

**«ΕΚΤΟΞΕΥΟΝΤΑΣ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ»  
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΗΨΕΙΣ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗΣ,  
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ  
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ, ΠΡΟΣΜΙΚΤΑ, ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ.**

ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ

**Περίληψη**

*Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται στοιχεία για το Εκτοξευόμενο Σκυροδέμα. Πιο συγκεκριμένα, εκτός των γενικών στοιχείων, που αναφέρονται, προς ενημέρωση του αναγνώστη, παρουσιάζεται σχολιασμός του Σχεδίου Προδιαγραφής του Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος, με συγκεκριμένες παρατηρήσεις και παραλήψεις. Αναφέρονται στοιχεία για τον έλεγχο του Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος μέσω των δεικτών δυσθραυστότητας καθώς και συνοπτικά συμπεράσματα για τη συμπεριφορά του ινοπλισμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Στην εργασία, παρουσιάζονται επίσης, στοιχεία για τα πρόσμικτα που χρησιμοποιούνται καθώς και ζητήματα που αφορούν την επίδρασή τους στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία.*

**1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η πρωτοπόρος χώρα στην ανάπτυξη του εκτοξευόμενου σκυροδέματος είναι η Ελβετία, γεγονός που οφείλεται, κυρίως, στη μακρόχρονη εμπειρία της από την κατασκευή σηράγγων στις Άλπεις.

Η βασική ιδέα, όμως, πίσω από την εφεύρεση, ήταν η ανάπτυξη ενός μηχανήματος, για να παράγει μεγάλα γλυπτά ζώων, συγκεκριμένα δεινοσαύρων, για το μουσείο φυσικής ιστορίας του Σικάγου. Έτσι, το πρώτο μηχάνημα εκτοξευόμενου σκυροδέματος κατασκευάστηκε από τον Carl Ethan Alely το 1910, και αποκαλούνταν «Τσιμεντοπίστολο» (Cement-Gun). Κατά άλλους, βέβαια, η πρώτη μηχανή αναπτύχθηκε στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα από τον Dr Carlton Akerley, 1895.

Ο εξοπλισμός ήταν γνωστός ως «Cement Gun» και το εκτοξευόμενο υλικό ονομάστηκε «Gunite». Στην πορεία συναντά κανείς και άλλους όρους, όπως Sprayed Concrete, Shot Concrete και Shotcrete. Ο τελευταίος όρος χρησιμοποιείται συχνά για να περιγράψει ένα μίγμα στο οποίο ο μέγιστος κόκκος αδρανούς ξεπερνά τα 10 mm, και χρησιμοποιείται κυρίως στις ΗΠΑ. Ο όρος Sprayed Concrete χρησιμοποιείται κυρίως στην Ευρώπη, η αποδοχή του όμως είναι ευρύτερη παγκοσμίως.

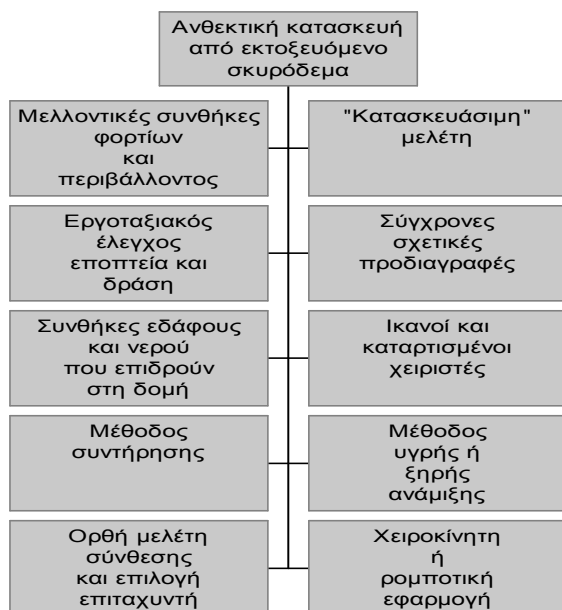
**2. ΣΧΕΔΙΟ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ,  
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΣ-ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ**

Τα τελευταία χρόνια, η κάλυψη των σχετικών αναγκών για θέματα του Εκτοξευόμενου σκυροδέματος, γινόταν κυρίως επί τη βάση της Αμερικάνικης Προδιαγραφής ACI 506R-90 Guide to Shotcrete και της Ευρωπαϊκής European Specification for Sprayed Concrete.

Η έλλειψη μιας Ελληνικής Προδιαγραφής Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος ήταν ιδιαίτερα εμφανής και μάλιστα σε περιόδους μετά από ένα μεγάλο σεισμό, οπότε η χρήση της μεθόδου σε ενισχύσεις – επισκευές βλαμμένων κτιρίων γίνεται πολλαπλάσια της συνήθους. Το 1999 ολοκληρώθηκε η εκπόνηση «Του Σχεδίου Προδιαγραφής για το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα» από Επιτροπή και λειτούργησε στο ΚΕΔΕ στο πλαίσιο του έτους ποιότητας.

Αξίζει να αναφερθεί, ότι οι κριτικές δεν φάνηκαν απόλυτα ικανοποιητικές καθώς θεωρήθηκε ότι υπάρχουν αρκετές ελλείψεις και παραλείψεις. Πιο συγκεκριμένα, η Προδιαγραφή θεωρήθηκε ότι είναι περισσότερο προσανατολισμένη προς τα υπόγεια έργα και την «υγρή Μέθοδο», που όμως εφαρμόζονται μόνο στα μεγάλα Δημόσια έργα, ενώ υπάρχει μεγάλο κενό στις εργασίες επισκευών – ενισχύσεων, ιδιωτικών κυρίως έργων, με μικρές γενικώς ποσότητες υλικού, στις οποίες χρησιμοποιείται σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα η «ξηρή μέθοδος» (Θ. Γ. Βουλδικάρης).

Αμφισβητήθηκε ο ορισμός της αντοχής του εκτοξευόμενου σκυροδέματος επί τη βάση της χαρακτηριστικής αντοχής (όπως δίνεται στην προδιαγραφή), δεδομένου του μεγάλου φάσματος τιμών αντοχής που μπορεί να δώσει η ίδια αναλογία υλικών, στην ίδια μελέτη συνθέσεως. Αυτό συμβαίνει διότι η διαδικασία της εκτόξευσης, υγρής ή ξηρής, εισάγει ένα πρόσθετο αριθμό παραγόντων σε σχέση με το συμβατικό σκυρόδεμα, οι οποίοι επιδρούν καθοριστικά στην ποιότητα του τελικού προϊόντος. Παρακάτω παρουσιάζεται και ένα ενδεικτικό σχεδιάγραμμα, που συνοψίζει τους παράγοντες που επηρεάζουν την ανθεκτικότητα μιας κατασκευής από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.



Σχέδιο 1: Παράγοντες που καθορίζουν την αντοχή της κατασκευής από Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα (Τ. Α. Melbye)

Τέλος, μια ακόμα από τις πιο σημαντικές παρατηρήσεις, που έγιναν, είναι η πολλαπλή αναφορά και παραπομπή της Προδιαγραφής σε άλλα πρότυπα, κάτι που δεν βοηθά τον αναγνώστη να έχει ολοκληρωμένη άποψη ενώ υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να αγνοηθούν και παραβλεφθούν σημαντικά στοιχεία. Π.χ. ο τρόπος παραγωγής – λήψεως και ελέγχου των δοκιμίων, πρέπει να περιλαμβάνεται στην Προδιαγραφή, στοιχειωδώς, ίσως, αλλ' επαρκώς. (Θ. Γ. Βουλδικάρης). Η αναφορά σε ξένες προδιαγραφές, άγνωστες στο μέσο Έλληνα μηχανικό, δε βοηθά στη βελτίωση της ποιότητας των κατασκευών, συμβάλλει μόνο στη παραγωγή ανυποψίαστων παραβατών. Υπογραμμίζεται, ότι σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Προδιαγραφή, δεν υπάρχει ούτε μια αναφορά σε Αμερικάνικο Πρότυπο.

Σημείωση : (Έχουν γίνει πολλές ακόμα παρατηρήσεις-επισημάνσεις για το «Σχέδιο Προδιαγραφής για το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα», αλλά δεν κρίνεται απαραίτητο να παρουσιαστούν στη συγκεκριμένη εργασία).

### **3. ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΜΕΣΩ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΔΥΣΘΡΑΥΣΤΟΤΗΤΑΣ. ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.**

Η ενσωμάτωση μεταλλικών ινών στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μεταβάλλει σημαντικά τη συμπεριφορά του από ψαθυρή σε πλαστική.

Πιο συγκεκριμένα, το πλεονέκτημα που παρουσιάζουν, έναντι του συμβατικού οπλισμού κατά των ρωγμών, είναι ότι οι ίνες κατανέμονται κατά τρόπο τυχαίο και ασυνεχή σε όλη τη δομή της επένδυσης, επιτυγχάνοντας ομοιόμορφο οπλισμό, ο οποίος ανακατανέμει ομοιόμορφα τα φορτία εφελκυσμού, αναπτύσσοντας μεγαλύτερη ποσότητα ομοιογενώς κατανομημένων μικρορωγμών, περιορισμένου βάθους.

Πρόσφατα έχει εισαχθεί η χρήση ινών Προπυλενίου Υψηλής Απόδοσης (HPP), καθώς διαθέτουν το επιπλέον πλεονέκτημα της ανθεκτικότητας σε διάβρωση, παρουσιάζοντας ταυτόχρονα απόδοση παρόμοια με εκείνη των ινών από χάλυβα.

Σημειώνεται, επίσης, ότι με όλα τα μείγματα που περιέχουν ίνες, θα πρέπει να δίδεται προσοχή στο συνδυασμό της αντοχής των ινών με την αντοχή εφελκυσμού του σκυροδέματος, καθώς ένα σκυρόδεμα υψηλής αντοχής με ίνες κανονικής αντοχής εφελκυσμού, μπορεί να δημιουργήσει εύθραυστο υλικό. Τέλος, καθώς προστίθενται οι ίνες κατά τη διαδικασία της σύνθεσης, εγκαταλείπεται από τον κύκλο κατασκευής η χρονοβόρα λειτουργία της εγκατάστασης συγκολλημένου πλέγματος.

Ο βασικός ποιοτικός έλεγχος των εκτοξευόμενων ινοσκυροδεμάτων έγκειται στον έλεγχο της πλαστιμότητας μέσω διαγραμμάτων φορτίου-παραμόρφωσης. Για τη μέτρηση και τον ποσοτικό προσδιορισμό της πλαστιμότητας έχουν αναπτυχθεί διάφορες δοκιμές (Α. Σακελλαρίου). Δύο χώρες, Η.Π.Α. και Ιαπωνία, έχουν εδώ και καιρό δημιουργήσει προδιαγραφές δοκιμών, ώστε να μετρούν την επίδραση των ινών στη δυσθραυστότητα του εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Είναι οι δοκιμές :

USA : ASTM C 1018/85

Japan : JCI-SF4/84

Οι επιδόσεις των ινοσκυροδεμάτων ως προς τη πλαστιμότητα αποτιμούνται με τους δείκτες δυσθραυστότητας  $I_i$ , οι οποίοι ορίζονται βάσει της έννοιας της δυσθραυστότητας (ενέργεια ισοδύναμη με το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη φορτίο – παραμόρφωση μέχρι μια «καθορισμένη» παραμόρφωση).

Πιο συγκεκριμένα είναι αριθμοί (αδιάστατα μεγέθη) που λαμβάνονται διαιρώντας το εμβαδόν μέχρι μια καθορισμένη παραμόρφωση δια του εμβαδού μέχρι τη πρώτη ρωγμή :

$$I_i = \frac{E_i}{E_d}$$

Μετά από έρευνες βρέθηκε και αναφέρεται ενδεικτικά, ότι για ένα υποθετικό εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, οπλισμένο με μεταλλικές ίνες, με τέλεια ελαστοπλαστική συμπεριφορά (δηλαδή ικανότητα μετά την πρώτη ρηγμάτωση, να συνεχίζει να παραμορφώνεται χωρίς ούτε να χάνει ούτε να αυξάνει το φορτίο του) οι τιμές των δεικτών δυσθραυστότητας  $I_5$ ,  $I_{10}$ ,  $I_{20}$  και  $I_{30}$  είναι 5, 10 20 και 30 αντίστοιχα.

Στην Ελλάδα οι δοκιμές που πραγματοποιούνται την τελευταία δεκαετία για την εξαγωγή συμπερασμάτων και αποτελεσμάτων, εκτελούνται στο εργαστήριο Σκυροδέματος της ΔΕΗ.

Σημειώνεται πάντως, ότι ο Ευρωπαϊκός Κανονισμός EFNARC προτείνει άλλες μεθόδους εκτίμησης της δυσθραυστότητας απομακρυνόμενες από την έννοια της πρώτης ρωγμής, λόγω των πιθανών πειραματικών λαθών που μπορεί να συμβούν στις μετρήσεις για την εμφάνιση της πρώτης ρωγμής. Έτσι για το νέο Ελληνικό Κανονισμό εκτιμάται ότι πρέπει να λάβει σοβαρά υπόψιν του τις νέες τάσεις και να τις ενσωματώσει από τώρα.

Από πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί στον Καναδά και τη Νορβηγία διαπιστώθηκε ότι το ινοπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα έχει καλύτερη μηχανική συμπεριφορά έναντι του εκτοξευόμενου με δομικό πλέγμα, αφού μπορεί να αναλάβει μεγαλύτερα φορτία για μικρές και μεγάλες παραμορφώσεις, έχει ικανότητα ανάληψης έως και 50% του οριακού καμπτικού φορτίου για μεγάλες παραμορφώσεις της τάξεως των 40 mm , έχει καλύτερη συμπεριφορά σε πειράματα προσομοίωσης πτώσης βραχοτεμαχίων ενώ καθιστά τη μεμβράνη του εκτοξευόμενου σκυροδέματος πλέον πλαστική και ενδοτική σε παραμορφώσεις.

#### **4. ΠΡΟΣΜΙΚΤΑ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΕΣ**

Τα πρόσμικτα που χρησιμοποιούνται ειδικά στο Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα είναι:

- Οι ρευστοποιητές
- Οι επιταχυντές
- Τα θιξοτροπικά
- Οι αναστολείς ενυδάτωσης
- Τα βελτιωτικά πρόσφυσης

Οι γενικές απαιτήσεις που υπάρχουν για τα παραπάνω πρόσμικτα είναι ως προς :

- Ομοιογένεια
- Χρώμα
- Πυκνότητα
- Τιμή PH
- Δρών συστατικό
- (%) περιεκτικότητα ξηρού υλικού
- συνολικά (υδατοδιαλυτά)  $Cl^-$
- περιεκτικότητα σε αλκάλια
- μη διαβρωτική ως προς τον χάλυβα συμπεριφορά

Οι ειδικές απαιτήσεις έχουν να κάνουν με :

- τη πτώση των θλιπτικών αντοχών (επιταχυντές)
- τη μείωση των χρόνων πήξης (επιταχυντές)
- τον έλεγχο των χρόνων πήξης (αναστολείς ενυδάτωσης)
- τη μείωση της ροής – slump (θιξοτροπικά πρόσμικτα)
- την αύξηση της ροής – slump (αναστολείς ενυδάτωσης)
- την αύξηση του άμεσου εφελκυσμού πρόσφυσης (βελτιωτικά πρόσφυσης)

Πιο συγκεκριμένα οι επιταχυντές προστίθενται στο σκυρόδεμα την ώρα της εκτόξευσης με σκοπό :

- να αυξηθεί η ταχύτητα σκλήρυνσης
- να παραχθεί γρήγορη πήξη
- να αποκτηθούν ικανοποιητικές πρώιμες αντοχές

Ο πρωταρχικός ρόλος του επιταχυντή είναι να κρατήσει το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πάνω στα τοιχώματα και κυρίως στην οροφή.

Ένα σκυρόδεμα με γρήγορη πήξη είναι αναγκαίο για να χτιστεί μια επένδυση στο απαιτούμενο πάχος και για να εξασφαλιστεί η ασφάλεια στα στοιχεία της οροφής, στους θόλους. Σημειώνεται ότι : **η δοσολογία πρέπει να κανονιστεί ώστε να εξασφαλίζει την καλή πρόσφυση ανάμεσα στα διαδοχικά περάσματα που δημιουργούν μια στρώση!**

Οι επιταχυντές που διατίθενται στο εμπόριο είναι τεσσάρων ειδών :

- Επιταχυντές χωρίς αλκάλια
- Αλουμινούχοι επιταχυντές
- Υδρύαλος (πυριτικά)
- Τροποποιημένα πυριτικά

ενώ οι βασικές κατηγορίες στις οποίες ανήκουν είναι :

- Πυριτικοί υγροί επιταχυντές

- Û Αργιλικοί υγροί επιταχυντές
- Û Μη-Αλκαλικοί επιταχυντές σε σκόνη
- Û Μη-Αλκαλικοί υγροί επιταχυντές
- Û Τσιμεντοειδείς επιταχυντές σε σκόνη

## 5. ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ

Η επίδραση των Μη-Αλκαλικών επιταχυντών στις αντοχές του σκυροδέματος είναι ιδιαίτερα θετική, αλλά ένα σημαντικό στοιχείο εις βάρος τους είναι το θέμα αυξανόμενου κόστους. Σε σχέση με τους Αργιλικούς επιταχυντές απαιτούν μεγαλύτερες καταναλώσεις για το ίδιο αποτέλεσμα και παράλληλα αυξημένο κόστος ανά κιλό προϊόντος. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το κόστος του Μη-Αλκαλικού επιταχυντή ανά κυβικό μέτρο σκυροδέματος μπορεί να είναι περίπου 3-4 φορές μεγαλύτερο σε σχέση με ένα αργιλικό επιταχυντή.

Οι Αλκαλικοί, Πυριτικοί, και Αργιλικοί Επιταχυντές περιέχουν ως δραστικό συστατικό ορισμένα αλκαλικά (βασικά) οξείδια του Νατρίου ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) ή του Καλίου ( $\text{K}_2\text{O}$ ). Η υψηλή αλκαλικότητα των συστατικών αυτών τα καθιστά επιβλαβή για την υγεία όσων έρχονται σε μακροχρόνια επαφή με αυτά. Ακόμα και οι πυριτικοί επιταχυντές που έχουν χαμηλότερη αλκαλικότητα από τους αργιλικούς, λόγω των υψηλών καταναλώσεων που χρησιμοποιούνται, μπορεί να είναι εξίσου επιβλαβείς.

Ένα στοιχείο που παρατηρείται ακόμα και σε εργοτάξια με υψηλές προδιαγραφές ασφάλειας, είναι ότι οι χειριστές του ακροφυσίου της αντλίας σπάνια φορούν προστατευτικά γυαλιά, καθώς η σκόνη και ο ιδρώτας που επικάθονται στα γυαλιά εμποδίζουν τον έλεγχο και τις κινήσεις ακρίβειας που απαιτούνται από το χειριστή. Τα σταγονίδια του επιταχυντή βρίσκονται σε συνεχή αιώρηση στο μέτωπο της σήραγγας κατά τη διαδικασία εκτόξευσης, ακόμη και σε μια καλά αεριζόμενη σήραγγα, καθώς ο εξαερισμός ακριβώς μπροστά στο μέτωπο είναι πιο περιορισμένος. Ακόμα, οι μάσκες που φορούν οι εργάτες (όταν τις φορούν...) σπάνια πληρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές προστασίας.

Πέρα όμως από τον παράγοντα της υγιεινής του χώρου εργασίας, οι μελέτες που έγιναν στην Ελβετία και σε άλλες χώρες της βόρειας Ευρώπης, επισήμαναν την πιθανότητα της επιβάρυνσης του υδροφόρου ορίζοντα, σε περιοχές με υψηλή κυκλοφορία υπογείων υδάτων. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να προκληθεί από τη σταδιακή έκπλυση και μεταφορά των αλκαλικών συστατικών του σκυροδέματος.

Έτσι, λόγω των προαναφερθέντων παρατηρήσεων, η Ιταλία και η Γαλλία απαγόρευαν τη χρήση αργιλικών επιταχυντών, ενώ ταυτόχρονα γίνεται σταδιακή επέκταση της χρήσης των Μη-Αλκαλικών επιταχυντών σε πολλές χώρες της Ευρώπης.

Κρίνεται, βέβαια, σκόπιμο να αναφερθεί, ότι σε περιπτώσεις πολύ χαμηλής ποιότητας υποστρώματος εκσκαφής, με πολύ υψηλές απαιτήσεις από το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, όπως για παράδειγμα σε πολύ θρυμματισμένο ασβεστόλιθο, με υψηλή παρουσία νερού, η χρήση των αργιλικών επιταχυντών μπορεί να είναι η πλέον ενδεδειγμένη. Όμως, αυτές οι περιπτώσεις είναι συνήθως εξαιρέσεις.

Συμπερασματικά, οι απαιτήσεις για :

- Û Μεγαλύτερη ανθεκτικότητα του εκτοξευόμενου σκυροδέματος
- Û Για βελτίωση του περιβάλλοντος εργασίας
- Û Και η αυξανόμενη οικολογική ευαισθησία

φαίνεται ότι οδηγούν την Τεχνολογία προς την κατεύθυνση των **Μη-Αλκαλικών Επιταχυντών**.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η χρήση αυτών των επιταχυντών δεν προωθήθηκε μόνο από τις εταιρίες παραγωγής προσμίκτων, αλλά απαιτήθηκε από τις τοπικές αρχές και κοινωνίες που ενδιαφέρθηκαν να βελτιώσουν – ή τουλάχιστον να μη χειροτερέψουν άλλο – την ποιότητα ζωής τους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Θ. Γ. Βουδικλάρης (2001)  
«Σχολιασμός του Σχεδίου Προδιαγραφής Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος», Αθήνα, Αύγουστος 2001
- Μ. Μιχαηλίδης, Κ. Κουτσουπιάς (2001)  
«Σχολιασμός διατάξεων του Σχεδίου Προδιαγραφής για το Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα και προτάσεις βάσει στοιχείων από την παρακολούθηση εργασιών εκτοξευόμενου σκυροδέματος στην Αττική.» Σεπτέμβριος 2001
- Α. Σακελλαρίου (2001)  
«Έλεγχος Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος μέσω των δεικτών δεισθραυστότητας (Flexural Toughness Index)». Σεπτέμβριος 2001
- Α. Σακελλαρίου (2001)  
«Παρουσίαση του Ευρωπαϊκού Κανονισμού EFNARC για το Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα». Σεπτέμβριος 2001
- Γρ. Σαμπατακάκης (2001)  
«Η εφαρμογή του Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος στα Τεχνικά Έργα». Σεπτέμβριος 2001
- Γ. Κατσαντώνης (2001)  
«Συστήματα προσμίκτων για ανθεκτικότητα και οικολογία Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος»
- T. A. Melbye, R.H. Dimmock (2001)  
«Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα : Μια σύγχρονη, ολιστική προσέγγιση»



**ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ**



**ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 1**



**ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 2**



**ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ 3**

