του ΑΣΣ πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του EN 206. Τα υλικά θα είναι κατάλληλα για τη χρήση που προορίζονται στο σκυρόδεμα και δεν πρέπει να περιέχουν επιβλαβή συστατικά σε ποσότητες που μπορεί να είναι επικίνδυνες για την ποιότητα, την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος ή τη διάβρωση του οπλισμού.

**A) Τσιμέντο:** Γενικώς χρησιμοποιούνται όλοι οι τύποι τσιμέντου που συμμορφώνονται με το Πρότυπο EN 197 και έχουν αποδειχθεί κατάλληλα για την παραγωγή ΑΣΣ. Μια τυπική δοσολογία είναι 350-450 kg τσιμέντου ανά κυβικό μέτρο ενώ δοσολογίες πάνω από 500 kg μπορεί να προκαλέσουν συρρίκνωση. Αντίθετα δοσολογίες λιγότερες των 350 kg είναι συμβατές μόνο αν χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με πυριτική παιπάλη, ποζολάνες, ιπτάμενη τέφρα κ.α. Ανάλογα με τον τύπο τσιμέντου όπως και στο δονούμενο σκυρόδεμα έχουμε και διαφορετικές συνθέσεις ΑΣΣ.

**B) Αδρανή:** Τα αδρανή θα συμμορφώνονται με το πρότυπο EN 12620. Το μέγιστο μέγεθος των αδρανών εξαρτάται από την εφαρμογή και συνήθως είναι μικρότερο από 20 mm. Βέβαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλες οι συνήθεις ποιότητες άμμου σκυροδέματος (θραυστές, ποταμίσιες, πυριτικές, ασβεστολιθικές). Όσον αφορά τη μορφή τα θραυστά αδρανή βελτιώνουν την αντοχή ενώ τα ποταμίσια τη ρευστότητα του ΑΣΣ.

**Γ) Νερό:** Το νερό που χρησιμοποιείται για την παραγωγή σκυροδέματος θα συμμορφώνεται με το Πρότυπο EN 1008 που έχει αποδειχθεί κατάλληλο για την παραγωγή ΑΣΣ.

**Δ) Πρόσθετα:** Οι υπερρρευστοποιητές είναι θεμελιώδες συστατικό του ΑΣΣ για την εξασφάλιση κατάλληλης εργασιμότητας. Όταν κρίνεται αναγκαίο μπορούν να προστεθούν και άλλοι τύποι προσθέτων όπως ρυθμιστές ιξώδους (viscosity modifying agents VMA) για την αντίσταση σε απόμιξη, αερακτικά για τη βελτίωση της αντίστασης σε ψύξη-απόψυξη, επιβραδυντές για τη ρύθμιση της πήξης κ.α. Είναι αυτονόητο ότι για τις ιδιότητες του προσθέτου θα πρέπει να παρέχονται από τον προμηθευτή πλήρη στοιχεία.

**Ε) Πρόσμικτα:** Χρησιμοποιούνται πρόσμικτα τύπου I ( αδρανή filler, χρωστικές) και πρόσμικτα τύπου II ( ιπτάμενες τέφρες, πυριτική παιπάλη, σκωρία υφικαμίνων) τα οποία βελτιώνουν την εργασιμότητα και κανονικοποιούν την περιεκτικότητα στο τσιμέντο έτσι ώστε να μειώνεται η θερμότητα ενυδάτωσης.

**ΣΤ) Ίνες:** Όπως και στο δονούμενο σκυρόδεμα έτσι και στο ΑΣΣ μπορούν να χρησιμοποιούνται ίνες για τη βελτίωση των ιδιοτήτων του. Οι συνήθεις ίνες είναι από χάλυβα ή από πολυμερή. Για τη βελτίωση της καμπτικής αντοχής και της ενέργειας θραύσεως χρησιμοποιούνται οι χαλύβδινες ίνες ενώ αντίθετα οι πολυμερείς ίνες χρησιμοποιούνται για τη μείωση της απόμιξης ή της πλαστικής συρρίκνωσης και της ανθεκτικότητας σε πυρκαγιά.

Πίνακας 1.

<b>Οι ενδεικτικές αναλογίες υλικών ΑΣΣ είναι :</b>
<b>Λόγος νερού / πούδρα : 0,80 – 1,10 κατ' όγκον.</b>
<b>Συνολική ποσότητα λεπτού υλικού : 160 – 240 lt (400 – 600 Kg) / m<sup>2</sup></b>
<b>Περιεκτικότητα χονδρόκοκων αδρανών : 28 – 35 % του συνολικού όγκου του μείγματος</b>
<b>Ποσότητα νερού : Δεν υπερβαίνει τα 200 lt/m<sup>3</sup></b>
<b>Περιεκτικότητα άμμου : Ισορροπεί τον όγκο των υπόλοιπων συστατικών.</b>

## ΠΑΡΑΓΩΓΗ-ΔΙΑΣΤΡΩΣΗ - ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Τα μέσα παραγωγής που χρησιμοποιούνται στο συμβατικό σκυρόδεμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στο ΑΣΣ. Η ανάμιξη των συστατικών όπως τα αναφέραμε πιο πάνω μπορεί να γίνουν είτε σε συγκρότημα παραγωγής είτε σε μπετονιέρες. Στον κάδο ανάμιξης αρχικά γίνεται έκχυση το 90 % του νερού που χρειάζεται, τοποθετούνται τα συστατικά και στη συνέχεια το υπόλοιπο νερό, ο υπερρρευστοποιητής και το πρόσμικτο τροποποιητικό του ιξώδους. Πριν τη σκυροδέτηση θα πρέπει να γίνεται ανάδευση του ΑΣΣ για 3-5 λεπτά σε πλήρη ταχύτητα και όταν προστεθούν οι υπερρρευστοποιητές ανάμιξη για τουλάχιστον 1 min/m<sup>3</sup> και όχι λιγότερο από 7 min. Οι αποστάσεις χύτευσης είναι : κατακόρυφη πτώση μικρότερη από 5 μέτρα και οριζόντια εξάπλωση μικρότερη από 10 μέτρα από το σημείο εκκένωσης. Η άκρη του σωλήνα εξόδου του ΑΣΣ συνίσταται να είναι βυθισμένη μέσα στη μάζα του νωπού σκυροδέματος που έχει ήδη διαστρωθεί. Επιπλέον για ύψος στήλης νωπού ΑΣΣ πάνω από 3 μέτρα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν και η υδροστατική πίεση στο σχεδιασμό των καλουπιών. Υψηλές πιέσεις εντός του ιστού των μηχανημάτων άντλησης του σκυροδέματος προκαλούν απώλειες στην εργασιμότητα του ΑΣΣ και για αυτό η πίεση στη άντληση πρέπει να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα. Τέλος επειδή το ΑΣΣ ξηραίνεται γρηγορότερα από το δονούμενο σκυρόδεμα γιατί υπάρχει λίγο έως καθόλου νερό εξίδρωσης στην επιφάνεια πρέπει όταν γίνεται η σκυροδέτηση ΑΣΣ σε κλιματολογικές συνθήκες που ευνοούν την ταχεία εξάτμιση του νερού να αρχίζει η συντήρηση του ΑΣΣ το συντομότερο δυνατό.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΝΕΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

### 4.1 ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΚΑΙ ΟΙ ΘΕΣΕΙΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ

Ο ΣΕΒΕΣ ως το Πανελλήνιο Όργανο του κλάδου Βιομηχανιών Παραγωγής Ετοίμου Σκυροδέματος έχει επανειλημμένα αναδείξει θέματα που χρονίζουν λόγω αδράνειας της Πολιτείας και σχετίζονται με την ποιότητα των κατασκευών από σκυρόδεμα. Κυρίως σε θέματα που άπτονται τις στατικής επάρκειας και της διάρκειας ζωής τους.

Συγκεκριμένα με εύστοχες παρεμβάσεις του έχει ζητήσει την εφαρμογή της υπάρχουσας νομοθεσίας (ΚΤΣ 1997,ΕΚΩΣ 2000,κλπ) και με σαφήνεια έχει επισημάνει τους κινδύνους που θα προκύψουν λόγω έλλειψης έστω και του στοιχειώδους ελέγχου ποιότητας σε ένα από τα βασικότερα δομικά υλικά στην Ελλάδα ,που είναι το έτοιμο σκυρόδεμα. Σε μια περιοχή με ιδιαίτερη σεισμική επιβάρυνση είναι αδιανόητο η ποιότητα του κυρίαρχου αυτού δομικού υλικού να επαφίεται στο φιλότιμο των παραγωγών και την ευαισθησία ορισμένων μηχανικών.

Η Ελλάδα είναι η μοναδική ευρωπαϊκή χώρα, στην οποία οι κανονισμοί αργούν να εκδοθούν, τα ευρωπαϊκά πρότυπα αργούν να αφομοιωθούν ενώ οι έλεγχοι στα εργοστάσια παραγωγής από τις επιτροπές που έχουν συγκροτηθεί από την πολιτεία είναι ανύπαρκτοι.

Επισημαίνουμε δε, ότι σε όλη την επικράτεια λειτουργούν μονάδες παραγωγής ετοίμου σκυροδέματος χωρίς άδεια λειτουργίας και εγκατάστασης δημιουργώντας συνθήκες αθέμιτου ανταγωνισμού, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μία επικίνδυνη κατάσταση για την ποιότητα των κατασκευών στην χώρα μας, την ασφάλεια των πολιτών και για την εθνική οικονομία γενικότερα.

Την ήδη επιβαρυσμένη κατάσταση συμπληρώνει η έλλειψη εργαστηρίων σε πολλές περιοχές της χώρας και δη κρατικών (συγκεκριμένα υπάρχουν μόνο 13 ΠΕΔΕ και 1 ΚΕΔΕ για 52 νομούς),τα οποία μάλιστα δεν είναι πλήρως εξοπλισμένα για την διεξαγωγή όλων των ελέγχων για το έτοιμο σκυρόδεμα. Ακόμα και τα ελάχιστα ιδιωτικά εργαστήρια που υπάρχουν , δεν εποπτεύονται επαρκώς από τα αρμόδια όργανα της πολιτείας .Οι έλεγχοι είναι μονίμως προγραμματισμένοι , ποτέ έκτακτοι και κατά την γνώμη μας μη ουσιαστικοί.

Δεν τηρούνται οι απαιτήσεις του ΚΤΣ-97 για επανέλεγχο κατασκευών σε περίπτωση αστοχίας – εντατική συντήρηση τουλάχιστον 14 ημερών αλλά άμεση αποκοπή πυρήνων.

Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι να παρουσιάζονται πολλές φορές σοβαρότατες αποκλίσεις μεταξύ των αποτελεσμάτων που δίνουν τα εργαστήρια με αυτά των εργαστηρίων των μονάδων παραγωγής.

Είναι εμφανές ότι αυτή η κατάσταση δεν μπορεί να συνεχιστεί . Πιστεύουμε σαν ΣΕΒΕΣ ,ότι είναι επιτακτική ανάγκη όλοι οι συμμετέχοντες στον τομέα κατασκευή να αναλάβουν τις ευθύνες τους με βασικότερο όλων την πολιτεία. Πρέπει άμεσα να υπάρξει :

1. ΕΠΑΡΚΗΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΓΟΡΑΣ.

Ο ΣΕΒΕΣ έχει κάνει πολλές ενέργειες σε όλους τους αρμόδιους φορείς και έχει προτείνει σειρά μέτρων για την μείωση του αθέμιτου ανταγωνισμού, την στήριξη του υγιούς και συνεπούς παραγωγού προς όφελος του καταναλωτή και την ασφάλεια των κατασκευών.

2. ΑΞΙΟΠΙΣΤΟΣ, ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΧΗΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ.

- Εφαρμογή των κανονισμών και της απαίτησης αποτελεσμάτων δοκιμών στα συμβόλαια αγοράς κατοικίας.
- Είναι τελείως αδικαιολόγητη καθυστέρηση εφαρμογής του Ευρωπαϊκού Προτύπου για το σκυρόδεμα. (Ε.Ν. 206-1), το οποίο ακόμα επίσημα δεν έχει μεταφραστεί στα Ελληνικά. Αυτή την περίοδο μόλις ο ΕΛΟΤ τελειώνει τις εργασίες του προσαρτήματος για το EN 206-1. Η επιτροπή του ΥΠΕΧΩΔΕ που συνεστήθη το 2006 για προσαρμογή και αναθεώρηση του ΚΤΣ 97 από το ΥΠΕΧΩΔΕ συμπλήρωσε την θητεία του χωρίς κανένα απολύτως αποτέλεσμα.

Στην κατεύθυνση βελτίωσης των ποιοτικών χαρακτηριστικών στο σκυρόδεμα, θεωρούμε πολύ σημαντική την εφαρμογή του Ευρωπαϊκού προτύπου (EN 206-1), επιτέλους και στην χώρα μας.

Με την εφαρμογή του, θα φανούν τα αδύνατα σημεία, σ'όλο το σύστημα παραγωγής, διακίνησης και ενσωμάτωσης του σκυροδέματος στην κατασκευή.

Από τον σχεδιασμό της παραγωγής του, την καθ' αυτό παραγωγή του, της διάθεσης και του ελέγχου του προϊόντος, καθώς και τον τρόπο εμπλοκής του μηχανισμού υλοποίησης του έργου (εργοτάξιο) όσο και του μηχανισμού παραγωγής του (Εργοστάσιο Παραγωγής).

- **Στην φάση του σχεδιασμού** του προϊόντος, θα αναδειχθούν η σπουδαιότητα της επιρροής του εξωτερικού περιβάλλοντος μέσα στο οποίο θα λειτουργήσει το έργο. Θα καθορισθούν οι κατηγορίες έκθεσης σ'αυτό και θα προσδιορισθούν επακριβώς, οι ελάχιστες απαιτήσεις στα χαρακτηριστικά του προϊόντος.

Θα αναδειχθεί συγχρόνως και η σπουδαιότητα, της χρήσης ελεγχόμενων και πιστοποιημένων πρώτων υλών, πράγμα το οποίο θα βγάλει στην επιφάνεια, το ποσοτικό και ποιοτικό έλλειμμα στα Αδρανή Υλικά σε επίπεδο χώρας.

- **Στην φάση της παραγωγής**, θα αναδειχθούν τα ελλείμματα που παρουσιάζουν σήμερα
  - Η αδειοδότηση των μονάδων παραγωγής σκυροδέματος, τόσο του Εργοταξιακού, όσο και του Εργοστασιακού. Μια άδεια λειτουργίας Κοινής Βιομηχανικής Εγκατάστασης όπως απαιτείται σήμερα, σε καμιά περίπτωση δεν εξασφαλίζει αντικειμενικά τη δυνατότητα ανταπόκρισης της παραγωγής στις απαιτήσεις συμμόρφωσης αυτού του τόσο κρίσιμου προϊόντος με τις προδιαγραφές που το διέπουν.

- Η διαδικασία ελέγχου της παραγωγής, έτσι ώστε με τρόπο **συνεχή, αντικειμενικό, και αξιόπιστο**, να ελέγχονται συνεχώς τα χαρακτηριστικά του παραγόμενου προϊόντος και να μειώνεται στο ελάχιστο η πιθανότητα των αστοχιών.
- Με την εφαρμογή του Ευρωπαϊκού Προτύπου **θα προσδιορισθούν επακριβώς και θα οριοθετηθούν καλύτερα οι ρόλοι και οι ευθύνες** στο δίπολο.
  - **Εργοτάξιο (ο χρήστης του προϊόντος)**
  - **Εργοστάσιο Παραγωγής (ο παραγωγός του προϊόντος)**

Αυτό το ξεκαθάρισμα το θεωρούμε ως Βιομηχανία παραγωγής, αυτού του τόσο σπουδαίου δομικού υλικού, πολύ κρίσιμο.

Αντίθετα σήμερα στην χώρα μας, με το δεδομένο ότι ο Κ.Τ.Σ του 97 δεν λειτουργεί, η αγορά του δομικού αυτού υλικού διαμορφώνει έντονα χαρακτηριστικά ανασφάλειας.

- Το αντίστοιχο Ευρωπαϊκό Πρότυπο για τα αδρανή (Ε.Ν. 12620), ενώ εντάχθηκε στην Ελληνική Νομοθεσία ( Κ.Υ.Α 5328/122/20.3.07) δεν είναι δυνατόν να εφαρμοσθεί, αφού ελάχιστα (ποσοστό 10-15%), από τα λειτουργούντα λατομεία στην Ελληνική Επικράτεια, εξασφάλισαν ή μπορούν να εξασφαλίσουν την απαιτούμενη σήμανση C.E.

### 3. ΣΗΜΑ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ.

Στο πλαίσιο αναβάθμισης της ποιότητας του ετοιμού σκυροδέματος, που θεωρείται προϊόν ασφάλειας και ιδιαίτερης ευαισθησίας, έχει καθιερωθεί από τον ΕΛΟΤ Σήμα Συμμόρφωσης Προϊόντος ή Σήμα Ποιότητας για το Έτοιμο Σκυρόδεμα. Το Σήμα αυτό χορηγείται από τον ΕΛΟΤ βάσει ειδικού κανονισμού εργοστασιακού Σκυροδέματος και ο οποίος πάλι με πρωτοβουλία του ΣΕΒΕΣ και σε συνεργασία με τον ΕΛΟΤ αναθεωρείται αυστηρότερος και πιο αποτελεσματικός. Δεδομένου του γεγονότος ότι μόνο λίγες εταιρίες παραγωγής ετοιμού σκυροδέματος έχουν πιστοποιηθεί μέχρι τώρα, θεωρούμε ότι είναι τελείως απαραίτητη ρύθμιση η οποία θα επιβάλλει την χρησιμοποίηση σκυροδέματος από εταιρίες που έχουν αποκτήσει αποκλειστικά και μόνο Σήμα Ποιότητας, με στόχο την πιστοποίηση ακόμα περισσότερων εταιριών, ιδιαίτερα στην επαρχία που η κατάσταση είναι χειρότερη .

4. ΣΗΜΑΝΣΗ CE σε όλα τα δομικά υλικά με αυστηρές ποινές σε όσους δεν διαθέτουν σωστό προϊόν. Τα κρατικά εργαστήρια να είναι σε θέση να πραγματοποιούν τις απαιτούμενες για την πιστοποίηση με CE των δομικών υλικών (αδρανή, χημικά πρόσθετα, κ.λ.π.) διαδικασίες και ελέγχους.

Αρκετά χρόνια τώρα ο **Σύνδεσμος Ελληνικών Βιομηχανιών Ετοιμού Σκυροδέματος** προσπαθεί να ευαισθητοποιήσει τον χώρο των κατασκευών

και την πολιτεία για την ανάγκη θεσμών ποιότητας και ελέγχου στην οικεία αγορά. Πάντοτε στάθηκε αρωγός και συμμετοχός, όποτε και εάν του ζητήθηκε, σε κάθε σχετική προσπάθεια όλων των αρμοδίων φορέων.

Είναι αδύνατο όμως να αναλάβει και το έργο της πολιτείας. Οι συνεχείς έλεγχοι, η εφαρμογή των κανονισμών στις αυξημένες τεχνικές απαιτήσεις των έργων είναι καθήκον της Δημόσιας Διοίκησης. Ο ΣΕΒΕΣ έχει αναφερθεί πολλές φορές στο θέμα αυτό. Έχει επισημάνει τα θετικά αποτελέσματα που θα επιφέρει, για όλο τον κλάδο των κατασκευών μια σοβαρή συνεργασία πολιτείας και ΣΕΒΕΣ. Πολλές ευρωπαϊκές χώρες (Γερμανία, Γαλλία, κ.λ.π.) έχουν ήδη επισημάνει τα πλεονεκτήματα μιας τέτοιας συνεργασίας και έχουν αναθέσει στα αντίστοιχα κλαδικά όργανα αρμοδιότητες (όπως έλεγχο νομιμότητας μονάδων, κλαδικές εκθέσεις ανά περιοχή, εκθέσεις περιβαλλοντικών επιπτώσεων, διεργαστηριακούς ελέγχους και πολλά άλλα). Πιστεύουμε ότι είναι πλέον καιρός να αναγνωριστούν και να εκτιμηθούν σωστά όλες οι ανάγκες των καιρών και τα προβλήματα που πρέπει άμεσα να επιλυθούν.

Πρέπει επιτέλους να προχωρήσουμε μπροστά με εμπιστοσύνη, σεβασμό και διάθεση δημιουργίας. Η υπόθεση ποιότητα των κατασκευών δεν είναι θέμα που αφορά ένα μόνον ή τότε τον έναν ή τότε τον άλλον. Η υπόθεση ποιότητα μας αφορά όλους χωρίς καμία εξαίρεση .

## 4.2 ON LINE ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ


Concrete calculator mix-on-site

This calculator estimates the required amount of cement, sand and aggregate (stone) for mixing on site for a given area of concrete.

Please note that this is based on a 1:2:4 ratio mix. (Volumetric)

Length (m)

Depth (mm)  
*Please note: depth is measured in mm, 1 metre = 1000 mm*



Width (m)

Total m<sup>3</sup>

To complete the calculation click on the "Calculate" button.

**Materials**

		40 Kg bags	50 Kg bags	Cubic metre
Cement	<input type="text" value="320"/> Kg	<input type="text" value="Not Applicable"/>	<input type="text" value="6.4"/>	<input type="text" value="0.2"/>
Sharp Sand	<input type="text" value="600"/> Kg	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="Not Applicable"/>	<input type="text" value="0.5"/>
Aggregate	<input type="text" value="1200"/> Kg	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="24"/>	<input type="text" value="Not Applicable"/>
Water	<input type="text" value="176"/> litres	<input type="text" value="Not Applicable"/>	<input type="text" value="Not Applicable"/>	<input type="text" value="Not Applicable"/>

Please note that this is based on a 1:2:4 ratio mix. (Volumetric)

*These are estimates only. For precise quotes please bring your measurement or house plans to your nearest Cashbuild store.*

Εικόνα 58. Υπολογισμός 1

Στην ανωτέρω εικόνα βλέπουμε το προφίλ του προγράμματος, στο πάνω μέρος το πρόγραμμα μας ζητάει να του δώσουμε τα γεωμετρικά



χαρακτηριστικά του όγκου σκυροδέματος που θέλουμε να κατασκευάσουμε. Δίνοντας τις τρεις διαστάσεις μήκος, πλάτος και ύψος το πρόγραμμα μας υπολογίζει τον συνολικό όγκο του σκυροδέματος. Πατώντας το πλήκτρο «CALCULATE» το πρόγραμμα μας εμφανίζει τα επιμέρους συστατικά του σκυροδέματος :

- Τσιμέντο
- Άμμος
- Αδρανή
- Νερό

Δίπλα από την στήλη με τις ποσότητες που χρειάζονται για την Παρασκευή του σκυροδέματος που θέλουμε σύμφωνα με τις διαστάσεις που δώσαμε, μας εμφανίζει τις πιθανές συσκευασίες που μπορούμε να προμηθευτούμε από το εμπόριο.

Πρέπει να τονίσουμε ότι ο υπολογισμός που μας εμφανίζεται είναι καθαρά ενδεικτικός.

Concrete calculator readymix

With this Concrete Volume Calculator, just enter the dimensions of the area to be concreted and you will be provided with the cubic metres of ready mixed concrete required for your project.

Please enter the dimensions in the white fields below. The calculations will be completed when you leave the last input field.

Depth (mm)  
Please note: depth is measured in mm,  
1 metre = 1000 mm

Length (m) 1

Width (m) 1

Depth 1000

Total m<sup>3</sup> 1

Calculate Reset

To complete the calculation click on the "Calculate" button.

Materials

Ready Mix required 2 approx tonnes

1 m<sup>3</sup>

*These are estimates only. For precise quotes please bring your measurement or house plans to your nearest Cashbuild store.*

Εικόνα 59. Υπολογισμός 2

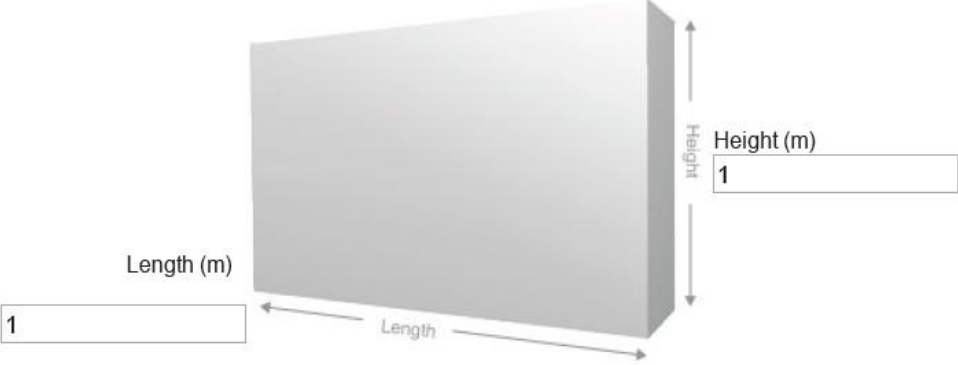
Στην ανωτέρω εικόνα δίνοντας τις διαστάσεις του σκυροδέματος που θέλουμε να κατασκευάσουμε το πρόγραμμα μας υπολογίζει το βάρος του.

Οφείλουμε να τονίσουμε ότι και οι δύο υπολογισμοί έχουν γίνει για 1 κυβικό σκυροδέματος.

Παρακάτω θα δούμε με την βοήθεια του προγράμματος την απαιτούμενη ποσότητα άμμου και τσιμέντου για την δημιουργία τσιμεντοκονίας για το σοβάτισμα τοιχοποιίας.

Mortar calculator

This calculator estimates the quantities of sand and Ordinary Portland Cement for Class II (Non-Structural) mortar per square metre of brickwork. Please enter the height and length of the wall below.



Length (m)

Height (m)

Total m<sup>2</sup>

To complete the calculation click on the "Calculate" button.

**Materials**

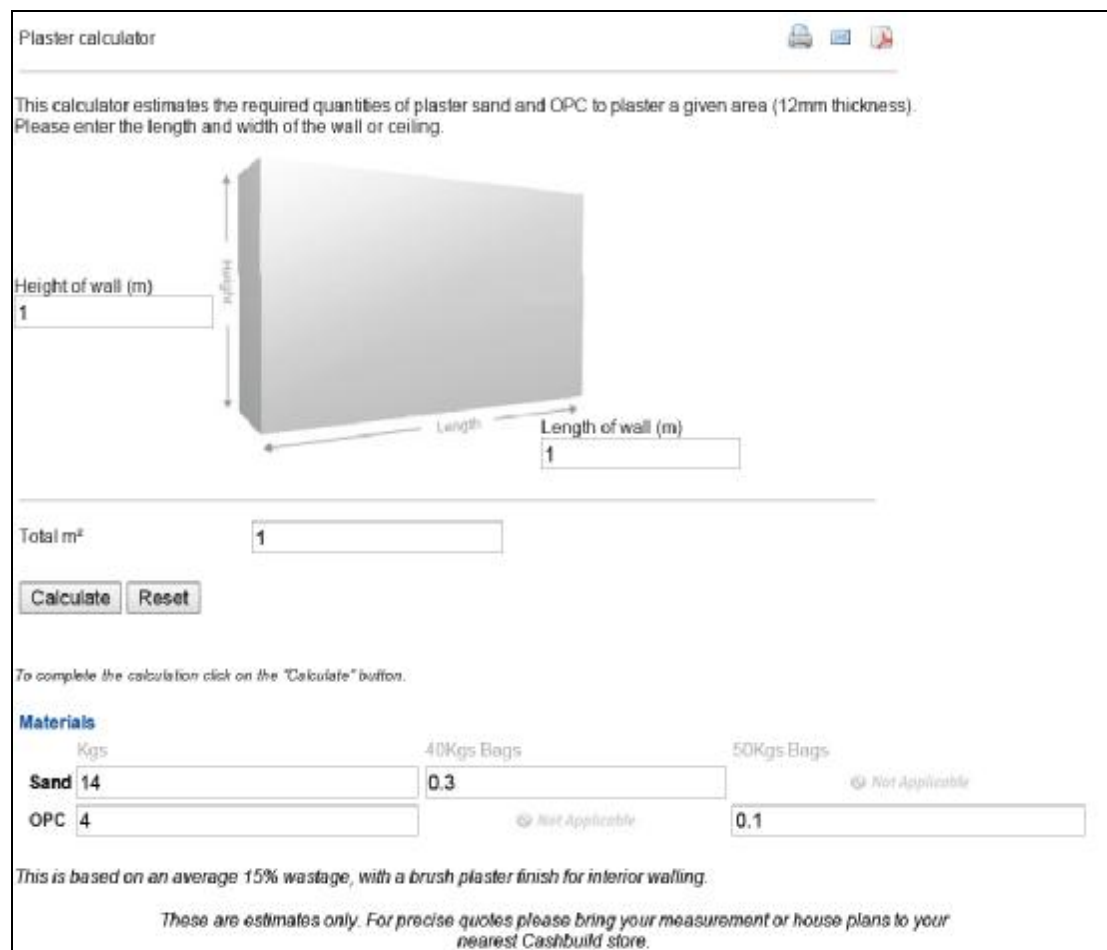
	Sand	Cement
<b>Kgs</b>	<input type="text" value="54.5"/>	<input type="text" value="15.5"/>
<b>40 Kg bags</b>	<input type="text" value="1.4"/>	<input type="text" value="Not Applicable"/>
<b>50 Kg bags</b>	<input type="text" value="Not Applicable"/>	<input type="text" value="0.3"/>
<b>Cubic metres</b>	<input type="text" value="0.04"/>	<input type="text" value="0.01"/>

*These are estimates only. For precise quotes please bring your measurement or house plans to your nearest Cashbuild store.*

Εικόνα 60. Υπολογισμός 3

Και σε αυτή την περίπτωση το πρόγραμμα μας δίνει τις ενδεικτικές ποσότητες άμμου και τσιμέντου και σε διπλανές στήλες τις ποσότητες ανά συσκευασίες που υπάρχουν στο εμπόριο.

Στον παρακάτω υπολογισμό προκύπτει η ποσότητα άμμου και γύψου για το λεπτό – εξωτερικό σοβάτισμα τοιχοποιίας.



Plaster calculator

This calculator estimates the required quantities of plaster sand and OPC to plaster a given area (12mm thickness). Please enter the length and width of the wall or ceiling.

Height of wall (m)  
1

Length of wall (m)  
1

Total m<sup>2</sup>  
1

Calculate Reset

To complete the calculation click on the "Calculate" button.

**Materials**

	Kgs	40Kgs Bags	50Kgs Bags
Sand	14	0.3	Not Applicable
OPC	4	Not Applicable	0.1

This is based on an average 15% wastage, with a brush plaster finish for interior walling.

*These are estimates only. For precise quotes please bring your measurement or house plans to your nearest Cashbuild store.*

Εικόνα 61. Υπολογισμός 4

Και σε αυτή την περίπτωση το πρόγραμμα μας δίνει τις ενδεικτικές ποσότητες άμμου και γύψου και σε διπλανές στήλες τις ποσότητες ανά συσκευασίες που υπάρχουν στο εμπόριο.

Οφείλουμε να τονίσουμε ότι και οι δύο υπολογισμοί έχουν γίνει για 1 τετραγωνικό κονιάματος.

Παρακάτω σας παρουσιάζουμε τον υπολογισμό για τις ενδεικτικές ποσότητες των υλικών για την κατασκευή μίας τοιχοποιίας.

Brick, mortar calculator

This Calculator will estimate quantities of brick and mortar required for a given area for single and double walls.

1  
Wall Width (m)

1  
Wall Height (m)

Total m<sup>2</sup> : 1

Calculate Reset

To complete the calculation click on the ?Calculate? button.

**Materials**

**Brick Wall with Class I Mortar**  
*Highly stressed masonry incorporating high-strength structural units such as might be used in multi-story load-bearing buildings. Reinforced masonry.*

	Nr Units	Mortar m <sup>2</sup>	OPC (Kg)	OPC 50Kg Bags	Sand (Kg)	Sand 40Kg Bags	Sand Cubic Meters
115mm	54	0.02	9.03	1	31.19	1	0.02
230mm	107	0.04	18.07	1	62.4	2	0.05

Εικόνα 62.Υπολογισμός 5α

**Brick Wall with Class II Mortar**

Normal load bearing applications, as well as parapets, balustrades, retaining structures, and freestanding and garden walls, and other walls exposed to possible severe dampness.

	Nr Units	Mortar m <sup>2</sup>	OPC (Kg)	OPC 50Kg Bags	Sand (Kg)	Sand 40Kg Bags	Sand Cubic Metres
<b>115mm</b>	<b>54</b>	<b>0.02</b>	<b>6.66</b>	<b>1</b>	<b>33.96</b>	<b>1</b>	<b>0.03</b>
<b>230mm</b>	<b>107</b>	<b>0.04</b>	<b>13.32</b>	<b>1</b>	<b>67.96</b>	<b>2</b>	<b>0.05</b>

These quantities are based on standard stock brick dimensions (222mmX106mmX73mm), and assumes a joint of 10mm. A wastage of 5% has been applied on mortar and a 2.5% breakage on brick

[Click to view calculator assumptions](#)

Bricks per SQM of Single Wall 115mm	= 52
Bricks per SQM of Double Skin Wall 230mm	104
Wheel Barrow Volume (l)	= 65
Weight of Cement Bag	= 50
Volume of Bag of Cement (l)	= 33
Volume of Mortar per brick laid	= 0.00034
Cement Bags per cubic metre of Class I Mortar	= 9.5
Cement Bags per cubic metre of Class II Mortar	= 7
Volume of Sand per cubic metre of Class I Mortar	= 1.23
Volume of Sand per cubic metre of Class II Mortar	= 1.34
Weight of a bag of sand	= 40
Volume of 40kg sand bag	30
Litres in a Cubic Metre	= 1000
Joint width on Brick Work	10mm

*These are estimates only. For precise quotes please bring your measurement or house plans to your nearest Cashbuild store*

Εικόνα 63. Υπολογισμός 5β

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CF%84%CE%BF>
2. <http://www.interbeton.gr/default.asp?pageid=38&langid=1>
3. [http://library.tee.gr/digital/m2316/m2316\\_kehagia.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2316/m2316_kehagia.pdf)
4. [http://skyrodemanet.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=183%253A-18&catid=64&Itemid=66](http://skyrodemanet.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=183%253A-18&catid=64&Itemid=66)
5. EFNARC "European Specification for Sprayed Concrete", European Federation of Producers and Applications of Specialist Products for Conorte Structures, 1999
6. Mollah M., et al. "A review of cement superplasticizers interactions and their models", Advances in cement Research, 2000
7. Myrdal R., "Modern chemical admixtures for shotcrete", 3rd Int. Symp. on sprayed Concrete, 1999, Gol, Norwa)
8. Taylor H.F.W., Cement Chemistry, 2nd Edition, Thomas Telford, 1997  
Tsohos O., Oppliger M., "An Introduction to concrete admixtures", University Studio Press, Thessaloniki, 2008
9. Yamada K., et al. Effects on the chemical structure on the properties of polycarboxylate-type superplasticizers, Cement and concrete Research, 2000
10. [http://www.cashbuild.co.za/Concrete\\_Calculator\\_Mix\\_on\\_Site.php](http://www.cashbuild.co.za/Concrete_Calculator_Mix_on_Site.php)
11. <http://www.concrete-quality.com/downloads/>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Δοκίμια σκυροδέματος.....	6
Εικόνα 2. Εκτόξευση σκυροδέματος εσωτερικά της σήραγγας.....	10
Εικόνα 3. Θεμελίωση οικοδομικού έργου.....	11
Εικόνα 4. Τρόπος σκυροδέτησης.....	11
Εικόνα 5. Κατανάλωση προσμίκτων.....	13
Εικόνα 6. Χημικά πρόσμικτα.....	14
Εικόνα 7. Σύνθεση σκυροδέματος με πρόσμικτα.....	14
Εικόνα 8. Χημική σύσταση των διαφόρων μορφών μειωτών ύδατος.....	16
Εικόνα 9. Επίδραση μειωτών ύδατος στην εργασιμότητα.....	16
Εικόνα 10. Μεταβολή θλιπτικής αντοχής λόγω χρήσης μειωτών ύδατος (μείωση λόγου W/C)'.....	17
Εικόνα 11. Βελτίωση της ανθεκτικότητας; λόγω μείωσης της διαπερατότητας (μείωση λόγου W/C)'.....	17
Εικόνα 12. Αποτελέσματα λόγω χρήσης των μειωτών ύδατος.....	18
Εικόνα 13. Ανάπτυξη της αντοχής ως συνάρτηση της χρήσης επιταχυντή.....	18
Εικόνα 14. Ανάπτυξη της αντοχής (θλιπτικής) ως συνάρτηση της ταχύτητας κάθισης.....	19
Εικόνα 15. Θλιπτική αντοχή ως συνάρτηση της χρήσης επιβραδυντή.....	20
Εικόνα 16. Ανθεκτικότητα σκυροδέματος ως συνάρτηση του ποσοστού αέρος.....	21
Εικόνα 17. Θλιπτική αντοχή ως συνάρτηση του ποσοστού κενών.....	21
Εικόνα 18. Οργανικές ενώσεις που εκπλύνονται σε διαδοχικούς κύκλους.....	22
Εικόνα 19. Διάγραμμα ροής παραγωγής τσιμέντου.....	23
Εικόνα 20. ονοματολογία.....	24
Εικόνα 21. Συντελεστής διόρθωσης της τυπικής απόκλισης.....	30
Εικόνα 22. Συντελεστές αναγωγών από αντοχές κυλινδρικών σε κυβικά δοκίμια.....	32
Εικόνα 23. Η επιφάνεια εργασίας του προγράμματος, επιλέγουμε «Mix disigns».....	39

Εικόνα 24. Στην επόμενη επιφάνεια επιλέγουμε "Step by step" .....	40
Εικόνα 25. Επιλέγουμε τις προδιαγραφές που θέλουμε για το σκυρόδεμα μας, μέσα από τις έξι επιλογές.....	41
Εικόνα 26. Στο κελί 1 επιλέγουμε την αντοχή που θέλουμε και τις μονάδες μέτρησης. ....	42
Εικόνα 27. Στο κελί 2 επιλέγουμε το είδος κατασκευής που θα σκυροδετήσουμε.....	43
Εικόνα 28. Στο κελί 3 επιλέγουμε τον τρόπο που θα σκυροδετήσουμε.....	44
Εικόνα 29. Στο κελί 4 επιλέγουμε τον τύπο κάθισης.....	45
Εικόνα 30. Στο κελί 5 επιλέγουμε τυχόν επικαλύψεις που θα τοποθετήσουμε αργότερα.....	46
Εικόνα 31. Στο κελί 6 επιλέγουμε τις καιρικές συνθήκες.....	47
Εικόνα 32. Εδώ επιλέγουμε τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν. Αριστερή στήλη της οθόνης.....	48
Εικόνα 33. Έχοντας επιλέξει το τσιμέντο, προχωράμε με τα σκύρα και την άμμο. (Από την βάση δεδομένων ή δικά μας στοιχεία) .....	49
Εικόνα 34. Επιλέγοντας τα υλικά μπορούμε να δώσουμε και το ποσοτικό εύρος για το καθένα.....	50
Εικόνα 35. Μέχρι τώρα έχουμε επιλέξει: τσιμέντο , άμμο, σκύρα χονδρ. και λεπτ , filler .....	51
Εικόνα 36. Επιλέγοντας και το νερό μας δίνεται η επιλογή να εξαρτήσουμε την ποσότητα του νερού με το τσιμέντο με διάφορους τρόπους. ....	52
Εικόνα 37. Είναι απαραίτητο να δώσουμε και την ποσότητα του αέρα.....	53
Εικόνα 38. Ακόμα έχουμε την επιλογή να δώσουμε την συνολική ποσότητα σκυροδέματος που χρειαζόμαστε.....	54
Εικόνα 39. Επιλέγουμε την ποσότητα του προσμίκτου (εύρος).....	55
Εικόνα 40. Δίνουμε και το ποσοτικό εύρος και στα υπόλοιπα υλικά.....	56
Εικόνα 41. Στο επόμενο βήμα επιλέγουμε την μέθοδο σύνθεσης από την στήλη αριστερά της οθόνης.....	57
Εικόνα 42. Στην περίπτωση μας το πρόγραμμα μας προτείνει την μέθοδο 2. Πατάμε «Optimize» .....	58
Εικόνα 43. Η σύνθεση είναι έτοιμη. Στην αριστερή στήλη φαίνονται οι ποσότητες των υλικών που είχαμε επιλέξει.....	59
Εικόνα 44. Τα υπόλοιπα υλικά.....	60



Εικόνα 45. Άλλη μία εμφάνιση των αποτελεσμάτων. ....	61
Εικόνα 46. Πιο αναλυτικά δεδομένα, κοκκομετρική καμπύλη. ....	62
Εικόνα 47. Επιλογή εμφάνισης δεδομένων.....	63
Εικόνα 48. Παρατηρήσεις του προγράμματος.....	64
Εικόνα 49. Επιλογές ρυθμίσεων.....	65
Εικόνα 50. Αποθήκευση μελέτης.....	66
Εικόνα 51.....	67
Εικόνα 52.....	69
Εικόνα 53. Τυπικές ιδιότητες ινών.....	69
Εικόνα 54. Σημαντικά χαρακτηριστικά της καμπύλης φορτίου- μετατόπισης υπό κάμψη κατά το πρότυπο ASTM C 1018-89.....	72
Εικόνα 55. Ορισμός δεικτών σύμφωνα με τον κανονισμό JCI-SF4.....	74
Εικόνα 56. Απορρόφηση ενέργειας κατά το γερμανικό πρότυπο.....	75
Εικόνα 57. Τάση σκυροδέματος $\sigma_{cd}$ [N/mm <sup>2</sup> ] συναρτήσει της βράχυνσης σκυροδέματος $\epsilon_c$ [%].....	78
Εικόνα 58. Υπολογισμός 1.....	88
Εικόνα 59. Υπολογισμός 2.....	89
Εικόνα 60. Υπολογισμός 3.....	90
Εικόνα 61. Υπολογισμός 4.....	91
Εικόνα 62.Υπολογισμός 5α.....	92
Εικόνα 63. Υπολογισμός 5β.....	93