



**Π Τ Υ Χ Ι Α Κ Η Ε Ρ Γ Α Σ Ι Α :**

**Δ Ο Κ Ι Μ Ε Σ Ε Λ Ε Γ Χ Ο Υ Α Ο Π Λ Ο Υ – Ι Ν Ο Π Λ Ι Σ Μ Ε Ν Ο Υ  
Ε Κ Τ Ο Ξ Ε Υ Ο Μ Ε Ν Ο Υ Σ Κ Υ Ρ Ο Δ Ε Μ Α Τ Ο Σ**

**Σ Π Ο Υ Δ Α Σ Τ Ε Σ :**

**ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ**

**ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΣΠΑΡΑΚΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ**

**Ε Ι Σ Η Γ Η Τ Ε Σ :**

**Δρ Θ. ΓΕΩΡΓΟΠΟΥΛΟΣ**

**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**Δ. ΠΑΓΑΝΟΣ**

**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**Ζ. ΧΡΗΣΤΟΥ**

**Ε.Τ.Π**

**ΠΑΤΡΑ- ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ**

<b>1. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b>	<b>Σελίδα</b>
2 Περίληψη	5
3 Γενικά	6
4 Υλικά Παρασκευής	8
4.1 Τσιμέντο και Νερό	9
4.2 Αδρανή	10
4.3 Πρόσθετα – Πρόσμικτα	11
4.4 Είδη ινών	15
4.4.α Μηχανικά χαρακτηριστικά ΙΝΟ.Σ.	17
4.4.β Δείκτες μηχανικής συμπεριφοράς	19
-Αμερικάνικο πρότυπο	19
-Ιαπωνικό πρότυπο	20
-Γερμανικό πρότυπο	20
-Πρόταση της EFNARC	21
-Συγκριτική αξιολόγηση των δεικτών	22
4.4.γ. Παραγωγή	22
4.4.δ. Εφαρμογές Ινοπλισμένου Σκυροδέματος	28
4.4.ε. Συμπεριφορά Σκυροδέματος Οπλισμένου με ίνες χάλυβα (SFRC) υπό φόρτιση και ικανότητα σε διάτμηση δοκών – προσέγγιση με τη μηχανική των θραύσεων.	28
i. Μηχανική των θραύσεων	29
ii. Συμπεριφορά του SFRC υπό φόρτιση	29
iii. Τριγραμμικό ομαλοποιημένο διάγραμμα για SFRC	30
iv. Ικανότητα σε διάτμηση δοκών από SFRC	33
4.4.στ. Συμπερασματικές επισημάνσεις	34
5 Ανάμιξη μίγματος	35
6 Διαδικασίες μίξης	38
6.1 Ξηρή ανάμιξη	38
6.2. Υγρή ανάμιξη	41
6.3 Επιλογή της μεθόδου	42
7 Μέθοδος μεταφοράς , φορτοεκφόρτωσης και αποθήκευσης υλικών	45
8 Εκτέλεση της εργασίας	45
9.Προσωπικό – Εξοπλισμός	46
10. Προετοιμασία επιφάνειας διάστρωσης	49

11 Εκτόξευση σκυροδέματος	52
12 Διαμόρφωση τελικής επιφάνειας	59
13 Συντήρηση	59
13.1 Υποχρεώσεις συντήρησης	59
13.2 Συνθήκες συντήρησης	59
13.3 Ενέργειες συντήρησης	59
13.4 Αποκλειστική συντήρηση	60
13.5 Μέθοδος συντήρησης	60
13.6 Συντήρηση με ψεκασμό	60
13.7 Συντήρηση με επαναλαμβανόμενο ψεκασμό νερού	60
13.8 Συντήρηση με υλικά ενσωματωμένα στο σκυρόδεμα	61
13.9 Έλεγχος συντήρησης με χρήση δοκιμίων	61
13.10 Συντήρηση σε εργασίες επισκευής	61
14 Απαιτήσεις ποιοτικών ελέγχων και δοκιμών για την παραλαβή	62
14.1 Έλεγχοι	62
14.1.1 Οπτικός έλεγχος	62
14.1.2 Γεωμετρικός έλεγχος	63
14.1.3 Μηχανικός έλεγχος	64
14.1.4 Εργαστηριακός έλεγχος	64
i. Εργαστηριακές δοκιμές κατηγορίας E1	64
ii. Παρασκευή φατνωμάτων δοκιμίων Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος	65
iii. Λήψη και διαμόρφωση δοκιμίων	66
iv. Προσδιορισμός θλιπτικής αντοχής δοκιμίων	66
v. Δειγματοληψίες	66
vi. Εργαστηριακές δοκιμές κατηγορίας E2	67
vii. Έλεγχος θλιπτικής αντοχής	67
viii. Έλεγχος συνάφειας	68
15 Κριτήρια αποδοχής	70
i. Στον Οπτικό έλεγχο	70
ii. Στον Γεωμετρικό έλεγχο	70
iii. Στον Μηχανικό (κρουστικό) έλεγχο	70
iv. Στον Εργαστηριακό έλεγχο	71
v. Στον έλεγχο Συνάφειας	72
vi. Σε άλλους ελέγχους	72

16 Επανελέγχοι – Διορθωτικά μέτρα	72
i. Επανελέγχοι	72
ii. Διορθωτικά μέτρα	73
17 Υποχρέωση εφαρμογής ελέγχων	74
18 Όροι και απαιτήσεις Υγιεινής – Ασφάλειας	75
18.1 Πιθανοί κίνδυνοι κατά την εργασία κατασκευής	75
19 Αντιμετώπιση Εργαστηριακών κινδύνων	75
20 Τρόπος επιμέτρησης ενέργειας	76
20.1 Περιλαμβανόμενες δαπάνες	77
21 Φωτογραφίες Ινοπλισμένου Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος	78
22 Ευρωπαϊκή Προδιαγραφή για το Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα – Οδηγίες για μελετητές προδιαγραφών και αναδόχους	114
23 Διαγράμματα εργαστηριακών δοκιμών	139
24 Συμπεράσματα	155
25 Βιβλιογραφία	156

## 2. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ως «εκτοξευόμενο σκυρόδεμα» (Shotcrete), ορίζεται το σκυρόδεμα που εφαρμόζεται πάνω σε μία επιφάνεια με εκτόξευσή του από ακροφύσιο, ώστε να σχηματίσει στρώση σκυροδέματος πάνω στην εν λόγω επιφάνεια.

Το Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα διακρίνεται σε άοπλο και οπλισμένο.

Το Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα ανήκει στα ειδικά σκυροδέματα και ελέγχεται με διαφορετικά κριτήρια από το συνήθες σκυρόδεμα. Οι κατηγορίες του ακολουθούν γενικά τις ποιότητες του σκυροδέματος δηλαδή C 20/25, C 25/30 κ.τ.λ.

Το οπλισμένο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μπορεί να περιέχει ίνες (Χαλύβδινες ή Πλαστικές) διαφόρων διαστάσεων και μηκών. Με την εκτόξευση αυτού του μίγματος επιτυγχάνετε η κάλυψη των κενών σε μια επιφάνεια με την αποφυγή τις διατάραξης της, καθώς και της αύξησης των καμπτικών – εφελκυστικών αντοχών.

Η μέθοδος αυτή έχει πολλές εφαρμογές λόγω τις εύκολης εφαρμογής της, όπως στην κάλυψη πρανών με σκοπό την σταθεροποίηση τους, σε σήραγγες, σε υπόγειους αγωγούς και για την επισκευή – συντήρηση – αναπαλαίωση κατασκευών ή κτηρίων .

Κατά την διάρκεια εκπόνησης της Πτυχιακής εργασίας, σχεδιάστηκαν Μελέτες Συνθέσεων για διάφορα ποσοστά υπερευστοποιητών, ρυθμιστών πήξης και διαφόρων τύπων τσιμέντου για την εύρεση μεταβολής της θλιπτικής αντοχής, Ειδικά για το ινοπλισμένο έγιναν δοκιμαστικά αναμίγματα όπως και του άοπλου με διάφορα ποσοστά ινών, για την εύρεση της βέλτιστης ποσότητάς τους. Λήφθηκαν συμβατικά δοκίμια σκυροδέματος 150\*150\*150 χλστ για τον έλεγχο της θλιπτικής αντοχής.

Με την εύρεση του κατάλληλου ποσοστού προσθέτων κατασκευάσθηκαν κυλινδρικά δοκίμια διαμέτρου 150 χλστ, πρισματικών δοκιμίων διαστάσεων 150\*150\*700 χλστ για έλεγχο της καμπτικής – εφελκυστικής αντοχής με διάφορες ποσότητες ινών (χαλύβδινων).

Τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν και παρουσιάζονται σε σχετικούς πίνακες.

### 3. ΓΕΝΙΚΑ

Ο όρος shotcrete (εκτοξευόμενο σκυρόδεμα) δόθηκε για πρώτη φορά το 1930 από την Αμερικανική Ένωση Σιδηροδρόμων. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, κατά την ACI 506R-85 "Οδηγός Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος", ονομάζεται το σκυρόδεμα που μεταφέρεται μέσα σε σωλήνες και εκτοξεύεται υπό την πίεση αέρα με μεγάλη ταχύτητα επάνω σε μία επιφάνεια. Παλαιότερα χρησιμοποιείτο διεθνώς και ο όρος "gunite" ο οποίος προερχόταν από σχετική κατοχύρωση ευρεσιτεχνίας.

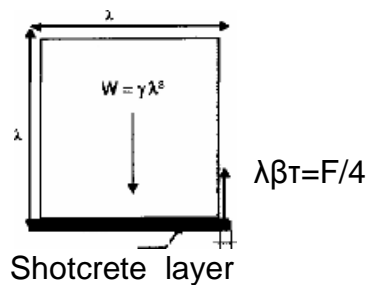
Η αποτελεσματικότητα του εκτοξευόμενου σκυροδέματος στην αποφυγή της χαλάρωσης του πετρώματος πιστοποιήθηκε σε μία πληθώρα γεωλογικών συνθηκών, είναι δε ιδιαίτερα ενδεδειγμένη σε χαλαρό πέτρωμα και σε μη ομοιόμορφες διατομές εκσκαφής.

Το σκυρόδεμα που εκτοξεύεται από το ακροφύσιο σε μία τραχεία επιφάνεια πετρώματος, αρχικά γεμίζει τα κενά, όπως ρωγμές, σχισμές ή διακλάσεις, συνδέοντας τα χαλαρά ή μερικά στηριζόμενα θραύσματα, και παρεμποδίζει την περαιτέρω αποσύνθεση. Η συγκόλληση εξαρτάται από τη πλέξη των σωματιδίων του σκυροδέματος με τους κόκκους της επιφάνειας του πετρώματος. Αρχικά σχηματίζεται ένα λεπτό στρώμα τσιμεντοκονίας με κόκκους άμμου μικρότερους από 0.2 mm. Αυτό το λεπτόκοκκο υλικό εισχωρεί στους πόρους και στις ρωγμές και προσφέρει μία βάση για την εκτόξευση και συμπύκνωση του υπολοίπου πάχους. Κατά τη δημιουργία του αρχικού στρώματος τα χονδρόκοκκα αδρανή αναπηδούν και πέφτουν στο δάπεδο. Η πρόσφυση είναι προφανώς καλύτερη σε ένα πρόσφατα θραυσμένο, καθαρισμένο, τραχύ πέτρωμα, παρά σε μια λεία επιφάνεια πλαστικού ή μετάλλου. Διαβρωμένα, θραυόμενα, εύθρυπτα, λασπώδη ή αργιλικά πετρώματα έχουν φτωχή πρόσφυση. Ο καθαρισμός της επιφάνειας του πετρώματος μπορεί να γίνει με ψεκασμό μείγματος νερού και πιεσμένου αέρα από το ακροφύσιο του εκτοξευτήρα.

Ζημιά στο σκυρόδεμα μπορεί να προκληθεί από τη διήθηση νερού, που γι' αυτό θα πρέπει να παρακαμφθεί, όπως π.χ. με τη διάτρηση οπών και τοποθέτηση σωλήνων συνδεδεμένων με το σύστημα στράγγισης. Η εκτόξευση σκυροδέματος γίνεται συχνά αμέσως μετά τη δημιουργία της νέας επιφάνειας. Για την εξασφάλιση της γρήγορης πήξης χρησιμοποιούνται επιταχυντικά πρόσθετα στο μείγμα. Η απώλεια που προκαλείται στην τελική αντοχή αντισταθμίζεται από την αυξημένη

ασφάλεια και αποτελεσματικότητα.

Σχήμα 3. Μεταφορά δυνάμεων με διατμητικές δυνάμεις



Οι βασικοί λόγοι χρήσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος σαν επένδυση είναι:

§ Η παρεμπόδιση ή ελαχιστοποίηση των μετακινήσεων του χαλαρούμενου πετρώματος με την ισχυροποίηση της μάζας της οποίας γεμίζονται τα κενά, με τη μεταφορά του φορτίου του πετρώματος σε γειτονικό ευσταθές πέτρωμα με δυνάμεις διάτμησης ή συγκόλλησης, και με λειτουργία φορέα μεμβράνης,

§ Σε οξειδούμενο ή χαλαρούμενο πέτρωμα, η στεγάνωσή του που παρεμποδίζει την περαιτέρω χαλάρωση λόγω της έκθεσης του πετρώματος σε υγρό αέρα ή υπόγεια νερά.

§ Ο έλεγχος της δημιουργίας νερού και πάγου, με την ανακατεύθυνση, τη στράγγιση ή το σταμάτημα της ροής.

Ιδιαίτερη χρήση του γίνεται:

- i. Κατά τις τοπικές επιδιορθώσεις και αποκαταστάσεις κατακρημνίσεων.
- ii. Στη Σουηδική πρακτική, σε ισχυρά πετρώματα, για αρχική υποστήριξη έναντι χαλάρωσης με ή χωρίς ήλους και για τελική υποστήριξη.
- iii. Στη Νέα Αυστριακή Μέθοδο Κατασκευής Σηράγγων, δομικά ολοκληρωμένο με ήλους και ελαφρά χαλύβδινα τόξα για την σταθεροποίηση ασθενών ή μαλακών πετρωμάτων ή εδάφους.
- iv. Δομικά ολοκληρωμένο με ηλώσεις και ελαφρά χαλύβδινα τόξα σε σχετικά καλό πέτρωμα, σαν τελική υποστήριξη που ανταποκρίνεται σε

αυστηρές απαιτήσεις ασφαλείας για την διέλευση του κοινού όπως π.χ. στην κατασκευή του μετρό της Washington.

#### **4. ΥΛΙΚΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ**

Ο σχεδιασμός του μίγματος καθοδηγείται από τις ίδιες αρχές που διέπουν το σχεδιασμό του σκυροδέματος. Οι βασικές παράμετροι που ελέγχουν την αντοχή και την ποιότητα είναι ο λόγος N/T, η περιεκτικότητα σε αέρα και ο βαθμός συμπύκνωσης.

Εν τούτοις στο σχεδιασμό του εκτοξευόμενου σκυροδέματος υπεισέρχονται πρόσθετοι παράγοντες οι κυριότεροι από τους οποίους επιδρούν στη διαβάθμιση των αδρανών και στη περιεκτικότητα σε τσιμέντο. Η επιλογή του μίγματος δεν θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη μόνο τις απαιτήσεις του έργου αλλά και τη διαθεσιμότητα των υλικών και ειδικότερα τον τύπο των αδρανών και τη μέθοδο μεταφοράς, δηλ. με άντληση ή με πιεσμένο αέρα. Ο θεωρητικός σχεδιασμός, όπου τα λεπτόκοκκα και χονδρόκοκκα αδρανή αναμιγνύονται έτσι ώστε να προκύπτει μίγμα με τον ελάχιστο όγκο κενών που θα πρέπει να γεμίσει με νερό και τσιμέντο, είναι γενικά αποδεκτός για μηχανές ξερής μίξης. Εν τούτοις όταν γίνεται άντληση υγρών μιγμάτων απαιτούνται επιπλέον ποσότητες αδρανών πολύ λεπτής διαβάθμισης και τσιμέντου, έτσι ώστε να διευκολύνεται η ροή του μίγματος και να αποκλείεται η ροή του νερού μέσα από αυτό. Τούτο απαιτεί σημαντική εμπειρία και δοκιμές, καθόσον όταν η ποσότητα των αδρανών πολύ λεπτής διαβάθμισης είναι υπερβολική υπάρχει κίνδυνος βουλώματος των σωλήνων, ιδιαίτερα όταν αυτοί είναι μεγάλου μήκους. Σήμερα είναι γενικά παραδεκτό ότι ένα κατάλληλο μίγμα περιέχει 20% τσιμέντο, ~20% χονδρόκοκκα αδρανή και ~60% άμμο του όλου βάρους των αδρανών. Προτιμάται η φυσική πλυμένη άμμος. Τα ποσοστά εξαρτώνται από το αν τα χονδρόκοκκα αδρανή είναι στρογγυλεμένα ή θραυστά. Η ανάλυση της διαβάθμισης των αδρανών του μίγματος είναι αναγκαία, οι δε καμπύλες των ποσοστών των συγκρατούμενων ή διερχομένων από τα τυπικά κόσκινα ως προς το μέγεθος του κόκκου θα πρέπει να βρίσκονται μέσα σε μία ομαλά μεταβαλλόμενη στενή περιβάλλουσα, και να μην έχουν ράχες ή κοίλα. Ο μέγιστος κόκκος των αδρανών δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 16 mm. Η εμπειρία έχει δείξει ότι αδρανή μεγαλύτερα από 16 mm προκαλούν μεγάλη αναπήδηση των κόκκων που είναι μεγαλύτεροι από 8 mm, με αποτέλεσμα την αμφίβολη οικονομικότητα της μεθόδου. Το προϊόν της



αναπήδησης περιέχει ~65 % κόκκους μεγαλύτερους από 8 mm. Ειδικά στην επιφάνεια που πρόκειται να εκτοξευθεί σκυρόδεμα θα πρέπει να εκτοξευθεί αρχικά ένα στρώμα που θα περιέχει επαρκή ποσότητα από λεπτόκοκκα σωματίδια τσιμέντου και άμμου, π.χ. < 0.2mm.

#### 4.1. Τσιμέντο και νερό

Τσιμέντα Portland διαφόρων τύπων είναι εξίσου επιτρεπτά. Η επιλογή του τύπου του τσιμέντου εξαρτάται συνήθως από την συμβατότητα τους με τους επιταχυντές που βρίσκονται στην διάθεση μας. Ο βέλτιστος χρόνος πήξης επιτυγχάνεται με τον πιο συμβατό συνδυασμό τσιμέντου και επιταχυντή πράγμα το οποίο απαιτεί εργαστηριακές δοκιμές. Εφόσον υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης από θειικά τότε απαιτείται τσιμέντο ανθεκτικό σε αυτά. Εφόσον χρησιμοποιηθεί τσιμέντο ταχείας πήξης είναι πιθανό να μη χρειασθεί επιταχυντικό πρόσθετο. Το νερό του μίγματος πρέπει να είναι καθαρό απαλλαγμένο από αιωρούμενη ίλη ή οργανικά υλικά και από αλκαλικά ή άλλα διαλυμένα ορυκτά άλατα. Νερό που ικανοποιεί τις απαιτήσεις των κανονισμών σκυροδέματος (π.χ. ΕΛΟΤ 345) είναι αποδεκτό.

Ο λόγος N/T έχει μεγάλη σημασία τόσο στην επίτευξη ικανοποιητικής θλιπτικής αντοχής, όσον και στη μείωση του βαθμού της αναπήδησης, και κυμαίνεται μεταξύ 0.40 και 0.45. Η ποσότητα τσιμέντου εξαρτάται από την απαίτηση αντοχής για τον μέγιστο κόκκο αδρανών. Μη αναγκαία μεγάλη απαίτηση αντοχής απαιτεί υπερβολικά μεγάλη αναλογία τσιμέντου που έχει σαν αποτέλεσμα μεγάλη συστολή ξήρανσης και ρωγμάτωση. Για παράδειγμα στην σήραγγα του Vancouver και για κοκκομετρική σύνθεση μέγιστου κόκκου Φ16 η βέλτιστη αναλογία τσιμέντου ήταν  $385\text{kg/m}^3$  που όμως όταν αυξήθηκε στα  $460\text{kg/m}^3$  είχε σαν συνέπεια την δημιουργία ρωγμών λόγω της συστολής ξηράνσεως. Για λεπτότερο μίγμα με μέγιστο κόκκο Φ10 η απαιτούμενη αναλογία σε τσιμέντο ήταν  $415\text{ Kg/m}^3$ . Για ξηρά μίγματα η ποσότητα τσιμέντου Portland θα πρέπει να βρίσκεται μεταξύ των παρακάτω ορίων :

Λεπτό εκτοξευόμενο σκυρόδεμα 0-4 mm :	450 - 600 kg /m <sup>3</sup>
Μέσο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα 0-8 mm :	350 - 450 kg/m <sup>3</sup>
Αδρό εκτοξευόμενο σκυρόδεμα 0-15 mm :	300 - 350 kg/m <sup>3</sup>

Για υγρά μίγματα η περιεκτικότητα σε νερό στοχεύει συνήθως σε μια κάθιση μεγαλύτερη από 50 mm. Όταν η κάθιση ξεπερνά τα 150 έως 175 mm, χάνεται η

συνοχή και τα χονδρά αδρανή τείνουν να διαχωρίζονται. Τούτο εμφανίζεται ιδιαίτερα στην περίπτωση της εφαρμογής της ξηρής μεθόδου προς την οροφή. Η αντοχή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος εξαρτάται από τις αναλογίες του μίγματος και την περιεκτικότητα σε νερό, και τούτο απαιτεί ικανότητα του χειριστή. Κατά τη μέθοδο της ξηρής ανάμιξης η ποσότητα του νερού ελέγχεται από τον χειριστή του ακροφυσίου, ενώ στη υγρή μέθοδο ο χειριστής της εγκατάστασης ανάμιξης θα πρέπει να ρυθμίζει τη σωστή ποσότητα νερού.

Οπωσδήποτε μία ποσότητα αναπήδησης δεν μπορεί να αποφευχθεί. Λόγω αυτής της αναπήδησης η επιτόπου σύνθεση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος θα διαφέρει από το αρχικό μίγμα. Αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την προετοιμασία του μίγματος ώστε να επιτυγχάνεται η απαιτούμενη ποιότητα επιτόπου. Η σύνθεση του μίγματος επιτόπου εξαρτάται από την αρχική σύνθεση, το σχεδιασμό του ακροφυσίου, την ταχύτητα πρόσκρουσης, την ικανότητα του χειριστή, την επιφάνεια εφαρμογής, την ποσότητα και τον τύπο των προσθέτων, τον οπλισμό, την απόσταση του ακροφυσίου από την επιφάνεια και τη γωνία ψεκασμού.

#### **4.2. Αδρανή**

Αυτά θα πρέπει να συμφωνούν με τις προδιαγραφές ΕΛΟΤ 408. Η κοκκομετρική τους διαβάθμιση θα πρέπει να είναι συνεχής χωρίς έλλειψη ή υπερβολή σε οποιοδήποτε μέγεθος. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται βέλτιστη συμπύκνωση με αποτέλεσμα πυκνό υλικό, στεγανότητα, υψηλή θλιπτική αντοχή και ελαχιστοποίηση της αναπήδησης. Αδρανή από σχιστώδη υλικά ή που περιλαμβάνουν επιμήκεις κόκκους τείνουν να μειώνουν την συμπύκνωση. Άλλωστε οι επιμήκεις κόκκοι έχουν πολύ μεγαλύτερη ειδική επιφάνεια από αυτή που έχουν οι στρογγυλεμένοι με αποτέλεσμα τα μίγματα που περιέχουν τους πρώτους να είναι πτωχά σε τσιμέντο. Λόγω της αναπήδησης γίνεται από μόνη της διαβάθμιση του μίγματος με την απώλεια κυρίως των μεγάλων κόκκων και η πράξη έχει δείξει ότι και αδρανή με κακή διαβάθμιση είναι δυνατό να δώσουν ποιοτικά καλό εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μολονότι η ποσότητα αναπήδησης είναι μεγαλύτερη από όσο είναι αποδεκτό. Οι σημερινές προδιαγραφές τείνουν περισσότερο να είναι απαιτήσεις συμπεριφοράς. Επί παραδείγματι οι τεχνικές προδιαγραφές των έργων του μητροπολιτικού σιδηροδρόμου της Washington δεν απαιτούσαν συγκεκριμένες κοκκομετρικές διαβαθμίσεις αλλά μόνον ότι το τελικό προϊόν θα έπρεπε να είχε μία καθορισμένη αντοχή. Η ζώνη Δ της κοκκομετρικής διαβάθμισης αδρανών με μέγιστο

κόκκο αδρανών Φ15 είναι συνήθως αποδεκτή για όλες τις κατασκευές από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

Το ποσοστό υγρασίας των λεπτών και χονδρών αδρανών πριν την ανάμιξη τους με τσιμέντο πρέπει να είναι μεταξύ 3% και 6%. Διακυμάνσεις στην υγρασία κατά την τροφοδότηση καταλήγουν σε διακυμάνσεις στην τροφοδότηση από το ακροφύσιο με αποτέλεσμα την χειροτέρευση της ποιότητας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Για τον έλεγχο της υγρασίας θα πρέπει να γίνεται χρήση της φυσικής ιδιότητας της απορροφητικότητας των κοκκωδών αδρανών. Η υγρασία συγκρατείται κυρίως στην άμμο, όμως όλα τα κλάσματα μπορούν να αποστραγγίζονται εφόσον κείνται σε επίπεδο από όπου το νερό μπορεί να διαφύγει. Εφόσον η άμμος είναι ξηρή θα πρέπει να βρέχεται και να αναμιγνύεται σε ποσοστό υγρασίας 8% πριν από την μίξη της με το χονδρόκοκκο αδρανές, η δε υγρασία θα πρέπει να ελέγχεται πριν από την ανάμιξη με το τσιμέντο. Πολύ υγρά μίγματα τσιμέντου-αδρανών βουλώνουν τους σωλήνες προσαγωγής και αυξάνουν το βαθμό ενυδάτωσης πέρα από τα αποδεκτά όρια. Ένα πολύ ξηρό μίγμα παρουσιάζει προβλήματα διαβροχής στο ακροφύσιο με αύξηση της σκόνης και μείωση της συμπύκνωσης. Συσσκευές διαβροχής τοποθετημένες στις μεταφορικές ταινίες που οδηγούν στην μηχανή του εκτοξευόμενου σκυρόδεμα έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς. Μονάδες μεταφοράς και ανάμιξης έχουν αναπτυχθεί για την ανάμιξη αδρανών και τσιμέντου μέσα στις σήραγγες για άμεση τροφοδότηση της μηχανής εκτόξευσης. Οι σωστές αναλογίες και η μεταφορά επιτυγχάνονται είτε με βαθμονομημένους ατέρμονες κοχλίες που τροφοδοτούν με τα διάφορα υλικά κατ' όγκο ώστε να δημιουργηθεί ένα καθορισμένο μίγμα τσιμέντου και αδρανών, είτε με μεταφορικούς ιμάντες που μεταφέρουν από διαφορετικές αποθήκες τσιμέντο, άμμο και χονδρόκοκκα αδρανή. Το επιταχυντικό δεν πρέπει να προστίθεται στο ξηρό μίγμα πριν από την είσοδο του στην μηχανή εκτόξευσης. Η μηχανική τροφοδότηση με ατέρμονα κοχλία είναι πολύ αποτελεσματική ενώ ο δονητικός τύπος τείνει να βουλώνει επειδή τα επιταχυντικά είναι υγροσκοπικά. Τα υγρά επιταχυντικά πρέπει να αναμιγνύονται με το νερό πριν αυτό κατευθυνθεί στο ακροφύσιο. Προσοχή πρέπει να δίνεται στο ρυθμό τροφοδότησης του επιταχυντικού ώστε να μην δημιουργούνται μίγματα με μεγάλη περιεκτικότητα επιταχυντικού.

#### **4.3 Πρόσθετα - Πρόσμικτα**

Τα επιταχυντικά χημικά πρόσθετα χρησιμοποιούνται στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ώστε να αποκτά αυτό γρηγορότερα αντοχή και να μπορεί να φέρει φορτία

της σήραγγας σε πρώιμα στάδια της διάνοιξης. Εκτός αυτού μειώνουν το βαθμό της αναπήδησης των αδρανών και επιτρέπουν τη δημιουργία παχύτερων στρώσεων ανά ψεκασμό, την εκτόξευση σε υγρές επιφάνειες με μικρή ροή και τη χρήση της μεθόδου υγρής μίξης για εκτόξευση προς την οροφή. Κατά την κατασκευή των σηράγγων απορροής όμβριων της πόλης του Μεξικού επιτεύχθηκε ο έλεγχος μίας παροχής νερού 57 l/s κατά την διάρκεια των εργασιών αντιστήριξης. Οι επιταχυντές προσφέρονται σε μορφή υγρού ή σκόνης. Συχνά στις σήραγγες απαιτούνται, από τις προδιαγραφές, χρόνοι αρχικής πήξης 3 λεπτά, τελικής πήξης 10 λεπτά, και ανάπτυξης αντοχής 5 MPa στις πρώτες 8 ώρες. Αυτά και ακόμη αυστηρότερα κριτήρια μπορούν να επιτευχθούν με την προσεκτική επιλογή ενός κατάλληλου συνδυασμού τσιμέντου και επιταχυντή. Η εκτίμηση της καταλληλότητας του επιταχυντή θα πρέπει να γίνεται πριν από την έναρξη της κατασκευής, καθώς πολλοί επιταχυντές είναι ασυμβίβαστοι με διάφορα τσιμέντα. Προσοχή θα πρέπει να δοθεί στη ποσότητα της δόσης του επιταχυντή καθώς όλοι οι επιταχυντές μειώνουν λιγότερο ή περισσότερο την τελική αντοχή του σκυροδέματος. Πολλοί από τους σύγχρονους επιταχυντές επιφέρουν πολύ μικρότερη μείωση της τελικής αντοχής του σκυροδέματος. Η συνήθης δόση των επιταχυντών είναι περίπου 2 % του τσιμέντου κατά βάρος, αν και δόσεις 7 % χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται εξαιρετικά γρήγορη σκλήρυνση. Στη μέθοδο ξηρής μίξης η αντοχή έχει μεγάλες διακυμάνσεις καθώς οι ποσότητες του νερού και του επιταχυντή μετρούνται με το χέρι. Οι δόσεις κρατούνται όσον το δυνατόν πιο χαμηλές λόγω του κόστους του πρόσθετου και λόγω της μείωσης που επιφέρουν τα ανόργανα πρόσθετα στην τελική αντοχή του σκυροδέματος. Επιτόπου χρησιμοποιούνται δύο ειδών περιεκτικότητες πρόσθετου, μία χαμηλή για συνήθη χρήση, και μία υψηλότερη για την κατασκευή μίας αρχικής επένδυσης πολύ μικρού πάχους σε δύσκολες συνθήκες με νερά ή σε χαλαρό έδαφος. Στην πρώτη περίπτωση δεν πρέπει η αντοχή να μειώνεται περισσότερο από 30% σε σχέση με το αντίστοιχο σκυρόδεμα χωρίς τη χρήση του πρόσθετου. Στην δεύτερη περίπτωση η απώλεια στην τελική αντοχή δεν έχει σημασία καθώς η σημασία έχει η προσωρινή σταθεροποίηση του εδάφους και η υδρομάστευση, ενώ τα φορτία πρόκειται να αναληφθούν από τις στρώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος που θα ακολουθήσουν. Κατά τα τελευταία χρόνια έχει γίνει σημαντική πρόοδος στον εξοπλισμό διανομής του επιταχυντή είτε με μορφή σκόνης είτε σε υγρή μορφή. Τούτο έχει σαν αποτέλεσμα την καλύτερη διασπορά του επιταχυντή μέσα στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Το πάχος της στρώσης και η ταχύτητα πήξης ρυθμίζονται από

αξιόπιστες μετρητικές αντλίες επιταχυντή. Οι μονάδες μέτρησης συνδέονται μηχανικά ή υδραυλικά με την αντλία προώθησης. Κατά αυτό τον τρόπο ο λόγος των ποσοτήτων παραμένει σταθερός ακόμα και όταν η ποσότητα της παραγωγής αλλάζει, με αποτέλεσμα την υψηλή ποιότητα του εκτοξευόμενου σκυροδέματος ανεξαρτήτως της προσοχής που δίνει ο χειριστής του ακροφυσίου. Στην περίπτωση χρήσης σάκων ξηρής πρόσμειξης η διασπορά του επιταχυντή είναι εξαιρετικά καλή. Με την προσεκτική επιλογή συμβατών τσιμέντων και επιταχυντών και κατάλληλου εξοπλισμού διανομής είναι δυνατό να αποφεύγονται τα συνήθη προβλήματα κατά τη χρήση των επιταχυντών. Τελευταία η χρήση πυριτιακού καπνού (silica fume) στην τεχνική του εκτοξευόμενου σκυροδέματος έχει μειώσει την ανάγκη χρήσης επιταχυντών, ειδικότερα κατά την εφαρμογή της μεθόδου ξηρής μίξης, όταν απαιτείται δημιουργία παχιών στρώσεων ή αντίσταση του νωπού εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε ξέπλυμα.

Ο ψεκασμός επάνω σε σκληρές επιφάνειες δημιουργεί μεγαλύτερη αναπήδηση των αδρανών από τον ψεκασμό σε σχετικά μαλακότερες επιφάνειες. Εφόσον ψεκάζονται αλληπάλληλες στρώσεις θα πρέπει να υπολογίζονται οι σωστές ποσότητες των προσθέτων κάθε φορά. Κατά τον ψεκασμό σε κατακόρυφα τοιχώματα η δόση των προσθέτων θα είναι μικρότερη από ότι κατά τον ψεκασμό της οροφής. Κατά τον ψεκασμό του δαπέδου είναι συχνά δυνατή η μη χρήση προσθέτων.

Ένα αποτελεσματικό υγρό επιταχυντικό πρόσθετο αναπτύχθηκε από την "Stabilator AB" και την "Sika". Η δόση μετριέται στην αντλία που το τροφοδοτεί στην σωλήνα του νερού που πηγαίνει στο ακροφύσιο. Και αυτό το πρόσθετο είναι ανόργανο και επιφέρει στο σκυρόδεμα μία μείωση της αντοχής 28 ημερών από 20% έως 30%. Τελευταία υπάρχει στην αγορά ένα οργανικό πρόσθετο που κατά τους κατασκευαστές του δεν επιφέρει μείωση της αντοχής 28 ημερών. Σε δοκιμές που γίνανε στις ΗΠΑ η ιδιαίτερα υποσχόμενη εφαρμογή του έγινε σε υγρή μορφή ,με τροφοδότηση του νερού ενυδάτωσης. Σε σχέση με το ανόργανο πρόσθετο που δοκιμάσθηκε, το οργανικό πέτυχε ταχύτερη πήξη, χαμηλότερη αντοχή 10 ωρών και υψηλότερη αντοχή 28 ημερών. Τα οργανικά πρόσθετα δεν είναι καυστικά και είναι επομένως ασφαλέστερα στη χρήση. Ο τρόπος ανάμιξης στο εργαστήριο και επί τόπου είναι διαφορετικός, με αποτέλεσμα οι εργαστηριακές δοκιμές να έχουν τον χαρακτήρα επιβεβαίωσης μόνο της συμβατότητας των συνιστώντων στοιχείων.

Εκτός των επιταχυντών στο σκυρόδεμα προστίθεται μία ποικιλία από πρόσθετα ή πρόσμικτα υλικά, ειδικότερα μάλιστα στα υλικά της υγρής μίξης,

προκειμένου να βελτιώνουν την αντοχή, την πρόσφυση, τη συνεκτικότητα, την αντίσταση στον παγετό, την τήξη και την αποτριβή, να παρεμποδίζουν την οξείδωση και να μειώνουν την αναπήδηση.

Οι συμπυκνωμένες πυριτιακές τέφρες και σιδηροπυριτικές τέφρες, που είναι βασικά τα ίδια υλικά με ελαφρά διαφορετικές χημικές συνθέσεις, είναι παραπροϊόντα της βιομηχανίας πυριτικών μετάλλων και σιδηροπυριτικών κραμάτων. Τα υλικά αυτά κάποτε απορρίπτονταν σαν απορρίμματα, σήμερα όμως είναι χρήσιμα προϊόντα που πολλές φορές κοστίζουν περισσότερο από το τσιμέντο. Η τέφρα έχει υψηλές ποζολανικές ιδιότητες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα για μερική αντικατάσταση του τσιμέντου. Η χρήση τέφρας θα πρέπει να συνδυάζεται με υπερρευστοποιητές για την επίτευξη της απαιτούμενης εργασιμότητας.

Οι μειωτές νερού χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της εργασιμότητας του υγρού μίγματος εκτοξευόμενου σκυροδέματος, τη συνεκτικότητα του υγρού μίγματος στην πλαστική κατάσταση και την αντλησιμότητα. Οι υπερρευστοποιητές είναι μειωτές νερού υψηλής δράσης, που διαφέρουν χημικά από τους κοινούς μειωτές νερού ή τους κοινούς ρευστοποιητές. Χρησιμοποιούνται είτε για να αυξάνουν την αντοχή είτε για να αυξάνουν σημαντικά την εργασιμότητα χωρίς να μειώνουν την αντοχή. Οι μειωτές νερού και οι υπερρευστοποιητές είναι πρόσμικτα που χρησιμοποιούνται συχνά και μόνο για την επίτευξη υψηλής ποιότητας εκτοξευόμενου σκυροδέματος υγρής μίξης.

Τα πρόσθετα από πολυμερή γαλακτώματα προστίθενται στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ξηρής μίξης για να προδώσουν σε αυτό ειδικά απαιτούμενες ιδιότητες όπως βελτίωση της πρόσφυσης, μείωση της περατότητας, αντίσταση στη δράση των χλωριδίων, αύξηση της ανθεκτικότητας σε συνθήκες παγετού και τήξης, αντίσταση στην κρούση, προστασία του χάλυβα και βελτίωση της αντοχής. Τα αερακτικά πρόσμικτα χρησιμοποιούνται στην περίπτωση που το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα θα εκτίθεται σε εναλλασσόμενες συνθήκες παγετού και τήξης.

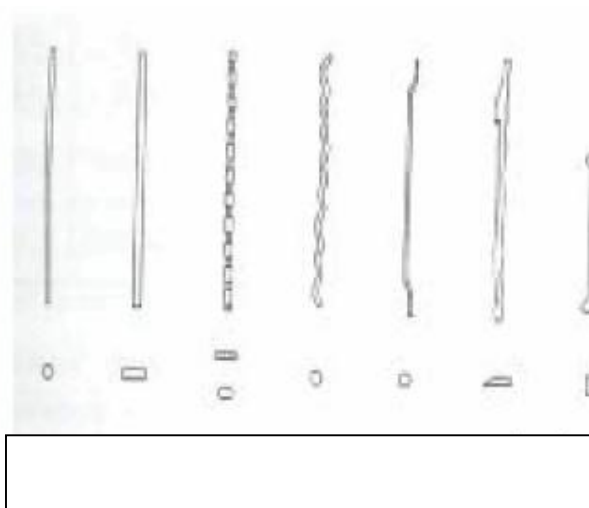
#### 4.4. Είδη ινών

Οι πιο διαδεδομένες ίνες σκυροδέματος είναι οι ίνες χάλυβα. Διατίθενται σε μεγάλη ποικιλία μορφών, όπως αυτές του Σχ.4.4. 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 0,5-2Kg/ιη<sup>3</sup>. Οι ίνες γυαλιού E είναι αρκετά διαδεδομένες και είναι χαμηλού κόστους, αλλά βασικό μειονέκτημα τους είναι ότι προσβάλλονται από το αλκαλικό περιβάλλον του σκυροδέματος. Περισσότερο ανθεκτικές στο περιβάλλον αυτό είναι οι ίνες γυαλιού AR, που όμως κοστίζουν αρκετά παραπάνω. Το αρκετά υψηλό κόστος των ινών άνθρακα έχει εμποδίσει μέχρι σήμερα την ευρεία χρήση τους σε κατασκευές σκυροδέματος, παρόλο που η επίδραση τους στο υλικό έχει ιδιαίτερα ευνοϊκά αποτελέσματα.

Επιθυμητά χαρακτηριστικά 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 εξόλκευση 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 εξόλκευση τους.

Σχ. 4.4 τυπικές μορφές ινών χάλυβα



Πιν 4.4 ΤΥΠΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΙΝΩΝ

Ίνες	Διαμέτρος (μm)	Μήκος (mm)	Πυκνότητα (Kg/m <sup>3</sup> x 10 <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
Πολυπρο-πυένιο	500-4000	15-75	0,90	3-8	0,30-0,45	400-700	8-25	0,2-1,2
Γυαλι Ε	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 Ε	8	10-50	1,90	380	0,35	1800	0,5	2-12
υψηλής ε <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



#### 4.4.α. Μηχανικά χαρακτηριστικά ΙΝΟ.Σ.

Η αποτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών του ΙΝΟ.Σ. γίνεται με τη βοήθεια του διαγράμματος φορτίου-μετατόπισης πρότυπου δοκιμίου. Στο σχήμα 4.4.α. φαίνονται δυο πιθανά διαγράμματα απόκρισης ΙΝΟ.Σ., ενώ το τρίτο διάγραμμα αναφέρεται στην απόκριση αντιστοίχου δοκιμίου άοπλου σκυροδέματος της ίδιας σύνθεσης.

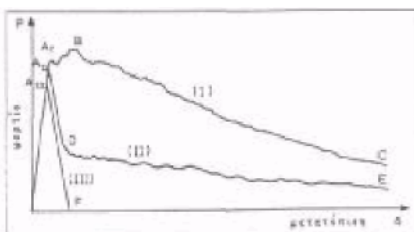
Και τα τρία διαγράμματα διαθέτουν έναν περίπου ελαστικό κλάδο, καθώς η δυσκαμψία του δοκιμίου ελάχιστα επηρεάζεται από τις ίνες. Το τέλος του ελαστικού κλάδου (σημείο Α) ορίζει την αντοχή πρώτου ρήγματος  $f_{ct}$ , το μέγεθος της οποίας διαμορφώνεται κυρίως από τις ιδιότητες του σκυροδέματος (περιεκτικότητα σε τσιμέντο, διαβάθμιση αδρανών, συντελεστής νερού-τσιμέντου, περιεκτικότητα αέρα, πυκνότητα κ.λ.π.) και δευτερευόντως από την ποσότητα των ινών. Υψηλά ποσοστά ινών αυξάνουν το όριο αναλογίας, υπό την προϋπόθεση της καλής διαβάθμισης των αδρανών και της επαρκούς συμπύκνωσης του αναμείγματος. 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 (Ι) παρουσιάζει μικρή βελτίωση αντοχής μέχρι το σημείο Β που ορίζει την οριακή αντοχή του. Αντίθετα, το δοκίμιο (Π) με χαμηλό ποσοστό ινών καθώς και το δοκίμιο (ΙΙΙ) 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 (φθίνοντες κλάδοι στο σχήμα 1.2), διαφορετικής όμως ταχύτητας για κάθε δοκίμιο. Στο δοκίμιο (Ι) η πτώση είναι ομαλή και οδηγεί σε πλαστικού τύπου αστοχία (κλάδος Β-Γ), στο δοκίμιο (ΙΙΙ) είναι απότομη και οδηγεί σε ψαθυρού τύπου αστοχία (κλάδος ΑΙΙΙ-Ε), ενώ στο δοκίμιο (Π) είναι ενδιάμεσου τύπου, καθώς μεσολαβεί ένα πτωτικό άλμα (κλάδος ΑΠ-Ο) και κατόπιν εξελίσσεται ομαλά (κλάδος Δ-Ε) υπό μικρότερο φορτίο έναντι του δοκιμίου (Ι).

Αντίθετα από το συμβατικά οπλισμένο σκυρόδεμα, η αστοχία προκαλείται κατά κανόνα από την εξόλκευση και όχι από τη διαρροή των ινών, η τάση των οπών υπό το μέγιστο φορτίο είναι συνήθως πολύ χαμηλότερη από την τάση διαρροής τους. Ενώ όμως τις περισσότερες φορές η εξόλκευση είναι φαινόμενο ψαθυρού χαρακτήρα, η συνεχής άνοδος του ρήγματος σε καμπτόμενα στοιχεία και η

συνακόλουθη ενεργοποίηση και εξόλκευση 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 πλαστικότητα, ενώ το συμβατικά οπλισμένο σκυρόδεμα, που διαθέτει βέβαια επαρκή πλαστικότητα, είναι δύσκολο η 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 ακρών 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 προσομοιώματα τόσο από τη μηχανική των θραύσεων όσο και από τη θεωρία των σύνθετων υλικών, υποβοηθούμενα όμως απαραίτητα από πειραματικά στοιχεία.



Σχ. 4.4.α. Σημαντικά χαρακτηριστικά της καμπύλης φορτίου – μετατόπισης κατά το πρότυπο ASTM C 1018-89

#### **4.4.β. 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, αλλά 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.

##### **Αμερικάνικο πρότυπο**

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 1,9 mm (0.075 in) προς την ενέργεια που αντιστοιχεί στο πρώτο ρήγμα.

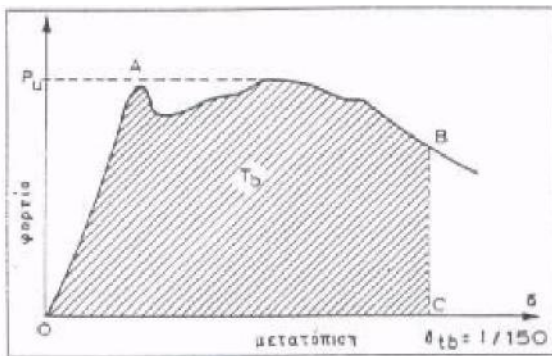
Στην πρόταση αυτή μπορούν να εντοπιστούν δυο αδύνατα σημεία:

- i. 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 του χιλιοστού.
- ii. Το όριο μετατόπισης των 1,9 mm 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 δοκιμίων, καθορίζεται η γεωμετρία τους, η ταχύτητα φόρτισης και ο μετρητικός εξοπλισμός, παρέχονται οδηγίες για τον προσδιορισμό του σημείου ρηγματώδης και ορίζονται διάφοροι δείκτες για την αξιολόγηση της απόκρισης του δοκιμίου.

## Ιαπωνικό πρότυπο

Το πρότυπο JCI-SF4 καθορίζει δυο δείκτες συμπεριφοράς:

- i. Την οριακή αντοχή  $f_u$  (και όχι την αντοχή πρώτου ρήγματος) που ορίζεται ως η ορθή τάση υπό το μέγιστο φορτίο  $P_u$ .
- ii. 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.(σχήμα 4.4.β.1.).



Σχ. 4.4.β.1. Ορισμός δεικτών σύμφωνα με τον κανονισμό JCI-SF4

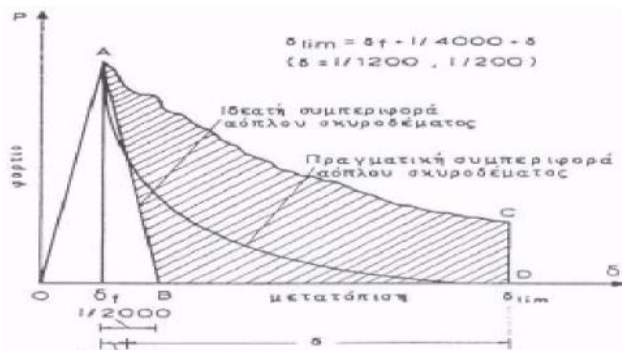
Είναι φανερό ότι το Ιαπωνικό Πρότυπο είναι απαλλαγμένο από τις επιπτώσεις της ανακρίβειας των μετρήσεων στις πολύ μικρές μετατοπίσεις, έχει όμως το μειονέκτημα ότι η ισοδύναμη τάση αναφέρεται σε πολύ μεγάλη μετατόπιση, π.χ. για τυπικές δοκούς ανοίγματος  $l=450\text{mm}$  η οριακή μετατόπιση είναι  $3\text{mm}$ .

Κατά συνέπεια δεν είναι σε θέση να περιγράψει απαιτήσεις λειτουργικότητας που αντιστοιχούν σε μικρές μετατοπίσεις.

## Γερμανικό πρότυπο

Το Γερμανικό Πρότυπο, όπως εξάλλου και άλλα 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 (σχήμα 4.4.β.2.), υπολογίζεται ενέργεια  $OACD$  που απορροφάται από το δοκίμιο μέχρι μια ορισμένη μετατόπιση  $\delta_{im}$  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  $P_{eq}=(\epsilon\mu\beta.BACD/\delta)$  και η αντίστοιχη ισοδύναμη τάση. Με το τρόπο αυτό εξουδετερώνεται ο βαρύνων της μετατόπισης ρηγματώδης 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.



ΣΧ. 4.4.β.2. Απορρόφηση ενέργειας κατά το γερμανικό πρότυπο

### Πρόταση της EFNARC

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 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 μια μόνο διεύθυνση. Σημαντικό είναι επίσης, το γεγονός ότι μειώνεται η συμμετοχή των διατμητικών παραμορφώσεων που στα δοκίμια δοκών είναι αξιόλογη λόγω μικρού σχετικά 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 δοκιμίων γίνεται με τον υπολογισμό της ενέργειας που αντιστοιχεί σε μετατόπιση του μέσου ίση προς 25mm, δηλαδή ίση προς το 1/20 του ανοίγματος  $\lambda$  της πλάκας.

## Συγκριτική αξιολόγηση των δεικτών

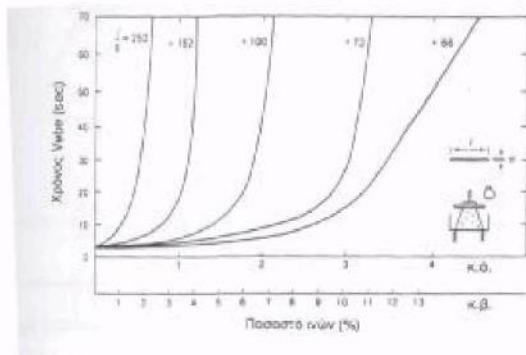
Από την παρουσίαση και το σχολιασμό των κυριότερων δεικτών της διεθνούς βιβλιογραφίας προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- i. Οι μέχρι σήμερα προταθέντες δείκτες δεν έχουν κοινή βάση, με αποτέλεσμα να προκύπτουν μη συγκρίσιμα συμπεράσματα ως προς τη συμπεριφορά του ΙΝΟ.Σ.
- ii. 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.
- iii. Η χρήση δοκιμίων πλακών έναντι των δοκιμίων δοκών φαίνεται ότι είναι περισσότερο ρεαλιστική για τις συνήθεις εφαρμογές της πράξης.
- iv. 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.

### 4.4.γ.ΠΑΡΑΓΩΓΗ

- i. Σύνθεση

Η χρήση ινών στο σκυρόδεμα επιφέρει γενικά μείωση της εργασιμότητας, που είναι ανάλογη του ποσοστού ινών. Η σημαντική μείωση της ρευστότητας του νωπού σκυροδέματος, ακόμα και για μικρά ποσοστά ινών, είναι χαρακτηριστική, αρκεί να αναφερθεί ότι ποσοστό ινών χάλυβα ή γυαλιού γύρω στο 1,5% κ.ο. μπορεί να μειώσει την κάθιση από 200mm σε 25mm, χωρίς όμως να μειώνεται αναλογικά και η ευκολία διάστρωσης ή συμπύκνωσης. Γι' αυτό η δόκιμη κάθισης θεωρείται ακατάλληλη για τη μέτρηση της εργασιμότητας του σκυροδέματος, ενώ πιο κατάλληλη θεωρείται η δόκιμη Vebe. Η επίδραση του λόγου (l/d) και του ποσοστού ινών χάλυβα στο χρόνο Vebe δίνεται στο Σχ.4.4.γ.1.



Σχ. 4.4.γ.1. Επίδραση ποσοστού ινών και λόγου μήκους προς διάμετρο στο χρόνο Vebe

Είναι σαφές ότι αύξηση των παραμέτρων αυτών έχει δυσμενή αποτελέσματα για την εργασιμότητα, ενώ όπως προαναφέρθηκε βελτιώνει τη μηχανική συμπεριφορά. Επίσης έχει αποδειχθεί ότι, τουλάχιστον για ίνες χάλυβα, λόγοι ( $l/d$ ) πάνω από 100 προκαλούν αλληλεμπλοκές ινών και συσσωματώσεις που επιφέρουν ανομοιογένεια στη μάζα του σκυροδέματος, γι' αυτό και πρέπει να αποφεύγονται. Γενικά ο λόγος ( $l/d=100$ ) καθώς και το ποσοστό ινών 2% κ.ο. θεωρούνται άνω όρια για τις ίνες χάλυβα.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει αρνητικά την εργασιμότητα του ΙΝΟ.Σ. είναι η αύξηση του μέγιστου κόκκου αδρανών, που δεν πρέπει να ξεπερνά τα 20mm.

**ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΕΙΣ ΑΔΡΑΝΩΝ  
ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

Μέγεθος Αμερικάνικου Πρότυπου Κόσκινου  Τετραγωνικής Βρογχίδας	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ % ΜΑΖΑΣ ΑΔΡΑΝΩΝ		
	Μόνο λεπτόκοκκα αδρανή	Μέγεθος χονδροκόκκων αδρανών	
		3/8"	3/4"
3/4" (19mm)	-	-	100
1/2" (12mm)	-	100	90 – 100
3/8" (10mm)	100	85 – 100	-
No 4 (4,75mm)	95 – 100	10 – 30	20 – 55
No 8 (2,4mm)	80 – 100	0 – 10	0 – 10
No 16 (1,2mm)	50 – 85	0 – 5	0 – 5
No 30 (600mm)	25 – 60	-	-
No 50 (300mm)	10 – 30	-	-
No 100 (150mm)	2 – 10	-	-

Τέλος, οι απαιτήσεις για καλή εργασιμότητα περιλαμβάνουν τη χρήση προσθέτων (π.χ. αερακτικά, ρευστοποιητικά), την αύξηση της ποσότητας τσιμεντοπολτού και τη χρήση ινών που είναι κολλημένες μεταξύ τους (ανά ομάδες των 10-30) με υδατοδιαλυτή κόλλα.

Ο πίνακας 4.4.γ.1 δίνει το εύρος τυπικών αναλογιών σύνθεσης ινοπλισμένου σκυροδέματος, βάσει των Αμερικανικών Προδιαγραφών (ACI 544.1R-82). Για σύγκριση με το άοπλο σκυρόδεμα δίνεται ο πίνακας 4.4.γ.2, που δείχνει ότι για δεδομένο λόγο N/T η απαιτούμενη ποσότητα τσιμεντοπολτού είναι μεγαλύτερη στο ινοπλισμένο σκυρόδεμα από ότι στο άοπλο. Γενικά, σε σύγκριση με το άοπλο, το ινοπλισμένο σκυρόδεμα έχει περισσότερο τσιμέντο, μεγαλύτερο ποσοστό λεπτών αδρανών και χονδροκόκκα αδρανή με μικρότερο κόκκο.

Για κάθε τύπο ινών η βέλτιστη σύνθεση προσδιορίζεται με διαδοχικές δοκιμές, φροντίζοντας να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις αντοχής, εργασιμότητας και ανθεκτικότητας σε διάρκεια.



Πιν 4.4.γ.1. & 4.4.γ.2.

	Μέγιστος κόκκος 10mm	Μέγιστος κόκκος 20 mm
τσιμέντο(kgr/m <sup>3</sup> )	350-580	290-500
Λόγος N/T	0,35-0,45	0,40-0,50
% Λόγος προς χονδρά αδρανή	45-60	45-55
Εγκλωβισμένος αέρας (%)	4-7	4-6
ποσοστό ινών (%)		
παραμορφ. ίνες χάλυβα	0,4-0,9	0,3-0,8
λείες ίνες χάλυβα	0,9-1,8	0,8-1,6
ίνες γυαλιού	0,3-1,2	

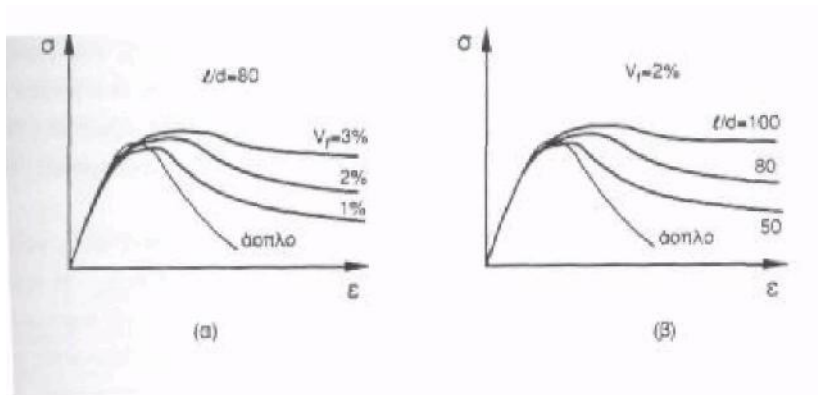
Πιν. 4.4.γ.1. Ενδεικτικές αναλογίες σύνθεσης  
χαλυβο – ινοπλισμένου σκυροδέματος

Υλικό	άοπλο σκυρ.	ινοπλ. σκυρ
τσιμέντο	440	510
νερό(N/T=0.45)	200	230
λεπτά αδρανή	850	750
χονδρά αδρανή	670	600
ίνες χάλυβα 2% κ.ο		150

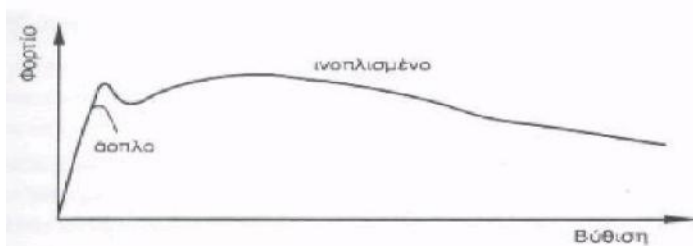
Πιν. 4.4.γ.2. Συγκριτική σύνθεση  
ινοπλισμένου και άοπλου σκυροδέματος  
(kgr/m<sup>3</sup>)

ii. Ιδιότητες

Όπως αναφέρεται και παραπάνω, η αύξηση αντοχής του σκυροδέματος λόγω προσθήκης ινών είναι μικρή. Η αντοχή σε θλίψη αυξάνεται από ελάχιστα έως καθόλου (μάλιστα μπορεί και να μειωθεί όταν προκαλείται σημαντική μείωση της εργασιμότητας), ενώ οι αντοχές σε εφελκυσμό και κάμψη αυξάνονται λίγο περισσότερο. Η ευεργετική δράση των ινών αφορά βασικά τη δυσθραυστότητα, που αυξάνεται με το ποσοστό των ινών και το λόγο l/d. Χαρακτηριστικά της επίδρασης των ινών στη μηχανική συμπεριφορά του εκτοξευόμενου σκυροδέματος είναι τα αποτελέσματα των Σχ. 4.4.γ.2. & 4.4.γ.3, που αφορούν σκυροδέματα οπλισμένα με λείες ίνες χάλυβα.



Σχ. 4.4.γ.2.  
Επίδραση  
α) ποσοστού ινών  
χάλυβα και  
β) λόγου  $l/d$   
  
Στη θλιπτική  
αντοχή



Σχ. 4.4.γ.3.  
Επίδραση ινών  
στη  
συμπεριφορά σε  
κάμψη

Η εφελκυστική αντοχή  $f_{frc,t}$  (σε Mpa) του ΙΝΟ.Σ. υπολογίζεται βάσει της εφελκυστικής αντοχής του άοπλου σκυροδέματος,  $f_{ct}$ , και του ποσοστού ινών κ.ο.,

$$F_{frc,t} = A_{fct}(1 - V_f) + BV_f l/d$$

όπου  $A$  = σταθερά περίπου ίση με 1 (ακριβέστερα μεταξύ 0,85-0,97) και

$B$  = σταθερά που εξαρτάται από τη συνάφεια μεταξύ ινών και σκυροδέματος και από τον προσανατολισμό των ινών, με τιμή γύρω στο 3.

Λόγω της σημαντικής δυσθραυστότητας, το ΙΝΟ.Σ. χαρακτηρίζεται από αντοχή σε κρούση που ξεπερνά κατά πολύ αυτήν του άοπλου, μέχρι και τέσσερις φορές, ανάλογα με το ποσοστό και τον τύπο ινών (οι παραμορφωμένες ίνες δίνουν, γενικά, ευνοϊκότερα αποτελέσματα). Για τον ίδιο λόγο, αυξημένη είναι και η αντοχή σε κόπωση, κατά 30-90% περίπου έναντι αυτής του άοπλου. Εδώ σημειώνεται και η μείωση του πλάτους των ρωγμών λόγω κόπωσης.

Η επίδραση των ινών στο μέτρο ελαστικότητας είναι αμελητέα, ενώ μερικές φορές μπορεί να γίνει και δυσμενής, λόγω μείωσης της εργασιμότητας που μπορεί να επιφέρει ο εγκλωβισμένος αέρας. Οι παραμορφώσεις λόγω συστολής ξήρανσης και ερπυσμού είναι περίπου οι ίδιες με τις αντίστοιχες του άοπλου εκτοξευόμενου σκυροδέματος, ενώ γενικά ο έλεγχος σε ρηγμάτωση είναι καλύτερος.

Η ανθεκτικότητα του ΙΝΟ.Σ. σε ανθεκτικότητα είναι γενικά πολύ καλή, κυρίως λόγω μεγαλύτερης περιεκτικότητας σε τσιμέντο. Η τυχόν διάβρωση των ινών χάλυβα είναι μόνον επιφανειακή και χωρίς δυσμενείς επιπτώσεις, επειδή η διάμετρος των ινών είναι μικρή, και επομένως οι τάσεις λόγω διόγκωσης που προκαλούν τα οξείδια σιδηρού είναι αμελητέες. Οι δυσμενείς επιπτώσεις του αλκαλικού περιβάλλοντος του σκυροδέματος στις ίνες γυαλιού επεκτείνονται και σε άλλους τύπους ινών, όπως είναι οι περισσότερο φυσικές ίνες και οι ίνες από ορισμένα συνθετικά πολυμερή.

### iii. Τρόποι εφαρμογής

i) Μέθοδος αρχικής ανάμειξης: Αυτή είναι μια συμβατική μέθοδος ανάμειξης. Αυτή η μέθοδος βρέθηκε για να είναι λιγότερο αποτελεσματική από ότι η μέθοδος του ψεκασμού. Σε αυτή τη μέθοδο οι ίνες είναι αναμιγμένες στο μίξερ μαζί με τσιμέντο πριν η μετά τη προσθήκη νερού. Οι ίνες προστίθενται προσεχτικά με μικρή προσθήκη στο μίγμα. Η εργασιμότητα εξαρτάται από το μέγεθος του συνόλου των ινών, του όγκου ινών κ.α.

ii) Μέθοδος ψεκασμού (εκτοξευόμενο ινοπλισμένο σκυρόδεμα): Σε αυτή τη μέθοδο το τσιμεντοκονίαμα και οι ίνες ψεκάζονται ταυτόχρονα πάνω στο καλούπι. Είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος εφαρμογής στην Ελλάδα. Προδιαγραφές για το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα δίνονται στο Παράρτημα Β

iii) Συμπύκνωση: Για συμπύκνωση, χρησιμοποιείται συνήθως δονητής μικρής διαμέτρου. Παρόλα αυτά, ο δονητής δεν ενδείκνυται καθότι μπορεί να αφήσει τρύπες στην επιφάνεια του σκυροδέματος.

#### 4.4.δ. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΙΝΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Η ραγδαία εξέλιξη στην τεχνολογία του FRC (Fiber Reinforced Concrete) μεγάλωσε κατά πολύ μεγάλο βαθμό το εύρος των εφαρμογών. Στον επόμενο πίνακα συνοψίζονται μερικές από αυτές ανάλογα με το είδος των ινών.

Τύπος ινών	Εφαρμογές
Γυαλί	Επίχριση τοίχων πληρώσεως,σωλήνες υπονόμων,κελύφη,κονιάματα,πλαίσια τύπου sandwich,συστήματα περίφραξης
Χάλυβας	Κυψελωτές μονάδες οροφής,επικάλυψη πεζοδρομίων,κατάστρώματα γεφυρών,σωλήνες,διάδρομοι αεροδρομίων,δοχεία πίεσης,κατασκευές ανθεκτικές σε ανεμοριπές,επενδύσεις τούνελ,κατασκευή φλοιού πλοίου
Πολυπροπυλένιο	Πάσσαλοι θεμελίωσης,προεντεταμένοι πάσσαλοι,επίχριση πλασιών,επιράμματα δρόμων,μανδύες για υποβρύχιους σωλήνες
Αμίαντος	Πλέγματα,σωλήνες,μονωτικά υλικά,πυρίμαχα υλικά,ελάσματα οροφής,επένδυση τοίχων
Άνθρακας	Πτυχωτές μονάδες για κατασκευή οροφών,μεμβρανοειδείς κατασκευές μονής και διπλής καμπυλότητας,σανίδες
Φυσικές ίνες(ίνα καρύδας,sisal,ζαχαροκάλαμο,bamboo)	Σε κατασκευές χαμηλού κόστους-αντιπαρέρχεται στη μεγάλη ζήτηση κατοικίας σε τριτοκοσμικές χώρες,διαχωριστικοί τοίχοι

#### 4.4.ε. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΜΕ ΙΝΕΣ ΧΑΛΥΒΑ (SFRC) ΥΠΟ ΦΟΡΤΙΣΗ ΚΑΙ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ ΔΟΚΩΝ-ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΘΡΑΥΣΕΩΝ.

Το ινοπλισμένο σκυρόδεμα έχει εξεταστεί ευρέως ως προς τη συμπεριφορά του σαν υλικό και οι περισσότερες προτάσεις για τη δημιουργία ενός σκεπτικού για το σχεδιασμό του στηρίζονται στην κυβική αντοχή του σκυροδέματος, που εξακολουθεί να είναι η βασική παράμετρος στις αρχές σχεδιασμού πολλών χωρών. Αντ' αυτού στο Leirzig αναπτύχθηκε μια καινούρια θεωρία βασισμένη σε παραμέτρους της Μηχανικής των Θραύσεων (Μ.Θ.). Οι παράμετροι αυτοί είναι η ενέργεια θραύσης  $G_f$  και το χαρακτηριστικό μήκος  $l_{ch}$ .

Με βάση αυτή τη θεωρία τα δεδομένα ,που εξήχθησαν από πειράματα άμεσου εφελκυσμού ,για την ικανότητα παραμόρφωσης του SFRC σε σχέση με την ποσότητα των ινών και την κυβική αντοχή του σκυροδέματος οδήγησαν σε ένα θεωρητικό μοντέλο για τον υπολογισμό της ικανότητας παραμόρφωσης και των μεγεθών της Μ.Θ.

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα τριγωνικό ομαλοποιημένο διάγραμμα του SFRC και κάποια παραδείγματα υπολογισμού της ικανότητας σε διάτμηση λεπτών

δοκών με διαφορετικό ποσοστό ινών χάλυβα.

i. Μηχανική των Θραύσεων

Η Μηχανική των θραύσεων μελετά την αστοχία των κατασκευών, η οποία προκαλείται από την ύπαρξη αρχικών ρωγμών. Εξετάζεται η εντατική κατάσταση στα άκρα της ρωγμής, τα κριτήρια διάδοσης της ρωγμής, η επίδραση της δυναμικής φόρτισης, της κόπωσης και οι μικροσχηματισμοί αστοχίας των υλικών.

Σαν ενέργεια θραύσης  $G_f$  ορίζεται η ενέργεια που χρειάζεται για τη θραύση του υλικού, ή αλλιώς για τη δημιουργία μιας μονάδας ρηγματωμένης επιφάνειας. (Hillerborg, 1985) και σαν χαρακτηριστικό μήκος  $l_{ch}$  ο λόγος  $G_f E/ft^2$  (Hillerborg, 1975), όπου  $E$  το μέτρο ελαστικότητας του υλικού και  $ft$  η εφελκυστική αντοχή. Το χαρακτηριστικό μήκος είναι ιδιότητα που εκφράζει την θραύση για κάθε υλικό και δείχνει ότι η ευθραυστότητα αυξάνει με την αύξηση της αντοχής και μειώνεται με την αύξηση της ενέργειας που χρειάζεται για την θραύση. Περιγραφή των βασικών αρχών της Μ.Θ. και ιστορική εξέλιξη της θεωρίας της παρατίθεται στο παράρτημα Β.

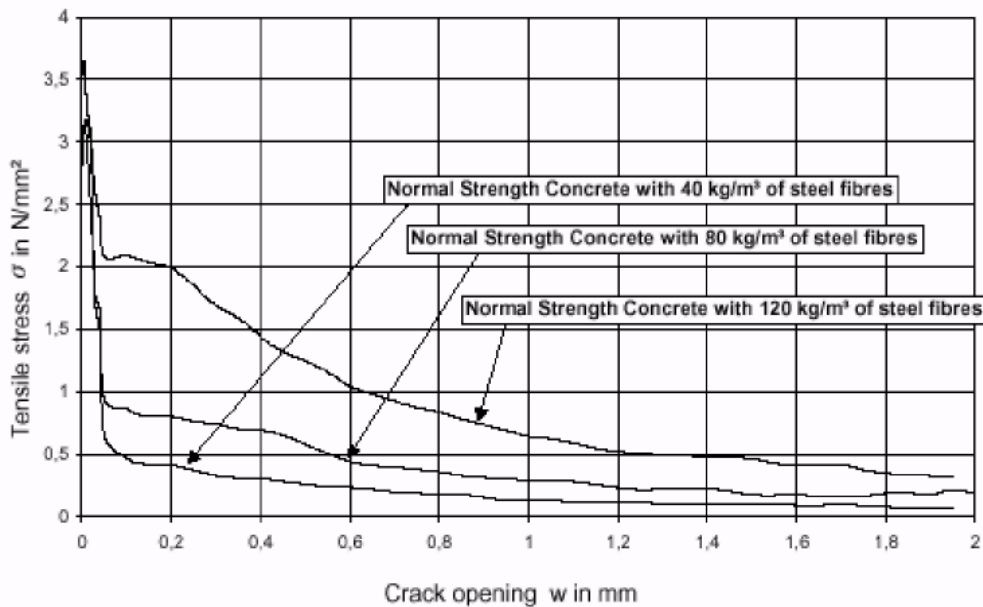
ii. Συμπεριφορά του SFRC υπό φόρτιση

Λόγω των ιδιοτήτων τους οι ίνες του χάλυβα δεν επηρεάζουν καθόλου τις διάφορες παραμέτρους της αντοχής του σκυροδέματος. Υπό θλιπτική φόρτιση, όταν εμφανίζονται μικρορωγμές εξαιτίας εγκάρσιων εφελκυστικών δυνάμεων, οι ίνες του χάλυβα προκαλούν δυνάμεις που τείνουν να κλείσουν τις ρωγμές. Αφ' ενός το γεγονός αυτό οδηγεί σε αύξηση της θλιπτικής αντοχής. Αφ' ετέρου όμως η ανάμιξη των ινών στο σκυρόδεμα προκαλεί αύξηση του πορώδους με αποτέλεσμα τη μείωση της θλιπτικής αντοχής. Κατά συνέπεια οι δύο αυτές δράσεις αλληλοαναιρούνται. Εξάλλου πειράματα έδειξαν ότι οι ίνες δεν επηρεάζουν και την άμεση εφελκυστική αντοχή, αφού παρουσιάστηκε θραύση μετά την εμφάνιση της τελικής ρωγμής. Μόνο η αντοχή σε λυγισμό αυξάνεται λίγο μετά την ανάμιξη των ινών του χάλυβα.

Σαν συμπέρασμα μπορεί να ειπωθεί ότι τα πλεονεκτήματα του SFRC δεν βρίσκονται σε ότι έχει να κάνει με την αντοχή του υλικού συγκριτικά με το απλό ενισχυμένο σκυρόδεμα.

Ωστόσο οι ίνες του χάλυβα αυξάνουν σημαντικά την ολκιμότητα και την ικανότητα παραμόρφωσης του σκυροδέματος και κατ' επέκταση την πλαστιμότητα του.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται τα πειραματικά αποτελέσματα για την ολκιμότητα Σκυροδέματος Κανονικής Αντοχής (NSC) ενισχυμένου με ίνες χάλυβα που υπόκειται σε μονοαξονική φόρτιση.

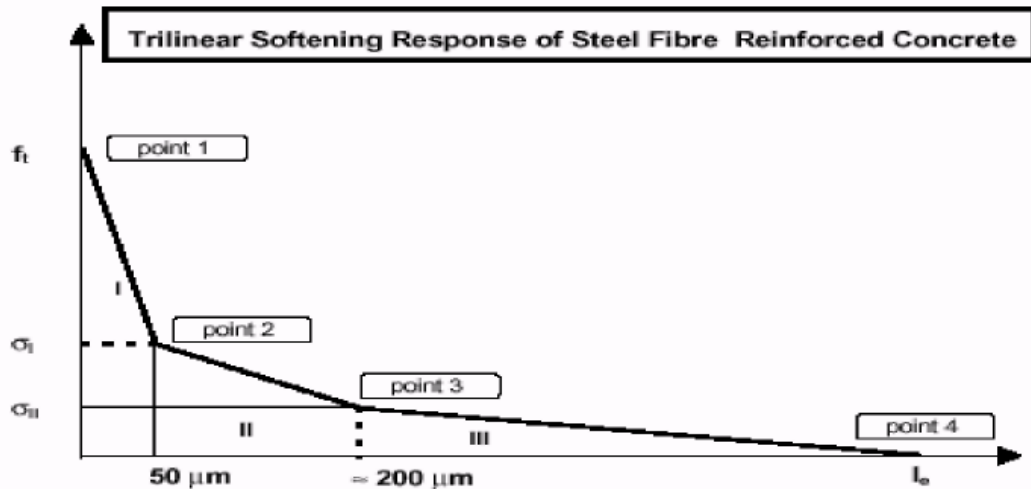


Για την εκτίμηση των αποτελεσμάτων της ποσότητας των ινών και της γεωμετρίας τους αναπτύχθηκε ένα τριγωνικό ομαλοποιημένο διάγραμμα.

### iii. Τριγωνικό ομαλοποιημένο διάγραμμα για SFRC

Το τριγωνικό μοντέλο βασίζεται στις προτάσεις του Muller, ο οποίος υπολόγισε την διασπορά των δυνάμεων στις ίνες σε σχέση με το άνοιγμα της ρωγμής. Υπέθεσε μια σταθερή διανομή της έντασης στους δεσμούς σκυροδέματος - ινών. Μετά την ρηγμάτωση εφελκυστική ένταση ασκείται στις ίνες μέχρι να ξεπεραστεί η αντοχή του δεσμού. Έπειτα οι ίνες διαχωρίζονται από το υλικό. Στο τριγωνικό μοντέλο αυτός ο μηχανισμός συνδυάζεται με την αντίδραση του σκυροδέματος να μειώσει αυτή την ένταση.

Παρακάτω φαίνεται το τριγωνικό ομαλοποιημένο διάγραμμα και ξεχωρίζονται οι τρεις διαφορετικοί του κλάδοι.



Στον πρώτο κλάδο (I) το σκυρόδεμα μόνο του αναλαμβάνει την μεταφορά της έντασης. Στη συνέχεια στο δεύτερο κλάδο (II) συνεργάζεται με τις ίνες του χάλυβα για την ανάληψη αυτή. Με την αύξηση του πλάτους της ρωγμής η επιρροή του σκυροδέματος στην αντοχή μειώνεται ραγδαίως. Έχει σημειωθεί ότι το όριο του ανοίγματος ρωγμής για το οποίο το σκυρόδεμα είναι ενεργό στην μεταφορά δύναμης είναι 160-250  $\mu m$ , ανάλογα με την κυβική αντοχή του σκυροδέματος και το είδος των αδρανών. Κατά συνέπεια στον τρίτο κλάδο (III) οι ίνες δρουν μόνες τους.

Τα 4 χαρακτηριστικά σημεία του διαγράμματος υπολογίζονται ως εξής:

Επειδή οι ίνες του χάλυβα δεν επηρεάζουν καθόλου τις παραμέτρους της αντοχής, το σημείο 1 (point 1) στο διάγραμμα αντιστοιχεί στην εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος

$$f_t = 2,12 \cdot \ln \left( 1 + \frac{f_c}{10} \right) \quad (1)$$

Όπου :

$f_t$  είναι η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος

$f_c$  η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος

Ο δεσμός μεταξύ της μήτρας του σκυροδέματος και των ινών αστοχεί όταν το πλάτος ρωγμής είναι περίπου 50  $\mu m$ . Ο μειωτικός συντελεστής της επιρροής των ινών, ένεκα του τυχαίου προσανατολισμού τους στο χώρο εκτιμάται ότι είναι 0,30

$$\sigma_1 = f_{t2} \cdot \left(1 - \frac{0,05}{w_2}\right) + 0,30 \cdot \eta_{vol} \cdot \sigma_\tau \cdot \left(1 - \frac{0,05}{l_E}\right) \quad (2)$$

όπου

$f_{t2}$  είναι = 0,70 N/mm<sup>2</sup> για σκυρόδεμα με αμμοχάλικο

είναι = 0,85 N/mm<sup>2</sup> για σκυρόδεμα με χονδρόκοκκα αδρανή,

$w_2$  είναι το άνοιγμα της τελικής πριν τη θραύση ρωγμής,

$\eta_{vol}$  είναι το ποσοστό των ινών επί του όγκου,

$\sigma_\tau$  είναι η τάση στις ίνες κατά τον διαχωρισμό – εξίσωση 3

$l_E$  είναι το μέσο μήκος δεσμού ινών σκυροδέματος, περίπου 0,25 \*  $l_{inas}$

$$\sigma_\tau = 4 \cdot \frac{l_E}{d_f} \cdot \tau_m \quad (3)$$

όπου

$d_f$  είναι η διάμετρος των ινών

$\tau_m$  η μέση τιμή της τάσης στο δεσμό κατά τον διαχωρισμό

Μετά το χαρακτηριστικό πλάτος ρωγμής  $w_2$ , οι ίνες του χάλυβα αναλαμβάνουν την μεταφορά της έντασης. Η τάση  $\sigma_{II}$  μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση 4

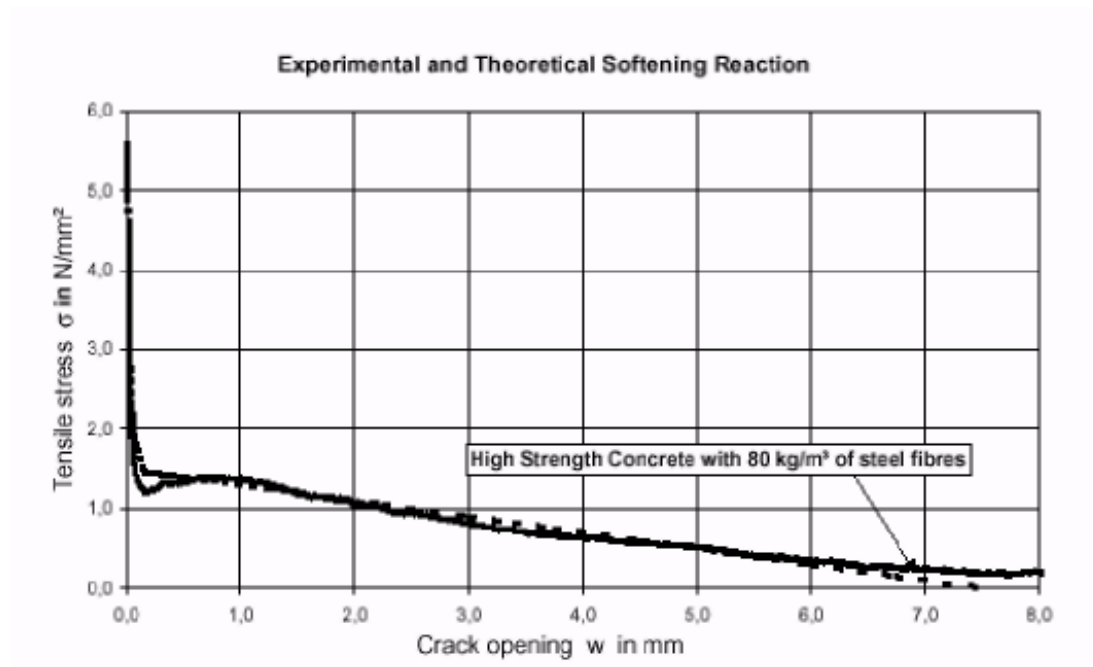
$$\sigma_{II} = 0,30 \cdot \eta_{vol} \cdot \sigma_\tau \cdot \left(1 - \frac{w_2}{l_E}\right) \quad (4)$$

Όταν το πλάτος ρωγμής φτάσει το <sup>1</sup>/<sub>4</sub> του μήκους της ίνας, η ίνα διαχωρίζεται από την μήτρα και η μεταφορά έντασης διακόπτεται.

Με τις παραπάνω 4 εξισώσεις μπορεί να υπολογιστεί η απόκριση (πλάτος ρωγμής) σε σχέση με την ένταση του SFRC και κατ' επέκταση τα αποτελέσματα της ενέργειας θραύσης με την ολοκλήρωση του διαγράμματος.



Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται η σύγκλιση μεταξύ των θεωρητικών και πειραματικών αποτελεσμάτων των δοκιμών άμεσου εφελκυσμού.



#### iv. Ικανότητα σε διάτμηση δοκών από SFRC

Οι μέθοδοι υπολογισμού της διατμητικής αντοχής μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες

Η πρώτη κατηγορία έχει να κάνει με τον καθορισμό της αντοχής μέσω εμπειρικών παραμέτρων που βασίζονται σε πειραματικά συμπεράσματα. Αυτός ο τρόπος ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, μόνο όταν οι πραγματικές παράμετροι ταυτίζονται με τις πειραματικές.

Η δεύτερη κατηγορία έχει να κάνει με μαθηματικά μοντέλα που στηρίζονται στη Μηχανική των Θραύσεων.

Το πραγματικό κριτήριο για τη διατμητική αστοχία είναι η δημιουργία μιας διαγώνιας ρωγμής που εκτείνεται από το σημείο φόρτισης μέχρι τη στήριξη. Αυτή η υπόθεση είναι μια απλοποίηση που υποδηλώνει ότι μόνο μία ρωγμή είναι υπεύθυνη για την αστοχία. Με την μηχανική των θραύσεων η μεταφορά της έντασης στη κρίσιμη διατμητική ρωγμή μπορεί να υπολογιστεί

Με την εξέλιξη της θεωρίας αυτής (λεπτομέρειες Παράρτημα Β) ο Hillerborg παρέθεσε μία εξίσωση(σχέση 5) που εκφράζει την εξάρτηση της διατμητικής αντοχής με το χαρακτηριστικό μήκος

$$V_u \approx \sqrt[4]{I_{ch}} \quad (5)$$

Με το τριγωνικό μοντέλο τάσης-μετατόπισης μπορεί να προσδιοριστεί η ενέργεια θραύσεως  $G_f$  καθώς και το χαρακτηριστικό μήκος  $l_{ch}$  για το SFRC. Αυτοί οι παράμετροι επιτρέπουν τον υπολογισμό ενός αναλογικού συντελεστή  $f$  και κατ' επέκταση της διατμητικής αντοχής. Παρακάτω φαίνονται οι θεωρητικές εκτιμήσεις σε σύγκριση με τα πειραματικά αποτελέσματα.

Concrete type	$l_{ch}$ in mm	$f$	$V_{calc}$ in kN	$V_{exp}$ in kN	$\Delta$
NSC + 0 kg/m <sup>3</sup>	292,3	1,00	-	95,6	-
NSC + 40 kg/m <sup>3</sup>	3237,4	1,82	174,0	179,9	0,97
NSC + 40 kg/m <sup>3</sup>	3470,6	1,73	165,4	176,6	0,94
HSC + 0 kg/m <sup>3</sup>	318,8	1,00	-	121,5	-
HSC + 40 kg/m <sup>3</sup>	3728,2	1,87	227,2	226,4	1,00
HSC + 80 kg/m <sup>3</sup>	7071,4	2,27	275,4	252,5	1,09

#### 4.4.στ. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

Καινοτομίες στο σχεδιασμό, που συχνά καθιερώνουν την ανάγκη για νέα δομικά υλικά, έκαναν το ινοπλισμένο σκυρόδεμα πολύ δημοφιλές. Το ενδεχόμενο της αυξημένης εφελκυστικής αντοχής και αντίστασης στην κρούση προσφέρει πιθανές μειώσεις στο βάρος και στο πάχος των δομικών στοιχείων και λογικά μειώνει την εμφάνιση φθορών κατά τη μεταφορά και το χειρισμό. Μέσω της Μηχανικής των Θραύσεων συντελείται πρόοδος στην εύρεση ενιαίων αρχών σχεδιασμού για το

ινοπλισμένο σκυρόδεμα.

Ωστόσο επειδή ακόμη δεν έχει επιτευχθεί αυτός ο στόχος θα πρέπει ακόμη να βασιζόμαστε στην εμπειρία και την κρίση του σχεδιαστή και κατασκευαστή των ινών, που έχουν ευθύνη να αντιλαμβάνονται τους περιορισμούς που υπάρχουν σε μερικά από αυτά τα συνθετικά υλικά.

## **5. ANAMIXH ΜΙΓΜΑΤΟΣ**

Οι ποσότητες και το είδος των συστατικών του μίγματος προδιαγράφονται από την μελέτη σύνθεσης η οποία εξαρτάται από τις ειδικότερες συνθήκες του έργου. Πάντως η ποσότητα του τσιμέντου δεν επιτρέπεται να είναι μικρότερη από  $300 \text{ Kg/m}^3$  και ο λόγος νερού προς τσιμέντο δεν πρέπει να ξεπερνά το 0.55. Όταν δεν προδιαγράφεται στην μελέτη, η ποσότητα του τσιμέντου επιλέγεται  $500 \text{ Kg/m}^3$  και ο λόγος νερού προς τσιμέντο ίσος προς 0.45 έως 0.50. Τα στερεά συστατικά του μίγματος πρέπει να μετριοούνται σε μέρη βάρους και τα υγρά σε μέρη βάρους ή όγκου.

Μέτρηση των αδρανών σε όγκο επιτρέπεται μόνο στην ξηρή μέθοδο και για μικρής σπουδαιότητας έργα εφ' όσον χαρακτηρίζονται έτσι από τη μελέτη. Στην περίπτωση αυτή θα ισχύουν τα παρακάτω:

- I. Η ποσότητα του μίγματος θα αντιστοιχεί σε ακέραιο αριθμό σάκκων τσιμέντου.
- II. Τα δοχεία μετρήσεως των κλασμάτων αδρανών θα έχουν σημαδευτεί σε κατάλληλο ύψος που θα προκύψει, αφού οι ποσότητες κλασμάτων του πρώτου αναμίγματος ζυγιστούν και τοποθετηθούν μέσα στα δοχεία.
- III. Η βαθμονόμηση και ο έλεγχος των δοχείων μέτρησης των κλασμάτων αδρανών θα γίνεται κάθε φορά που αλλάζει η προέλευση των αδρανών και τουλάχιστον μια φορά την εβδομάδα.
- IV. Καθημερινά θα ελέγχεται η άμμος για αποφυγή συσσωματώσεων, που μπορεί να προκαλέσει ένα σημαντικό λάθος στις εφαρμοζόμενες αναλογίες.

Τα αδρανή θα μετριοούνται με ακρίβεια + 3% του βάρους τους, το τσιμέντο με ακρίβεια + 2% του βάρους του, τα πρόσθετα με ακρίβεια + 3% του βάρους ή του όγκου τους ανάλογα αν είναι σε σκόνη ή σε μορφή υγρού και το νερό στην υγρή μέθοδο με ακρίβεια + 2%.

Η μέθοδος παρασκευής και ανάμιξης που χρησιμοποιείται πρέπει να εξασφαλίζει τη δυνατότητα εύκολου ελέγχου της αιτούμενης ακρίβειας.

Αν η διαδικασία προβλέπει προδιύγρανση των αδρανών η επάρκεια της εκτιμάται με έναν πρόχειρο επιτόπου έλεγχο . Μικρή ποσότητα μίγματος συμπιέζεται ισχυρά κλείνοντας την παλάμη. Όταν ανοίγοντας την παλάμη το μίγμα θρυμματίζεται σε διακριτά κομμάτια, η διύγρανση θεωρείται μικρή. Αν το υλικό παραμένει σαν σβώλος η θραύεται αλλά διατηρεί το σχήμα του, η διύγρανση είναι ικανοποιητική. Αν η υγρασία αποπλένεται στο χέρι τότε η διύγρανση είναι υπερβολική. Σε κάθε περίπτωση το ξηρό ανάμιγμα με προδιύγρανση πρέπει να εφαρμόζεται όσο το δυνατόν γρηγορότερα.

Τα υλικά του Ε.Σ. θα μπαίνουν στον αναμικτήρα με τις αναλογίες που προβλέπονται στη Μελέτη Συνθέσεως. Στην περίπτωση που εφαρμόζεται η διαδικασία υγρής ανάμιξης οι αναλογίες νερού και άμμου διορθώνονται ανάλογα με τη φυσική υγρασία των αδρανών.

Τα πρόσθετα πρέπει να μπαίνουν σε ένα στάδιο της διαδικασίας παραγωγής κατάλληλο για τον χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό. Ειδικότερα η προσθήκη ινών θα πρέπει να καθορίζεται με επιτόπου δοκιμές.

Οι ίνες θα πρέπει να προστίθενται με τρόπο τέτοιο ώστε να αποφεύγονται συσσωματώματα, δημιουργία σβώλων ή κάμψη των ινών και να εξασφαλίζεται η ομοιόμορφη κατανομή τους στη μάζα του Ε.Σ. Κάθε συσσωμάτωμα ή σβόλος ινών θα διαχωρίζεται ή θα απομακρύνεται από το ανάμιγμα, με κατάλληλα προσαρμοσμένη διάταξη στον εξοπλισμό ανάμιξης (δίνονται σχετικές φωτογραφίες).



Η διάταξη προσθήκης ινών θα μπορεί να ρυθμίζει το ρυθμό εισαγωγής τους ώστε να μην δημιουργούνται τα ανωτέρω συσσωματώματα ή σβώλοι. Η εισαγωγή των πρόσθετων θα γίνεται με κατάλληλο εξοπλισμό.

Ο χρόνος ανάμιξης του μίγματος προδιαγράφεται από τον Κατασκευαστή του εξοπλισμού ανάμιξης και πρέπει να εξασφαλίζει πλήρη ομοιογένεια του προϊόντος και καλές συνθήκες εκτόξευσης.

Ο χρόνος εργασιμότητας του μίγματος εξαρτάται από την τεχνική παραγωγής και τα ειδικότερα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται.

## **6. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΜΙΞΗΣ**

Οι τεχνικές εφαρμογής του εκτοξευόμενου σκυροδέματος είναι αφ' ενός του ξηρού μίγματος και αφ' ετέρου του υγρού μίγματος. Επειδή και οι δύο διαδικασίες είναι σύμφωνες με τις συνήθεις απαιτήσεις ποιότητας εκτοξευόμενου σκυροδέματος, η επιλογή της μεθόδου γίνεται βασικά με κριτήρια πρακτικότητας και οικονομικότητας. Ο κατάλληλος εξοπλισμός και η ορθή τεχνική εκτόξευσης έχουν πολύ μεγάλη σημασία στην εξασφάλιση της επιτόπου ποιότητας.

### **6.1. ΞΗΡΗ ΑΝΑΜΙΞΗ**

Η μέθοδος επιτυγχάνεται με την μίξη ξηρών ή ύφυγων αδρανών και τσιμέντου. Το μίγμα προστίθεται στη μηχανή που με την βοήθεια πιεσμένου αέρα το προωθεί μέσω σωληνώσεως με μεγάλη ταχύτητα στο ακροφύσιο. Η υγρασία των αδρανών πρέπει να είναι μεταξύ 3 και 6%. Εφόσον είναι ξηρότερα, δημιουργείται σκόνη, ενώ αντίθετα αν είναι υγρότερα υπάρχει ο κίνδυνος πρόωρης πήξης και βουλώματος των σωλήνων. Για τη βελτίωση της συνέχειας της παροχής του ξηρού μίγματος προς το ακροφύσιο έχουν δοκιμασθεί διάφορες βελτιώσεις της μηχανής εκτόξευσης. Η SBS έχει κατασκευάσει ένα σύστημα θαλάμου μεταφοράς με τροχό εφοδιασμένο με θήκες. Ο μεγάλος αριθμός των θηκών, η σταθερή πίεση του αέρα και η επαρκής ποσότητα του ενυπάρχοντος ξηρού μίγματος εξασφαλίζουν μία μόνιμη και συνεχή προώθηση στο ακροφύσιο. Το νερό για την ενυδάτωση προστίθεται υπό πίεση στο ακροφύσιο αμέσως πριν την εκτόξευση. Τούτο απαιτεί την ύπαρξη μιας σωλήνας νερού παράλληλα με τη σωλήνα μεταφοράς του ξηρού μίγματος. Μόλις το νερό περάσει τη βάνα εισέρχεται σε ένα δακτύλιο και σε συνέχεια στο διερχόμενο ξηρό μίγμα μέσα από ένα αριθμό από διαταγμένες οπές. Είναι πολύ σημαντικό η διαβροχή του μίγματος να είναι πλήρης και η πίεση του νερού αρκετή ώστε αυτό να εισχωρεί στο διερχόμενο μίγμα. Η ελάχιστη πίεση του νερού στο ακροφύσιο θα πρέπει να ξεπερνά κατά τουλάχιστον 100 KPa την πίεση της σωλήνας μεταφοράς του ξηρού μίγματος και να μην είναι μικρότερη από τα 600 KPa. Στην περίπτωση μεγάλων αποστάσεων μεταφοράς θα πρέπει να τοποθετείται μία αντλία νερού που

να εξασφαλίζει την απαιτούμενη πίεση. Η μονάδα άντλησης 8B8 Panda είναι κατάλληλη για όλες τις μηχανές εκτόξευσης με διαμέτρους σωλήνα μεταξύ 25 και 65 mm. Η μονάδα συνδέεται με την υπάρχουσα παροχή νερού και αυξάνει την πίεση κατά 10 MPa. Το πιεσμένο νερό διανέμεται μέσα από ένα μεγάλο αριθμό μικρών φυσητήρων έτσι ώστε να δημιουργείται ένα πυκνό δίκτυο νερού. Το υπό την πίεση αέρα προωθούμενο ξηρό μίγμα περνά μέσα από ένα πλέγμα νερού τριών επιπέδων με αποτέλεσμα να προσροφά το απαιτούμενο νερό μέχρι τον πυρήνα του. Η ομογενοποίηση του μίγματος βελτιώνει την ποιότητα του εκτοξευόμενου σκυροδέματος και μειώνει τις απώλειες αναπήδησης και τη δημιουργία σκόνης. Η ποσότητα του νερού μίξης ρυθμίζεται από τον χειριστή.

Ο ακριβής έλεγχος του νερού από τον χειριστή είναι αναγκαίος προκειμένου να αποφευχθεί η δημιουργία υπερβολικής σκόνης στην περίπτωση ανεπαρκούς ποσότητας νερού, ενώ αντίθετα στην περίπτωση μεγάλης ποσότητας νερού το σκυρόδεμα θα ρέει από την επιφάνεια. Έχει βρεθεί ότι η μετατόπιση του δακτυλίου του νερού προς τα πίσω από το ακροφύσιο έχει σαν αποτέλεσμα την καλύτερη διαβροχή του μίγματος, τη μείωση της σκόνης, την καλύτερη ποιότητα με λιγότερη αναπήδηση και λιγότερη τάση δημιουργίας ξηρών θυλάκων και φακών άμμου. Η πραγματική μίξη των αδρανών με το νερό επέρχεται στο τοίχωμα, και γι' αυτό θα πρέπει να γίνονται κυκλικές κινήσεις του ακροφυσίου κατά την εκτόξευση. Σημαντική είναι επίσης η σωστή λειτουργία της μηχανής ώστε να εξασφαλίζεται ομαλή μόνιμη ροή του υλικού μέσα από τη σωλήνα και το ακροφύσιο. Η χρήση εργοστασιακού με ακρίβεια ζυγισμένου και αναμιγμένου εκτοξευόμενου σκυροδέματος το οποίο περιέχει όλα τα συστατικά εκτός του νερού, που προστίθεται στο εργοτάξιο, πιστεύεται ότι πλεονεκτεί. Εφόσον η σύγκριση βασισθεί στο κόστος των υλικών, η χρήση ξηρών σάκων φαίνεται πιο ακριβή, όμως πλεονεκτεί στην ευκολία χρήσης και τη μεγαλύτερη παραγωγικότητα, στη μειωμένη απαίτηση ανθρώπινου δυναμικού, και στην ομοιομορφία της ποιότητας.

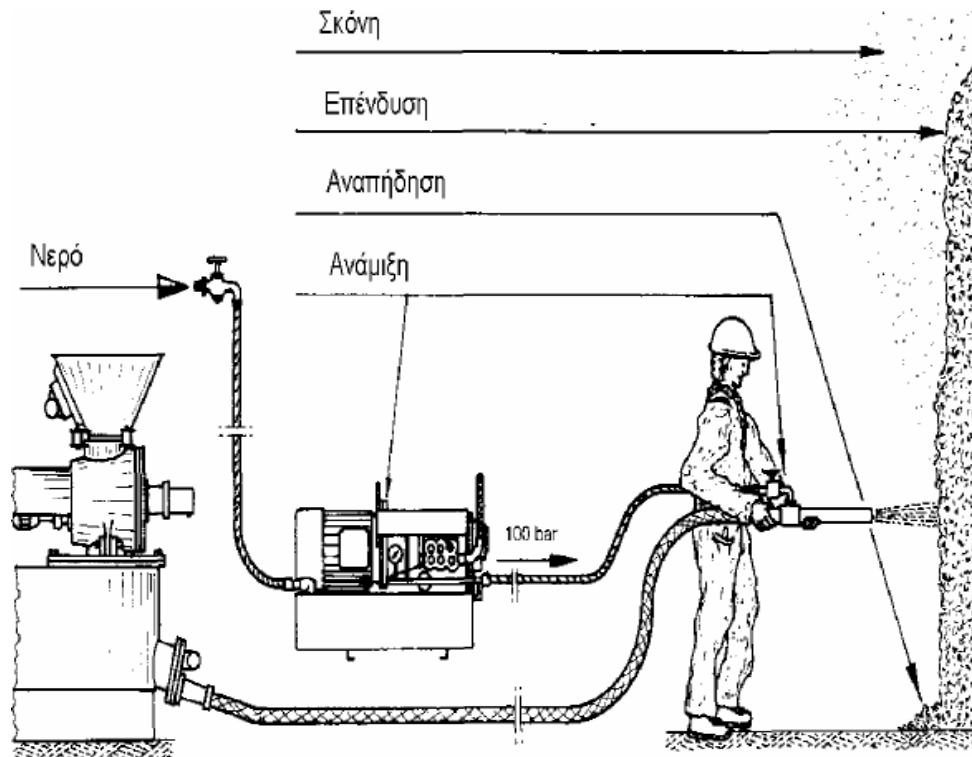
Στην περίπτωση χρήσης σάκων ξηρών προμειγμάτων εκτοξευόμενου σκυροδέματος, συνιστάται η χρήση στο εργοτάξιο ενός προϋγραντή ο οποίος θα προσδώσει στο μίγμα, πριν από την είσοδο του στη μηχανή εκτόξευσης, μία συνεκτικότητα με 3 - 6 % υγρασία. Το προϋγραμένο μίγμα πλεονεκτεί του τελείως ξηρού στην αποτελεσματικότερη και πιο ομοιόμορφη διαβροχή του στο ακροφύσιο, στη μειωμένη αναπήδηση, και στη μείωση της σκόνης κατά την εκτόξευση.

Για την εκτόξευση ξηρού μίγματος έχουν αναπτυχθεί δύο τύποι μηχανών, ο τύπος διπλού θαλάμου πίεσης και ο περιστροφικός τύπος. Στον πρώτο τύπο το ξηρό μίγμα έρχεται σε ποσότητες στον άνω θάλαμο και κατόπιν με την πίεση και την βαρύτητα οδηγείται στον κάτω θάλαμο όταν η βαλβίδα του αέρα είναι ανοικτή. Από τον κάτω θάλαμο μετρημένες ποσότητες στέλνονται συνεχώς στη σωλήνα παροχής. Στον δεύτερο τύπο ο κάδος της μηχανής τροφοδοτείται με ξηρό μίγμα από όπου αυτό πέφτει σε μία σειρά από εννέα ή και περισσότερες οπές που βρίσκονται μέσα σε ένα περιστρεφόμενο κύλινδρο ή μία λεκάνη. Όπως και στο περίστροφο, η δόση κάθε οπής ενεργοποιείται με την πίεση αέρα που την πιέζει στην σωλήνα παροχής. Και οι δύο τύποι είναι εξίσου ικανοποιητικοί. Μειονέκτημα του διπλού θαλάμου είναι η μικρή απόδοση και η ανάγκη απασχόλησης περισσότερου εργατικού δυναμικού, ώστε να αξιοποιούνται οι δυνατότητες του, πλεονεκτεί όμως στην μειωμένη ανάγκη συντήρησης. Σήμερα πολλοί περιστροφικοί τύποι αντικαθιστούν τους διπλούς θαλάμους, εφόσον όμως αυτοί είναι ελαφρού τύπου και εργάζονται με μεγάλες ταχύτητες περιστροφής είναι πιθανόν να χρειάζονται σύντομα αντικατάσταση. Η απόδοση των μηχανών εκτοξευόμενου σκυροδέματος στο ακροφύσιο είναι από 5 έως 8 m<sup>3</sup> /h. Η μεγαλύτερη απόσταση παροχής εξαρτάται από τον τύπο της μηχανής και για τις καλύτερες από αυτές μπορεί να υπερβεί τα 270m οριζόντια ή τα 90m κατακόρυφα, στις πολύ μεγάλες μάλιστα αποστάσεις οι κοινές σωλήνες παροχής μπορεί να αντικατασταθούν από χαλύβδινες ώστε να μειωθούν οι τριβές στα τοιχώματα.

Το σκυρόδεμα εκτοξεύεται από το ακροφύσιο με μεγάλη ταχύτητα στην επιφάνεια και η δύναμη κρούσης συμπυκνώνει το υλικό. Εφόσον η μηχανή εκτόξευσης λειτουργεί ορθά, τότε η δημιουργούμενη σκόνη στον αέρα είναι αποδεκτή. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται ίνες οπλισμού του σκυροδέματος, τότε έχει παρατηρηθεί αύξηση της φθοράς του εξοπλισμού, χωρίς τούτο να αποτελεί αιτία για την αποφυγή τους. Εφόσον χρησιμοποιηθεί επιταχυντής, αυτός προστίθεται είτε σε μορφή σκόνης στο ξηρό μίγμα, είτε σε υγρή μορφή στο νερό μίξης.



Σχήμα 6.1.1. Εκτόξευση σκυροδέματος ξηρής μίξης



## 6.2. ΥΓΡΗ ΑΝΑΜΙΞΗ

Η μέθοδος επιτυγχάνεται με την ανάμειξη μετρημένων ποσοτήτων αδρανών, τσιμέντου και νερού. Το κονίαμα ή μίγμα τροφοδοτεί τη χράνη του εξοπλισμού μεταφοράς. Με την πυκνή μέθοδο μεταφοράς το υγρό έτοιμο μίγμα προωθείται στο ακροφύσιο με αντλίες όπου και ψεκάζεται στο τοίχωμα. Το μίγμα θα πρέπει να είναι επαρκώς υγρό ώστε να μπορεί να αντληθεί. Το σκυρόδεμα επομένως περιέχει πιο πολύ νερό από αυτό που χρειάζεται για την ενυδάτωση του τσιμέντου. Το πλεονάζον νερό εξατμίζεται από το σκυρόδεμα καθιστώντας το πιο ευάλωτο σε ρωγμές συστολής ξήρανσης. Εφόσον προστεθεί η βέλτιστη, όσον αφορά την αντοχή, ποσότητα νερού (~35 %), τότε το μίγμα δεν θα μπορεί να αντληθεί. Γι' αυτό συνιστάται η χρήση υπερευστοποιητικού πρόσθετου για αντλούμενο σκυρόδεμα. Η μέθοδος έχει το πλεονέκτημα του αυστηρού ελέγχου του λόγου Ν/Σ. Το ακροφύσιο έχει θέσεις εισόδου του υγρού μίγματος, του πιεσμένου αέρα και του, συνήθως χρησιμοποιούμενου, επιταχυντικού προσθέτου.

Η υψηλή συμπύκνωση στο τοίχωμα δεν επιτυγχάνεται με τη μεγάλη ταχύτητα

ψεκασμού αλλά με την καλή διαβάθμιση και πλήρη ανάμιξη του σκυροδέματος που ψεκάζεται στην επιφάνεια σε μικρές σταγόνες, δίχως σκόνη και δημιουργώντας μία ομοιογενή επιφάνεια.

### **6.3. Επιλογή της μεθόδου**

Η σύγκριση μεταξύ των δύο μεθόδων δίνεται στον πίνακα 6.3.1.

Μέχρι σήμερα η μέθοδος ξερής μίξης χρησιμοποιείται συχνότερα επειδή ο εξοπλισμός είναι ελαφρύτερος και οικονομικότερος. Τα ξερά υλικά μπορούν να μεταφερθούν σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Η επένδυση σε εξοπλισμό της μεθόδου υγρής μίξης είναι τουλάχιστον τριπλάσια της αντίστοιχης της ξηρής. Εν τούτοις ο κατασκευαστής που επιθυμεί γρήγορη πρόοδο των εργασιών προτιμά την υγρή ανάμιξη, που έχει οικονομικότερη αναπήδηση, και δύναται να προμηθευθεί σε μεγάλες ποσότητες υλικό από μονάδα παραγωγής σκυροδέματος, και να επιτυγχάνει παραγωγή έως και 20 m<sup>3</sup>/h ειδικά όταν χρησιμοποιούνται τηλεχειριζόμενες αυτοματοποιημένες μηχανές.

Οι μηχανές υγρής ανάμιξης γενικά δεν μπορούν να μεταφερθούν και χρησιμοποιηθούν σε προβληματικές περιοχές που απαιτείται γρήγορη επέμβαση. Ο κατασκευαστής συνήθως θέλει να αφήνει ένα μεγάλο τμήμα ανεπένδυτο προτού αρχίσει τη μαζική παραγωγή εκτοξευόμενου σκυροδέματος υγρής ανάμιξης. Άρα συχνά απαιτείται ένα δεύτερο σύστημα ξηρής ανάμιξης όταν απαιτούνται μικρές ποσότητες σκυροδέματος, όπως π.χ. για την υποστήριξη του μετώπου.

Μία μηχανή ξηρής ανάμιξης είναι αποτελεσματικότερη στην περίπτωση παρουσίας νερού, όπου η υγρή διαδικασία έχει περιορισμένες δυνατότητες αντιμετώπισης του νερού.

Η ξερή μέθοδος δημιουργεί σκόνη και η δυνατότητα παραγωγής είναι μικρότερη από την υγρή. Εν τούτοις το ξηρό μίγμα μπορεί να διατηρηθεί για σχετικά μεγάλες περιόδους έως ότου χρειασθεί, και να εφαρμοσθεί αμέσως σε μέτριες ποσότητες σε περιοχές που απαιτείται. Τούτο είναι σε συμφωνία με τις αρχές της NATM για έγκαιρη υποστήριξη και σταθεροποίηση του πετρώματος κατά την κυκλική διαδικασία διάτρησης - ανατίναξης.

Η μη ορθή ποσότητα τροφοδοσίας του νερού κατά την ξερή ανάμιξη επιδρά αρνητικά στο βαθμό αναπήδησης ή και στην αντοχή. Ο λόγος N/Σ του ψεκαζόμενου σκυροδέματος από μηχανή ξηρής ανάμιξης είναι πολύ χαμηλός. Αντίθετα ο λόγος

αυτός όταν χρησιμοποιείται μηχανή υγρής ανάμιξης είναι πάνω από 0.50, ώστε το μίγμα να είναι αντλήσιμο από τις σωληνώσεις.

Οι μηχανές υγρής ανάμιξης πλεονεκτούν στα υπόγεια έργα όσον αφορά τη μειωμένη σκόνη, τη μικρότερη απαίτηση εξειδικευμένου προσωπικού, και του λιγότερου επιτόπου εξοπλισμού.

Η αναπήδηση είναι μεγαλύτερη με την ξηρή μέθοδο παρά με την υγρή. Εν τούτοις για σκυρόδεμα υγρής μίξης ακόμα και για μικρές πιέσεις, ένα αυτοματοποιημένο μηχάνημα είναι απαραίτητο, καθόσον το βάρος του υγρού σκυροδέματος στη σωλήνα το καθιστά πολύ βαρύ στο κράτημα. Επίσης ο χρόνος ξεπλύματος του εξοπλισμού υγρής μίξης είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο της ξηρής. Ο καθαρισμός θα πρέπει να γίνεται μετά από κάθε χρήση, πριν δε από κάθε διακοπή μεγάλης διάρκειας το πλύσιμο θα γίνεται σε ειδικές για το σκοπό περιοχές. Άρα ποσότητες τουλάχιστον 10 m<sup>3</sup> θα πρέπει να ψεκάζονται σε μία φάση ώστε να καθιστούν την υγρή μέθοδο αποτελεσματική.

Μία κατασκευή που περιλαμβάνει κυκλική διακοπτόμενη εκτόξευση σκυροδέματος θα πρέπει να εκτελείται με τη μέθοδο της ξηρής ανάμιξης. Η μέθοδος της υγρής ανάμιξης θα πρέπει να χρησιμοποιείται όταν το πέτρωμα δεν απαιτεί άμεση υποστήριξη. Τέλος θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η κατανάλωση υλικού σε σχέση με την αναπήδηση και ενέργειας. Η μέθοδος υγρής ανάμιξης απαιτεί περίπου το τρίτο του πιεσμένου αέρα που απαιτεί η ξηρή ανάμιξη.

**Πίνακας 6.3.1 . Παράγοντες επιλογής της διαδικασίας μίξης**

Παράγων	Ξηρή Ανάμιξη	Υγρή αναμίξη
Εξοπλισμός	Χαμηλή ολική επένδυση Συντήρηση σχετικά απλή και αραιή	Λιγότερος επιτόπου εξοπλισμός Λιγότερη φθορά στην αντλία, στις σωλήνες και στο ακροφύσιο. Λιγότερο από 60 % κατανάλωση πιεσμένου αέρα.
Μίξη	Στο εργοτάξιο ή στο εργοστάσιο Έτοιμα αναμιγμένα ξηρά συστατικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν, αλλά δεν μπορούν να παραμείνουν ανοικτά σε ύφυγρο ή υγρό περιβάλλον Η συμπεριφορά βλάπτεται από την υγρασία της άμμου.	Ακριβής ανάμιξη στη μονάδα ανάμειξης. Χρήση έτοιμου σκυροδέματος. Αποδεκτή η υγρή άμμος.
Παραγωγή	Σπανίως ξεπερνά επιτόπου τα 5 m <sup>3</sup> /h. Μπορεί να μεταφερθεί σε μεγαλύτερες αποστάσεις από ότι τα υγρά μείγματα.	Μεγαλύτερη από ότι αντίστοιχες μηχανές ξηρής μίξης. 2-10m <sup>3</sup> /h από ακροφύσιο χειριστή ως 20m <sup>3</sup> /h με βραχίονα χειρισμού
Αναπήδηση	Μπορεί να είναι 15-40% από κατακόρυφα τοιχώματα και 20 - 50% από την οροφή. Δημιουργεί θύλακες αναπήδησης. Η απώλεια αδρανών κάνει τη συμφωνία με τη μελέτη σύνθεσης δύσκολη, και το προστιθέμενο τσιμέντο είναι συνήθως πολύ.	Χαμηλή κάτω του 10% για σωστό μίγμα. Μη δημιουργία θυλάκων αναπήδησης Μικρή απώλεια αδρανών
Ποιότητα	Υψηλότερη αντοχή λόγω του χαμηλότερου λόγου Ν/Σ. Λιγότερο ομοιογενής καθόσον η προσθήκη νερού κανονίζεται από τον χειριστή και την ασυνεχή προώθηση του υλικού.	Δυσκολία επίτευξης υψηλής αντοχής λόγω του υψηλότερου λόγου Ν/Σ Πιο ομοιογενής ποιότητα
Ταχύτητα κρούσης	Υψηλή, με καλή πρόσφυση και ευκολότερη χρήση στην οροφή	Γενικά επαρκής για τα υπόγεια έργα
Πρόσθετα	Σαν σκόνη στο μίκτη ή στη χοάνη. Υγρά στο ακροφύσιο	Γενικά σε υγρή μορφή στο ακροφύσιο
Σκόνη	Μεγάλη παραγωγή σκόνης που μπορεί να μειωθεί με 5-15% προϋγρανση, ή με μετακίνηση του δακτυλίου του νερού προς τα πίσω του ακροφυσίου.	Πολύ μικρή ποσότητα Καλύτερη ορατότητα Κανένας κίνδυνος δημιουργίας στρώσεων από τη σκόνη.
Άλλη χρήση	Αμμοβολή	Άντληση σκυροδέματος

## **7. ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ, ΦΟΡΤΟΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΥΛΙΚΩΝ**

Η μεταφορά, φορτοεκφόρτωση και αποθήκευση των υλικών γίνεται με συνήθεις διαδικασίες. Το τσιμέντο και τα πρόσθετα υλικά πρέπει να φυλάσσονται σε ξηρό περιβάλλον. Υλικά που διατίθενται σε κλειστές συσκευασίες πρέπει να χρησιμοποιούνται άμεσα όταν ανοίγει η συσκευασία εκτός αν διαφορετικά προδιαγράφεται από τον προμηθευτή. Η μέγιστη θερμοκρασία του τσιμέντου στον χώρο αποθήκευσης του (σιλό ανάμιξης ή αλλού) δεν πρέπει να ξεπερνά τους 70° C. Κατά τον χρόνο ανάμιξης του μίγματος, η θερμοκρασία του πρέπει να είναι μικρότερη από 50° C. Οι αντίστοιχες θερμοκρασίες για τα πρόσμικτα προδιαγράφονται από τον προμηθευτή.

## **8. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η πρωταρχική λειτουργία του εκτοξευόμενο σκυρόδεμα είναι η συγκράτηση των χαλαρών μόλις εμφανισθέντων και δονημένων λόγω των εκρήξεων επιφανειών των πετρωμάτων. Γι' αυτό ο ψεκασμός πρέπει να αρχίζει όσο πιο γρήγορα γίνεται μετά την εκσκαφή ή την ανατίναξη ώστε να σφραγισθούν οι διακλάσεις ή οι μικρορωγματώσεις που τείνουν να ανοίξουν καθώς το πέτρωμα χαλαρώνει. Σε πέτρωμα με προβλήματα χαλάρωσης το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πρέπει να ψεκάζεται μέσα σε δύο με τέσσερις ώρες σε αντίθεση με άλλα πετρώματα που μπορούν να υφίστανται χωρίς υποστήριξη για περισσότερο χρόνο, ή είναι αυθυποστήρικτα. Στις τελευταίες περιπτώσεις το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα λειτουργεί σαν μόνιμη επένδυση σε μία αυθυποστήρικτη εκσκαφή στην οποία είναι δυνατές οι μικροχαλαρώσεις, όπως π.χ. σε υπόγειους ενεργειακούς σταθμούς που υποστηρίζονται με ηλώσεις.

Η μεγαλύτερη προσοχή δίνεται στην στήριξη της οροφής την οποία ψεκάζουμε μερικές φορές πάνω από τα μπάζα. Σε σήραγγες ύψους 6 μέτρα και πάνω είναι δυνατή η έκταση ενός κινητού δαπέδου από το όχημα διάτρησης πάνω από τα μπάζα από όπου γίνεται ο ψεκασμός της οροφής ενώ από κάτω γίνεται η αποκομιδή των μπαζών. Εναλλακτικά ξεμπάζωμα και ψεκασμός μπορούν να γίνουν δίπλα-δίπλα εφόσον οι διαστάσεις του χώρου το επιτρέπουν. Ο ψεκασμός πρέπει να αρχίζει πλησίον του μετώπου ώστε να προσφέρει στην εκεί αψίδα την πρώτη πήξη του σκυροδέματος και να είναι σε θέση να αντέξει την επόμενη ανατίναξη μέσα σε

δύο ώρες από το τέλος του ξεμπαζώματος. Η ολοκλήρωση του πάχους της επένδυσης μπορεί να γίνει αργότερα κατά την διάτρηση. Τα τοιχώματα συνήθως χωρίς αυτό να είναι απόλυτο ψεκάζονται σε ένα πέρασμα κατά την διάρκεια της διάτρησης. Με εξαίρεση τις μικρές σήραγγες, ο ψεκασμός είναι δυνατόν να ολοκληρώνεται χωρίς να καθυστερεί την διαδικασία της εκσκαφής.

## 9. ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ – ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

i. Το τεχνικό προσωπικό που θα ασχοληθεί με την εφαρμογή της μεθόδου πρέπει να έχει αποδεδειγμένη εμπειρία (βεβαιώσεις εργοδοτών), σε έργα επισκευών και ενισχύσεων που περιλάμβαναν εργασίες με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Πριν την έναρξη των εργασιών, το συνεργείο που θα ασχοληθεί με τις επεμβάσεις αυτού τους είδους, θα εκτελεί δοκιμαστική εκτόξευση Ε.Σ. από την οποία θα πιστοποιείται η ικανότητα του προσωπικού και ειδικότερα του χειριστή του ακροφυσίου για την έντεχνη εκτέλεση της εργασίας. Αρμόδια για την παραπάνω πιστοποίηση είναι η επίβλεψη του Έργου και ως οδηγός μπορεί να χρησιμοποιείται η σχετική έκθεση ACI 506-91.

ii. Ο εξοπλισμός τον οποίο πρέπει να διαθέτει το συνεργείο επισκευής για την άρτια εκτέλεση της εργασίας εξαρτάται από την μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή του Ε.Σ.

Όταν εφαρμόζεται η διαδικασία υγρής ανάμιξης ο βασικός εξοπλισμός περιλαμβάνει:

- Μηχανή ανάμιξης (αν το μίγμα παρασκευάζεται στο εργοτάξιο)
- Αντλία και σωλήνες προώθησης υγρού μίγματος και ακροφύσιο εκτόξευσης
- Αεροσυμπιεστή με συμπιεστική ικανότητα (πίεση  $1,5 \text{ m}^3$  αέρα/min για κάθε  $\text{m}^3$  λειτουργίας) της τάξεως των 700 Kpa.

Όταν εφαρμόζεται η διαδικασία ξηρής ανάμιξης ο βασικός εξοπλισμός περιλαμβάνει:

- Μηχανή ξηρής ανάμιξης, σωλήνες προώθησης του υλικού και του νερού και ακροφύσιο εκτόξευσης.
- Αεροσυμπιεστή με ελάχιστη συμπιεστική ικανότητα (P):

$$P=200+2,5(I+2h) \text{ (KPa, m)},$$

όπου I το μήκος του σωλήνα προώθησης του υλικού (που δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 20 m) και (h η μέγιστη διαφορά ύψους της θέσης εκτόξευσης από την θέση του αεροσυμπιεστή .

- Η οριζόντια απόσταση ακροφυσίου και μηχανής ανάμιξης δεν πρέπει να ξεπερνά τα 500 m ενώ η μέγιστη διαφορά ύψους είναι 100 m.
- Η ταχύτητα προώθησης του ξηρού υλικού στον σωλήνα πρέπει να είναι της τάξεως 40-60 m/sec και η πίεση του νερού στο ακροφύσιο πρέπει να είναι μεταξύ 400 και 4000 KPa.

Η απαιτούμενη παροχή αέρα και συνιστώμενη διάμετρος του σωλήνα προώθησης και του ακροφυσίου, προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή ταχύτητα, προκύπτει, σε σχέση με τις απαιτήσεις παραγωγής Ε.Σ., σύμφωνα με τα αναφερόμενα στον Πίνακα 9.1.

Πίνακας 9.1: Απαιτήσεις εξοπλισμού ξηρής ανάμιξης

Απαιτ. Παραγωγή Ε. Σ. (m <sup>3</sup> /hr)	Απαιτήσεις παροχής πεπιεσμένου αέρα (m <sup>3</sup> /min)	Συνιστώμενη εσωτερική διάμετρος σωλήνων και ακροφυσίου (mm)
1	3	25
2	4-5	32
4	8-10	40
6	12-14	50
9	17-20	65



Η ικανότητα παροχής πεπιεσμένου αέρα του αεροσυμπιεστή συνιστάται να ξεπερνά τουλάχιστον κατά 50% τις κατά περίπτωση απαιτήσεις.

iii. Η διεύθυνση της εκτέλεσης των εργασιών γίνεται από διπλωματούχο Πολιτικό Μηχανικό πενταετούς τουλάχιστον εμπειρίας (βιογραφικό σημείωμα), με την συνδρομή, κατ' ελάχιστο, ενός Πολιτικού Μηχανικού ή Τεχνολόγου Πολιτικού Μηχανικού ή Εργοδηγού με πενταετή εμπειρία σε έργα που έχει χρησιμοποιηθεί εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (βιογραφικά σημειώματα και βεβαιώσεις εργοδοτών).

## **10. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΔΙΑΣΤΡΩΣΗΣ**

Η επιφάνεια πάνω στην οποία θα εφαρμοστεί το Ε.Σ. πρέπει να προετοιμάζεται και να προστατεύεται κατά τη διάρκεια της εκτόξευσης. Τα υλικά που την διαμορφώνουν και θα έρθουν σε επαφή με το Ε.Σ. πρέπει να είναι στερεά, αρκετά πυκνής δομής και να μη δονούνται κατά τη διάρκεια της εκτόξευσης. Η προετοιμασία της επιφάνειας πάνω στην οποία θα γίνει η εκτόξευση εξαρτάται από τον τύπο του δομικού υλικού της και εκτελείται ως ακολούθως:

### **i. Επιφάνεια Σκυροδέματος**

Η επιφάνεια του σκυροδέματος πάνω στην οποία θα γίνει η εκτόξευση πρέπει να είναι εντελώς καθαρή. Οι διαδικασίες προετοιμασίας θα εξασφαλίσουν ένα στερεό υπόβαθρο, το οποίο θα έχει την ικανότητα να αναπτύξει επαρκή πρόσφυση και σύνδεση με το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Όπου υπάρχει θραυσμένο ή σε μεγάλη έκταση ρηγματωμένο ή γενικά πτωχής ποιότητας και σαθρό σκυρόδεμα, αυτό θα απομακρύνεται εντελώς. Επίσης θα απομακρύνεται όποιο τμήμα σκυροδέματος έχει προσβληθεί με επιβλαβείς χημικές ουσίες, λάδια, γράσσα, θα απομακρύνονται οι τυχόν υπάρχουσες προεξοχές, ώστε να αποφεύγονται απότομες διαφοροποιήσεις του πάχους του Ε.Σ. Η διαδικασία προετοιμασίας της επιφάνειας σκυροδέματος πάνω στην οποία θα γίνει η εκτόξευση προδιαγράφεται στην ΠΕΤΕΠ 14-01-02 ανάλογα με το προβλεπόμενο από την μελέτη απαιτούμενο βάθος εκτράχυνσης.

Εάν δεν αναφέρεται διαφορετικά στην μελέτη, οι μέθοδοι που επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν είναι η υδροβολή, η αμμοβολή και η χρήση αερόσφυρας πολλαπλής κεφαλής συμβολιζόμενος στην σχετική ΠΕΤΕΠ ως M7, M5 και M4 αντίστοιχα. Εφόσον οι συνθήκες εργασίας το επιτρέπουν συνιστάται η χρήση της υδροβολής (μέθοδος M7) κατά προτεραιότητα και έπεται η χρήση της αμμοβολής

(μέθοδος M5). Απαγορεύεται η διαμόρφωση τραχείας επιφάνειας με χρήση «βίαιων» μηχανικών μεθόδων όπως πελέκημα, σκαπιτσάρισμα κλπ., καθώς με αυτές αναπτύσσονται «μικρορηγματώσεις» ακριβώς κάτω από την προετοιμαζόμενη επιφάνεια, οι οποίες προκαλούν μείωση της ενεργού προσφερόμενης για συνάφεια περιοχής. Χημική προετοιμασία της επιφάνειας επιτρέπεται μόνον εάν αυτό προβλέπεται στη μελέτη και με την προϋπόθεση ότι η επιφάνεια του υποστρώματος είναι δομικώς στερεός και ότι τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για την προετοιμασία, αυστηρώς μη χλωριούχα, είναι τα προδιαγραφόμενα στην μελέτη.

Πριν την εκτόξευση του σκυροδέματος η επιφάνεια θα καθαρίζεται με καθαρό πεπιεσμένο αέρα. Ακολούθως το υφιστάμενο σκυρόδεμα θα υγραίνεται μέχρι κορεσμού με νερό υπό χαμηλή πίεση (πίεση δικτύου) χωρίς επικαθήσεις νερού στην επιφάνεια. Στην περιοχή εκτόξευσης σκυροδέματος πάνω σε στρώση νεαρής ηλικίας (όχι μεγαλύτερης από εβδομήντα δύο (72) ώρες από την αρχική πήξη του) η προετοιμασία θα περιορίζεται στην απομάκρυνση επιφανειακών ενχύσεων τσιμέντου, υλικών αναπήδησης και άλλων χαλαρών υλικών. Η αρχική πήξη θα ελέγχεται με την εισαγωγή ενός καρφιού μέσα στη στρώση του νωπού Ε.Σ.

#### ii. Επιφάνεια Τοιχοποιίας (για επισκευές)

Για τις περιπτώσεις τοιχοποιίας ακολουθούνται οι διαδικασίες καθαρισμού επιφάνειας που προδιαγράφονται στην ΠΕΤΕΠ 14-02-01-02 και εφαρμόζονται αναλογικά οι προδιαγραφές που αναφέρθηκαν προηγουμένως για επιφάνειες από σκυρόδεμα. Η επιφάνεια της τοιχοποιίας πάνω στην οποία θα γίνει η εκτόξευση πρέπει να είναι εντελώς καθαρή. Οι διαδικασίες προετοιμασίας θα εξασφαλίζουν ένα στερεό υπόβαθρο, το οποίο θα έχει την ικανότητα να αναπτύξει επαρκή πρόσφυση και σύνδεση με το Ε.Σ. Όπου υπάρχει θραυσμένη ή σε μεγάλη έκταση ρηγματωμένη τοιχοποιία θα αποκαθίσταται κατάλληλα πριν την εφαρμογή του Ε. Σ. θα απομακρύνονται οι τυχόν υπάρχουσες προεξοχές ώστε να αποφεύγονται απότομες διαφοροποιήσεις του πάχους του Ε.Σ. Οι αρμοί της τοιχοποιίας θα διευρύνονται σύμφωνα με την Π.Ε.Τ.Ε.Π. 14-02-0-03, εκτός εάν προβλέπεται διαφορετικά από την μελέτη.

Πριν τη εκτόξευση του σκυροδέματος η επιφάνεια θα φυσάται με καθαρό πεπιεσμένο αέρα. Ακολούθως η τοιχοποιία θα υγραίνεται μέχρι κορεσμού με νερό υπό χαμηλή πίεση (πίεση δικτύου) χωρίς επικάθηση νερού στην επιφάνεια.

### iii. Επιφάνεια Χάλυβα

Όταν η εκτόξευση γίνεται σε στοιχεία από χάλυβα, η επιφάνεια τους πρέπει να είναι απαλλαγμένη από κάθε επιβλαβές υλικό (όπως ρινίσματα, σκουριά, λάδια, γράσσο, πάγο, υλικό αναπήδησης, χρώμα) που μπορεί να εμποδίσει την ανάπτυξη της συνάφειας μεταξύ Ε.Σ. και χάλυβα. Οι διαδικασίες καθαρισμού των επιφανειών χάλυβα προδιαγράφονται στην ΠΕΤΕΠ 14-01-09-01. Το υλικό της αναπήδησης από γειτονικές περιοχές πρέπει να απομακρύνεται όσο είναι ακόμη νωπό και μαλακό με βούρτσα ή υδροβολή με φροντίδα να μην επηρεαστεί το σχετικά νεαρό υφιστάμενο σκυρόδεμα. Οι οπλισμοί θα στερεώνονται με ασφάλεια και άκαμπτα ο ένας με τον άλλον και με τα υλικά στερεώσεως για την αποφυγή δονήσεώς τους κατά τη διάρκεια της εκτόξευσης, που μπορεί να οδηγήσει σε κατάρρευση της στρώσης του νωπού σκυροδέματος.

### iv. Επιφάνεια Καλουπιών

Τα καλούπια είναι η μόνη κατηγορία επιφανειών υποβάθρου η οποία δεν απαιτεί την ανάπτυξη αντοχής συνάφειας με το Ε.Σ. Πριν την εκτόξευση θα απομακρύνονται από τα καλούπια όλα τα ξένα σώματα (σκληρυμένο σκυρόδεμα, ξύλα, χαρτιά, πολυστερίνη, κλπ.). Αν το καλούπι είναι υδατοαπορροφητικό τότε είτε θα διαβρέχεται μέχρι κορεσμού, είτε θα χρησιμοποιείται ένα υλικό που θα δημιουργεί φράγμα στην απώλεια νερού προς το καλούπι.

Εφ' όσον χρησιμοποιείται υλικό αποκόλλησης, αυτό δεν επιτρέπεται να εφαρμόζεται σε επιφάνειες Ε.Σ. πάνω στις οποίες θα εκτοξευθεί επόμενη στρώση, επειδή επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη συνάφειας μεταξύ των στρώσεων. Εάν παρατηρηθεί εμφάνιση τέτοιου υλικού στην επιφάνεια πρέπει να εξασφαλίζεται και να επιβεβαιώνεται η απομάκρυνση του. Επειδή η δράση της εκτόξευσης τείνει να μετακινεί τα συμβατικά αποκολλητικά υλικά (τύπου γαλακτώματος ή λαδιού) ωθώντας αυτά είτε κατά την επιφάνεια εκτόξευσης, είτε εντός της κυτταρικής κυψελοειδούς δομής του απορροφητικού τύπου, για το Ε.Σ. συνιστάται η χρήση χημικών αποκολλητικών υλικών ή κάλυψη του καλουπιού με πολυαιθενικά φύλλα πριν την έναρξη της εκτόξευσης. Το υλικό αποκόλλησης δεν θα αφήνει λεκέδες ιδίως για τελικά εμφανείς επιφάνειες

Τα καλούπια θα είναι σωστά στερεωμένα ώστε να αποφεύγεται οποιαδήποτε δόνηση κατά τη διάρκεια της εκτόξευσης. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή του

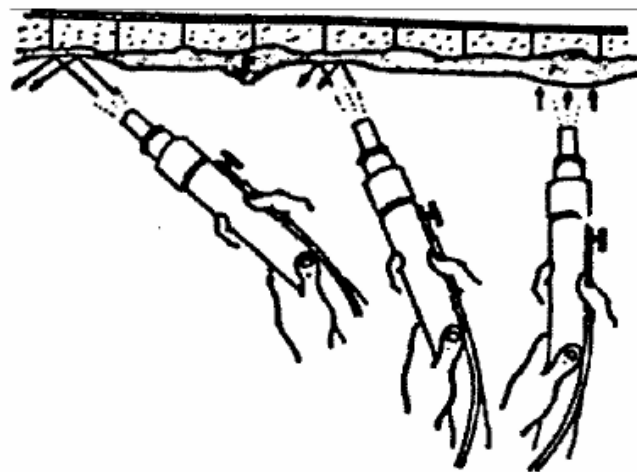
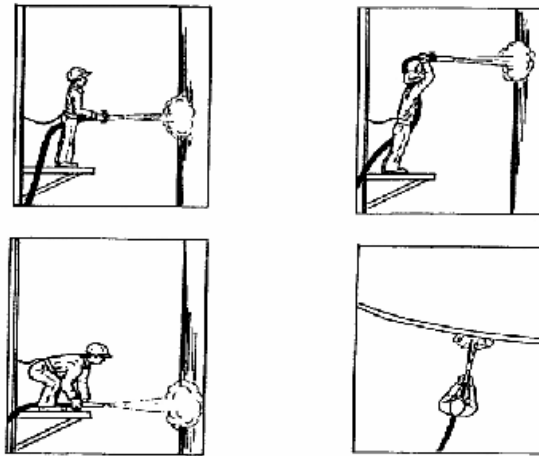
καλουπιού θα προβλέπουν τη δυνατότητα διαφυγής του αέρα και την απομάκρυνση του υλικού της αναπήδησης.

## **11. ΕΚΤΟΞΕΥΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

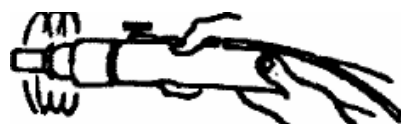
Η εκτόξευση του σκυροδέματος πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε το τελικό προϊόν να έχει συμπαγή και πυκνή δομή, επαρκώς επικολλημένη στην επιφάνεια του υποβάθρου, όπου αυτό υπάρχει. Η ποιότητα του επί τόπου απολαμβανόμενου σκυροδέματος εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τον χειριστή του ακροφυσίου, τον έλεγχο του νερού και του επιταχυντικού προσθέτου του μίγματος, την πίεση του αέρα, την απόσταση του ακροφυσίου από την προσβαλλόμενη επιφάνεια, την ταχύτητα εξόδου των υλικών από το ακροφύσιο και τις τεχνικές χρήσεως του ακροφυσίου.

Η τροφοδοσία του υλικού θα είναι τέτοια ώστε να τηρούνται οι αναλογίες των υλικών του τελικού μίγματος, να μην υπάρχουν εμφράξεις του εξοπλισμού και να διατηρείται μία σταθερή ροή του υλικού στο ακροφύσιο. Όταν η ροή είναι ασυνεχής ή μεταβαλλόμενης ποσότητας ή όταν ο χειριστής του ακροφυσίου επιφέρει αλλαγές στην ποσότητα του νερού, τότε το ακροφύσιο θα κατευθύνει τη ροή μακριά από τη θέση εκτόξευσης μέχρι την αποκατάσταση σταθερών συνθηκών υλικού και τροφοδοσίας.

Η θερμοκρασία του μίγματος πριν την εκτόξευση του και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου δεν πρέπει να είναι κάτω από 5°C ή πάνω από 35°C. Το συνιστώμενο εύρος θερμοκρασίας είναι μεταξύ 10°C και 25°C. Για θερμοκρασίες που βρίσκονται εκτός του συνιστώμενου εύρους αλλά εντός του αποδεκτού απαιτείται η λήψη κατάλληλων μέτρων προσαρμογής της θερμοκρασίας των συστατικών του μίγματος όπως η προθέρμανση ή πρόψυξη των αδρανών ή/και του νερού ανάμιξης ή η θερμική προστασία του χώρου εργασίας. Η αποδοχή των παραπάνω μέτρων απαιτεί την έγκριση της Επίβλεψης. Για θερμοκρασίες περιβάλλοντος εκτός του αποδεκτού εύρους εφαρμόζονται αναλόγως οι διατάξεις των παρ. 12.8 και 12.9 του Κ.Τ.Σ.-97. Η ταχύτητα με την οποία το υλικό εξέρχεται από το ακροφύσιο και η απόσταση του από την επιφάνεια εκτόξευσης θα πρέπει να είναι οι βέλτιστες, ώστε η συμπύκνωση της εκτοξευόμενης στρώσης και η πρόσφυση στην επιφάνεια του υποβάθρου να μεγιστοποιούνται και η αναπήδηση να ελαχιστοποιείται.



Κάθε στρώση θα δομείται με κατεύθυνση από τα κατώτερα τμήματα προς τα ανώτερα και ο χειριστής θα συμπληρώνει το συνολικό πάχος της στρώσης με επάλληλες κυκλικές ή ελλειπτικές κινήσεις του ακροφυσίου χωρίς κινήσεις μπρος - πίσω σε διαδοχικά «περάσματα».



Σε κάθε πέρασμα ή ανά στρώση δεν πρέπει να τοποθετείται περισσότερο υλικό από αυτό που μπορεί να προσκολληθεί με ασφάλεια χωρίς να παρουσιάζεται παραμόρφωση λόγω ολίσθησης του ή χαλάρωση της στρώσης. Ο χειριστής θα πρέπει να έχει πάντα τον έλεγχο του εφαρμόσιμου πάχους του υλικού και να μην υπερβαίνει αυτά τα όρια. Το πάχος κάθε στρώσης Ε.Σ. (όταν δεν χρησιμοποιούνται επιταχυντές πήξης) συνιστάται να είναι:

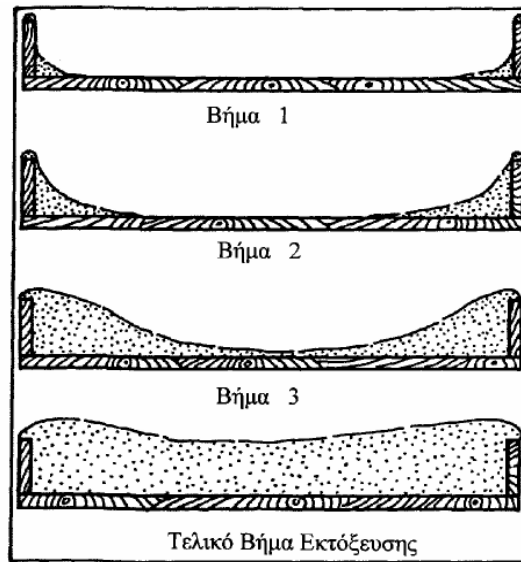
- i. Όταν περιλαμβάνονται οπλισμοί να καλύπτονται οι ράβδοι τουλάχιστον 10 mm σε στρώσεις οροφής και 20 mm σε κατακόρυφες στρώσεις.
- ii. Όταν δεν περιλαμβάνονται οπλισμοί: max 30 mm σε στρώσεις οροφής, max 50 mm σε κατακόρυφες στρώσεις.

Κάθε πρόσθετη στρώση Ε.Σ. εκτοξεύεται όταν η προηγούμενη έχει αποκτήσει ικανοποιητική αντοχή. Σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος γύρω στους 20°C, όταν δεν χρησιμοποιούνται επιταχυντές πήξης ο χρόνος αναμονής για την σκυροδέτηση της επόμενης στρώσης είναι μεταξύ 3 και 5 ώρες.

Το υλικό της αναπήδησης δεν πρέπει ποτέ και για οποιοδήποτε λόγο να καλυφθεί με Ε.Σ. Το υλικό αυτό θα απομακρύνεται από το έργο και θα εξασφαλίζεται ο αποκλεισμός της πιθανότητας χρησιμοποίησής του για παραγωγή εκτοξευόμενου ή συμβατικού σκυροδέματος.

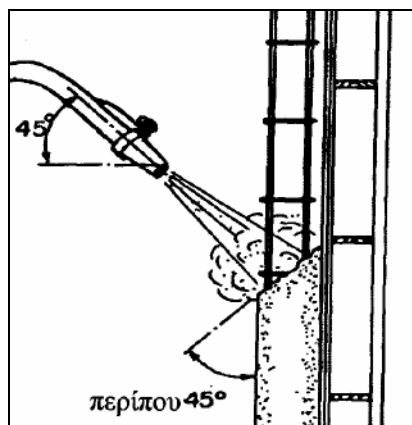
Μεγάλες κοιλότητες, σπηλαιώσεις ή ρήγματα της επιφάνειας εκτόξευσης πρέπει να γεμίζουν προσεκτικά με Ε.Σ. πριν την εφαρμογή της κύριας στρώσης. Εφόσον υπάρχουν εσωτερικές γωνίες στην επιφάνεια διάστρωσης ή γενικά σε περιοχές επιρρεπείς στην παγίδευση υλικού αναπήδησης η εκτόξευση θα αρχίζει από εκεί και το μέτωπο εργασίας θα απομακρύνεται πάντα με κατά τις περιοχές, μήκος κλίση από αυτές.

Εικόνα 11.1.: Κατάλληλη διαδικασία εκτόξευσης σε εσωτερικές γωνίες  
(ACI Report 506R-90)



Όταν εφαρμόζεται μονή στρώση μεγάλου πάχους (πάνω από 150 mm) θα εφαρμόζεται τεχνική εκτόξευσης τύπου «ράμπας» κατά την οποία η στρώση δομείται με μια γωνία κορυφής περίπου 45° η οποία επιτρέπει στο υλικό της αναπήδησης να κυλάει προς τα έξω (Εικόνα 11.2.):

Εικόνα 11.2.: Σωστός τρόπος εκτόξευσης για μεγάλα πάχη (ACI Report 506R-90)

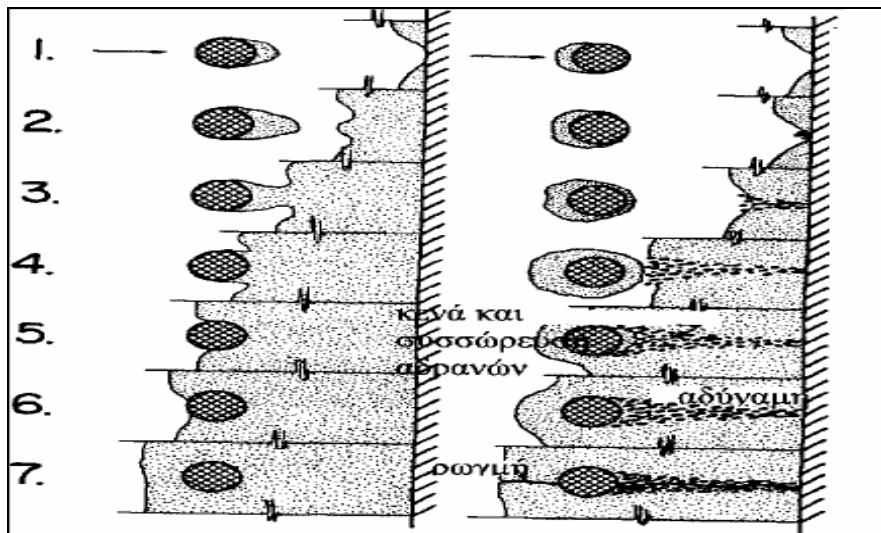


Όταν η εκτόξευση γίνεται σε επιφάνειες που έχει διαστρωθεί πλέγμα οπλισμών, συνιστάται να μειώνεται η απόσταση του ακροφυσίου από την επιφάνεια και να επιλέγεται ελαφρά απόκλιση της γωνίας εκτόξευσης από την ορθή ώστε το σκυρόδεμα να περνά και να συγκρατείται πίσω από τις ράβδους του πλέγματος. Στην

περίπτωση ύπαρξης οπλισμών μεγάλης διαμέτρου ή/και συγκεντρωμένου οπλισμού, η εκτόξευση του σκυροδέματος πίσω από τις ράβδους γίνεται με γωνία που μπορεί να αποκλίνει από την ορθή, είτε σε πολύ μικρότερες αποστάσεις από τις συνήθειες. Στην περίπτωση ύπαρξης οπλισμού σε μεγάλο πάχος διατομές στον εξοπλισμό θα περιλαμβάνεται διάταξη πεπιεσμένου αέρα η οποία θα επιτρέπει στο χειριστή της να ακολουθεί το χειριστή του ακροφυσίου και να απομακρύνει αμέσως κάθε υλικό αναπήδησης που πιθανόν να συσσωρεύεται πίσω από τον οπλισμό.

Όταν το σκυρόδεμα εκτοξεύεται προς τον οπλισμό το μπροστινό μέτωπο της ράβδου θα πρέπει να παραμένει καθαρό χωρίς προσκόλληση σκυροδέματος το δε εκτοξευόμενο υλικό πρέπει να ρέει γύρω και πίσω από τις ράβδους, δημιουργώντας έτσι ένα συμπυκνωμένο σκυρόδεμα πίσω από αυτές (Εικόνα 11.3.). Για την αποφυγή κενών ή ασυμπύκνωτων περιοχών πίσω από ράβδους οπλισμού απαιτείται κατ' ελάχιστον ένα κενό 20 mm πίσω από τις ράβδους για να υπάρξει η δυνατότητα εγκιβωτισμού τους στο Ε. Σ. Για τον ίδιο λόγο συνιστάται η αποφυγή χρήσης ινοπλισμένου Ε.Σ. με χαλύβδινες ίνες όταν στην εκτοξευόμενη στρώση εγκιβωτίζονται ράβδοι οπλισμού. Χαλύβδινες ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν γίνεται εκτόξευση σε στρώσεις έξω από ράβδους οπλισμού. Η παραπάνω διαδικασία εφαρμογής ινοπλισμένου Ε.Σ. παρουσία οπλισμών θα πρέπει να προδιαγράφεται στην μελέτη, διαφορετικά απαιτείται η αποδοχή της από την Επίβλεψη.





σωστός τρόπος

λανθασμένος τρόπος

Εικόνα 11.3.: Εκτόξευση παρουσία οπλισμού

(ACI Report 506R-90)

Για την καθοδήγηση στην διαμόρφωση των ευθυγραμμίων πρέπει να χρησιμοποιούνται οδηγοί από λεπτά σύρματα τα οποία δεν επηρεάζουν την διαδικασία της εκτόξευσης. Τα σύρματα αυτά έχουν υψηλή εφελκυστική αντοχή, διάμετρο 0.8 ή 1 mm, και τοποθετούνται με ακρίβεια στις γωνίες, στις προβολές των διατομών και σε διαστήματα συνήθως 0.6 έως 1m σε επίπεδες επιφάνειες. Για την αποφυγή υπερβολικών δονήσεων κατά την εκτόξευση και την επεξεργασία της επιφάνειας τα σύρματα πρέπει να τεντώνονται σφικτά. Ο τρόπος στερεώσεως θα δοκιμάζεται και κατά περίπτωση, ανάλογα με την εμπειρία του προσωπικού, μπορεί να απαιτηθεί η χρήση σφιγκτήρων, ελατηρίων ή άλλων κατάλληλων διατάξεων.

Για την καθοδήγηση στην διαμόρφωση καμπύλων επιφανειών πρέπει να χρησιμοποιούνται χαλύβδινες ράβδοι διαμέτρου 6mm οι οποίες θα κάμπτονται στην απαιτούμενη καμπυλότητα και θα στερεώνονται κατάλληλα. Όπου είναι απαραίτητο και δυνατόν να χρησιμοποιηθούν άκαμπτοι οδηγοί αυτοί θα είναι λωρίδες από ξύλινα πηχάκια μεγίστων διαστάσεων 25 x 50 mm που συνδέονται με τραβέρσες ανά 0.6 έως 1 m.

Για καθοδήγηση στην διαμόρφωση του προβλεπόμενου από την μελέτη πάχους πρέπει να χρησιμοποιούνται ειδικά στοιχεία που προσαρμόζονται στις απαιτήσεις κάθε ειδικής περίπτωσης εφαρμογής και η αποδοχή τους υπόκειται στον επιβλέποντα μηχανικό ή στην υπηρεσία. Τα στοιχεία αυτά είναι:

- i. Μετρητές βάθους που είναι μικροί μεταλλικοί ή πλαστικοί δείκτες που προσκολλώνται ή εγκαθίστανται κάθετα στην επιφάνεια εκτόξευσης σε κατάλληλα διαστήματα και ύψη. Δίνουν ένα εγκατεστημένο οδηγό του πάχους του Ε.Σ., τοποθετημένοι ακριβώς κάτω από την τελικά διαμορφούμενη επιφάνεια της στρώσης και εγκαταλείπονται μέσα στη στρώση υπό την προϋπόθεση ότι δεν την επηρεάζουν με οποιοδήποτε τρόπο.
- ii. Ανιχνευτές βάθους αποτελούμενοι από σιδηρά σύρματα κατάλληλης διαμέτρου, τα οποία έχουν σημαδευτεί με ενδείξεις πάχους για το Ε.Σ. και χρησιμοποιούνται όπου υπάρχει μεγαλύτερο εύρος ανοχών στις απαιτήσεις της τελικής επιφάνειας και είναι αποδεκτή η ύπαρξη αντίστοιχων οπών στη δημιουργούμενη στρώση. Οι ανιχνευτές εισάγονται στο εκτοξευμένο σκυρόδεμα μέχρι το υπόβαθρο καταγράφοντας το βάθος.

Η περιοχή του μετώπου εργασίας πρέπει να προστατεύεται με κατάλληλα μέσα (όπως πετάσματα, κλπ.) γιατί οι καιρικές συνθήκες όπως αέρας ή βροχή

μπορούν να επηρεάσουν την εκτόξευση, αλλά και τις γειτονικές κατασκευές από τα υλικά αναπήδησης, τη σκόνη, κλπ.

## **12. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΕΛΙΚΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ**

Για την διαμόρφωση της τελικής επιφάνειας απομακρύνονται τα σωματίδια που έχουν προσκολληθεί ανεπαρκώς, με χρήση μιας μαλακής πλαστικής βούρτσας όταν θα έχει αρχίσει η αρχική σκλήρυνση της ψευδο-πήξης συνήθως μία έως δύο ώρες μετά την εκτόξευση. Απαγορεύεται οιαδήποτε εργασία που μπορεί να διαταράξει τον ιστό του Ε.Σ., πέραν της ανωτέρω, όπως πήχιασμα, αφαίρεση οδηγών, αλφάδιασμα, κλπ. για διάστημα 48 ωρών μετά την εκτόξευση.

## **13. Συντήρηση**

**13.1.** Η συντήρηση είναι υποχρεωτική για κάθε έργο. Αρχίζει αμέσως μετά την ολοκλήρωση της εκτόξευσης και διαρκεί για χρονικό διάστημα που εξαρτάται από τις συνθήκες περιβάλλοντος και τις ειδικές απαιτήσεις του έργου. Το χρονικό αυτό διάστημα θα καθορίζεται από το χρόνο που απαιτείται για να επιτευχθεί ένα καθορισμένο από τη μελέτη ποσοστό ενυδάτωσης ή απαιτούμενης αντοχής και δεν θα είναι μικρότερη από επτά (7) ημέρες.

**13.2.** Η συντήρηση πρέπει να δημιουργεί τις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας, που θα επιτρέψουν την ολοκλήρωση της διαδικασίας ενυδάτωσης με το μεγαλύτερο ποσοστό τσιμέντου του μίγματος, η οποία θα δώσει στο σκυρόδεμα την αντοχή και την ανθεκτικότητά του. Η απαραίτητη για τη συντήρηση υγρασία εξασφαλίζεται:

i. Με μεθόδους που απαγορεύουν ή επιβραδύνουν την εξάτμιση του νερού του μίγματος, όπως ο ψεκασμός με ειδικά υγρά που σχηματίζουν επιφανειακή μεμβράνη, η επικάλυψη με λινάτσες, άμμο, και αδιάβροχα φύλλα, ή η ενσωμάτωση στο σκυρόδεμα ειδικών υλικών (στη φάση ανάμιξης) που δημιουργούν ένα εσωτερικό διάφραγμα κ.λ.π.

ii. Με μεθόδους που αντικαθιστούν το νερό που εξατμίζεται όπως διαβροχή, κατάκλιση της περιοχής κ.λ.π.

**13.3.** Ενέργειες συντήρησης μπορούν να απαλειφθούν και να γίνει φυσική συντήρηση του Ε.Σ. όταν η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος διατηρείται πάνω από 95% κατά το χρόνο συντήρησης.

**13.4.** Η αποκλειστική συντήρηση με χρήση αδιαπέρατων φύλλων επικάλυψης σε επιφάνειες "όπως εκτοξεύτηκαν" ή με "αστραπιαίες επιστρώσεις" δεν συνίσταται, λόγω έλλειψης πλήρους επαφής του φύλλου με την επιφάνεια του σκυροδέματος.

**13.5.** Η μέθοδος συντήρησης πρέπει να αρχίζει αμέσως μετά την ολοκλήρωση της εκτόξευσης, ώστε να καλύψει τις απαιτήσεις που δημιουργούνται λόγω της γρήγορης εξέλιξης της διαδικασίας ενυδάτωσης, από τη χρήση επιταχυντικών προσθέτων. Εάν χρησιμοποιείται Ε.Σ. με προσθήκη συμπληρωματικών συνδετικών υλικών όπως πυριτική παιπάλη, ιπτάμενη τέφρα κ.λ.π. και επειδή τα υλικά αυτά γενικώς έχουν μεγαλύτερη περίοδο ενυδάτωσης από το τσιμέντο Πόρτλαντ, θα λαμβάνεται μέριμνα για την κάλυψη όλης της περιόδου αυτής με διαδικασίες επαρκούς συντήρησης.

**13.6.** Συντήρηση με μεμβράνη που σχηματίζεται στην επιφάνεια του σκυροδέματος με ψεκασμό, η οποία μειώνει τη συνάφεια, δε θα χρησιμοποιείται, εφ' όσον πρόκειται να διαστρωθεί άλλη στρώση Ε.Σ.. Η επίδραση κάθε τέτοιας μεμβράνης στη συνάφεια μεταξύ των στρώσεων του Ε.Σ. θα εξακριβώνεται πριν την έναρξη των εργασιών με επί τόπου σχετικές δοκιμές. Ο ρυθμός κατανάλωσης του υγρού θα ακολουθεί τις οδηγίες του κατασκευαστικού οίκου και λόγω της γενικώς τραχύτερης επιφάνειας, θα είναι περίπου διπλάσιος αυτού που προβλέπεται για το συμβατικό σκυρόδεμα. Εάν για οποιοδήποτε λόγο απαιτηθεί εκτόξευση σκυροδέματος σε επιφάνεια στρώσης που έχει συντηρηθεί με ψεκαζόμενη μεμβράνη τότε αυτή θα απομακρύνεται με χρήση υδροβολής ή αμμοβολής ή με άλλο όμοιο αποτελεσματικό τρόπο.

**13.7.** Επειδή σε έργα σηράγγων και υπογείων κατασκευών συχνά είναι δύσκολο να επιτευχθεί συνεχής συντήρηση με μεθόδους που αντικαθιστούν το νερό που εξατμίζεται, ενώ παράλληλα η χρήση μεθόδων που απαγορεύουν ή επιβραδύνουν την εξάτμιση του νερού δεν είναι δυνατή, μπορεί να γίνει αποδεκτή μία επαλαμβανόμενη διαδικασία του ψεκασμού του σκυροδέματος με νερό, τουλάχιστον κάθε τέσσερις (4) ώρες και για ελάχιστη περίοδο επτά (7) ημερών. Ο ψεκασμός θα αρχίζει αμέσως μετά τις εργασίες εκτόξευσης και θα εκτελείται με προσοχή για αποφυγή καταστροφής της στρώσης και απόπλυση. Η ανωτέρω διαδικασία συντήρησης θα εφαρμόζεται μόνο όταν αιτιολογημένα έχουν αποκλεισθεί όλες οι άλλες δόκιμες μέθοδοι συνεχούς διατήρησης κατάλληλων συνθηκών ολοκλήρωσης της διαδικασίας ενυδάτωσης όπως καθορίζεται στις παρ. 8.1 και 8.2 και μετά την έγκριση του Επιβλέποντος μηχανικού ή Υπηρεσίας.

**13.8.** Συντήρηση με υλικά που ενσωματώνονται στο σκυρόδεμα κατά τη φάση ανάμιξης και δημιουργούν εσωτερικό διάφραγμα, θα γίνεται μόνο μετά από έγκριση του Επιβλέποντος μηχανικού ή Υπηρεσίας και αφού έχουν προηγηθεί οι σχετικές δοκιμές και έλεγχοι.

**13.9.** Η αρμόδια Υπηρεσία ή ο Επιβλέπων μηχανικός μπορεί να ζητήσει τη λήψη δοκιμών, για τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας της μεθόδου συντήρησης και της εν γένει προόδου της σκλήρυνσης ή ανάπτυξης της αντοχής. Τα δοκίμια αυτά παραμένουν στο έργο και συντηρούνται όπως αυτό (δοκίμια έργου). Οι αντοχές αυτών των δοκιμών δε θα λαμβάνονται υπόψη στους ελέγχους συμμόρφωσης.

**13.10.** Σε εργασίες επισκευών, όπου τοποθετείται μία συνήθως λεπτή στρώση Ε.Σ. πάνω σε υφιστάμενο παλαιό σκυρόδεμα, υπάρχει μία σημαντική απώλεια νερού του Ε.Σ. προς το παλαιό, με τριχοειδή κυρίως δράση, παρά τον αρχικό εμποτισμό αυτού. Στις περιπτώσεις αυτές η μέθοδος συντήρησης θα προβλέπει απαραίτητα αντικατάσταση του νερού που χάνεται από τη στρώση του Ε.Σ. για ελάχιστη περίοδο επτά (7) ημερών.

## **14. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΛΑΒΗ**

### **14.1. ΕΛΕΓΧΟΙ**

Τέσσερις τύποι ελέγχου χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Ο οπτικός, ο γεωμετρικός, ο μηχανικός (κρουστικός) και ο εργαστηριακός.

#### **14.1.1 Οπτικός Έλεγχος**

Ο οπτικός έλεγχος γίνεται επιτόπου του έργου και αφορά τον εντοπισμό κακοτεχνιών, πριν, μετά και κατά τη διάρκεια εκτόξευσης κάθε στρώσης σκυροδέματος.

Πριν την εκτόξευση, ο οπτικός έλεγχος περιλαμβάνει την αποδοχή των συνθηκών έναρξης της εκτόξευσης. Ο έλεγχος της κατάστασης των ενσωματούμενων υλικών (όπως η ύπαρξη πιθανών συσσωματωμάτων άμμου, η αποδεκτή προδιύγρανση των αδρανών εφόσον προβλέπεται, η πιθανή οξείδωση των ινών χάλυβα, κ.α.) σύμφωνα με τα αναφερθέντα στην παρ. 3.3, αποτελεί μέρος της διαδικασίας. Επίσης περιλαμβάνεται ο έλεγχος της καταλληλότητας της επιφάνειας του υποστρώματος όπως έχει προέλθει είτε από επεξεργασία του αρχικού στοιχείου είτε από προγενέστερη στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος, σύμφωνα με τα αναφερθέντα στην παρ. 3.5.

Κατά την διάρκεια της εκτόξευσης ο έλεγχος περιλαμβάνει την εφαρμογή των κανόνων έντεχνης εκτέλεσης της εργασίας όπως αυτοί περιγράφηκαν με στόχο τον έγκαιρο εντοπισμό κακοτεχνιών και θα επιτρέπει άμεσες διορθωτικές παρεμβάσεις για αποκατάσταση των ελαττωμάτων πριν την ολοκλήρωση της εκτόξευσης κάθε στρώσης.

Ως τέτοιες πιθανές κακοτεχνίες ενδεικτικά αναφέρονται:

§ ο εγκλωβισμός ανακλόμενου υλικού,

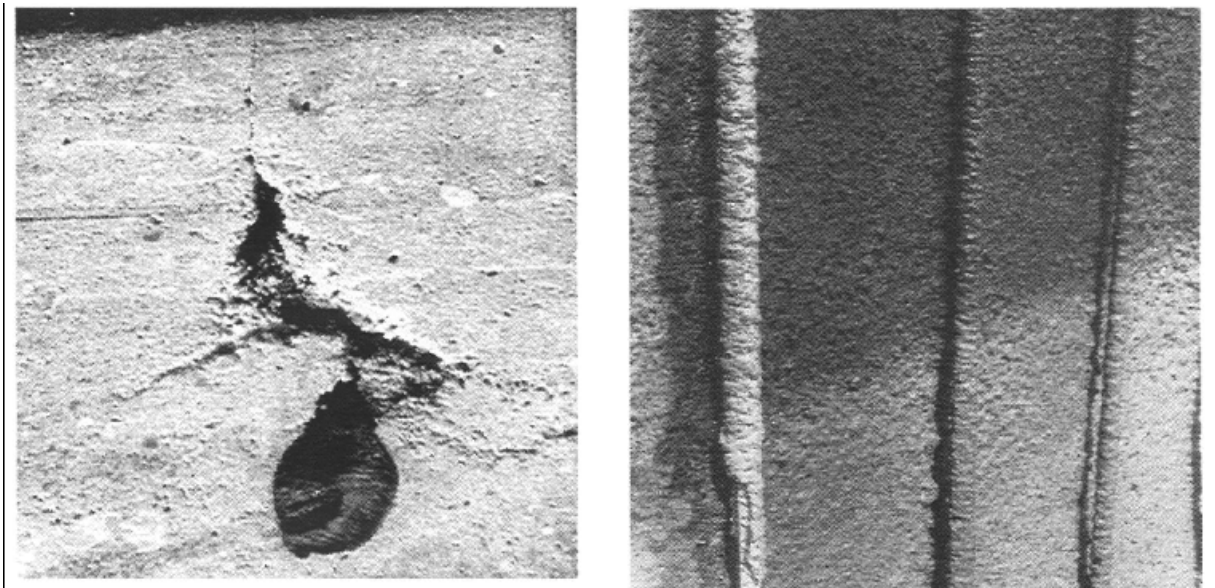
§ η συσσώρευση υπερψεκαζόμενου υλικού,

§ η επικόλληση και έναρξη πήξης υπερψεκαζόμενου υλικού επί ράβδων οπλισμού ή άλλων χαλύβδινων στοιχείων πριν γίνει η διάστρωση στην περιοχή,

§ η δημιουργία κενών ή φωλεών, η ανεπαρκής επικάλυψη των ράβδων οπλισμού ή των χαλύβδινων στοιχείων,

§ η δημιουργία αδύναμων περιοχών λόγω απόμιξης του σκυροδέματος (ιδίως πίσω από ράβδους οπλισμού ή άλλα χαλύβδινα στοιχεία) κ.α.

Ο έλεγχος μετά το πέρας της εκτόξευσης περιλαμβάνει τον εντοπισμό κακοτεχνιών, όπως αυτές που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο στάδιο καθώς και η τυχόν εκτεταμένη ρηγμάτωση λόγω συστολής ξήρανσης. Οι κακοτεχνίες αυτές σημειώνονται επί τόπου και απεικονίζονται επί των σχεδίων.



ΣΠΗΛΛΙΩΣΕΙΣ - ΚΕΝΑ

#### 14.1.2. Γεωμετρικός Έλεγχος

Ο γεωμετρικός έλεγχος γίνεται επιτόπου του έργου και αφορά τον εντοπισμό αποκλίσεων από την προβλεπόμενη στην μελέτη γεωμετρία των κατασκευαζόμενων στοιχείων. Ο έλεγχος περιλαμβάνει το, κατά θέσεις, πάχος των στοιχείων ως και την επιπεδότητα, κατακορυφότητα ή καμπυλότητα της τελικής επιφάνειας. Γίνεται με τις κλασικές μεθόδους γεωμετρικής αποτύπωσης στοιχείων, χρησιμοποιώντας ράμματα, ζύγια, μέτρο, μετροταινία, αλφάδι, αλφαδολάστιχο, μεταλλικό οδηγό, ταχύμετρο, χωροβάτη και άλλο κατάλληλο καταγραφικό εξοπλισμό. Οι περιοχές των αποκλίσεων σημειώνονται επί τόπου και στα αντίστοιχα σχέδια.

Ο γεωμετρικός έλεγχος γίνεται συνήθως στο τέλος της εργασίας, μπορεί όμως να απαιτηθεί και σε ενδιάμεσα στάδια.

### 14.1.3. Μηχανικός (Κρουστικός) Έλεγχος

Ο μηχανικός (κρουστικός) έλεγχος γίνεται επί τόπου και αφορά την στερεότητα και συνοχή της επεμβάσεως. Γίνεται με ελαφρές κρούσεις με σφυρί βάρους 1.00 Kg. Ελέγχεται η δημιουργία ρωγμών στην διεπιφάνεια επεμβάσεως, καθώς και ο ήχος από τις κρούσεις. Περιοχές στις οποίες δημιουργούνται ρωγμές ή ο ήχος είναι υπόκωφος, σημαίνονται επί τόπου και απεικονίζονται στα αντίστοιχα σχέδια.

Ο μηχανικός (κρουστικός) έλεγχος γίνεται στο τέλος ή/και σε ενδιάμεσα στάδια εκτέλεσης της

### 14.1.4. Εργαστηριακός Έλεγχος

Ο εργαστηριακός έλεγχος περιλαμβάνει δύο κατηγορίες δοκιμών. Η πρώτη κατηγορία (E1) αφορά δοκιμές που γίνονται σε δοκίμια που αποκόπτονται από 3 φατνώματα διαστάσεων 600\* 600 \* 120 mm (κατ' ελάχιστον), στα οποία έχει γίνει εκτόξευση σκυροδέματος ειδικώς και μόνο για την λήψη δοκιμίων. Η δεύτερη κατηγορία (E2) αφορά δοκιμές που γίνονται σε δοκίμια που αποκόπτονται από το παραχθέν προϊόν στην εργασία επέμβασης.

Σε κάθε περίπτωση, δοκίμια με εμφανή ελαττώματα δεν θα χρησιμοποιούνται στους εργαστηριακούς ελέγχους, αποτελούν όμως στοιχεία των ελέγχων της παρ. 4.1.2..

#### i. Εργαστηριακές Δοκιμές Κατηγορίας E1

Η κατηγορία δοκιμών E1 έχει ως κύριο στόχο τον έλεγχο ικανοποίησης των κριτηρίων συμμόρφωσης για την προβλεπόμενη χαρακτηριστική θλιπτική αντοχή του Ε.Σ. Μπορεί όμως να αφορά και άλλες ιδιότητες ή χαρακτηριστικά, ο προσδιορισμός των οποίων θα πρέπει να προβλέπεται από την μελέτη ή να απαιτηθεί από την επίβλεψη. Ως τέτοια χαρακτηριστικά μπορεί να είναι το μέτρο ελαστικότητας σε θλίψη ή σε εφελκυσμό, η αντοχή σε κάμψη, η δυσθραυστότητα ή άλλες ειδικότερες ιδιότητες όπως η πυκνότητα, η αντίσταση σε παγετό ή η διαπερατότητα. Εάν από την μελέτη δεν προσδιορίζεται διαφορετικά, οι έλεγχοι συμμόρφωσης για την θλιπτική αντοχή θα πραγματοποιούνται σύμφωνα με την διαδικασία που περιγράφεται στην συνέχεια, ενώ για κάθε άλλο χαρακτηριστικό (του οποίου απαιτείται ο προσδιορισμός), θα χρησιμοποιούνται οι σχετικές έγκυρες προδιαγραφές είτε των Ευρωπαϊκών Προτύπων π.χ. η EN 6275 για την πυκνότητα και η EN 6784 για το μέτρο ελαστικότητας ή άλλες (εφόσον έχουν εκδοθεί στην φάση εκτέλεσης του έργου), είτε



άλλων Οργανισμών (π.χ. η ASTM C78 για την αντοχή σε κάμψη, η ASTM C1018 για την δυσθραυστότητα, η ASTM C666 για την αντίσταση σε παγετό, η EN 12390-8:2000: Testing hardened concrete - Part 8: Depth of penetration of water under pressure - Δοκιμές σκληρυμένου σκυροδέματος - Μέρος 8: Βάθος διείσδυσης νερού υπό πίεση, για την διαπερατότητα).

ii. Παρασκευή Φατνωματικών Δοκιμών Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος

Για κάθε μίγμα, τύπο προσθέτου ή δοσολογία προσθέτου, τύπο ινών ή αναλογία ινών θα παρασκευάζονται τρία φατνώματα κατ' ελάχιστο.

Τα φατνώματα είναι ορθογωνικής διατομής, κατασκευασμένα από χαλύβδινα φύλλα ή από άλλο άκαμπτο μη υδαταπορροφητικό υλικό.

Το ελάχιστο πάχος των τοιχωμάτων τους είναι 4mm για τα χαλύβδινα, και 18mm αν χρησιμοποιηθεί κόντρα -πλακέ. Οι ελάχιστες εσωτερικές διαστάσεις του φατνώματος θα είναι 600\*600 mm το δε ύψος θα είναι τουλάχιστον 120 mm. Τα φατνώματα θα τοποθετούνται κατακόρυφα και η εκτόξευση θα γίνεται οριζόντια με τον ίδιο εξοπλισμό, τεχνική, πάχος στρώσης ανά πέρασμα, απόσταση εκτόξευσης χειριστή μηχανήματος κτλ. που θα χρησιμοποιηθεί κατά την διάρκεια διάστρωσης του Ε.Σ. στο έργο. Μετά την εκτόξευση, η ελεύθερη επιφάνεια των φατνωματικών δοκιμών καλύπτεται με διπλή λινάτσα, που διατηρείται για όσο διάστημα παραμένει το δοκίμιο μέσα στο φάτνωμα συνεχώς υγρή, καλυμμένη με πλαστικό φύλλο που εμποδίζει την εξάτμιση. Το φατνωματικό δοκίμιο παραμένει αμετακίνητο και συντηρείται μέσα στο φάτνωμα για 48 τουλάχιστον ώρες. Αμέσως μετά τις 48 ώρες το δοκίμιο αφαιρείται από το φάτνωμα, και συνεχίζει να βρίσκεται σε συνθήκες συντήρησης. Επτά ημέρες μετά την εκτόξευση αποκόπτονται, από το δοκίμιο, τα απαραίτητα δείγματα, τα οποία στη συνέχεια μεταφέρονται για συντήρηση σε ατμόσφαιρα με σχετική υγρασία τουλάχιστον 95% και θερμοκρασία  $20^{\circ} + 2^{\circ} \text{C}$  ή μεταφέρεται για συντήρηση στις προηγούμενες συνθήκες ολόκληρο το δοκίμιο και η αποκοπή των απαραίτητων δειγμάτων γίνεται στις αντίστοιχες ηλικίες ελέγχου αυτών. Τα δείγματα πρέπει να λαμβάνονται σε απόσταση τουλάχιστον 125 mm από τις ακμές του δοκιμίου (εκτός από τις περιπτώσεις αποκοπής δοκών για τις δοκιμές της κάμψης, όπου τα άκρα αυτών των δοκών μπορούν να βρίσκονται μέσα και σ' αυτές τις περιοχές).

### iii. Λήψη και διαμόρφωση δοκιμίων

Οι πυρήνες λαμβάνονται με κατάλληλο μηχάνημα, με ελεγμένη σταθερότητα και ευθυγραμμία στελέχους καθώς και με αδαμαντοκορώνα σε καλή κατάσταση. Η ονομαστική διάμετρος του πυρήνα είναι 100 mm (επιτρεπτή απόκλιση + 5mm) και μετρείται κοντά στο μέσο του ύψους αυτού επί δύο καθέτων διευθύνσεων. Οι βάσεις του πυρήνα πρέπει να καθίστανται πρακτικώς επίπεδες και κάθετοι προς τη γενέτειρα τους, με κατάλληλη κοπή ή επεξεργασία σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην προδιαγραφή ASTM C617. Η ανοχή επιπεδότητας των βάσεων του πυρήνα πρέπει να είναι 0.05 mm και η γωνία ανάμεσα στην γενέτειρα και τις βάσεις του πυρήνα πρέπει να είναι  $90^\circ + 0.5^\circ$ . Ως μήκος του δοκιμίου, που διαμορφώθηκε με αυτόν τον τρόπο, λαμβάνεται ο μέσος όρος των μετρήσεων δύο αντιδιαμετρικών γενετειρών με ακρίβεια + 1mm. Το μήκος του δοκιμίου πρέπει να είναι ίσο με τη διάμετρο του με επιτρεπτή απόκλιση + 10% επί της τιμής της ονομαστικής διαμέτρου.

Αν από την μελέτη απαιτείται ο έλεγχος και άλλων ιδιοτήτων πλην της αντοχής σε θλίψη, θα αποκόπτονται και άλλα κατάλληλα δείγματα (πυρήνες ή δοκοί) προκειμένου να γίνουν οι αντίστοιχοι έλεγχοι, σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην μελέτη.

### iv. Προσδιορισμός Θλιπτικής Αντοχής Δοκιμίων

Ο προσδιορισμός της αντοχής σε θλίψη των δοκιμίων που διαμορφώθηκαν με τον προηγούμενο τρόπο γίνεται σύμφωνα με την προδιαγραφή ISO 4012:1978: Concrete -Determination of compressive strength of test specimens - Σκυρόδεμα. Προσδιορισμός θλιπτικής αντοχής δοκιμίων. Η αντοχή του προαναφερθέντος δοκιμίου, με ονομαστική διάμετρο 100 mm και λόγο ύψος/διάμετρο =1, με τις αποκλίσεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως, πολλαπλασιασμένη με συντελεστή αναγωγής 1,17, θεωρείται ίση με την αντοχή κυβικού δοκιμίου ακμής 150 mm.

### v. Δειγματοληψίες

Κάθε έργο σκυροδέτησης χωρίζεται σε περιόδους σκυροδέτησης. Ως περίοδος σκυροδέτησης θεωρούνται οι ημέρες σκυροδέτησης που δεν απέχουν μεταξύ τους περισσότερο από δύο ημέρες.

Κατασκευάζονται φατνωματικά δοκίμια κατ' ελάχιστον ότι προκύπτει μεγαλύτερο από

τα παρακάτω:

- i. Δύο φατνωματικά δοκίμια ανά περίοδο σκυροδέτησης
- ii. Ένα φατνωματικό δοκίμιο ανά δύο ημέρες της περιόδου σκυροδέτησης
- iii. Δύο φατνωματικά δοκίμια ανά 15 m<sup>3</sup> σκυροδέτησης

Αποκόπτονται 3 πυρήνες από κάθε φατνωματικό δοκίμιο της κάθε περιόδου ή 2 πυρήνες εάν τα φατνωματικά δοκίμια είναι περισσότερα από 2 και οι πυρήνες αυτοί αποτελούν την παρτίδα των η δοκιμών της περιόδου σκυροδέτησης ( $\eta > 6$ ).

vi. Εργαστηριακές Δοκιμές Κατηγορίας E2

Οι εργαστηριακές Δοκιμές κατηγορίας E2 γίνονται για δύο κύριους λόγους:

(α) την εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής του Ε.Σ. έτσι όπως διαστρώθηκε και συντηρήθηκε στις πραγματικές συνθήκες του έργου επειδή είναι πιθανόν να είναι διαφορετική από την αντοχή των δοκιμών που λαμβάνονται από τα φατνώματα και

(β) τον έλεγχο εξασφάλισης επαρκούς συνάφειας μεταξύ του Ε.Σ. και του στοιχείου επί του οποίου έγινε η εκτόξευση.

Επιπλέον, θα μπορούσε να γίνει και ο προσδιορισμός άλλων χαρακτηριστικών ή ιδιοτήτων όπως π.χ. η περιεκτικότητα των ινών, εφόσον χρησιμοποιείται Ε.Σ. οπλισμένο με ίνες.

vii. Έλεγχος θλιπτικής Αντοχής

Για την εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής λαμβάνονται κατ' ελάχιστον 3 δοκίμια - πυρήνες ανά 15 m<sup>3</sup>, ή 150 m<sup>2</sup> Ε.Σ. (οποιοδήποτε είναι μικρότερο). Το ελάχιστο πλήθος των δοκιμών είναι 3 ανεξάρτητα από την ποσότητα του Ε.Σ. Το πλήθος των δοκιμών - πυρήνων μπορεί να αυξηθεί με απόφαση της Επίβλεψης αν ο οπτικός ή/και ο μηχανικός (κρουστικός) έλεγχος υποδεικνύουν πιθανή παρουσία ελαττωμάτων.

Οι διαστάσεις των δοκιμών για τον έλεγχο της θλιπτικής αντοχής θα είναι ίδιες με αυτές που προδιαγράφησαν για τις δοκιμές της κατηγορίας E1. Οι πυρήνες θα αποκόπτονται από περιοχές χωρίς οπλισμούς όπου το πραγματικό πάχος του Ε.Σ. είναι τουλάχιστον 100 mm. Σε όσες περιπτώσεις οι διαστάσεις των εξ Ε. Σ. στοιχείων δεν επιτρέπουν την λήψη πυρήνων -δοκιμών με τις προβλεπόμενες διαστάσεις, τα δοκίμια μπορούν να ληφθούν με μικρότερες διαστάσεις από την προϋπόθεση ότι τεκμηριώνεται αξιόπιστα η αναγωγή των

αντοχών τους σε δοκίμια με τις προβλεπόμενες διαστάσεις. Η προετοιμασία για τη δοκιμή των πυρήνων θα γίνεται όπως και στην κατηγορία δοκιμών E1 (παρ.14.1.4.i.) ενώ η αποκοπή τους θα γίνεται σε χρόνο που η ηλικία τους δεν θα διαφέρει περισσότερο από μια ημέρα, αν πρόκειται για έλεγχο αντοχής 28 ημερών ή σε χρόνο προσδιοριζόμενο από τη μελέτη, αν πρόκειται για έλεγχο αντοχής μικρότερων ηλικιών. Οι τρύπες που απομένουν μετά την εξαγωγή των πυρήνων θα γεμίζουν με μη συρρικνούμενο επισκευαστικό κονίαμα.

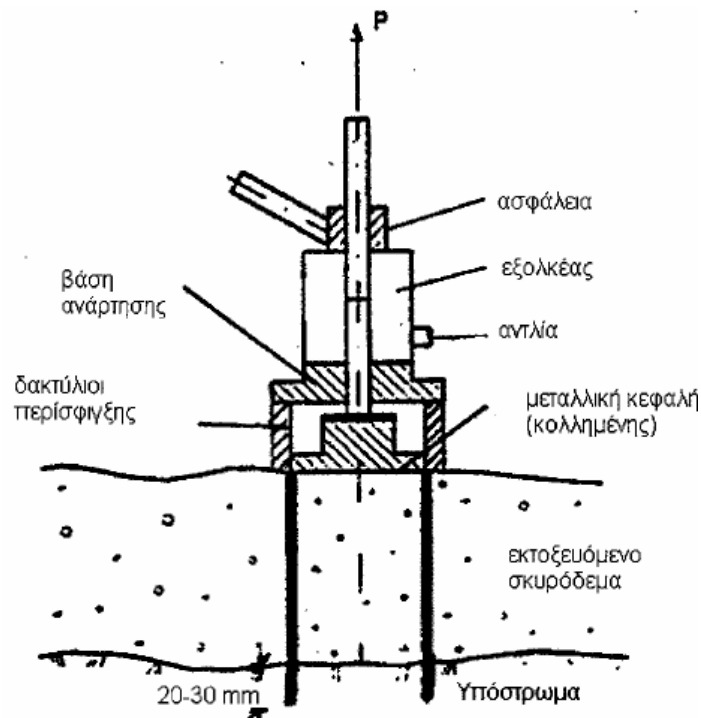
Στην περίπτωση που υπάρχει από τη μελέτη του έργου απαίτηση αντοχών για πολύ μικρές ηλικίες (π.χ. αντοχή 8 ωρών), ο τρόπος ελέγχου αυτών πρέπει να καθορίζεται στην μελέτη.

#### viii. Έλεγχος συνάφειας

Ο έλεγχος συνάφειας του Ε. Σ. με το στοιχείο επί του οποίου γίνεται η εκτόξευση πραγματοποιείται με εξόλκευση διαχωρισμένου δείγματος σύμφωνα με την διαδικασία που ακολουθεί και όπως ενδεικτικά παρουσιάζεται στην Εικόνα 14.1.4.α.

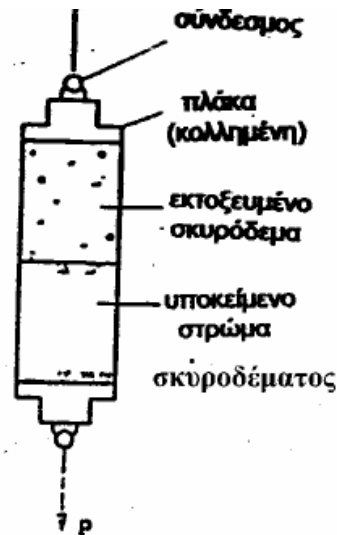
Στο από Ε.Σ. στοιχείο διαχωρίζεται, με περιστροφικό δράπανο, που είναι εφοδιασμένο με κατάλληλο κοπτικό, ένας κύλινδρος διαμέτρου 50 έως 100 mm με άξονα κάθετο προς την υπό έλεγχο επιφάνεια πρόσφυσης, που φτάνει 20-30 mm εντός του υποστρώματος (εκτός αν διαφορετικά προβλέπεται στην μελέτη). Στην εξωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου επικολλάται, κεντρικά, μεταλλική κεφαλή, κάθετα προς τον άξονα του κυλίνδρου επί της οποίας προσαρμόζεται εξολκείας για την εφαρμογή δύναμης έλξης για αποκόλληση του δοκιμίου. Η δύναμη εξόλκευσης εφαρμόζεται στην κατεύθυνση του άξονα του κυλίνδρου με ρυθμό 1.0-3.0 MPa/min και το μέγεθος της καταγράφεται στην φάση αστοχίας. Η περιοχή στήριξης του εξολκεία γίνεται εκτός της επιφάνειας του δείγματος.

#### Εικόνα 14.1.4.α.: Έλεγχος συνάφειας επί τόπου του έργου με διαχωρισμό δείγματος



Στις περιπτώσεις που το υπόστρωμα είναι από σκυρόδεμα και έχει μικρό πάχος, μπορεί ο διαχωρισμός του κυλίνδρου να είναι διαμπερής. Στις περιπτώσεις αυτές το δείγμα που αποκόπτεται, (αποτελούμενο από το εκ σκυροδέματος υπόστρωμα και Ε.Σ.) συσκευάζεται, περισφίγγεται με ταινία και μεταφέρεται στο εργαστήριο με τρόπο απολύτου προστασίας από κραδασμούς και δοκιμάζεται σε καθαρό εφελκυσμό. Η εφαρμογή της εφελκυστικής δύναμης γίνεται μέσω δυο μεταλλικών πλακών που επικολλώνται για το σκοπό αυτό στις δυο απέναντι βάσεις του κυλινδρικού δοκιμίου κάθετα προς τον άξονα του. Η ελκυστική δύναμη εφαρμόζεται στην κατεύθυνση του άξονα του κυλίνδρου με ρυθμό 1.0 έως 3.0 Μρα/μίν και το μέγεθος της καταγράφεται στην φάση αστοχίας. Για τον έλεγχο συνάφειας απαιτούνται κατ' ελάχιστον 3 δοκίμια ανά 30 m<sup>3</sup>, ή 300 m<sup>2</sup> Ε.Σ. (οποιοδήποτε είναι μικρότερο). Το πλήθος των δοκιμίων μπορεί να αυξηθεί με απόφαση της Επίβλεψης αν ο οπτικός ή/και ο μηχανικός (κρουστικός) έλεγχος υποδεικνύουν πιθανή παρουσία ελαττωμάτων. Η αποκοπή όλων των δειγμάτων θα γίνεται 28 + 1 ημέρες, αν πρόκειται για έλεγχο αντοχής 28 ημερών ή σε χρόνο προσδιοριζόμενο από τη μελέτη, αν πρόκειται για έλεγχο αντοχής μικρότερων

ηλικιών. Οι τρύπες που απομένουν μετά την εξαγωγή των πυρήνων θα γεμίζουν με μη συρρικνούμενο επισκευαστικό κονίαμα.



## 15. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ

### i. Οπτικός Έλεγχος.

Η επέμβαση θεωρείται αποδεκτή όταν κατά τον οπτικό έλεγχο δεν διαπιστωθούν κακοτεχνίες ή αυτές είναι ελάχιστες και επισκευάσιμες.

### ii. Γεωμετρικός Έλεγχος.

Η επέμβαση θεωρείται αποδεκτή όταν κατά τον γεωμετρικό έλεγχο η απόκλιση από τις προβλεπόμενες διαστάσεις της μελέτης δεν ξεπερνά τα όρια που αναφέρονται σ' αυτή. Αν τα όρια αυτά δεν αναφέρονται στην μελέτη, οι αποκλίσεις δεν πρέπει να ξεπερνούν το 0.5% της μεγαλύτερης διάστασης του δομικού στοιχείου επί του οποίου γίνεται η επέμβαση ούτε τα 20 mm. Αν οι αποκλίσεις είναι μεγαλύτερες, τότε οι επιφάνειες αυτές επισκευάζονται με βάση τις υποδείξεις της Επίβλεψης, έτσι ώστε τα στοιχεία να αποκτήσουν τις προβλεπόμενες διαστάσεις τους.

### iii. Μηχανικός (Κρουστικός) Έλεγχος.

Η επέμβαση θεωρείται αποδεκτή όταν κατά τον κρουστικό έλεγχο δεν δημιουργούνται ρωγμές στην διεπιφάνεια Ε. Σ. και υποστρώματος, και ο ήχος δεν είναι υπόκωφος.

iv. Εργαστηριακός έλεγχος.

Έλεγχος θλιπτικής αντοχής

Όταν η θλιπτική αντοχή ελέγχεται με εργαστηριακές δοκιμές κατηγορίας E1, η θλιπτική αντοχή των δοκιμίων  $X_i$  πρέπει να ικανοποιεί τους παρακάτω κανόνες αποδοχής.

$$X_n = \sum_{i=1}^n X_i > f_{ck} + 1.6 S \quad \text{Πρώτος κανόνας} \quad (1)$$

και  $X_i > f_{ck} - 2 \text{ (MPa)}$  Δεύτερος κανόνας (2)

όπου:  $f_{ck}$  είναι η χαρακτηριστική αντοχή κύβου (διαστάσεων 150 x 150 mm) που προδιαγράφεται στην μελέτη

$X_i$  είναι η θλιπτική αντοχή κύβου κάθε δοκιμίου.

$S$  είναι η μέση τιμή έξι διαδοχικών  $X_i$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_n)^2}{n-1}}$$

είναι η τυπική απόκλιση που λαμβάνεται κατ' ελάχιστον 2,5

Σε μεγάλα έργα, τα παραπάνω κριτήρια συμμόρφωσης ελέγχονται ανά εξάδες, μετά την συμπλήρωση έξι διαδοχικών δειγματοληψιών.

Στην περίπτωση που ελέγχεται η θλιπτική αντοχή με εργαστηριακές Δοκιμές κατηγορίας E2 οι κανόνες αποδοχής που περιγράφηκαν για τις δοκιμές E1 τροποποιούνται ως ακολούθως:

$$\bar{X}_n = \sum_{i=1}^n X_i \geq f_{ck} \quad (1)$$

Πρώτος κανόνας

Δεύτερος κανόνας

$$X_i \geq 0.75 f_{ck} \quad (2)$$

όπου:  $X_i$  είναι η θλιπτική αντοχή κάθε δοκιμίου - πυρήνα ανηγμένη σε δοκίμια κύβου 150 x 150 mm.

$\bar{X}_n$  είναι η μέση τιμή του αντοχή του  $X_i$  για το σύνολο των ( $n$ ) δοκιμών.

#### v. Έλεγχος συνάφειας

Η επέμβαση θεωρείται αποδεκτή όταν κατά τον σχετικό εργαστηριακό έλεγχο που γίνεται είτε με εξόλκευση επί τόπου του έργου, είτε με δοκιμή καθαρού εφελκυσμού στο εργαστήριο η αστοχία σε κάθε δοκίμιο που ελέγχεται δεν πραγματοποιείται στην διεπιφάνεια Ε.Σ. και υποστρώματος. Αν η αστοχία γίνει στην διεπιφάνεια, θα πρέπει η εκτιμώμενη τάση συνάφειας να προκύπτει μικρότερη από μία ανεκτή τιμή που θα προδιαγραφεται στην μελέτη. Αν δεν προδιαγραφεται στην μελέτη, ως ανεκτή τιμή θεωρείται το 1/20 της απαιτούμενης χαρακτηριστικής τιμής θλιπτικής αντοχής του Ε.Σ. και τουλάχιστον το 1 MPa.

#### vi. Άλλοι έλεγχοι

Άλλοι έλεγχοι που μπορεί να απαιτούνται από την μελέτη ακολουθούν τα κριτήρια αποδοχής των σχετικών προδιαγραφών στις οποίες απαραίτητως πρέπει να παραπέμπει ή που προδιαγράφει η μελέτη.

## 16. ΕΠΑΝΕΛΕΓΧΟΙ - ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

### i. Επανέλεγχοι

Έλεγχος (Θλιπτικής Αντοχής)

Όταν κατά τον έλεγχο της θλιπτικής αντοχής που γίνεται (κατά τα



προαναφερθέντα) με εργαστηριακές δοκιμές κατηγορίας είτε E1 είτε E2, δεν ικανοποιείται ένας τουλάχιστον κανόνας αποδοχής ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία επανελέγχου.

Σε κάθε κατηγορία ελέγχου (E1 ή E2) στην περίπτωση που δεν ικανοποιείται ένας ή και οι δύο κανόνες αποδοχής ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία : Από την περιοχή του έργου που προέρχεται το δοκίμιο με την μικρότερη αντοχή λαμβάνονται δύο πυρήνες των οποίων ο μέσος όρος πολλαπλασιασμένος με 1,25 αντικαθιστά την αντοχή  $X_i$  του ασθενέστερου δοκίμιου και ελέγχονται οι κανόνες αποδοχής.

Βασική προϋπόθεση εφαρμογής των παραπάνω διαδικασιών είναι η δυνατότητα λήψης πυρήνων Ε. Σ. με διαστάσεις ίδιες με αυτές των συμβατικών δοκιμών. Σε όσες περιπτώσεις αυτό είναι αδύνατο, τα δοκίμια μπορούν να ληφθούν με μικρότερες διαστάσεις υπό την προϋπόθεση ότι τεκμηριώνεται αξιόπιστα , η αναγωγή των αντοχών τους σε συμβατικά δοκίμια. Οι τρύπες που απομένουν μετά την εξαγωγή των πυρήνων θα γεμίζουν με μη συρρικνούμενο επισκευαστικό κονίαμα.

#### Έλεγχος συνάφειας

Αν τα αποτελέσματα της δοκιμής συνάφειας δεν ικανοποιούν το σχετικό κριτήριο αποδοχής, ο έλεγχος συνεχίζεται σε δύο νέες θέσεις γειτονικών περιοχών για κάθε δοκίμιο που κρίθηκε ανεπαρκές. Αν και πάλι δεν ικανοποιείται το σχετικό κριτήριο αποδοχής ο έλεγχος συνεχίζεται με τον ίδιο τρόπο, επιλέγοντας δύο νέες θέσεις γειτονικών περιοχών για κάθε δοκίμιο που κρίθηκε ανεπαρκές, και περαιώνονται οι έλεγχοι. Αν τα αποτελέσματα των νέων δοκιμών ικανοποιούν το σχετικό κριτήριο η εργασία θεωρείται αποδεκτή.

#### Άλλοι έλεγχοι

Οι επανέλεγχοι στην περίπτωση που από την μελέτη απαιτούνται πρόσθετοι έλεγχοι θα πρέπει να προδιαγράφονται στην μελέτη.

#### ii. Διορθωτικά Μέτρα

Σε κάθε περίπτωση που τα αποτελέσματα του οπτικού, μηχανικού (κρουστικού) ή εργαστηριακού ελέγχου αποδείξουν ότι το παραχθέν προϊόν δεν έχει τα απαιτούμενα προδιαγεγραμμένα χαρακτηριστικά, τα στοιχεία των ελέγχων αξιολογούνται από τον μελετητή. Ο μελετητής είναι αρμόδιος να διερευνήσει την δυνατότητα και να προτείνει άλλη κατάλληλη μέθοδο επανελέγχου και αξιολόγησης του υπό αμφισβήτηση

τμήματος του έργου. Αν και πάλι δεν ικανοποιούνται οι έλεγχοι ο μελετητής είναι αρμόδιος να προτείνει τις αναγκαίες διορθωτικές ενέργειες, στην έκταση που απαιτεί η ασφάλεια και λειτουργικότητα του Έργου.

## **17. ΥΠΟΧΡΕΩΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΛΕΓΧΩΝ**

Ο οπτικός, γεωμετρικός και μηχανικός (κρουστικός) έλεγχος, κάθε εργασίας επέμβασης που εκτελείται με Ε.Σ., είναι υποχρεωτικοί. Επίσης υποχρεωτικός είναι ο εργαστηριακός προσδιορισμός της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος με δοκιμές της κατηγορίας E1. Λοιποί εργαστηριακοί έλεγχοι θα γίνονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές του έργου. Απουσία ειδικής προς τούτο αναφοράς, οι έλεγχοι θλιπτικής αντοχής και συνάφειας με δοκιμές της κατηγορίας E2 θεωρούνται υποχρεωτικοί.

## **18. ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ - ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ**

### **18.1. ΠΙΘΑΝΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**

Πέραν από τους συνήθεις κινδύνους που εμφανίζονται στις εργασίες όλων των οικοδομικών έργων, όπως αυτοί που αφορούν την μεταφορά, απόθεση και διακίνηση υλικών και εξοπλισμού, την χρήση ικριωμάτων, την χρήση εργαλείων χειρός ή ηλεκτροκίνητων, ως ειδικότεροι κίνδυνοι κατά την εκτέλεση των εργασιών εκτοξευμένου σκυροδέματος επισημαίνονται:

- i. Ο κίνδυνος υγείας των εργαζομένων λόγω της αιωρούμενης σκόνης και της ρύπανσης του αέρα,
- ii. Ο κίνδυνος για βλάβη στο δέρμα και τα μάτια λόγω ερεθισμού από πρόσμικτα υψηλής αλκαλικότητας.
- iii. Ο κίνδυνος εκρηκτικής αστοχίας των συνδέσμων και των σωληνώσεων προώθησης του υλικού,
- iv. Ο κίνδυνος για το προσωπικό στην περίπτωση προσπάθειας απεγκλωβισμού υλικού στις σωληνώσεις και στο ακροφύσιο.

## **19. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ**

Οι εργαζόμενοι πρέπει σε κάθε περίπτωση να είναι εφοδιασμένοι με μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ):

- i. EN 397:1995: Industrials safety helmets (Amendment A1:2000) - Κράνη προστασίας.
- ii. EN 168:2001: Personal eye-protection - Non-optical test methods - Ατομική προστασία οφθαλμών. Μη οπτικές μέθοδοι δοκιμών.
- iii. EN 455-1 :2001 : Medical gloves for single use - Part 2 : Requirements and testing for properties. - Ιατρικά γάντια μιας χρήσης - Μέρος 2 : Απαιτήσεις και δοκιμές φυσικών ιδιοτήτων
- iv. EN 345-2:1996: Safety Footwear for Professional use - Part 2. Additional Specifications Superseded by EN ISO 20345:2004 - Υποδήματα ασφαλείας για επαγγελματική χρήση (αντικαταστάθηκε από το πρότυπο EN ISO 20345:2004)
- v. EN 458:2005: Hearing protectors - Recommendations for selection use care and maintenance

vi. Guidance document - Μέσα προστασίας της ακοής - Συστάσεις για την επιλογή, τη χρήση, τη φροντίδα και την συντήρηση - Έγγραφο καθοδήγησης

Όταν εκτελείται η εκτόξευση σκυροδέματος, ο χώρος εργασίας πρέπει να αερίζεται επαρκώς και οι εργαζόμενοι να φορούν φόρμα πλήρους προστασίας του σώματος και να έχουν πλήρη κάλυψη κεφαλής. Εφιστάται η προσοχή στην λήψη μέτρων περιορισμού της σκόνης. Σε κάθε περίπτωση και ειδικότερα στην περίπτωση που χρησιμοποιείται η ξηρή μέθοδος ανάμιξης, σε κλειστούς χώρους και ο αερισμός του χώρου κρίνεται ανεπαρκής από την Επίβλεψη, οι εργαζόμενοι πρέπει να φορούν κράνος προστασίας με εξωτερική παροχή αέρα για την αναπνοή. Ο παρεχόμενος αέρας πρέπει να διέρχεται από φίλτρο για την συγκράτηση των αερούμενων σωματιδίων.

Επιδιώκεται η χρήση προσμίκτων με ελάχιστη περιεκτικότητα σε αλκάλια.

Επίσης απαιτείται καθημερινή επιθεώρηση της κατάστασης των σωληνώσεων της εγκατάστασης και της αρτιότητας προσαρμογής των συνδέσμων. Στην περίπτωση εγκλωβισμού του υλικού στις σωληνώσεις ή στο ακροφύσιο ακολουθούνται οι παρακάτω ενέργειες:

- i. Διακόπτονται οι παροχές αέρα και νερού καθώς και η λειτουργία της μηχανής ανάδευσης.
- ii. Σταθεροποιείται ο σωλήνας προώθησης του υλικού και το ακροφύσιο για προστασία από πιθανές ανεξέλεγκτες παλινδρομήσεις
- iii. Αποσυναρμολογούνται οι συνδέσεις όταν η πίεση στον σωλήνα έχει υποχωρήσει προσέχοντας να μην βρεθούν άτομα του προσωπικού μπροστά από το στόμιο των σωλήνων.

## **20. ΤΡΟΠΟΣ ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

### **ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΕΡΑΙΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η περαιωμένη εργασία επιμετρείται σε μονάδες όγκου της ποσότητας του εκτοξευόμενου σκυροδέματος που διαστρώθηκε σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από την μελέτη και τις υποδείξεις της επίβλεψης. Ποσότητες που διαστρώθηκαν καθ' υπέρβαση των προβλεπομένων διαστάσεων, κατ' αποδεκτή ανοχή του

προηγθέντος γεωμετρικού ελέγχου (σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην παρ. 4.2), δεν επιμετρώνται. Επίσης δεν επιμετρύται το Ε.Σ. που χρησιμοποιήθηκε στην παρασκευή των φατνωμάτων ή σε επισκευές κακοτεχνιών ή για διευκόλυνση του Αναδόχου ή χρησιμοποιήθηκε χωρίς έγκριση της Επίβλεψης.

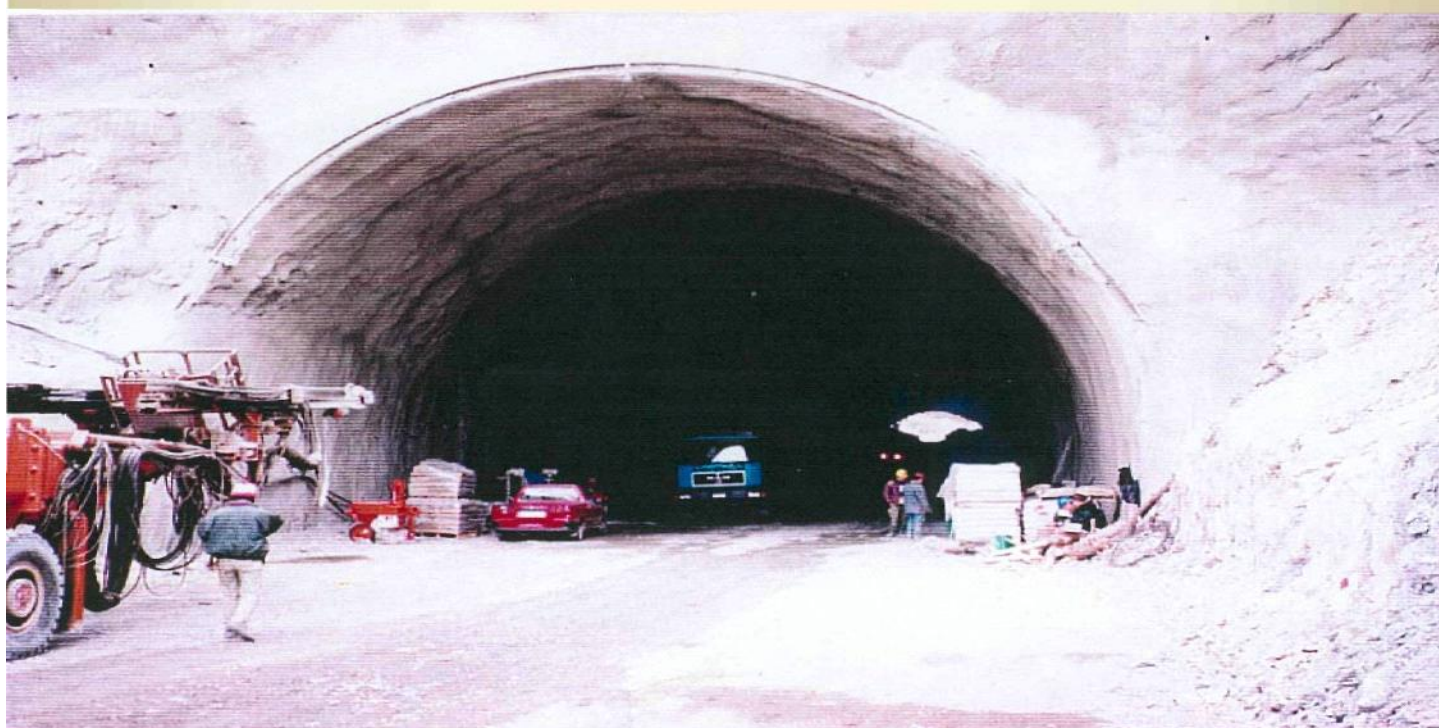
## **20.1. ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ**

Η εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε κάθε είδους έργο επέμβασης σε δομικά στοιχεία από οπλισμένο σκυρόδεμα ή τοιχοποιία, ως περαιωμένη εργασία, επιμετρούμενη για παράδοση, ως πλήρης και ολοκληρωμένη περιλαμβάνει τις παρακάτω δαπάνες:

- i. Την αγορά των υλικών, την μεταφορά τους και την ασφάλεια κατά την μεταφορά τους στο εργοτάξιο.
- ii. Την αποθήκευση και φύλαξη των υλικών στο εργοτάξιο
- iii. Την μεταφορά του εξοπλισμού στο εργοτάξιο και την φύλαξη του.
- iv. Την χρήση και συντήρηση του εξοπλισμού.
- v. Τις εργασίες προετοιμασίας της επιφάνειας διάστρωσης πέραν των προβλεπομένων στις σχετικές ΠΕΤΕΠ (14-01-02 για σκυρόδεμα, 14-02-01-02 για τοιχοποιία και 14-01-09-01 για χάλυβα) όπως περιγράφονται στην παρ. 3.5.
- vi. Την εκτέλεση της εργασίας (ανάμιξη, μεταφορά-προώθηση, εκτόξευση).
- vii. Τις εργασίες διαμόρφωσης τελικής επιφάνειας όπως περιγράφονται στην παρ. 3.7.
- viii. Τις εργασίες συντήρησης όπως περιγράφονται στην παρ. 3.8.
- ix. Την απομάκρυνση του ανακλώμενου, και του υπερψεκαζόμενου υλικού και άλλων τυχόν αχρήστων.
- x. Την λήψη των δοκιμών με τους εργαστηριακούς ελέγχους και την αποκατάσταση της περιοχής από όπου θα αποκοπούν τα δοκίμια - πυρήνες.
- xi. Την εκτέλεση των προβλεπομένων ελέγχων και επανελέγχων
- xii. Τις διορθωτικές παρεμβάσεις που πιθανόν να απαιτηθούν για την αποκατάσταση κακοτεχνιών.
- xiii. Τα πάσης φύσεως λοιπά υλικά και μικρούλικα που απαιτούνται για την ολοκληρωμένη εργασία σύμφωνα με την ισχύουσα ΠΕΤΕΠ.

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ -  
ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ  
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

# ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

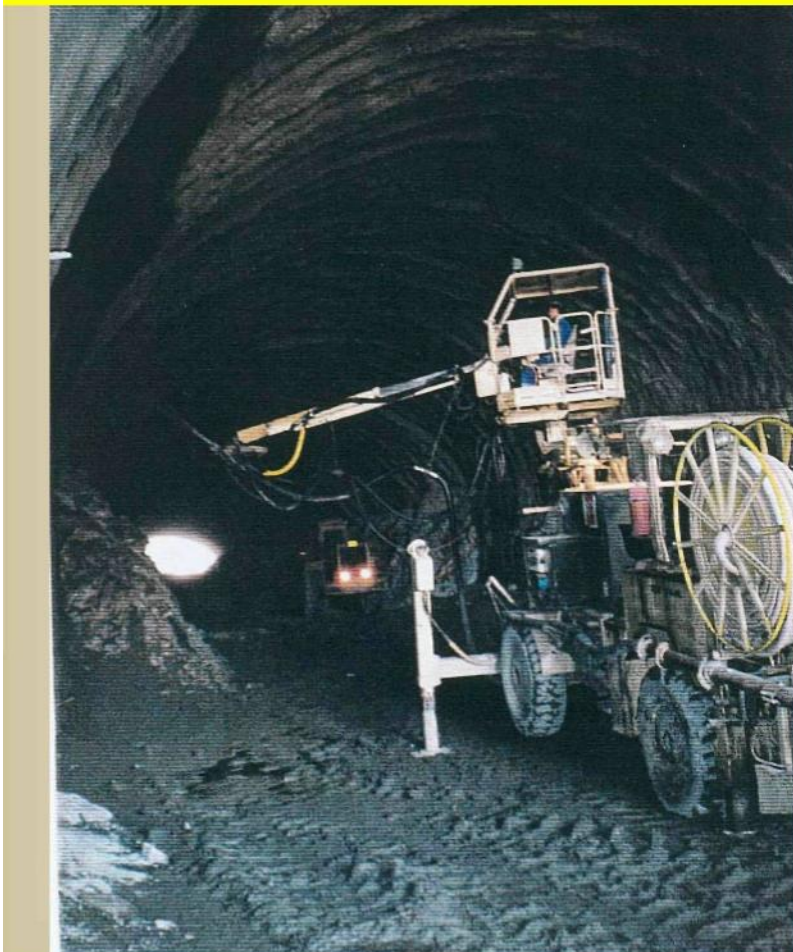
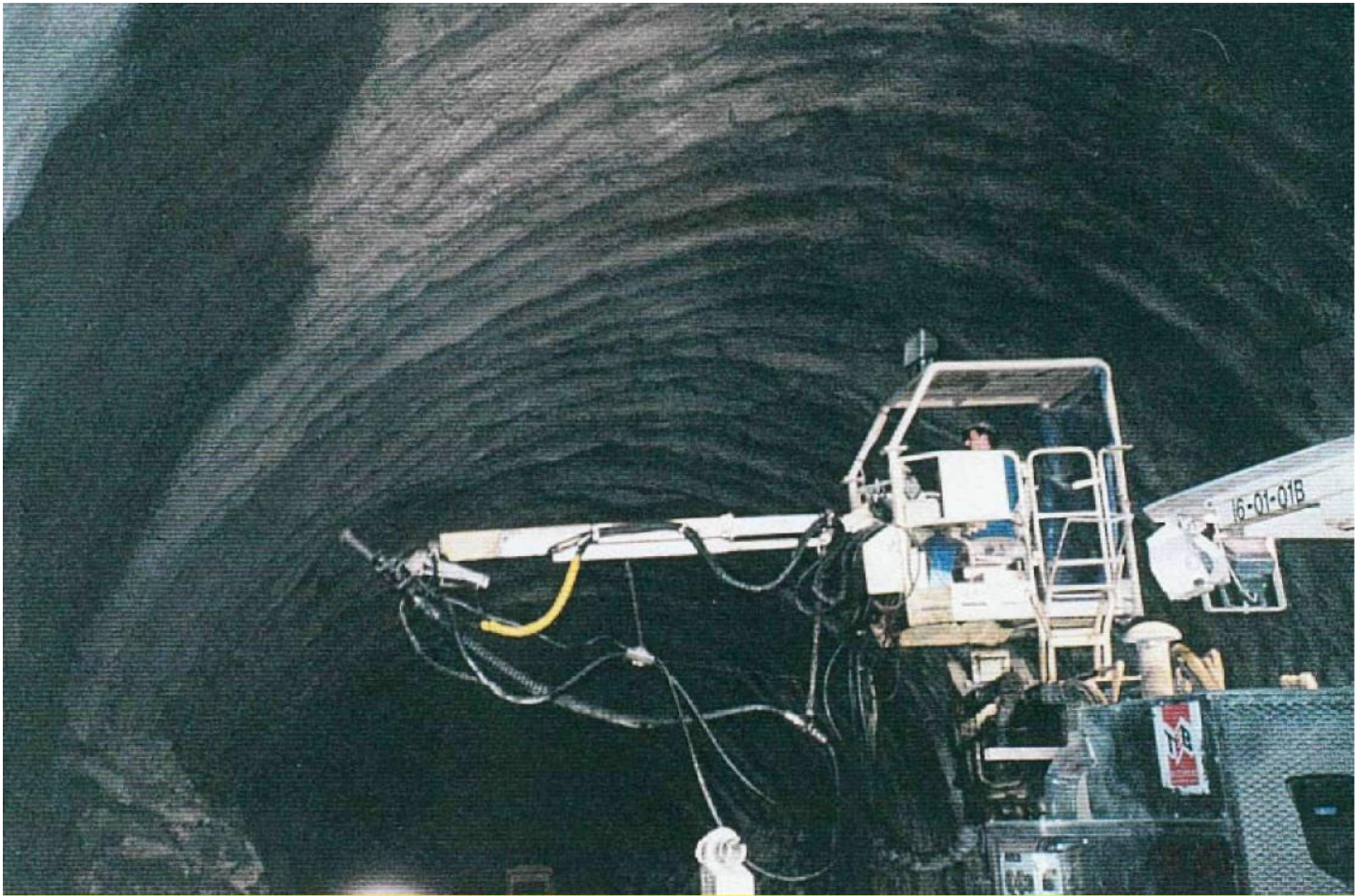




**ΕΚΤΟΞΕΥΣΗ  
ΜΕ ΧΡΗΣΗ  
ROBOT**

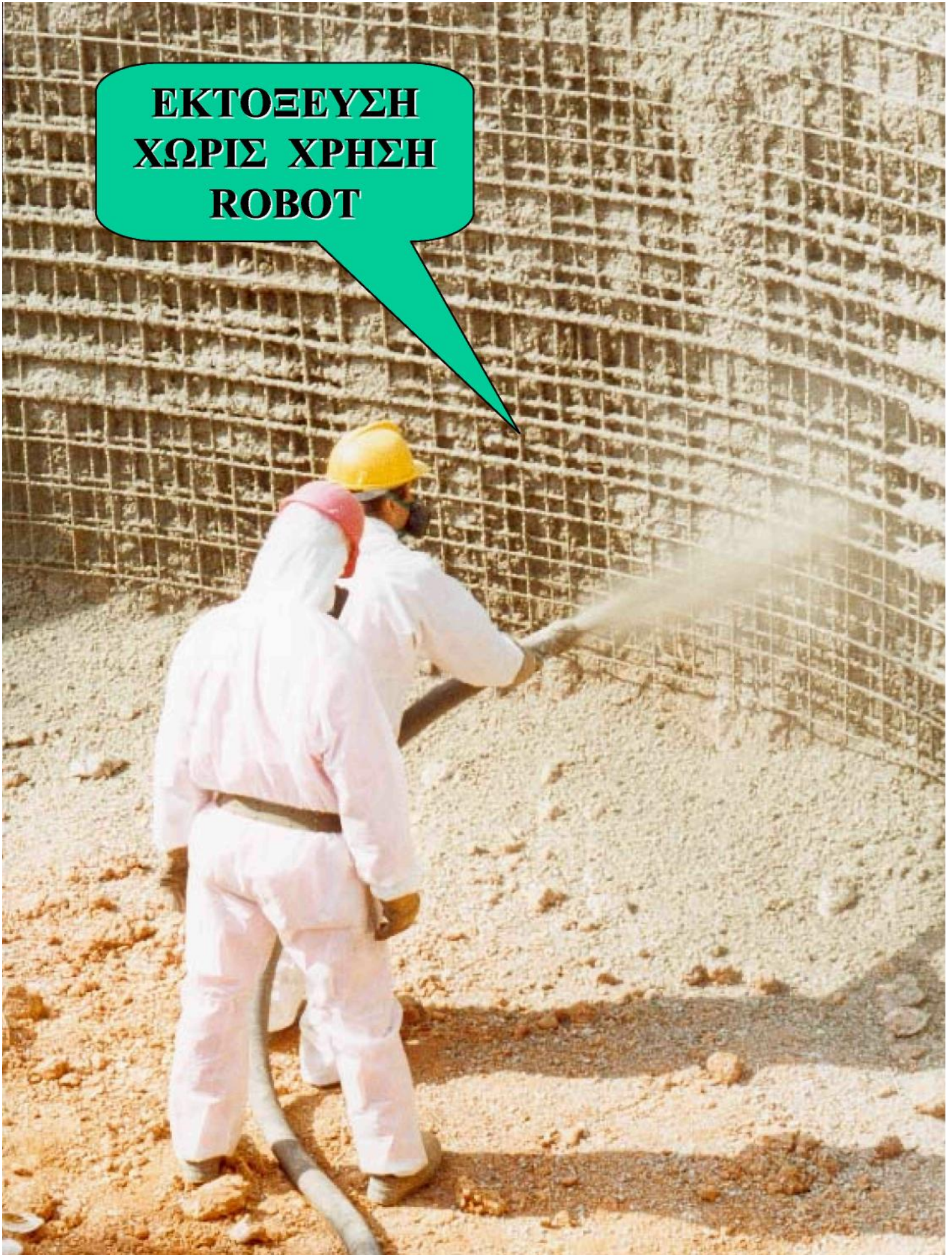






**ΕΚΤΟΞΕΥΣΗ  
ΜΕ ΧΡΗΣΗ  
ROBOT**

**ΕΚΤΟΞΕΥΣΗ  
ΧΩΡΙΣ ΧΡΗΣΗ  
ROBOT**



**ΜΗΧΑΝΗ ΕΚΤΟΞΕΥΣΗΣ**



**ΒΑΡΕΛΙΑ ΜΕ ΕΠΙΤΑΓΧΥΝΤΗ**

**ΜΗΤΡΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΗΨΗ ΚΥΒΙΚΩΝ  
ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗ  
ΤΟΥ ΕΠΙΤΑΓΧΥΝΤΗ - ΚΩΝΟΣ  
ΚΑΘΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ  
ΕΡΓΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ**

**ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΚΑΛΟΥΠΙΑ ΓΙΑ  
ΤΗΝ ΛΗΨΗ ΠΑΝΕΛΩΝ**



**-ΚΩΝΟΣ ΚΑΘΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ  
ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ  
ΕΡΓΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ**



**ΔΕΞΑΜΕΝΗ - ΚΑΡΟΥΤΑ ΜΕ  
ΑΝΑΔΕΥΤΗΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ  
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣ  
ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΕΚΤΟΞ.  
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**



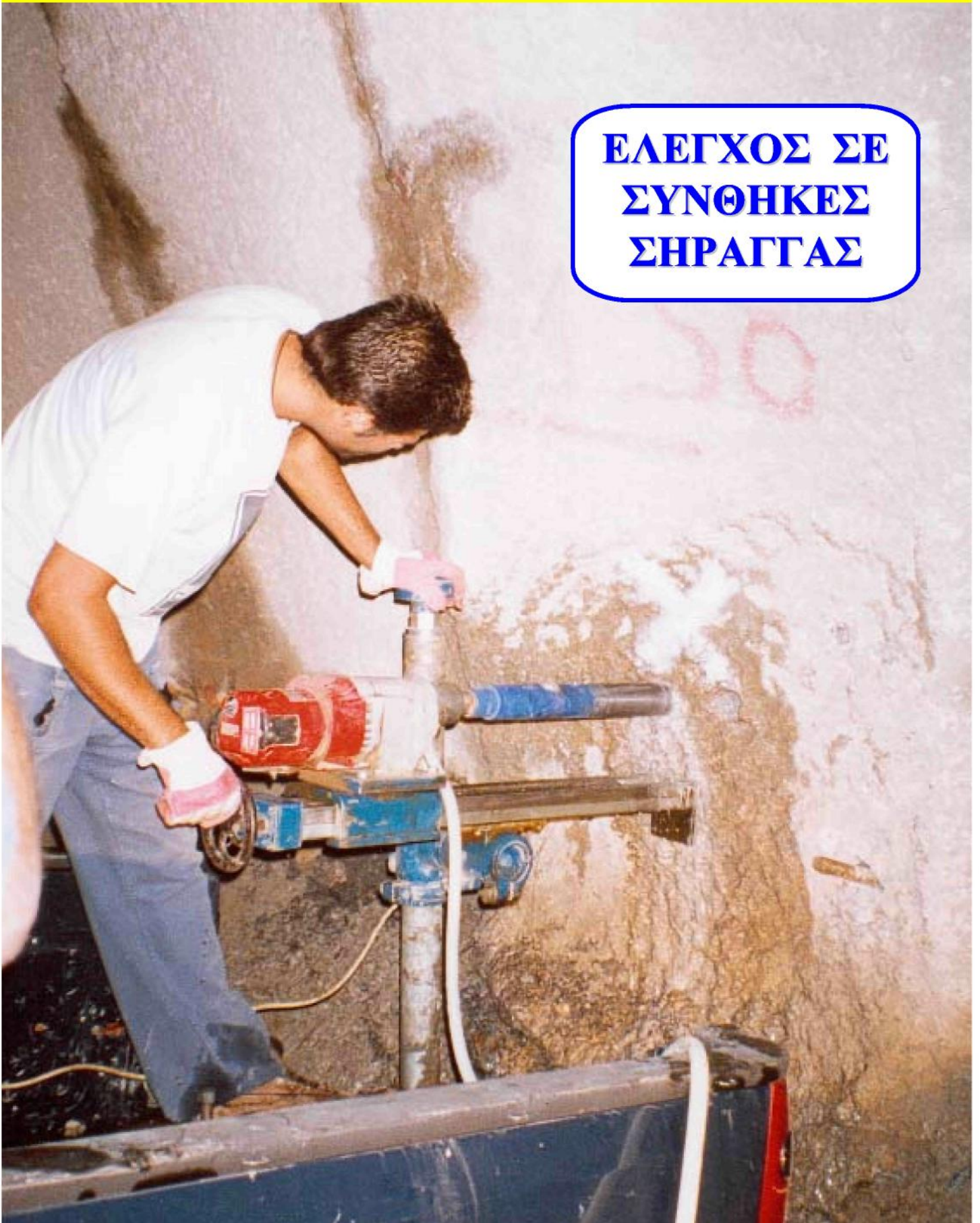
**ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ  
ΚΑΛΟΥΣΙΑ ΓΙΑ  
ΤΗΝ ΛΗΨΗ  
ΠΑΝΕΛΩΝ**





# ΛΗΨΗ ΚΑΡΟΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΣΗΡΑΓΓΑ

**ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ  
ΣΥΝΘΗΚΕΣ  
ΣΗΡΑΓΓΑΣ**



# ΛΗΨΗ ΚΑΡΟΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΣΗΡΑΓΓΑ



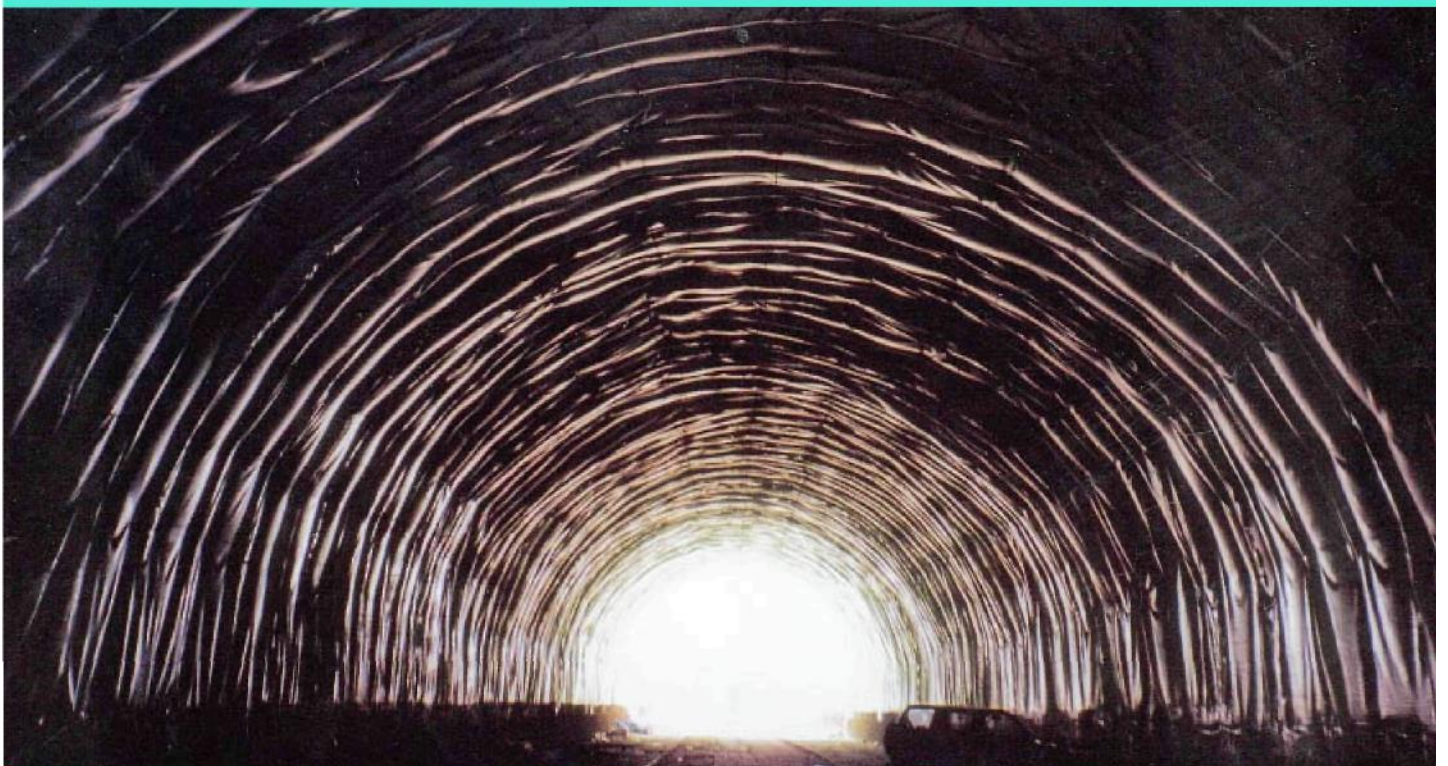
# ΛΗΨΗ ΚΑΡΟΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΣΗΡΑΓΓΑ



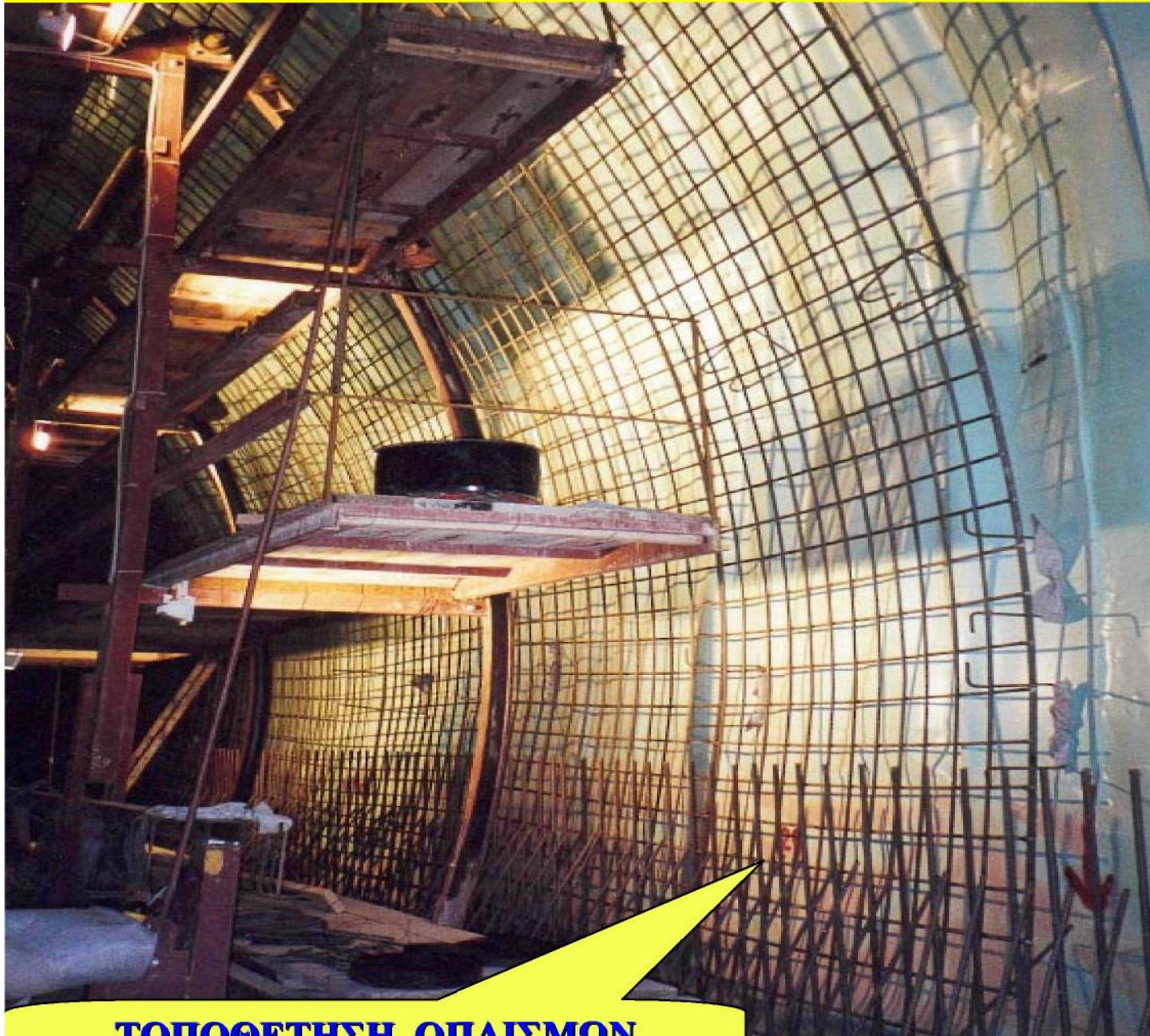




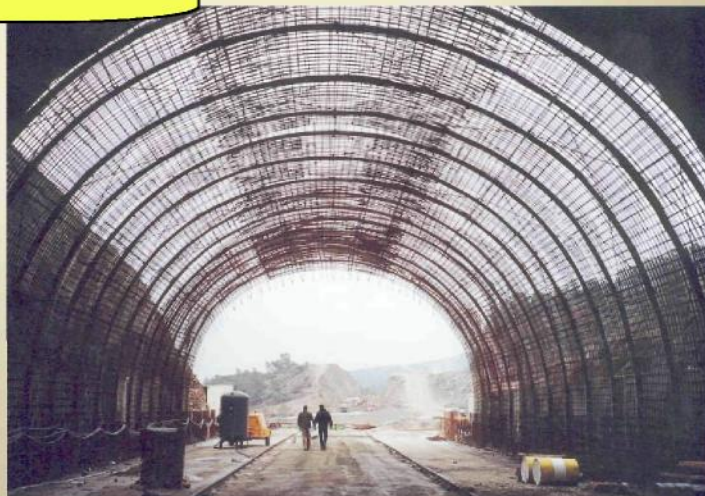
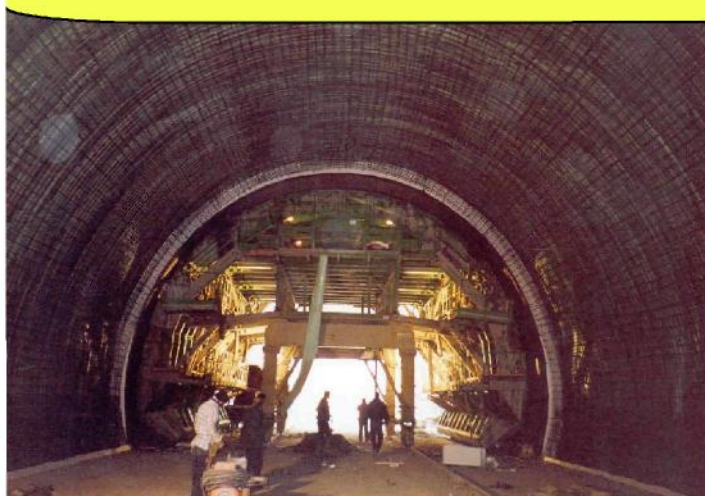
# ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ



# ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ



## ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΠΛΙΣΜΩΝ



# ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ



**ΚΙΝΟΥΜΕΝΟ ΠΑΝΩ ΣΕ  
ΡΑΓΕΣ ΣΠΑΣΤΟ  
ΕΚΤΟΝΟΥΜΕΝΟ  
ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ**

## ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ



**ΚΙΝΟΥΜΕΝΟ ΠΑΝΩ ΣΕ ΡΑΓΕΣ ΣΠΑΣΤΟ  
ΕΚΤΟΝΟΥΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ  
ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ**



# ΜΕ ΕΠΙΤΑΓΧΥΝΤΗ ALUMINATE

ΠΡΟ  
ΕΠΙΤΑΓΧΥΝΤΗ  
~ 55 Μρα



ΜΕ ΕΠΙΤΑΓΧΥΝΤΗ  
ALUMINATE  
**28 ± 6 Μρα**

ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟ ΑΠΟ :

1. ΜΗΧΑΝΗ  
ΕΚΤΟΞΕΥΣΗΣ
2. ΧΕΙΡΙΣΤΗ
3. ΕΠΙΤΑΓΧΥΝΤΗ

# ΜΕ ΕΠΙΤΑΓΧΥΝΤΗ ALCALI FREE

•ΠΡΟ  
ΕΠΙΤΑΓΧΥΝΤΗ  
~ 55 Μρα



ΜΕ ΕΠΙΤΑΓΧΥΝΤΗ  
ALCALI FREE  
48 ± 5 Μρα



# ΙΝΕΣ

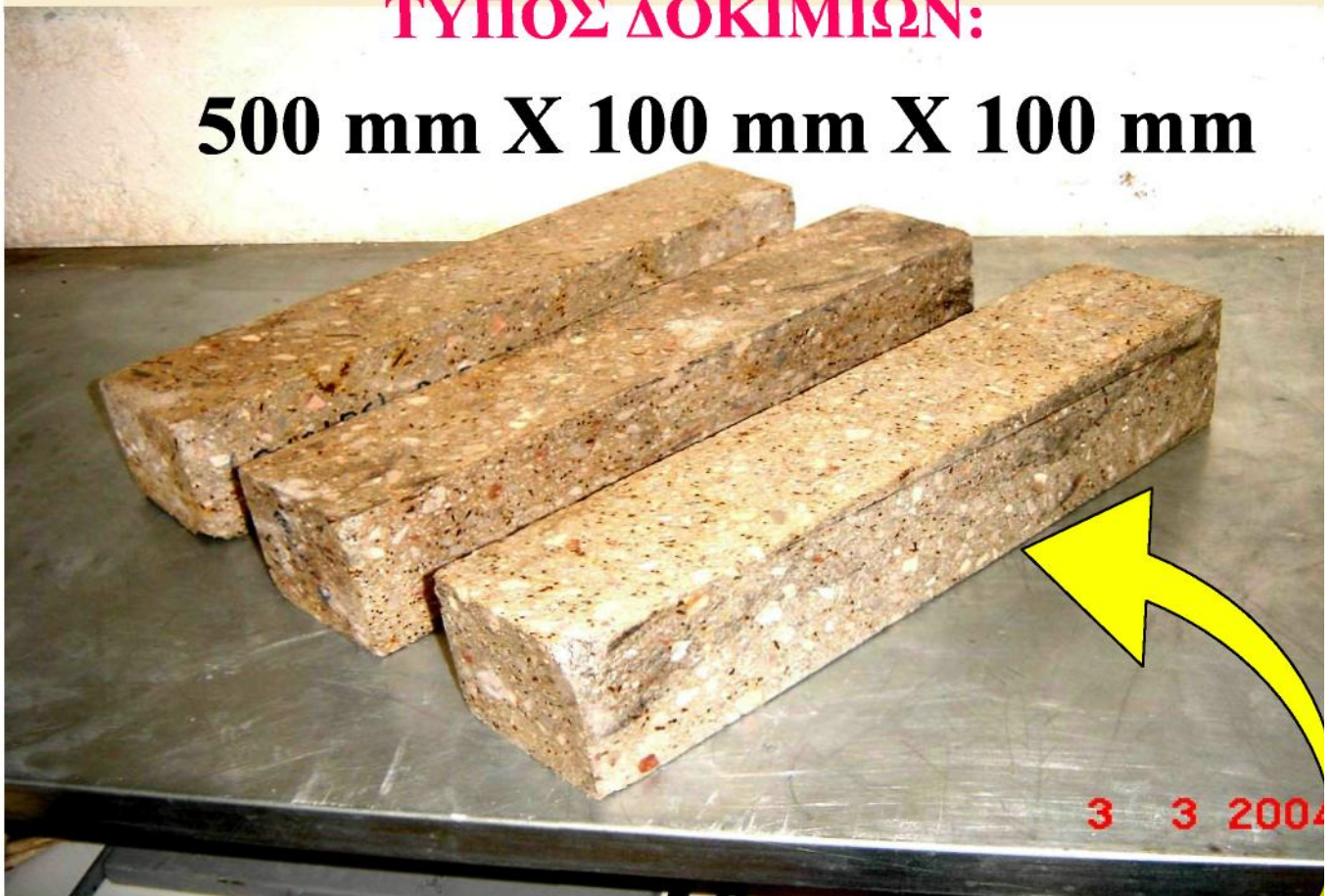


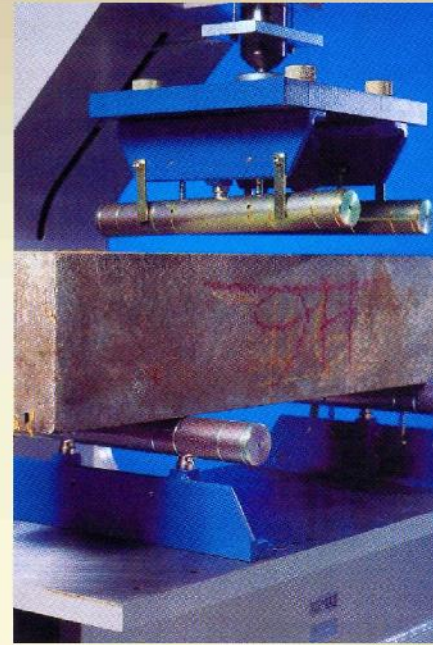
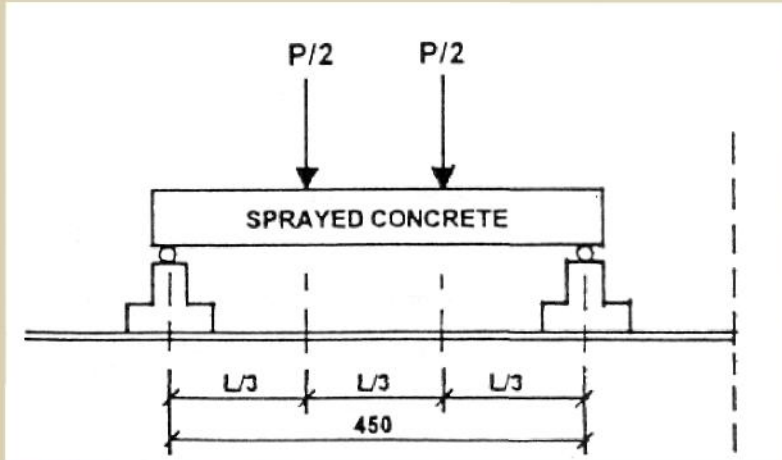
# ΔΟΚΙΜΕΣ ΔΥΣΘΡΑΥΣΤΟΤΗΤΑΣ

## • ΔΟΚΙΜΙΑ

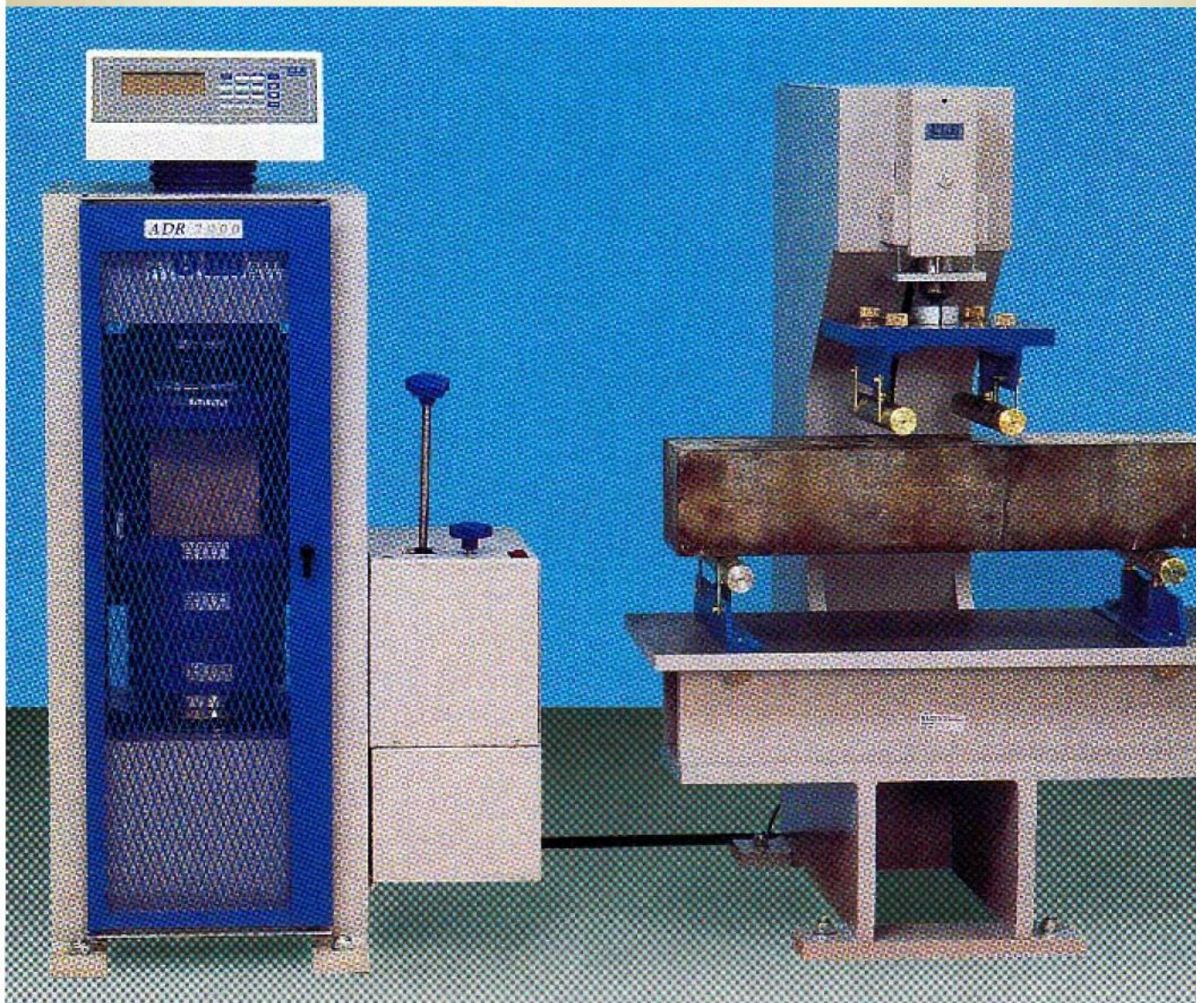
ΤΥΠΟΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ:

**500 mm X 100 mm X 100 mm**

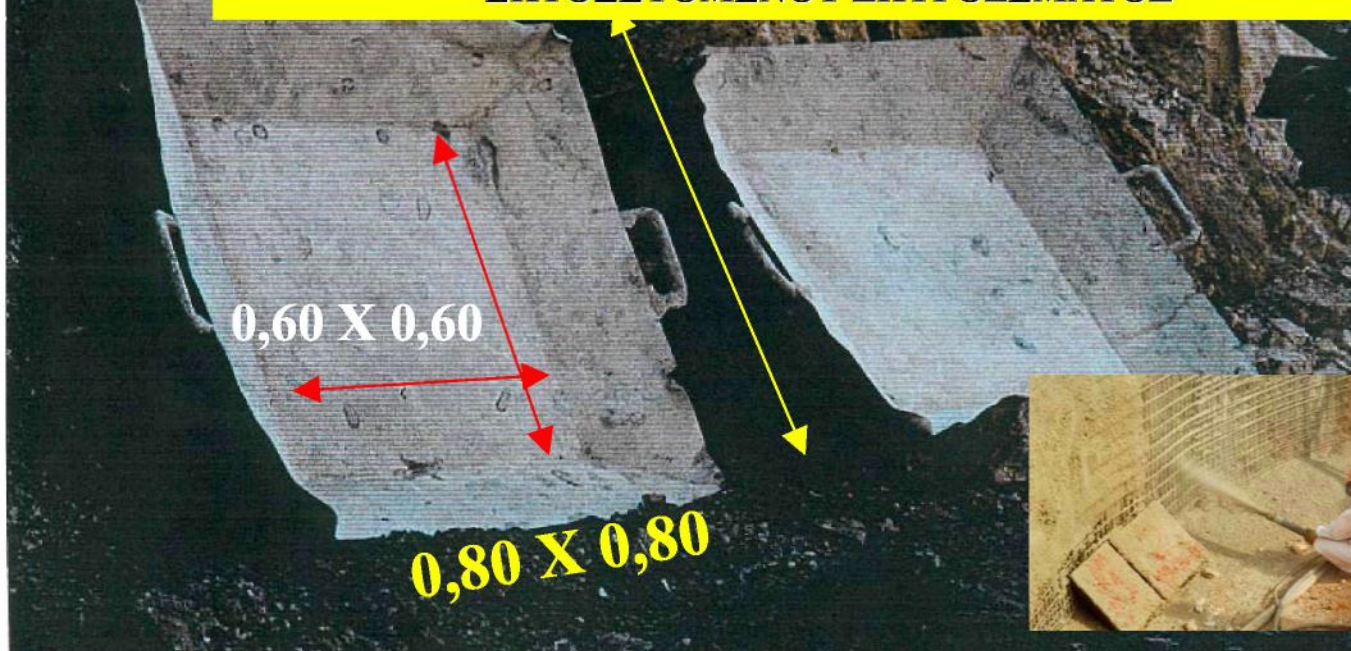




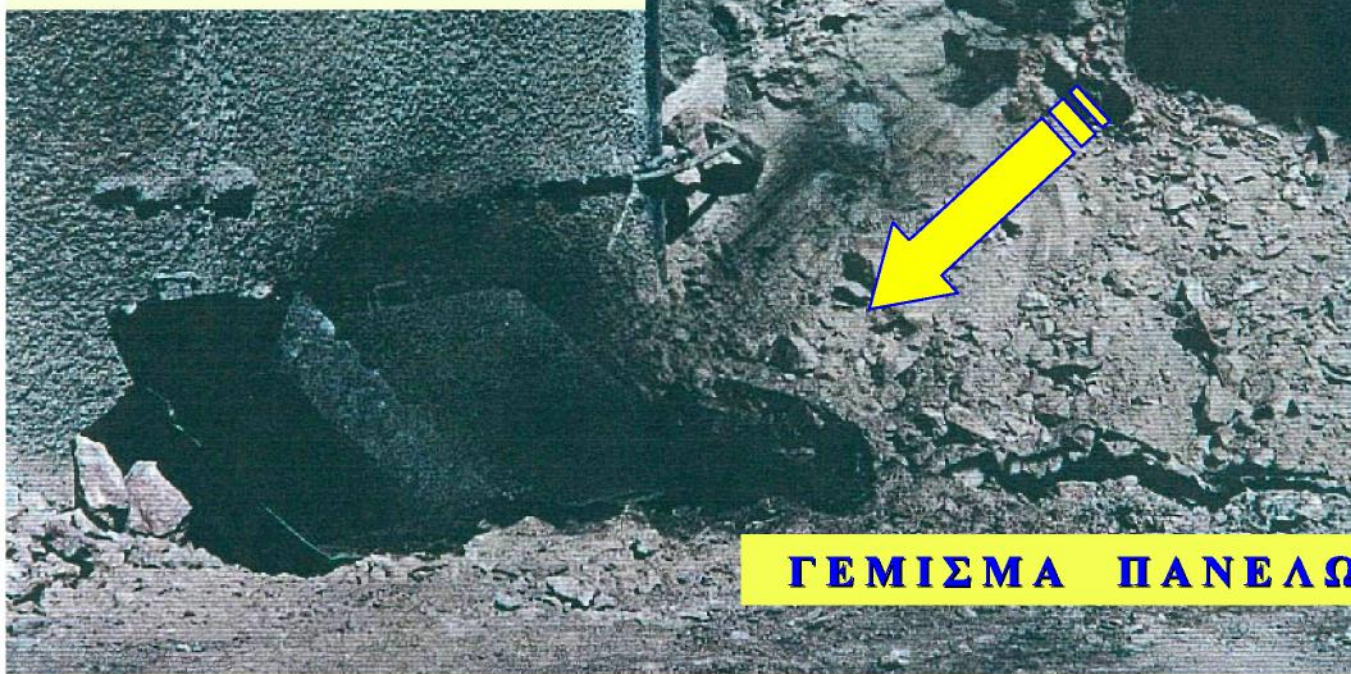
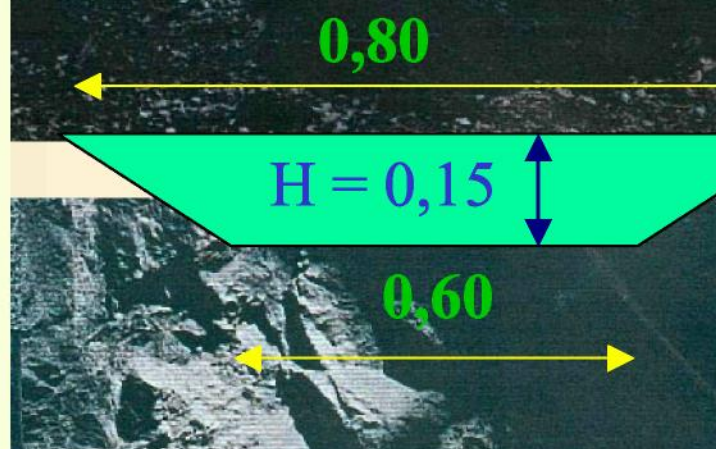
## **FLEXURAL TESTING WITH THIRD-POINT LOADING**



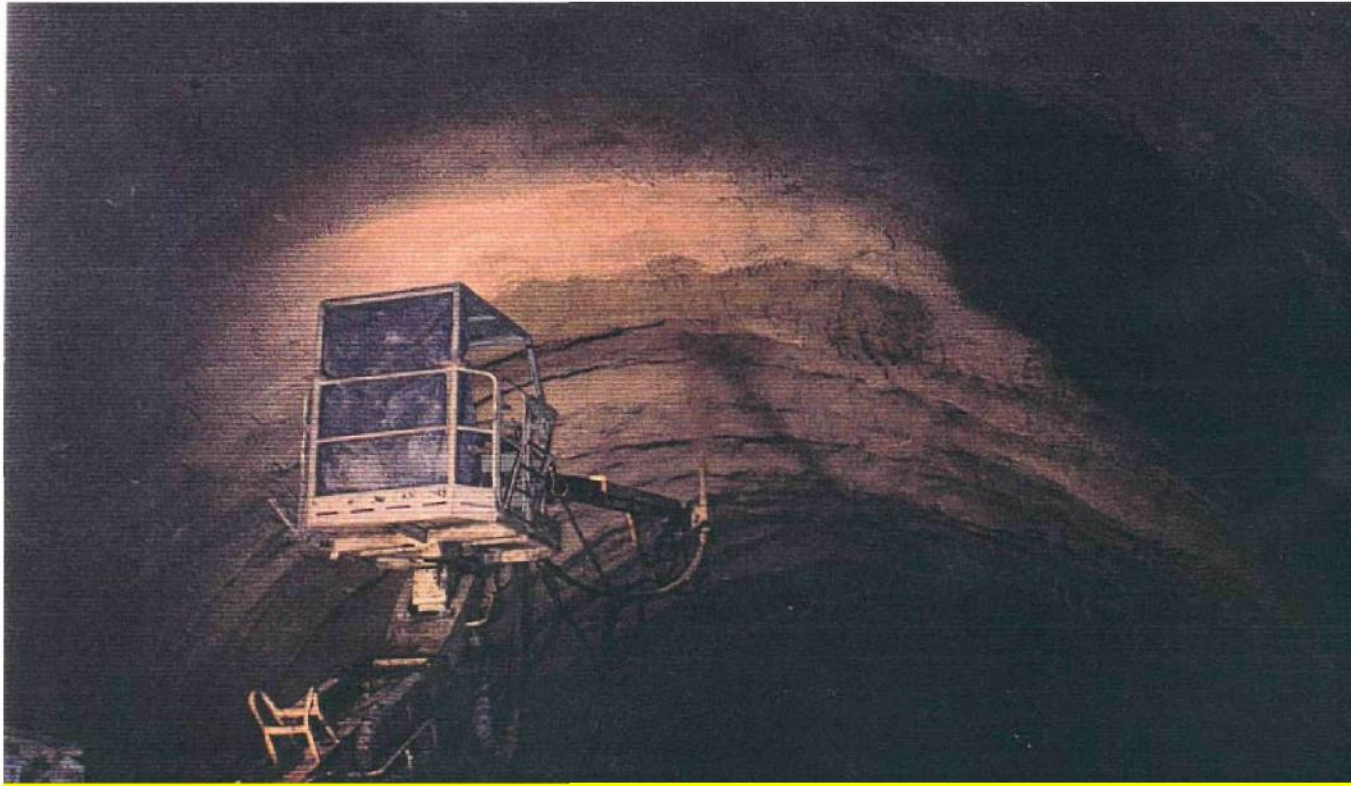
**ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΠΑΝΕΛΩΝ ΓΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ  
ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**



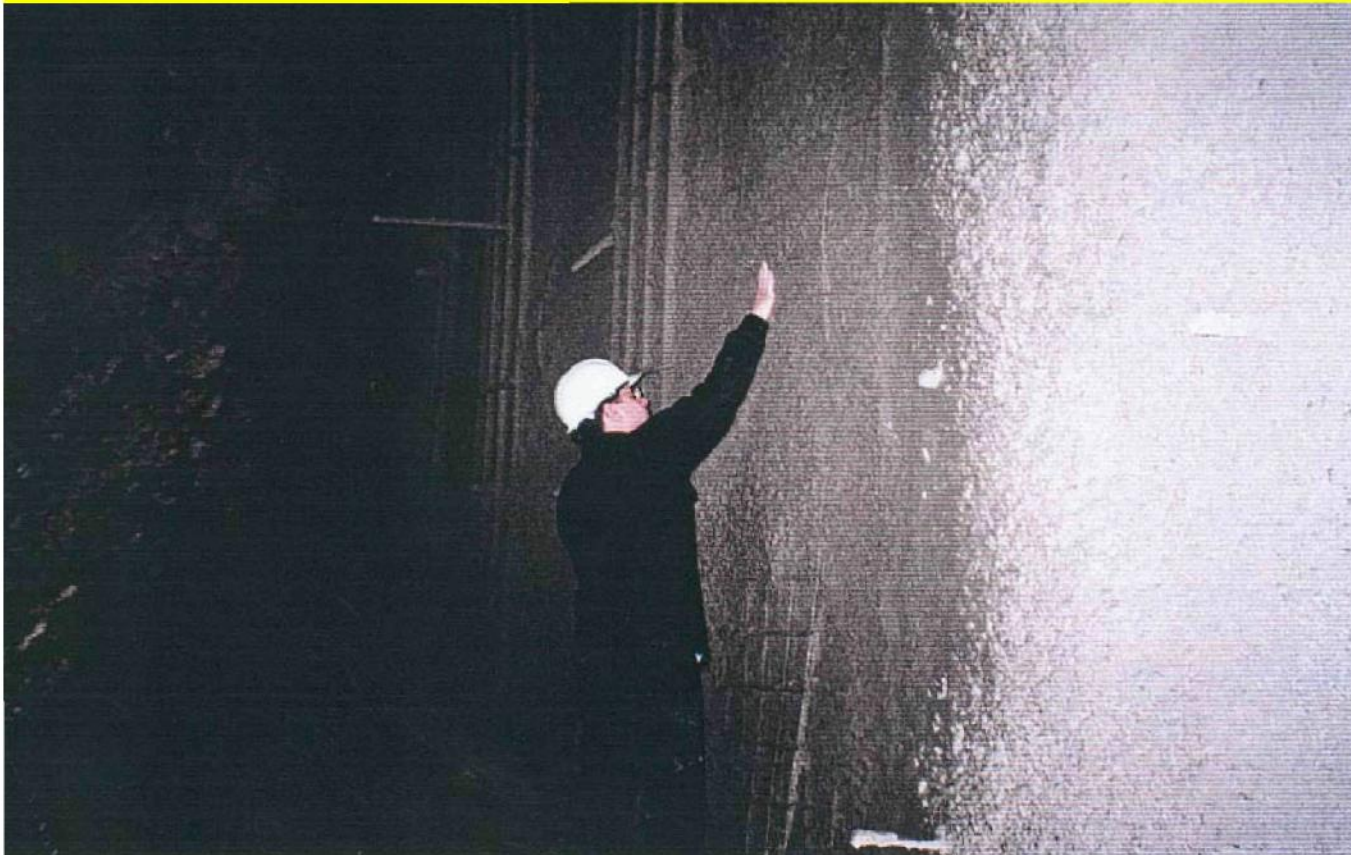
**ΤΟ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ  
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ  
ΕΛΕΓΧΕΤΑΙ ΜΕ ΤΗ  
ΛΗΨΗ ΠΑΝΕΛΩΝ ΤΑ  
ΟΠΟΙΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ  
ΓΕΜΙΖΟΥΝ ΜΕ ΜΙΑ  
ΣΤΡΩΣΗ**



**ΓΕΜΙΣΜΑ ΠΑΝΕΛΩ**



**ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΕΚΤΟΞΕΥΣΗΣ  
ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΟΥΜΕ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΑΛΛΑ ΚΑΙ  
ΤΗΝ ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ ΤΗΣ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ ΠΗΞΗΣ  
ΤΟΥ ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**





**ΥΛΙΚΑ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΩΝ ΑΝΑΜΙΓΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ**



**ΣΥΣΚΕΥΗ ΛΗΨΗΣ ΠΥΡΗΝΩΝ ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ**



**ΜΠΕΤΟΝΙΕΡΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΝΑΜΙΓΜΑΤΩΝ**







**ΕΛΕΓΧΟ ΔΟΚΟΥ 150\*150\*700 ΧΛΣΤ ΣΕ ΚΑΜΨΗ**



**ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΞΗ**



**ΠΡΕΣΣΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΣΕ ΚΑΜΨΗ ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ**



**ΠΡΕΣΣΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ**



**ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΕΣ ΜΗΤΡΕΣ ΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΞΗ**



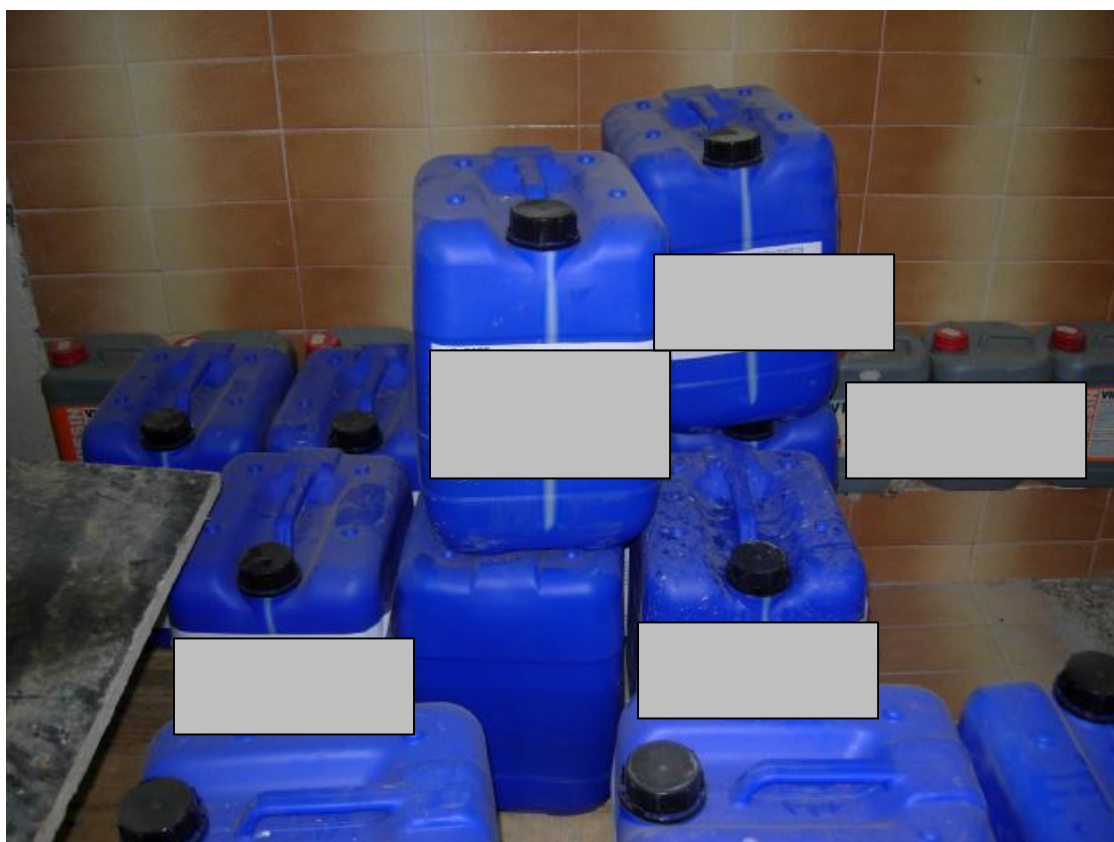
**ΔΟΚΟΙ ΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟ**



**ΣΠΑΣΜΕΝΟ ΔΟΚΑΡΙ ΜΑΡΤΥΡΑ**



ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΑΝΑΜΙΓΜΑΤΑ



ΧΗΜΙΚΑ ΠΡΟΣΘΕΤΑ







**ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΘΡΑΥΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΓΕΝΕΤΕΙΡΑ ΤΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ**





**ΘΑΛΑΜΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ**



**ΖΥΓΟΣ ΥΛΙΚΩΝ**

## 22. Ευρωπαϊκή Προδιαγραφή για το Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα

Οδηγίες για μελετητές προδιαγραφών και αναδόχους

2002

### Εισαγωγή

Η παρούσα προδιαγραφή για το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα η οποία δημοσιεύτηκε από την EFNARC (Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία των Βιομηχανιών Ειδικών Χημικών των Κατασκευών και Συστημάτων Σκυροδέματος) το 1996 (μαζί με το αναθεωρημένο κεφάλαιο 8- Εκτέλεση της εκτόξευσης), αποτελεί επίσημο έγγραφο. Οι Οδηγίες που δημοσιεύτηκαν το 1999 είναι το πρώτο συνοδευτικό έγγραφο της Προδιαγραφής και απευθύνονται σε όσους έρχονται για πρώτη φορά σε επαφή με

αυτό το είδος του σκυροδέματος.

Οι οδηγίες προς τους μελετητές προδιαγραφών και τους αναδόχους έχουν ως στόχο να συμπληρώσουν τα δύο προηγούμενα έγγραφα, καθώς καταγράφουν με απλό και κατανοητό τρόπο όλη τη διαδικασία από την επιλογή των υλικών μέχρι την εκτόξευση του σκυροδέματος. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ως απαραίτητο έγγραφο αναφοράς από τους μελετητές προδιαγραφών και κατά τη διάρκεια των επιτόπιων εργασιών. Όμως και η συμβολή των αναδόχων και η πρακτική τους γνώση στην επιλογή συστατικών υλικών κατά την παρασκευή του μείγματος, την εκτέλεση της εκτόξευσης, τον έλεγχο ποιότητας, την υγιεινή και την ασφάλεια και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι πολύτιμη και για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο οι μελετητές προδιαγραφών να συνεργάζονται με τους αναδόχους σε όλες τις φάσεις της διαδικασίας.

Οι οδηγίες προσπαθούν να καλύψουν όλες τις απαραίτητες πλευρές της διαδικασίας, όμως ίσως χρειαστεί η προσθήκη κάποιων χαρακτηριστικών, όπως στη φόρμα Γ: Εκτέλεση της εκτόξευσης.

Η χρήση των οδηγιών θεωρείται απαραίτητη προκειμένου να διασφαλιστεί ότι δεν παραβλέπεται η χρήση σημαντικών στοιχείων και επομένως επιτυγχάνεται η εκτέλεση της εκτόξευσης.

Σημείωση: στο παρόν έγγραφο η αναφορά σε όρους της Προδιαγραφής συμβολίζεται με την πρόθεση του γράμματος S, όπως για παράδειγμα S6.4. Όσον αφορά τους όρους της Οδηγίας συμβολίζονται με το γράμμα G, όπως G6.4. Τέλος, αναφορές σχετικά με την εκτέλεση της εκτόξευσης υπάρχουν στην αναθεωρημένη έκδοση του όρου 8.

**Φόρμα A: Συστατικά Υλικά**

Σημείωση: όλοι οι όροι της Προδιαγραφής που περιλαμβάνονται στη φόρμα A θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη σε σχέση με τους αντίστοιχους όρους της Οδηγίας, οι οποίοι προσφέρουν σημαντικές πληροφορίες σε σημεία που αδυνατεί να καλύψει η Προδιαγραφή.

Υλικά και απαιτήσεις	Παρατηρήσεις του μελετητή των προδιαγραφών και του αναδόχου
<p>Τσιμέντο Οι γενικές απαιτήσεις για το τσιμέντο θα πρέπει να ακολουθούν τους όρους της παραγράφου S4.1, ενώ περισσότερες πληροφορίες αναφέρονται στην παράγραφο 5.2. Όσον αφορά τα μόνιμα δομήματα συμβουλευθείτε το κεφάλαιο 6. Ο καθορισμός των επιταχυντικών και του χρόνου ελέγχου του τσιμέντου θα πρέπει να γίνεται με βάση το Παράρτημα 1, κεφάλαιο 6.</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Αδρανή Τα αδρανή θα πρέπει να ακολουθούν τους όρους των παραγράφων 4.2 και 5.4, ενώ τα μόνιμα δομήματα περιγράφονται στο κεφάλαιο 6.</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Πρόσθετα Υλικά Πρόσθετα υλικά όπως η ιπτάμενη τέφρα (PFA), η κοκκώδης σκωρία υφικαμίνου (GGBS), το σιδηροπυρίτιο και οι χρωστικές ουσίες θα πρέπει να συμμορφώνονται με τους όρους των παραγράφων S4.7 και S5.3 και δε θα πρέπει να υπερβαίνουν τις αναλογίες που ορίζονται στον Πίνακα 5.3.1.</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Προσθήκη νερού Η προσθήκη νερού θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τους όρους της παραγράφου S4.3. Τα κριτήρια ελέγχου και αξιολόγησης αναφέρονται στην Οδηγία, Πίνακας 1.</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Πρόσμικτα Τα πρόσμικτα που προστίθενται στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα θα πρέπει να συμμορφώνονται με τις γενικές απαιτήσεις οι οποίες προβλέπονται στους όρους των παραγράφων S4.6 και S5.5 και παρουσιάζονται λεπτομερώς στο Παράρτημα 1, Κεφάλαιο 4. Στο Παράρτημα 1 περιγράφονται οι απαιτήσεις απόδοσης των παρακάτω πρόσμικτων: Επιταχυντικά Πρόσμικτα- Πίνακας 2 Θιξοτροπικά πρόσμικτα- Πίνακας 3 Πρόσμικτα για τον έλεγχο της ενυδάτωσης- Πίνακας 4</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>

<p>Πρόσμικτα για την ενίσχυση των δεσμών- Πίνακας 5          Η συμβατότητα ανάμεσα στα επιταχυντικά πρόσμικτα και το τσιμέντο θα πρέπει να επιβεβαιώνεται με βάση τον έλεγχο που περιγράφεται στο Παράρτημα 1, κεφάλαιο 6.          Η αξιολόγηση των προσμίκτων για δομήματα που απαιτούν ιδιαίτερα μεγάλη αντοχή θα πρέπει να γίνεται με βάση τους όρους του κεφαλαίου S6 της Προδιαγραφής και του S6 της Οδηγίας.          Τα πρόσμικτα πρέπει να μεταφέρονται, να αποθηκεύονται και να χρησιμοποιούνται με ασφάλεια με βάση τους όρους του κεφαλαίου S12.</p>	
<p>Σκληρυντές          Τόσο η εξωτερική εκτόξευση όσο και οι εσωτερικοί σκληρυντές θα πρέπει να συμμορφώνονται με τους όρους των παραγράφων S4.8 και S8.3.          Σε περιπτώσεις που απαιτείται η τοποθέτηση ενός εσωτερικού σκληρυντή, συμβουλευθείτε τις απαιτήσεις του Πίνακα 5, Παράρτημα 1 της Προδιαγραφής.</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ          Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Ίνες          Όλα τα είδη ινών θα πρέπει να συμμορφώνονται με τους όρους των παραγράφων S4.5 και S5.6.          Η επιλογή ινών οι οποίες δεν έχουν χαρακτηριστεί προηγουμένως γίνεται με βάση την απόδοσή τους κατά τις επιτόπιες εργασίες.          Όσα προϊόντα χρησιμοποιούνται για το δέσιμο ινών δε θα πρέπει να έχουν επιβλαβείς επιδράσεις στην ανθεκτικότητα του σκυροδέματος, όπως ορίζει το κεφάλαιο 6.1.</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ          Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Ενίσχυση με χάλυβα          Η ενίσχυση θα πρέπει να συμμορφώνεται με τους όρους της παραγράφου S4.4 και η ανθεκτικότητα περιγράφεται στο κεφάλαιο 6.</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ          Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Θερμοκρασία κατά την εργασία          Η θερμοκρασία του μείγματος πριν από την τοποθέτησή του θα πρέπει να ακολουθεί τους όρους της παραγράφου S5.8.          Οι οδηγίες που δίνονται στην παράγραφο G5.8 θα πρέπει να ακολουθούνται πιστά.</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ          Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>

Φόρμα Β: Ανάπτυξη σχεδιασμού του μείγματος

Αξιολόγηση και έλεγχος της αντοχής

Εκτιμώμενη διάρκεια ζωής της κατασκευής: ...χρόνια

Παράμετροι Αντοχής	Κατανομή Αντοχής κατά προτεραιότητα (1=ελάχιστο, 10=μέγιστο)	Απαιτούμενη Αξία Παραμέτρου	Πραγματική Αξία Παραμέτρου μετά από Έλεγχο	Μέθοδος Ελέγχου	Επιπτώσεις στις Παραμέτρους Αντοχής (βάλτε Χ στα κουτάκια με τις μεγαλύτερες επιπτώσεις για να κατευθύνετε το σχεδιασμό μείγματος)	Σχόλια Μελετητών των προδιαγραφών και Αναδόχου
Απαιτήσεις αντοχής Αναφέρονται στους όρους των παραγράφων S6.1 και G6.1. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα θα πρέπει να συμμορφώνεται με τις ελάχιστες απαιτήσεις του κεφαλαίου 4 της EN206 ακολουθώντας παράλληλα τις εξαιρέσεις που ορίζει η παράγραφος S6.4.	N/a	N/a	N/a	N/a	Αδρανή Τσιμέντο Συνδετικά υλικά (συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του πυριτίου) Πρόσμικτα Επιταχυντικά Αναλογία νερού/τσιμέντου Ίνες Μέθοδος σκλήρυνσης	Ευθύνη: Μελετητής των προδιαγραφών Ανάδοχος Κοινή  Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ  Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:
Θλιπτική αντοχή και πυκνότητα Οι ελάχιστες απαιτούμενες τάσεις θα πρέπει να συμμορφώνονται με τους όρους της παραγράφου S9.1 και των G9.1.1,				EFNARC S.10.1, 10.2 (EN 4012, EN6275) Πρώιμες Τάσεις: αυστριακός σύνδεσμος για το τσιμέντο:	Αδρανή Τσιμέντο Συνδετικά υλικά (συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του πυριτίου) Πρόσμικτα Επιταχυντικά Αναλογία νερού/	Ευθύνη: Μελετητής των προδιαγραφών Ανάδοχος Κοινή  Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ  Αν όχι, αναφέρατε

9.1.2 και 10.2. Η ανάπτυξη πρώιμων τάσεων εκτιμάται με σύμφωνα με τις απαιτήσεις κατά τις επιτόπιες εργασίες.				Οδηγία για το εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα Μάρτιος 1999.	τσιμέντου Ίνες Μέθοδος σκλήρυνσης	το λόγο παρακάτω:
Διαπερατότητα Αναφέρεται στους όρους των παραγράφων S9.7, S10.7 και G107. Η επιλογή του ελέγχου εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες.				EFNARC S10.7 (EN 7031 ή άλλοι τοπικοί έλεγχοι όπως περιγράφονται στην EFNARC G10.7)	Αδρανή Τσιμέντο Συνδετικά υλικά (συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του πυριτίου) Πρόσμικτα Επιταχυντικά Αναλογία νερού/τσιμέντου Ίνες Μέθοδος σκλήρυνσης	Ευθύνη: Μελετητής των προδιαγραφών Ανάδοχος Κοινή  Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ  Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:
Αντοχή κάμψης Η ελάχιστη αντοχή κάμψης (εάν απαιτείται) ορίζεται στους όρους της παραγράφου S9.2, ενώ η οδηγίες δίνονται στο G9.2 και 10.3.				EFNARC S.10.3.2	Αδρανή Τσιμέντο Συνδετικά υλικά (συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του πυριτίου) Πρόσμικτα Επιταχυντικά Αναλογία νερού/τσιμέντου Ίνες Μέθοδος σκλήρυνσης	Ευθύνη: Μελετητής των προδιαγραφών Ανάδοχος Κοινή  Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ  Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:
Αντοχή Υπάρχουν δύο μέθοδοι καθορισμού της αντοχής οι				Μόνιμες τάσεις: EFNARC S 10.3.3. Απορρόφηση	Αδρανή Τσιμέντο Συνδετικά υλικά (συμπεριλαμβανομένου	Ευθύνη: Μελετητής των προδιαγραφών Ανάδοχος Κοινή

<p>μόνιμες τάσεις (δοκιμή δοκού), όπως περιγράφεται στους όρους της παραγράφου S9.3.2 ή η απορρόφηση ενέργειας (έλεγχος πλάκας), όπως περιγράφεται στους όρους της παραγράφου S9.3.3. Αναφορά γίνεται επίσης και στις παραγράφους G9.3 και G10.3</p>				<p>ενέργειας: EFNARC S 10.4.</p>	<p>του διοξειδίου του πυριτίου) Πρόσμικτα Επιταχυντικά Αναλογία νερού/τσιμέντου Ίνες Μέθοδος σκλήρυνσης</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ</p> <p>Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Συντελεστής ελαστικότητας Αναφέρεται στους όρους των παραγράφων S9.4, G9.4 και G10.5.</p>				<p>EFNARC S10.5 (EN 6784)</p>	<p>Αδρανή Τσιμέντο Συνδετικά υλικά (συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του πυριτίου) Πρόσμικτα Επιταχυντικά Αναλογία νερού/τσιμέντου Ίνες Μέθοδος σκλήρυνσης</p>	<p>Ευθύνη: Μελετητής των προδιαγραφών Ανάδοχος Κοινή</p> <p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ</p> <p>Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Αντοχή συνδετικού υλικού στο υπόστρωμα και στο εσωτερικό στρώμα Αναφέρεται στους</p>				<p>EFNARC S10.6 (και EN1542 σε περιπτώσεις που μπορεί να εφαρμοστεί)</p>	<p>Αδρανή Τσιμέντο Συνδετικά υλικά (συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του</p>	<p>Ευθύνη: Μελετητής των προδιαγραφών Ανάδοχος Κοινή</p>



<p>όρους της παραγράφου S9.5 όπου παρουσιάζονται οι ελάχιστες απαιτήσεις, στο G9.5 και στο G10.6.</p>					<p>πυριτίου) Πρόσμικτα Επιταχυντικά Αναλογία νερού/ τσιμέντου Ίνες Μέθοδος σκλήρυνσης</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ</p> <p>Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Αντοχή στο ψύχος Τα δομήματα από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα που εκτίθενται σε διαβρωτικά περιβάλλοντα, όπως αυτά ορίζονται στην EN206 θα πρέπει να συμμορφώνονται με τους όρους των παραγράφων S6.4 (iii), S9.8, 10.8 και G10.8</p>				<p>EFNARC S10.8, βλ. G10.8 (ASTM C672)</p>	<p>Αδρανή Τσιμέντο Συνδετικά υλικά (συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του πυριτίου) Πρόσμικτα Επιταχυντικά Αναλογία νερού/ τσιμέντου Ίνες Μέθοδος σκλήρυνσης</p>	<p>Ευθύνη: Μελετητής των προδιαγραφών Ανάδοχος Κοινή</p> <p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ</p> <p>Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Ανθεκτικότητα σε συνθήκες περιβάλλοντος-χημική προσβολή Αναφέρεται στους όρους των παραγράφων S6.4 και G6.4</p>				<p>ASTM C267</p>	<p>Αδρανή Τσιμέντο Συνδετικά υλικά (συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του πυριτίου) Πρόσμικτα Επιταχυντικά Αναλογία νερού/ τσιμέντου Ίνες Μέθοδος σκλήρυνσης</p>	<p>Ευθύνη: Μελετητής των προδιαγραφών Ανάδοχος Κοινή</p> <p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ</p> <p>Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Αντίδραση</p>				<p>Εθνικά</p>	<p>Αδρανή</p>	<p>Ευθύνη: Μελετητής</p>

αλκαλίου- πυριτίου Αναφέρεται στους όρους των παραγράφων S6.3 και G6.3 και στον Πίνακα 1 του Παραρτήματος 1 της Προδιαγραφής				Πρότυπα	Τσιμέντο Συνδετικά υλικά (συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του πυριτίου) Πρόσμικτα Επιταχυντικά Αναλογία νερού/ τσιμέντου Ίνες Μέθοδος σκλήρυνσης	των προδιαγραφών Ανάδοχος Κοινή  Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ  Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:
Ανθεκτικότητα στην ανθρακοποίηση Παρουσιάζεται στους όρους των παραγράφων S8.2.5 (αναθεωρημένη) και G6.1				Εθνικά πρότυπα- RILEM συστάσεις CPC-18	Αδρανή Τσιμέντο Συνδετικά υλικά (συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του πυριτίου) Πρόσμικτα Επιταχυντικά Αναλογία νερού/ τσιμέντου Ίνες Μέθοδος σκλήρυνσης	Ευθύνη: Μελετητής των προδιαγραφών Ανάδοχος Κοινή  Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:
Περιεκτικότητα σε χλώριο Παρουσιάζεται στους όρους των παραγράφων S6.2 και G6.2 και στον Πίνακα 1 του Παραρτήματος 1 της Προδιαγραφής. Οι παρούσες οδηγίες αφορούν μόνο τμήματα που έχουν				EN 206 παράγραφος 5.1.2.6 (βλ. G6.2 για οδηγίες)	Αδρανή Τσιμέντο Συνδετικά υλικά (συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του πυριτίου) Πρόσμικτα Επιταχυντικά Αναλογία νερού/ τσιμέντου Ίνες Μέθοδος σκλήρυνσης	Ευθύνη: Μελετητής των προδιαγραφών Ανάδοχος Κοινή  Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ  Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:

ενισχυθεί με χάλυβα.						
Ανθεκτικότητα στη φωτιά Συμβουλευθείτε τους τοπικούς κανονισμούς. Αναφέρεται κυρίως στην επένδυση σηράγγων.				Εθνικά πρότυπα-σήραγγες: ΤΝΟ καμπύλες ελέγχου χρόνου-θερμοκρασία	Αδρανή Τσιμέντο Συνδετικά υλικά (συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του πυριτίου) Πρόσμικτα Επιταχυντικά Αναλογία νερού/τσιμέντου Ίνες Μέθοδος σκλήρυνσης	Ευθύνη: Μελετητής των προδιαγραφών Ανάδοχος Κοινή  Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ  Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:
Άλλες παράμετροι αντοχής που χρειάζεται να λαμβάνονται υπ' όψη, όπως ανθεκτικότητα στα: Φθορά ή διάβρωση Θερμοκρασία(ζέστη ή κρύο) Φορτία πρόσκρουσης Κραδασμοί Κυκλική φόρτιση					Αδρανή Τσιμέντο Συνδετικά υλικά (συμπεριλαμβανομένου του διοξειδίου του πυριτίου) Πρόσμικτα Επιταχυντικά Αναλογία νερού/τσιμέντου Ίνες Μέθοδος σκλήρυνσης	Ευθύνη: Μελετητής των προδιαγραφών Ανάδοχος Κοινή  Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ  Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:

Φόρμα Β: Ανάπτυξη σχεδιασμού του μείγματος  
 Σύνθεση μείγματος (να συμπληρωθεί για προσχεδιασμένα και προκαθορισμένα μείγματα και για μείγματα ανάμειξης- όροι S7)

B.1 Πληροφορίες για την τοποθέτηση εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Παράμετρος	Παρατηρήσεις
Τοποθέτηση υγρού ή ξηρού μείγματος εκτοξευόμενου σκυροδέματος	
Ενίσχυση με πλέγμα ή ίνες	
Σύστημα σύνθεσης ξηρού ή υγρού μείγματος	
Μέθοδος μεταφοράς για άντληση	
Άντληση με σωλήνες σε μεγάλη ή μικρή απόσταση	
Είδος αντλίας εκτοξευόμενου σκυροδέματος	
Το εκτοξευόμενο σκυροδέμα τοποθετείται χειροκίνητα με ακροφύσιο ή από χειριστή.	
Τυπική εκτόξευση εκτοξευόμενου σκυροδέματος από αντλία (m <sup>3</sup> /h)	
Τυπικό πάχος στρώματος ανά λειτουργία (mm)	
Συνολικός σχεδιασμός πάχους του στρώματος	
Μέθοδος σκλήρυνσης	
Μόνιμα	Δομήματα
Προσωρινά	Μη δομήματα

## B.2 Σχεδιασμός μείγματος εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Συστατικό μείγματος	Είδος	Kg ανά m <sup>3</sup>	
		Μελέτη	Πραγματικότητα
Τσιμέντο			
PFA, GGBS			
Σιδηροπυρίτιο			
Ελάχιστη περιεκτικότητα σε συνδετικό υλικό			
Μέγιστη αναλογία νερού/ συνδετικού υλικού			
Περιεκτικότητα σε ελεύθερο νερό			
Αδρανή			
Ίνες			
(σούπερ) πλαστικοποιητές			
Επιβραδυντές			
Πρόσμικτα ελέγχου της ενυδάτωσης			
Θυξοτροπικά πρόσθετα			
Βελτιώσεις δεσμών			
Επιταχυντικά			
Άλλα			

Φόρμα Γ: Εκτέλεση της εκτόξευσης (π.χ. υποστήριξη σε πετρώματα)

Υλικά και απαιτήσεις	Παρατηρήσεις του μελετητή των προδιαγραφών κα του αναδόχου
<p>Προετοιμασία Πριν από την εκτόξευση κρίνεται απαραίτητη η προετοιμασία του υποστρώματος σύμφωνα με τις παραγράφους S8.1, S8.4 και G8.1. Πριν από την εκτόξευση θα πρέπει να έχει δοθεί έγκριση από το μηχανικό σύμφωνα με την παράγραφο S8.1.5.</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Προ-ύγρانش Η επιφάνεια στη οποία θα εκτοξευτεί το σκυρόδεμα θα πρέπει να είναι νωπή σύμφωνα με τις παραγράφους S8.2, G8.2.1.</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Τεχνική ακροφυσίου Προκειμένου να παραχθεί ομοιογενές και πυκνό εκτοξευόμενο σκυρόδεμα η τεχνική του ακροφυσίου θα πρέπει να συμμορφώνεται με τις παραγράφους S8.2, S8.4, G8.2, 8.3.2 και 8.3.3</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Προσόντα των χειριστών του ακροφυσίου Η καταλληλότητα των χειριστών θα πρέπει να πιστοποιείται με βάση το S8.2.7 και G8.2.7. Επιπλέον χρειάζεται να αποδεικνύονται οι ικανότητές τους στο επιλεγέν σύστημα εκτέλεσης της εκτόξευσης.</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Κατασκευή στρώματος Η κατασκευή στρώματος θα πρέπει να γίνεται με βάση τις παραγράφους S8.2, G8.2.1.1 και G8.2.1.2 Τα προϊόντα ή οι διαδικασίες που βλάπτουν τους δεσμούς μεταξύ των στρωμάτων (π.χ. σκληρυντές, όπως αυτοί περιγράφονται στην παράγραφο S8.3) θα πρέπει να απομακρύνονται ή να μην χρησιμοποιούνται.</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Επίτευξη της ενίσχυσης Η επίτευξη της ενίσχυσης γίνεται με βάση τις παραγράφους S8.2.5, S8.2.6 και G8.2.6</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Ελαττώματα Η επιδιόρθωση του ελαττωματικού εκτοξευόμενου σκυροδέματος θα πρέπει να συμμορφώνεται με την παράγραφο S8.2.2.</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>

<p>Τελευταίες εργασίες Τελευταίες εργασίες όπως σοβάτισμα και στρώση επιχρίσματος θα πρέπει να συμμορφώνονται με τους όρους των παραγράφων S8.2.3 G8.2.6</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Απομάκρυνση αναπήδησης Η απομάκρυνση αναπηδήσεων πρέπει να γίνεται με βάση τους όρους των παραγράφων S8.2.4 και G12.2.3</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Σκλήρυνση Τα συστήματα σκλήρυνσης θα πρέπει να εφαρμόζονται σύμφωνα με τα κεφάλαια S8.6 και τις οδηγίες του G8.4.</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Προστασία από το ψύχος Η προστασία από το ψύχος πρέπει να γίνεται με βάση την παράγραφο S8.7</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Επί τόπου εργασία Ο χρόνος, ο εξοπλισμός τα υλικά και η παραγωγή των πινάκων ελέγχου θα πρέπει να ακολουθούν τους όρους των παραγράφων S10.1 και G10.1</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Εξοπλισμός- γενικά Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται στη σύνθεση, μείξη και τοποθέτηση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος θα πρέπει να ακολουθεί τους όρους της παραγράφου S8.3.1. Η τοποθέτηση των υλικών στο υπόστρωμα θα πρέπει να ακολουθεί τους όρους της παραγράφου S8.3.1. Ο εξοπλισμός θα πρέπει να φυλάσσεται και να καθαρίζεται με βάση τους όρους της παραγράφου S8.3.1. Οι αντλίες και οι σωλήνες εξόδου σκυροδέματος θα πρέπει να λειτουργούν σύμφωνα με τους όρους της παραγράφου S8.3.1. Η περιοχή που πρόκειται να τοποθετηθεί το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα θα πρέπει να επιλέγεται σύμφωνα με τους όρους της παραγράφου S8.3.1. Τα μέσα πρόσβασης θα πρέπει να ορίζονται από τους όρους της παραγράφου S8.5 και G8.5</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Εξοπλισμός κατά τη διαδικασία υγρού μείγματος Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία υγρού μείγματος θα πρέπει να ακολουθεί τις απαιτήσεις που</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>

<p>ορίζονται από τους όρους των παραγράφων S8.3.2, S8.3.4, G8.3.2 και G8.4.</p> <p>Ο εξοπλισμός θα πρέπει επίσης να συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις που ορίζονται από τους όρους των παραγράφων G12.1.3 και G12.1.4.</p>	
<p>Εξοπλισμός κατά τη διαδικασία ξηρού μείγματος</p> <p>Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία υγρού μείγματος θα πρέπει να ακολουθεί τις απαιτήσεις που ορίζονται από τους όρους των παραγράφων S8.3.3, S8.3.4, G8.3.2 και G8.3.3.</p> <p>Ο εξοπλισμός θα πρέπει επίσης να συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις που ορίζονται από τους όρους των παραγράφων G12.1.3 και G12.1.4.</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ                      ΟΧΙ</p> <p>Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>



Φόρμα Δ: Έλεγχος Ποιότητας, Υγιεινή και Ασφάλεια και Περιβάλλον

Υλικά και απαιτήσεις	Παρατηρήσεις του μελετητή των προδιαγραφών κα του αναδόχου
<p>Γενικές απαιτήσεις για τον έλεγχο ποιότητας</p> <p>Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα πρέπει να υποβάλλεται σε έλεγχο ποιότητας, το επίπεδο της οποίας θα πρέπει να συμμορφώνεται από τον μελετητή των προδιαγραφών, όπως ορίζεται στις παραγράφους S11.1 και G11.1.</p> <p>Ο έλεγχος ποιότητας των προσμίκτων θα πρέπει να συμμορφώνεται με τους όρους της παραγράφου S7 του Παραρτήματος 1.</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ</p> <p>Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Προκατασκευαστικός έλεγχος ποιότητας Προκειμένου να εκτελέσετε τους προκατασκευαστικούς ελέγχους του μείγματος συμβουλευθείτε τους όρους της παραγράφου S11.2. Όσον αφορά τη συχνότητα των ελέγχων αυτή καθορίζεται στην S11.3.1</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ</p> <p>Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Έλεγχος ποιότητας παραγωγής</p> <p>Ο έλεγχος παραγωγής θα πρέπει να συμμορφώνεται με την EN206, ενώ η συμφωνία για τη διεξαγωγή ελέγχου γίνεται από ειδικό εκτίμησης κινδύνων, συμπεριλαμβανομένων των οδηγιών για τον έλεγχο και τη συχνότητα όπως δίνονται στο S11.3</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ</p> <p>Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Έλεγχος ευθυγράμμισης και πάχους.</p> <p>Οι μέθοδοι ελέγχου της ευθυγράμμισης και του πάχους των δομημάτων εκτοξευόμενου σκυροδέματος θα πρέπει να γίνονται με βάση τις παραγράφους S11.3.2 και G8.4.4</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ</p> <p>Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Εκτέλεση του ελέγχου ποιότητας εκτόξευσης</p> <p>Ο έλεγχος ποιότητας περιλαμβάνει καθημερινή παρακολούθηση και επιβεβαίωση της τοποθέτησης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, ενώ ο εξοπλισμός θα πρέπει να ακολουθεί τις οδηγίες του S8.</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ</p> <p>Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
<p>Σήμανση</p> <p>Χρειάζεται να γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στα πρόσμικτα με βάση τη διαδικασία που αναφέρεται στο S8 Παράρτημα 1, όπως</p>	<p>Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ</p> <p>Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>

και στους άλλους τους χώρους αποθήκευσης των συστατικών του μείγματος.	
Υγιεινή κα ασφάλεια- γενικά Η τοποθέτηση εκτοξευόμενου σκυροδέματος θα πρέπει να ακολουθεί τους εθνικούς κανονισμούς οι οποίοι ισχύουν σε κάθε περιοχή. Θα πρέπει επίσης να προβλέπονται εκτίμηση κινδύνων και σχέδιο ασφάλειας της περιοχής (όροι G12). Όσον αφορά τα έργα σε σήραγγες θα πρέπει να περιλαμβάνουν καταστάσεις εκτάκτων αναγκών από την αρχή του σχεδίου.	Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:
Ασφάλεια του προσωπικού- συγκέντρωση σκόνης Είναι απαραίτητο να τηρούνται οι οδηγίες της G12.1.1 για όλα τα έργα με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.	Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:
Ασφάλεια προσωπικού- προσωπική προστασία Είναι απαραίτητο να τηρούνται οι οδηγίες της G12.1.2 για όλα τα έργα με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.	Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:
Ασφάλεια προσωπικού- μέτρα προφύλαξης με αποκλεισμό γραμμών σκυροδέματος Είναι απαραίτητο να τηρούνται οι οδηγίες της G12.1.3 για όλα τα έργα με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.	Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:
Ασφάλεια προσωπικού- σωλήνες και συνδετικά υλικά Είναι απαραίτητο να τηρούνται οι οδηγίες της G12.1.4 για όλα τα έργα με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.	Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:
Περιβάλλον- επιπτώσεις στο έδαφος Συμβουλευθείτε τους όρους της παραγράφου G12.2.1 σχετικά με τη μόλυνση του εδάφους σε περιπτώσεις αναπηδήσεων. Πρέπει επίσης να καθορίζονται οι επιπτώσεις διαρροής πρόσθετων υλικών.	Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:
Περιβάλλον- επιπτώσεις τα υπόγεια ύδατα Οι επιπτώσεις των λυμάτων του εκτοξευόμενου σκυροδέματος και της διαρροής προσμίκτων στα τοπικά ύδατα θα πρέπει να αξιολογείται με βάση την G12.2.2	Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:
Περιβάλλον- διάθεση αναπηδήσεων	Συμμορφώνονται: ΝΑΙ ΟΧΙ

<p>Η απομάκρυνση και η μεταφορά των αναπηδήσεων σε χώρους υγειονομικής ταφής θα πρέπει να συμμορφώνεται με τους όρους S8.2.4 και G12.2.3. Οι αναπηδήσεις μπορεί να περιέχουν στοιχεία πρόσθετων υλικών, όπως και ίνες.</p>	<p>Αν όχι, αναφέρατε το λόγο παρακάτω:</p>
--	--

## 4. ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Τα υλικά θα πρέπει να τηρούν τις απαιτήσεις που περιγράφονται παρακάτω, ενώ ειδικές οδηγίες για τα υλικά του εκτοξευόμενου σκυροδέματος δίνονται στο κεφάλαιο 5.

### 4.1 Τσιμέντο

Το τσιμέντο θα πρέπει να συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις του EN197 ή με τα εθνικά πρότυπα ή τους κανονισμούς που ισχύουν στην περιοχή χρήσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Επιτρέπεται η χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος του οποίου η καταλληλότητα έχει ελεγχθεί.

### 4.2. Αδρανή

Τα αδρανή θα πρέπει να ακολουθούν τις απαιτήσεις που ορίζουν εθνικά πρότυπα ή οι κανονισμοί που ισχύουν στην περιοχή χρήσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος και θα πρέπει να είναι κατάλληλες με τις απαιτήσεις τοποθέτησής του.

### 4.3 Νερό ανάμειξης

Το νερό που θα χρησιμοποιηθεί για ανάμειξη θα πρέπει να τηρεί τις απαιτήσεις του EN1008 ή τα εθνικά πρότυπα και κανονισμούς.

### 4.4 Ενίσχυση με χάλυβα

Η ενίσχυση θα πρέπει να τηρεί τις απαιτήσεις του EN 10080 σχετικά με την ενίσχυση με χάλυβα και το EN 10138 για το προεντασόμενο χάλυβα ή με τα εθνικά κριτήρια ή κανονισμούς καταλληλότητας που ισχύουν στην περιοχή.

### 4.5 Ίνες

#### 4.5.1 Ίνες χάλυβα

Οι ίνες χάλυβα θα πρέπει να τηρούν τις απαιτήσεις που παρατίθενται στο ASTM A 820 ή σε παρόμοιους εθνικούς κανονισμούς.

#### 4.5.2 Συνθετικές ίνες

Οι συνθετικές ίνες θα πρέπει να τηρούν τα εθνικά κριτήρια ή κανονισμούς που ισχύουν στην περιοχή χρήσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

### 4.6 Πρόσμικτα

Τα πρόσμικτα για το σκυρόδεμα και το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα θα πρέπει να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του EN 934- 2 και EN 934- 5 αντίστοιχα, ενώ τα πρόσμικτα για το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα με το Παράρτημα 1 ή με τα εθνικά κριτήρια ή κανονισμούς που ισχύουν στην περιοχή χρήσης. Όσον αφορά τη λήψη δείγματος, την αξιολόγηση της καταλληλότητάς τους και τη σήμανση, τα πρόσμικτα θα πρέπει να συμμορφώνονται με το EN 934- 6.

## 4.7 Πρόσθετα υλικά

### 4.7.1 Γενικά

Τα πλέον συνηθισμένα πρόσθετα υλικά που χρησιμοποιούνται στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα είναι η ιπτάμενη τέφρα, η κοκκώδης σκωρία υψικαμίνου και το σιδηροπυρίτιο. Τα συγκεκριμένα υλικά θα πρέπει να συμμορφώνονται με τα σχετικά ευρωπαϊκά πρότυπα ή με τα εθνικά πρότυπα ή τους κανονισμούς που ισχύουν στην περιοχή χρήσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

### 4.7.2 Ιπτάμενη τέφρα

Η ιπτάμενη τέφρα είναι ένα διαχωρισμένο ανόργανο ποζολανικό υλικό το οποίο προστίθεται στο σκυρόδεμα για να βελτιώσει ή να επιτύχει συγκεκριμένες ιδιότητες σε κατάσταση πλαστιμότητας ή σκληρότητας.

Η ιπτάμενη τέφρα που χρησιμοποιείται στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα θα πρέπει να συμμορφώνεται με το EN 450 ή με τα εθνικά πρότυπα ή κανονισμούς που ισχύουν στην περιοχή χρήσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

### 4.7.3 Κοκκώδης σκωρία υψικαμίνου (GGBS)

Η GGBS είναι ένα κοκκώδες λανθάνον υδραυλικό υλικό το οποίο προστίθεται στο σκυρόδεμα για να βελτιώσει ή να επιτύχει συγκεκριμένες ιδιότητες σε κατάσταση πλαστιμότητας ή σκληρότητας.

Η GGBS που χρησιμοποιείται στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα θα πρέπει να συμμορφώνεται με τα εθνικά πρότυπα ή κανονισμούς που ισχύουν στην περιοχή χρήσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

### 4.7.4 Σιδηροπυρίτιο

Το σιδηροπυρίτιο είναι ένα διαχωρισμένο, πολύ ενεργό ανόργανο ποζολανικό υλικό το οποίο προστίθεται στο σκυρόδεμα για να βελτιώσει ή να επιτύχει συγκεκριμένες ιδιότητες.

Το σιδηροπυρίτιο που χρησιμοποιείται στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα θα πρέπει να συμμορφώνεται με τα ευρωπαϊκά πρότυπα ή με τα εθνικά πρότυπα ή τους κανονισμούς που ισχύουν στην περιοχή χρήσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Σε περιοχές όπου δεν προβλέπονται κανονισμοί ή πρότυπα, η χρήση σιδηροπυριτίου θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες των προμηθευτών.

### 4.7.5 Χρωστικές ουσίες

Η χρήση χρωστικών ουσιών θα πρέπει να ακολουθεί τα ευρωπαϊκά πρότυπα ή τα εθνικά ή τους κανονισμούς που ισχύουν στην περιοχή χρήσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

## 4.8 Σκληρυντές

Η χρήση σκληρυντών θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα ή τα εθνικά ή τους κανονισμούς που ισχύουν στην περιοχή χρήσης του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

## 5. Απαιτήσεις για τη σύνθεση του σκυροδέματος

### 5.1 Γενικά

Το μείγμα του σκυροδέματος συμπεριλαμβανομένων του τσιμέντου, των αδρανών, του νερού, πρόσθετων υλικών και ινών θα πρέπει να επιλέγεται με τρόπο ώστε να ικανοποιεί τα κριτήρια για φρέσκο και σκληρό σκυρόδεμα.

## 5.2 Τσιμέντο

Η ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου για συγκεκριμένες συνθήκες περιβάλλοντος θα πρέπει να συμφωνεί με τους όρους των κεφαλαίων 6.4 και EN 206.

## 5.3 Πρόσθετα

Ο ανάδοχος μπορεί να προσθέσει εγκεκριμένα υλικά τσιμέντου, όπως ορίζονται στην παράγραφο 4.7 εντός του πλαισίου που περιγράφει ο Πίνακας 5.3.1 εκτός κι αν ορίζεται διαφορετικά από τον πελάτη ή τον αντιπρόσωπο του πελάτη. Η προσθήκη χρωστικών ουσιών θα πρέπει να γίνεται με βάση τις απαιτήσεις του EN 206.

Τα πρόσθετα τσιμέντου θα πρέπει να ορίζονται ως αντικατάσταση τσιμέντου χωρίς όμως να υπερβαίνουν τις αναλογίες που ορίζει ο Πίνακας 5.3.1

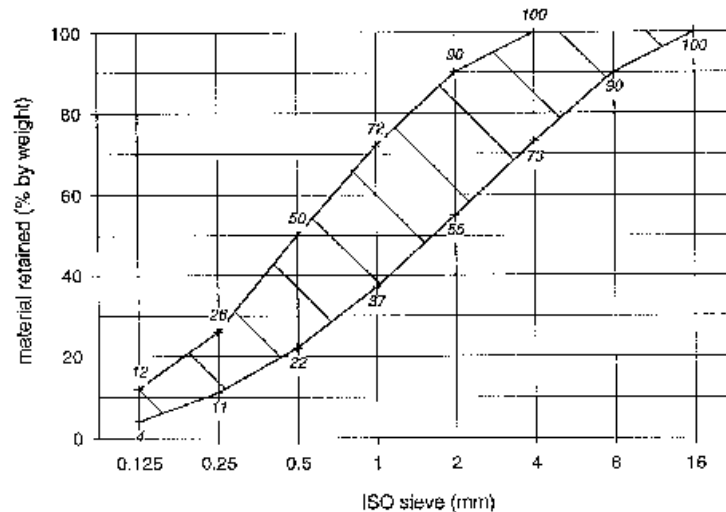
Πίνακας 5.3.1: Μέγιστα επίπεδα πρόσθετων υλικών (ανά βάρος)

Υλικό στο Τσιμέντο	Μέγιστη προσθήκη
Σιδηροπυρίτιο	15% τσιμέντου Portland
Ιπτάμενη Τέφρα	30% τσιμέντου Portland
	15% τσιμέντου Portland/ ιπτάμενης τέφρας
	20% τσιμέντου Portlandσκωρίας υψικαμίνου
GGBS	30% τσιμέντου Portland

5.4 Αδρανή Η καμπύλη διαβάθμισης θα πρέπει να βρίσκεται στη σκιασμένη περιοχή όπως φαίνεται στο σχήμα 5.4.1, ενώ η λεπτότερη περιοχή είναι κατάλληλη για ξηρά μείγματα (παρά την υψηλή αναλογία σωματιδίων, οι τιμές <0,25mm μπορούν να οδηγήσουν σε προβλήματα με σκόνη όταν η περιοχή δεν έχει προηγουμένως βραχεί). Είναι ευθύνη του αναδόχου να επιλέξει την κατάλληλη διαβάθμιση για τη διαδικασία και τα υλικά που θα χρησιμοποιήσει.

Όσον αφορά τα ξηρά μείγματα η φυσική περιεκτικότητά τους σε υγρασία στα αδρανή θα πρέπει να είναι συνεχής και να μην ξεπερνάει το 6%.

Σχήμα 5.4.1: Προτεινόμενη ζώνη διαβάθμισης αδρανών



### 5.5 Πρόσμικτα

Τα πρόσμικτα θα πρέπει να ακολουθούν τις οδηγίες του EN 934- 5 ή το Παράρτημα 1 της παρούσας Προδιαγραφής (για το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα) ή του EN 934-2 (για το σκυρόδεμα). Επιτρέπεται η χρήση κι άλλων προσμίκτων εφόσον αυτά συμμορφώνονται με τις γενικές απαιτήσεις που ορίζει ο Πίνακας 1 των κριτηρίων ή ο Πίνακας 1 του Παραρτήματος 1. Είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπ' όψη τα αποτελέσματα των προσμίκτων στο ολοκληρωμένο έργο εκτοξευόμενου σκυροδέματος και θα πρέπει να υπάρχουν στοιχεία αναφορικά με την καταλληλότητα τους και την αποτελεσματικότητά τους σε προηγούμενα έργα. Τέλος, χρειάζεται να φυλάσσονται αρχεία με τις ιδιότητες και τα αποτελέσματα των προσμίκτων.

### 5.6 Ίνες

Η ενίσχυση με ίνες θα πρέπει να γίνεται με βάση τις απαιτήσεις για την απόδοση του ενισχυμένου με ίνες εκτοξευόμενου σκυροδέματος (ή εναλλακτικά με βάση το είδος και την ποσότητα εκτοξευόμενου σκυροδέματος). Διαφορετικά είδη ινών είναι πιθανό να απαιτούν διαφορετικές ποσότητες εκτοξευόμενου σκυροδέματος για να επιτευχθούν τα ίδια επίπεδα απόδοσης.

Το μήκος των ινών χάλυβα δε θα πρέπει να υπερβαίνει το 0.7 της εσωτερικής διαμέτρου των σωλήνων ή των αντλιών που χρησιμοποιούνται εκτός κι αν έχει αποδειχθεί από προηγούμενο έλεγχο ότι μεγαλύτερες σε μήκος ίνες δεν μπλοκάρουν κατά την εκτόξευση.

Οι ίνες θα πρέπει να φυλάσσονται σύμφωνα με τις οδηγίες του προμηθευτή.

### 5.7 Συνεκτικότητα

Η συνεκτικότητα του σκυροδέματος κατά την υγρή εκτόξευση εξαρτάται από το είδος της μεταφοράς και τη διαδικασία τοποθέτησής του. Για συγκεκριμένη περιεκτικότητα σε τσιμέντο και αναλογία νερού/ τσιμέντου η συνεκτικότητα προσαρμόζεται με τη χρήση προσμίκτων στη φάση της παρασκευής του μείγματος ή κατά τη διάρκεια της εργασίας.

### 5.8 Θερμοκρασία εργασιών

Η θερμοκρασία του μείγματος πριν αυτό τοποθετηθεί δε θα πρέπει να είναι χαμηλότερη από 5°C ούτε να υπερβαίνει τους 35°C εκτός κι αν υπάρχουν ειδικές συνθήκες. Η εκτόξευση δε θα πρέπει να πραγματοποιείται όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη από 5°C.

## 6. Απαιτήσεις Αντοχής

### 6.1 Γενικά

Προκειμένου να παραχθεί ανθεκτικό σκυρόδεμα το οποίο προστατεύει την ενίσχυση χάλυβα από τη διάβρωση και αντέχει στις συνθήκες εργασίας και περιβάλλοντος, χρειάζεται να λάβουμε υπ' όψη τους παρακάτω παράγοντες: α) επιλογή των κατάλληλων συστατικών τα οποία να μη βλάπτουν το σκυρόδεμα και β) επιλογή μιας σύνθεσης σκυροδέματος η οποία ικανοποιεί όλα τα απαιτούμενα κριτήρια.

### 6.2 Περιεκτικότητα σε χλώριο

Η περιεκτικότητα του εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε χλώριο δε θα πρέπει να ξεπερνάει τις τιμές που ορίζονται στο ENV 206 παράγραφος 5.5.

### 6.3 Περιεκτικότητα σε αλκάλιο

Η περιεκτικότητα των αδρανών σε αλκάλιο θα πρέπει να συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις των ισχυουσών εθνικών κριτηρίων προκειμένου να αποφευχθεί πιθανή αντίδραση αλκαλίου πυριτίου.

### 6.4 Απαιτήσεις σχετικά με τις περιβαλλοντικές συνθήκες

Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα θα πρέπει να τηρεί τις επιτρεπόμενες τιμές περιβαλλοντικής έκθεσης όπως αυτές ορίζονται στο κεφάλαιο 5 του EN 206 και στις σχετικές οδηγίες με εξαίρεση τα εξής:

- i. ο μέγιστος λόγος νερού / τσιμέντου δε θα πρέπει να υπερβαίνει το 0,55
- ii. η ελάχιστη περιεκτικότητα σε τσιμέντο θα πρέπει να αντιστοιχεί σε 300kg/ m<sup>3</sup>
- iii. η ανθεκτικότητα στο ψύχος καθορίζεται από τον έλεγχο ψύξης- απόψυξης (βλ. κεφάλαιο 9) και όχι από την ελάχιστη περιεκτικότητα σε αέρα
- iv. οι ελάχιστες απαιτήσεις κάλυψης σχετίζονται με την ενίσχυση με ράβδους και πλέγμα και όχι με τις ίνες χάλυβα.

## 7. Σύνθεση μείγματος

### 7.1 Γενικά

Η μέθοδος προσχεδιασμένου μείγματος προτιμάται ευρέως για τον καθορισμό του μείγματος σε περιπτώσεις εκτόξευσης ξηρού σκυροδέματος, καθώς παράγει ένα καλύτερο και πιο συνεκτικό τελικό προϊόν σε σχέση με το προκαθορισμένο μείγμα.

### 7.2 Προσχεδιασμένα μείγματα

Το μείγμα θα πρέπει να σχεδιάζεται από τον ανάδοχο προκειμένου να επιτευχθεί η συνθλιπτική αντοχή ή/ και άλλες ιδιότητες (βλ. κεφάλαιο 9) με τη χρήση υλικών τα οποία συμμορφώνονται με τις οδηγίες του κεφαλαίου 4. Ο χαρακτηρισμός του σκυροδέματος μπορεί να έχει κι άλλες απαιτήσεις, όπως: ελάχιστη περιεκτικότητα σε τσιμέντο, μέγιστος λόγος νερού/ τσιμέντου, αντοχή κάμψης, σκληρότητα, πρώιμη



αντοχή, μέγιστη αντοχή, διαπερατότητα, υδατοαπορρόφηση και δεσμούς στο υπόστρωμα.

### 7.3 Προκαθορισμένα μείγματα

Ο ανάδοχος θα πρέπει να παρέχει ή να ζητάει από την πελάτη την έγκριση για το προκαθορισμένο μείγμα το οποίο έχει αποδειχθεί ότι είναι κατάλληλο για την εργασία. Το προκαθορισμένο μείγμα πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά: είδος και περιεκτικότητα τσιμέντου, λόγος νερού/ τσιμέντο και/ ή συνεκτικότητα, λόγος αδρανούς/ τσιμέντου, είδος και περιεκτικότητα ινών (για κάθε συγκεκριμένη εργασία), είδος και ποσότητα αδρανούς, είδος και ποσότητα προσμίκτων, είδος και ποσότητα πρόσθετων υλικών.

Η περιεκτικότητα σε νερό στην ξηρή διαδικασία είναι δύσκολο να προσδιοριστεί, αλλά στην κάθε εργασία οι λόγοι νερού/ τσιμέντο κυμαίνονται από 0.35- 0.50.

### 7.4 Μείγματα ανάμειξης

Σε περιπτώσεις στις οποίες δεν μπορούν να τοποθετηθούν ούτε προσχεδιασμένα ούτε προκαθορισμένα μείγματα, ο ανάδοχος μπορεί να παράξει ένα μείγμα με υβριδικές προδιαγραφές συνδυάζοντας στοιχεία από τα κεφάλαια 7.2 και 7.3.

Ίνες πολυπροπυλενίου. Ενίσχυση ινών για εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

#### Περιγραφή

Αυτού του είδους οι ίνες εξωθούνται από ένα φυσικό πολυπροπυλενικό ομοιοπολυμερές και σχηματίζουν πτυχωτή μορφή προκειμένου να τοποθετηθούν σε ένα τσιμεντένιο καλούπι, να ενισχύσουν το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και να παράσχουν σκληρότητα και ολκιμότητα στο υλικό.

#### Χαρακτηριστικά και οφέλη

Οι ίνες MBT είναι εύχρηστες και τοποθετούνται εύκολα και στην κατάλληλη δοσολογία στα μείγματα σκυροδέματος. Είναι ανθεκτικές στα οξέα και τα αλκάλια με αποτέλεσμα να μπορούν χρησιμοποιηθούν και σε συνθήκες υγρασίας στο υπέδαφος.

#### Τυπικές εφαρμογές

Ενίσχυση υγρού και ξηρού εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Ιδιότητες	Τιμή
Ονομαστική x εμβαδόν (mm <sup>2</sup> )	0.75
Σημείο τήξης (°C)	150-170
Πυκνότητα (g/cm <sup>3</sup> )	0.88-0.92
Χρώμα	Διάφανο λευκό/ μαύρο
Μήκος ινών (mm)	30, 40, 50
Αντοχή εφελκυσμού σε διαρροή (Mpa)	250
Επιμήκυνση σε διαρροή	24.40
Υδατοαπορρόφηση	0
Ανθεκτικότητα σε οξύ/ αλκάλιο	Υψηλή

EFNAR- δοκιμή ελέγχου πλάκας (Joules) Round Determinate Panel Test (J)	900@ 9kg/m <sup>3</sup> 360 @ 9kg/m <sup>3</sup>
---	---

#### Δοσολογία και σύνθεση σκυροδέματος

- i. Οι ίνες πρέπει να προστίθενται στο μείγμα του σκυροδέματος μετά το νερό και τα προσμίγματα. Ανακατέψτε για περίπου 2 με 3 λεπτά έως ότου βεβαιωθείτε ότι τα υλικά έχουν ανακατευθεί καλά. Θα υπάρξει απώλεια καθίζησης μετά από την προσθήκη των ινών. Μην προσθέσετε επιπλέον νερό αλλά κατασκευάστε το μείγμα ώστε να προστεθούν οι ίνες.
- ii. 9 kg/ m<sup>3</sup> παράγουν απορρόφηση ενέργειας 700 Joules για επί τόπου εκτόξευση σκυροδέματος 35MPa. Οι δοκιμές θα πρέπει να διεξάγονται υποχρεωτικά προκειμένου να διαπιστωθεί η απόδοση των ινών και του μείγματος του σκυροδέματος.

#### Συσκευασία

Οι ίνες πρέπει να συσκευάζονται χαλαρά σε διάφανες πλαστικές σακούλες και ανάλογα με το βάρος ώστε να μπορούν να τοποθετηθούν στο μείγμα. Το βάρος πρέπει να καθορίζεται κατά την παραγγελία των ινών, αλλά συνήθως ίνες 4.5kg ταιριάζουν σε μείγμα 0.5m<sup>3</sup>.

#### Φύλαξη

Το υλικό είναι σταθερό, δεν προβλέπονται κίνδυνοι. Να προστατεύεται από τη φωτιά.

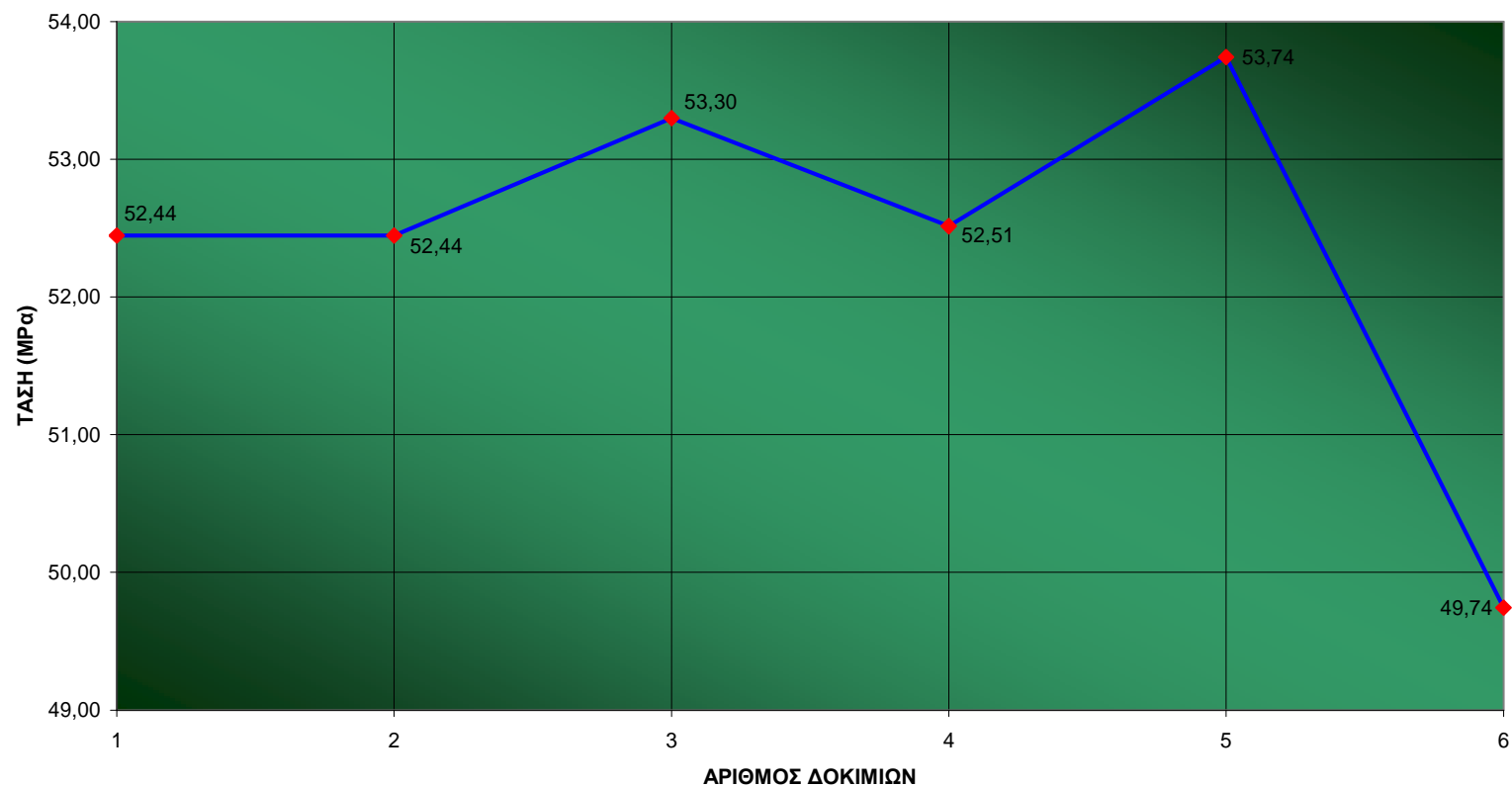
#### Μέτρα προφύλαξης

Το προϊόν είναι εξαιρετικά σταθερό και εμφανίζει ελάχιστους κινδύνους για την υγεία. Σε περίπτωση φωτιάς εκπέμπονται μονοξειδίο του άνθρακα, διοξειδίο του άνθρακα και άλλα αέρια.

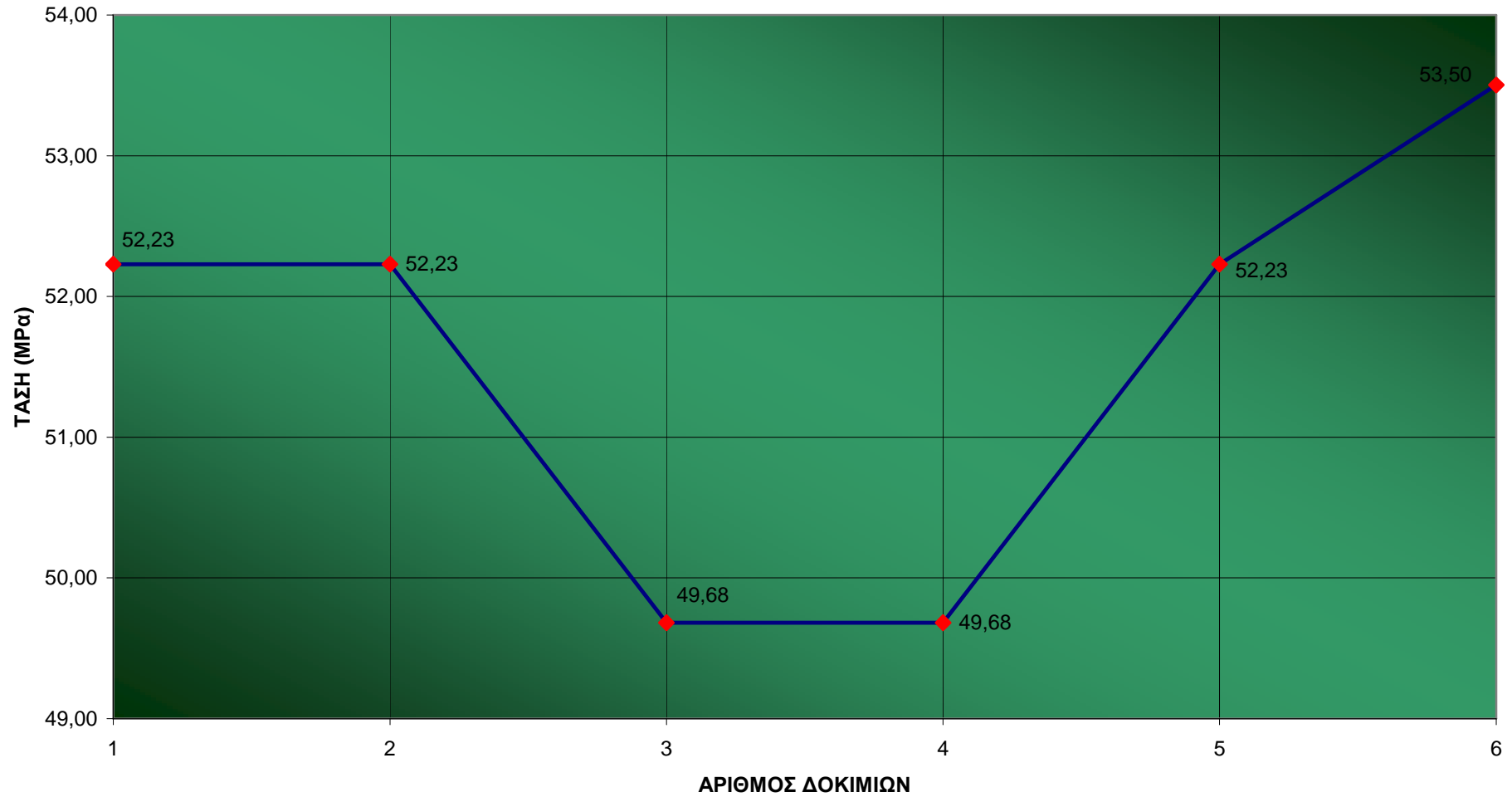
23.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

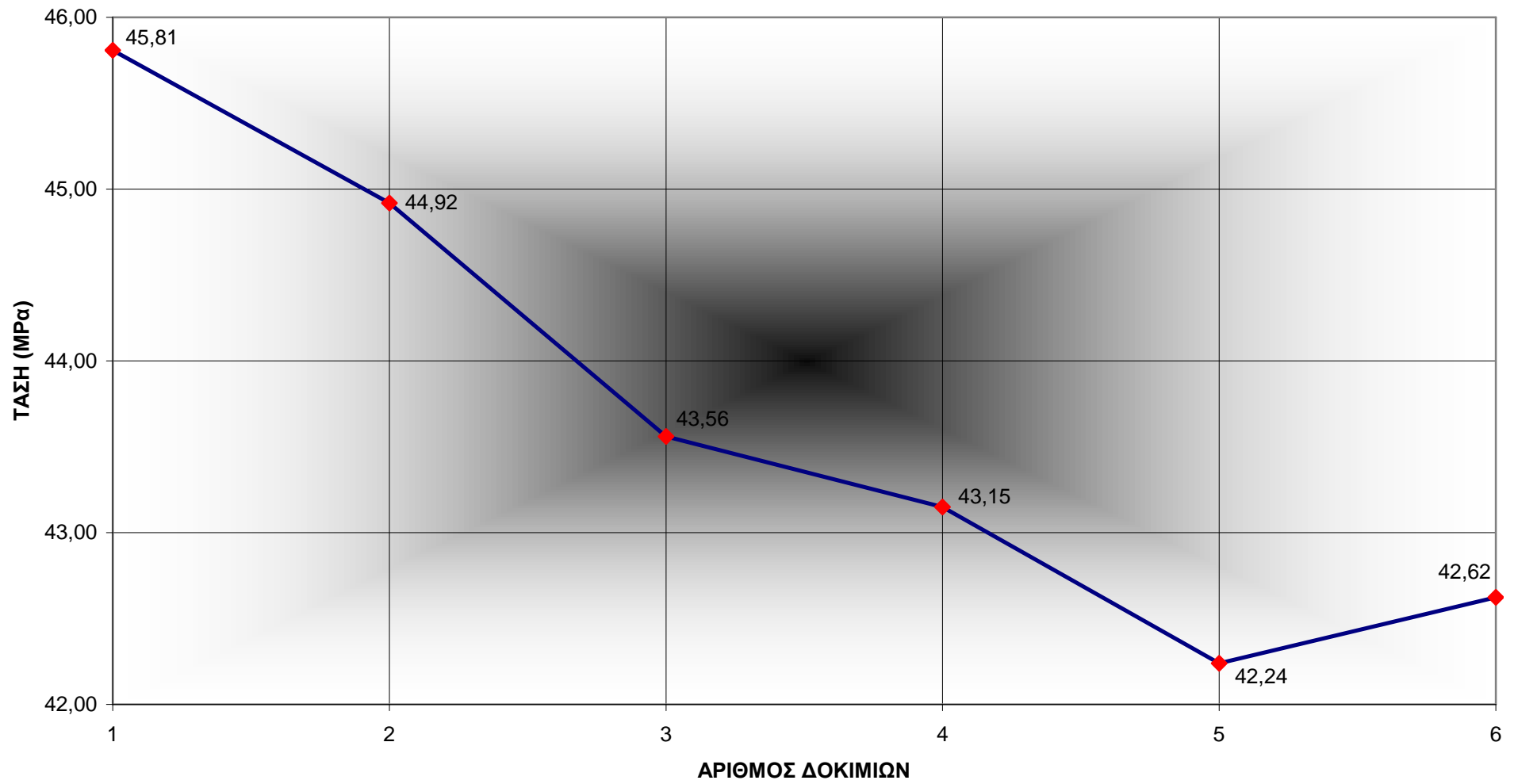
**ΑΝΤΟΧΕΣ ΚΥΒΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΙΙΙ)**  
Υπερευστεοποιητής Παλαιάς Γενιάς / Τύπος Τσιμέντου 42,5N



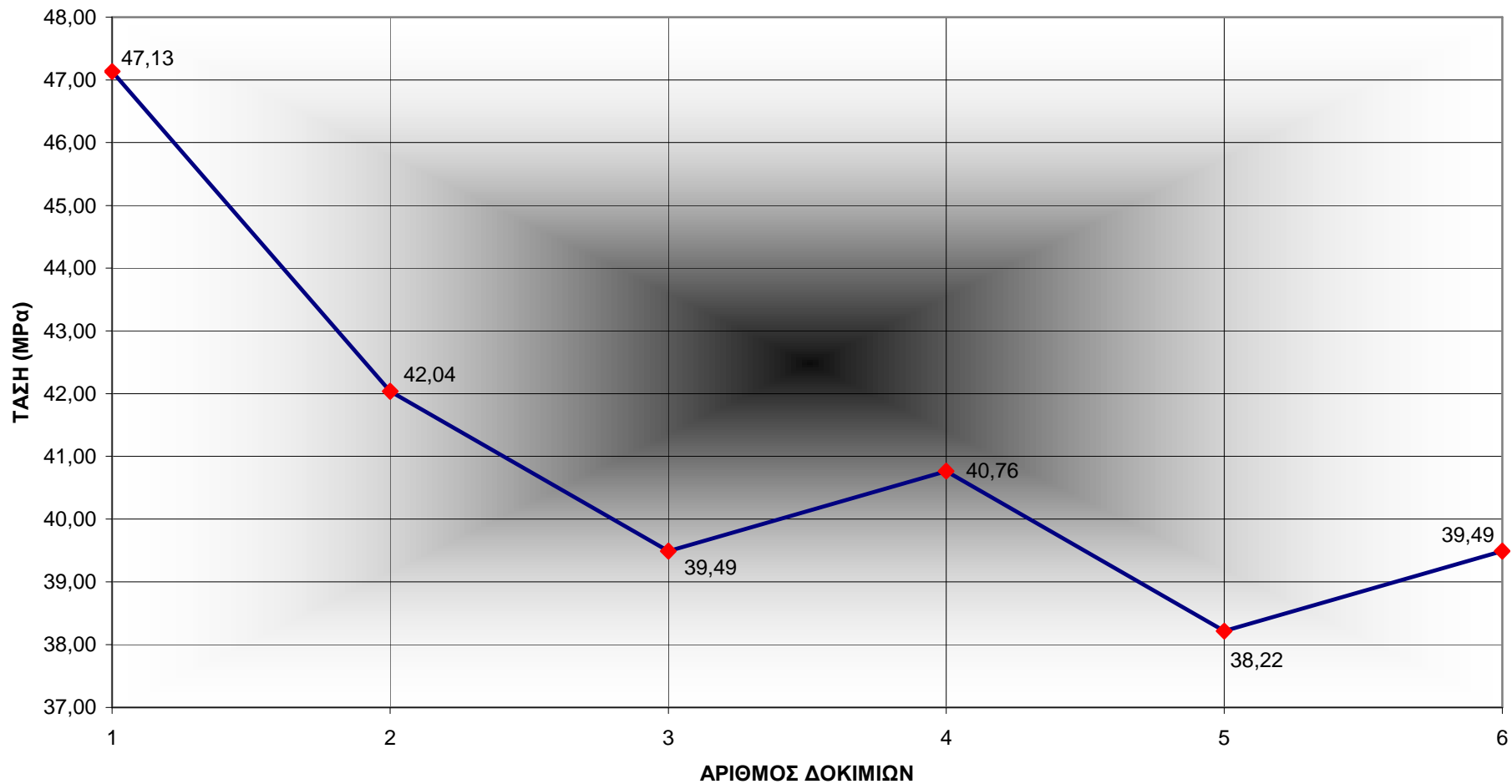
**ΑΝΤΟΧΕΣ ΠΥΡΙΝΩΝ (ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΙΙΙ)**  
**Υπερευστοποιητής Παλαιάς Γενιάς / Τύπος Τσιμέντου 42,5N**



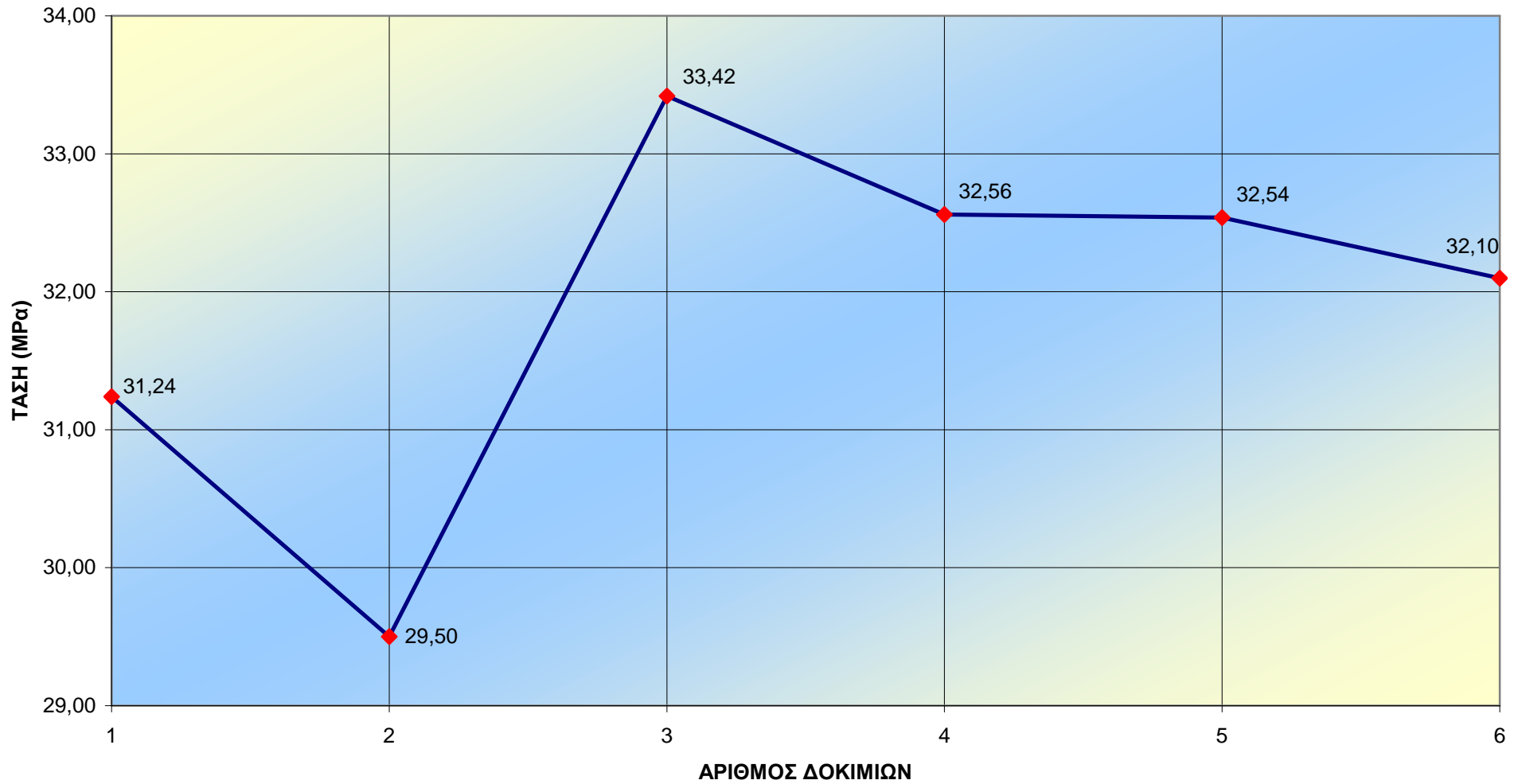
**ΑΝΤΟΧΕΣ ΚΥΒΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (ΜΑΡΤΥΡΑΣ IV)  
Υπερευστοποιητής Νεάς Γενιάς / Τύπος Τσιμέντου 42,5N**



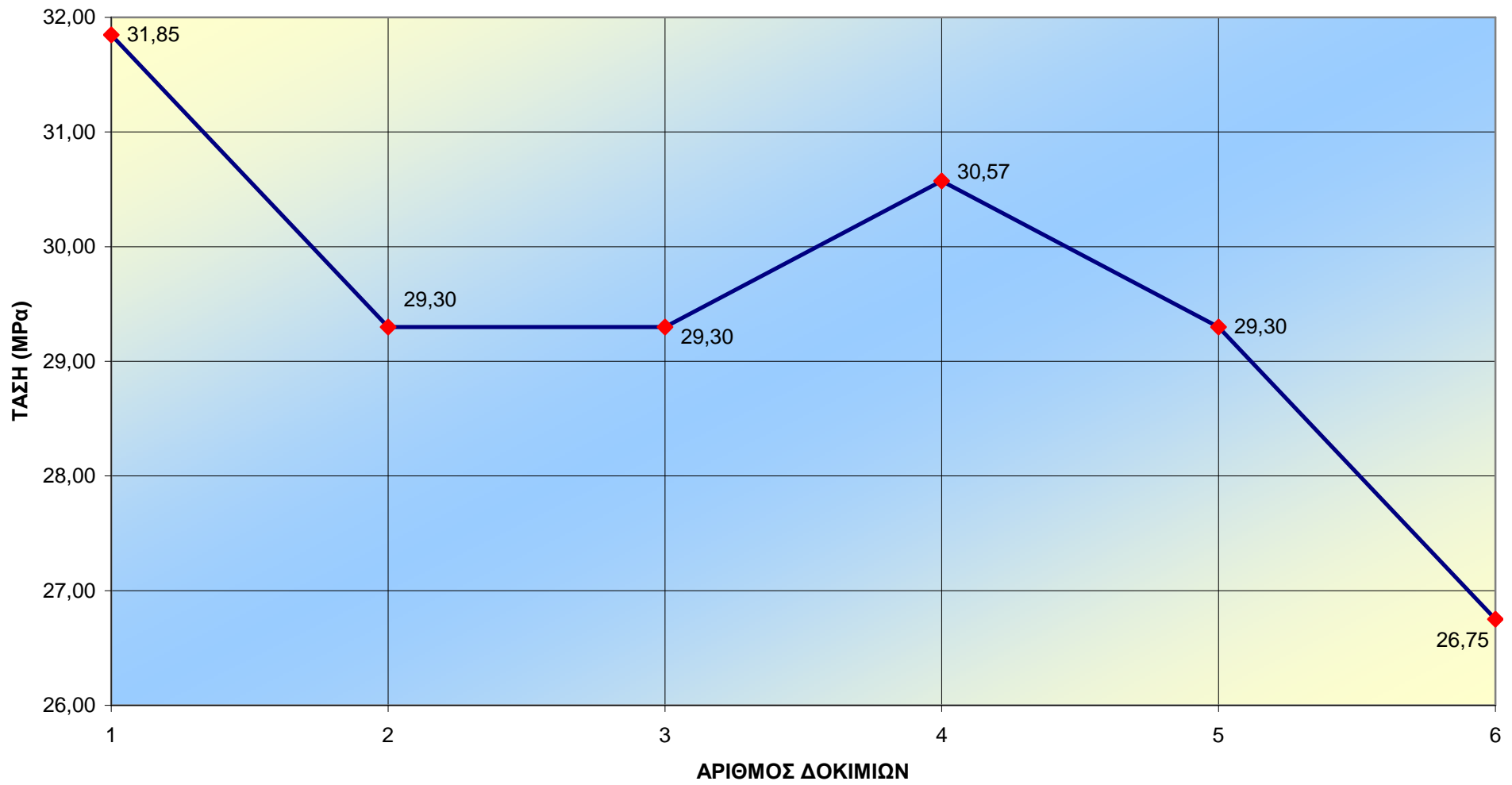
**ΑΝΤΟΧΕΣ ΠΥΡΙΝΩΝ (ΜΑΡΤΥΡΑΣ IV)**  
**Υπερευστοτοποιητής Νεάς Γενιάς / Τύπος Τσιμέντου 42,5N**



**ΑΝΤΟΧΕΣ ΚΥΒΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΙΙ)**  
**Υπερευστοποιητής Παλαιάς Γενιάς / Τύπος Τσιμέντου 32,5N**

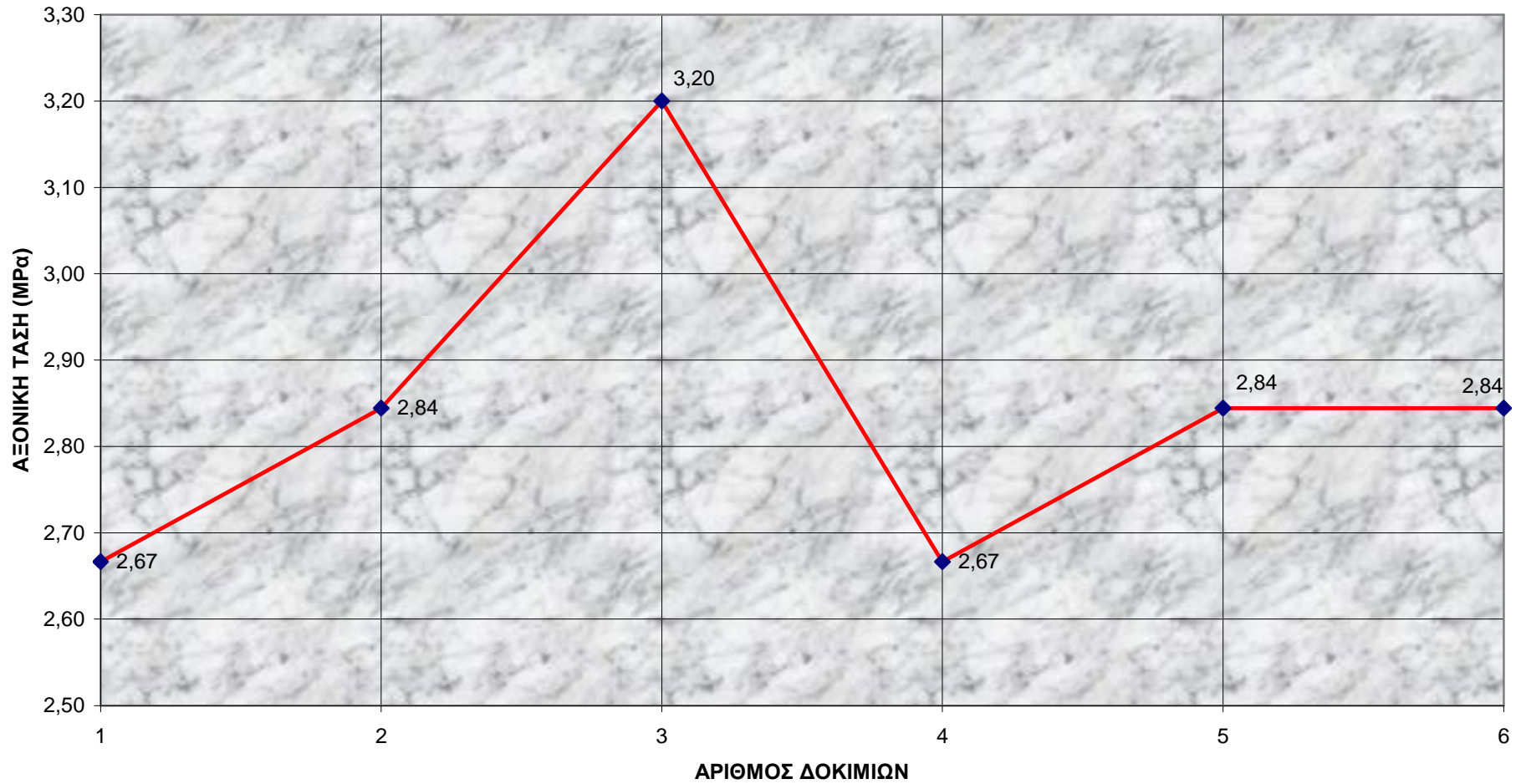


**ΑΝΤΟΧΕΣ ΠΥΡΙΝΩΝ (ΜΑΡΤΥΡΑΣ ΙΙ)**  
**Υπερευστοποιητής Παλαιάς Γενιάς / Τύπος Τσιμέντου 32,5N**

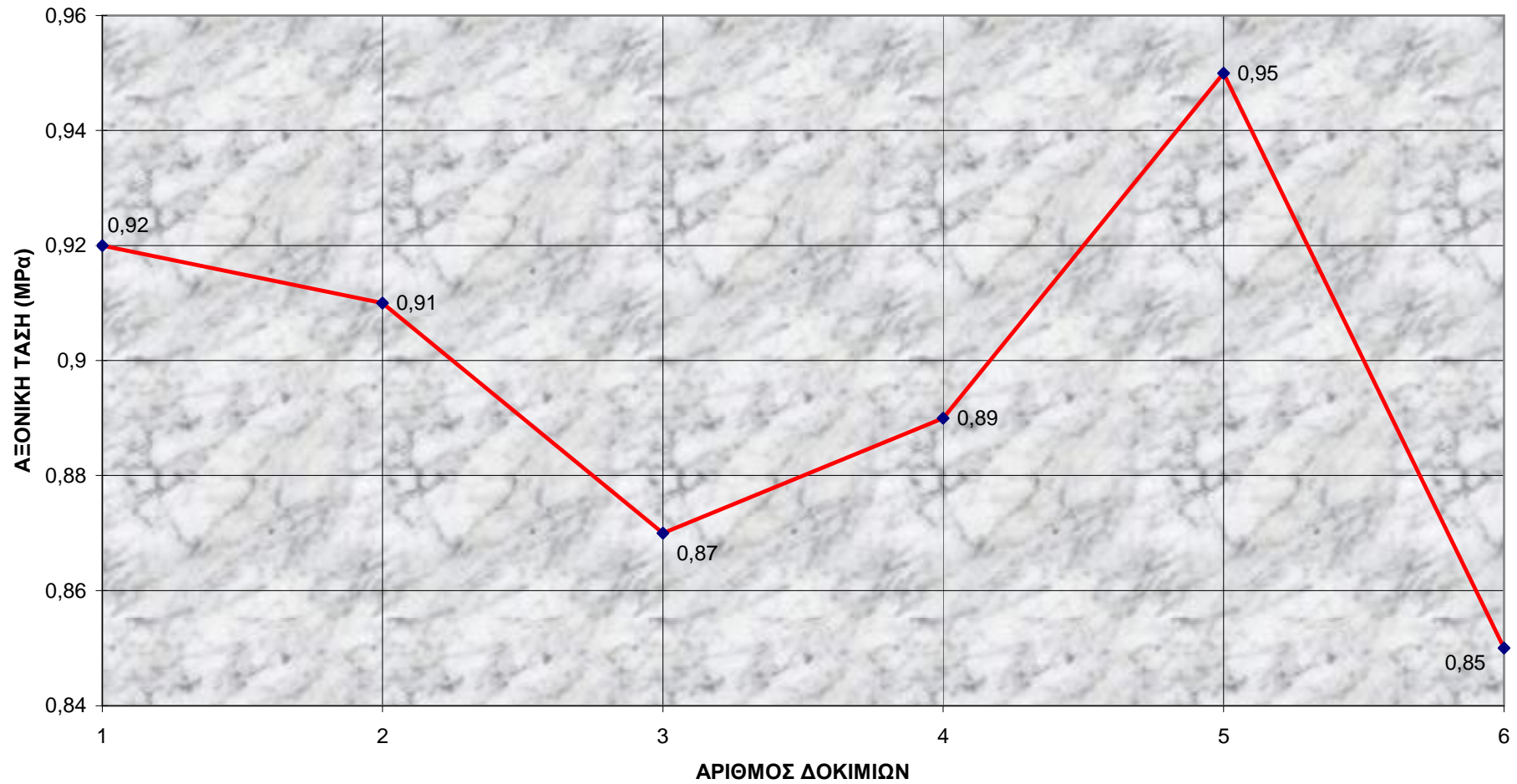




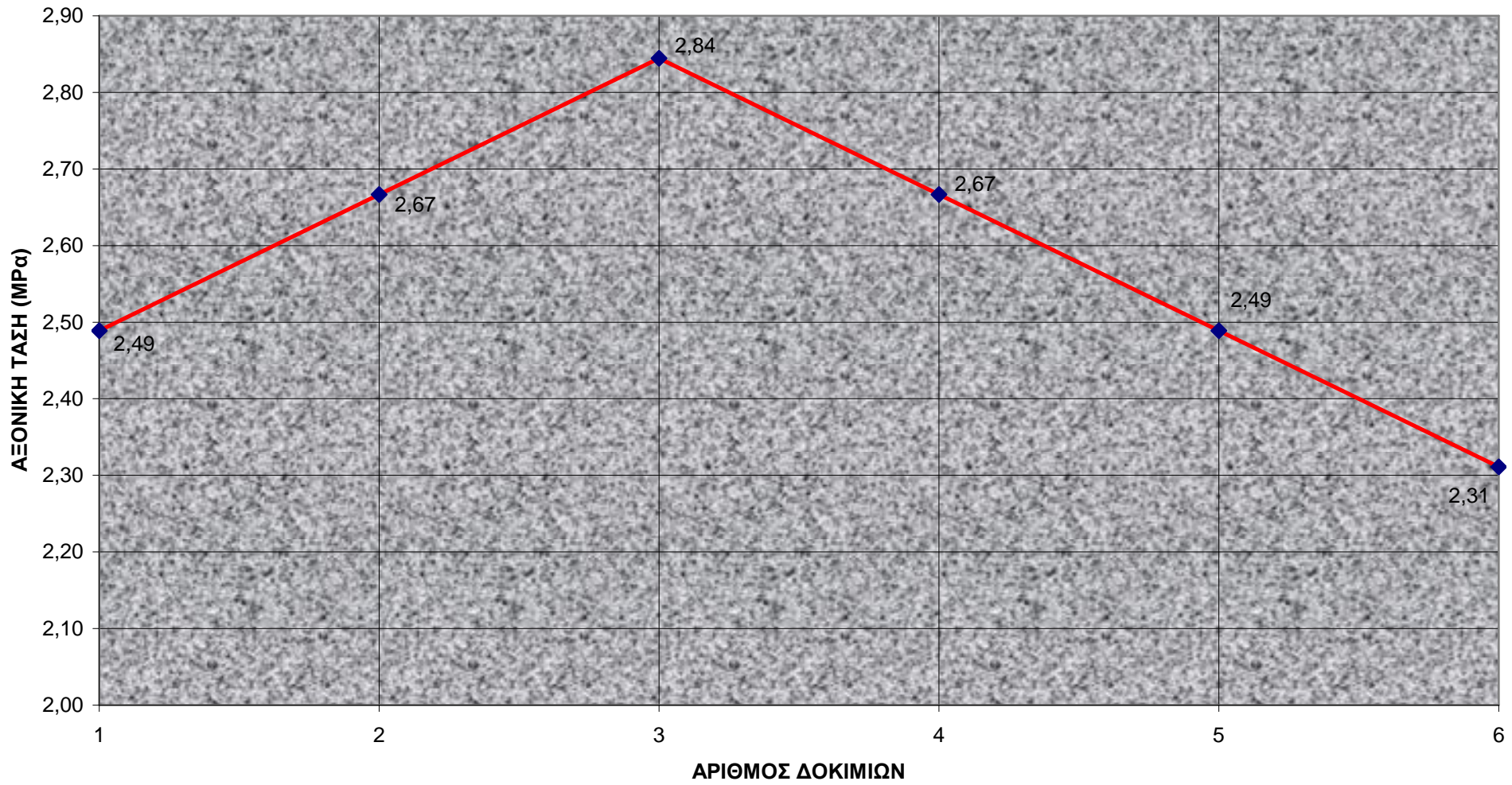
**ΑΝΤΟΧΕΣ ΔΟΚΑΡΙΩΝ (ΔΟΚ2)**  
**Υπερευστοποιητής Νέας ενιάς / Τύπος Τσιμέντου 42,5N / Αναστολέας Ενυδάτωσης**



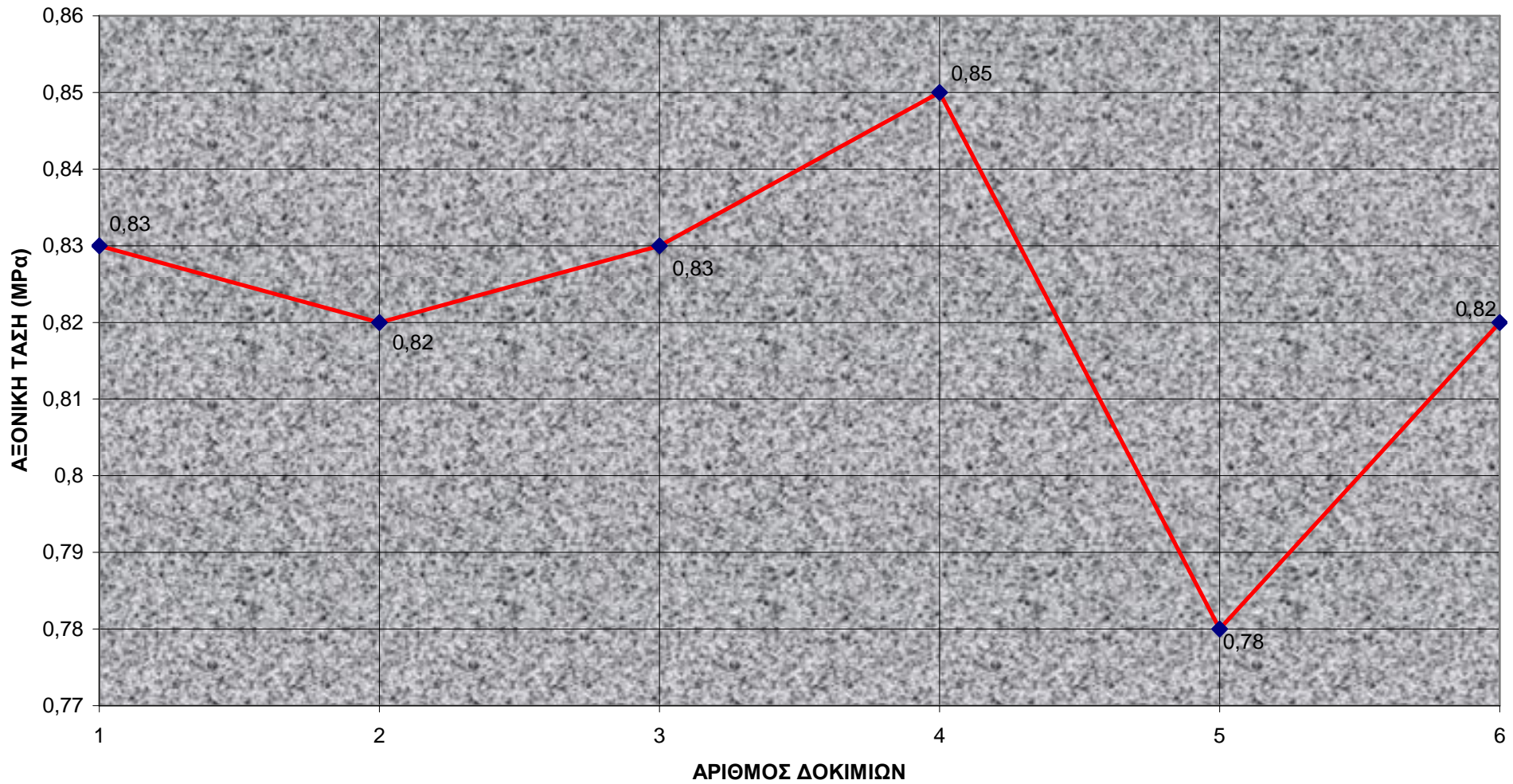
**ΑΝΤΟΧΕΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (ΔΟΚ2)**  
**Υπερευστοποιητής Νέας Γενιάς / Τύπος Τσιμέντου 42,5N / Αναστολέας Ενυδάτωσης**



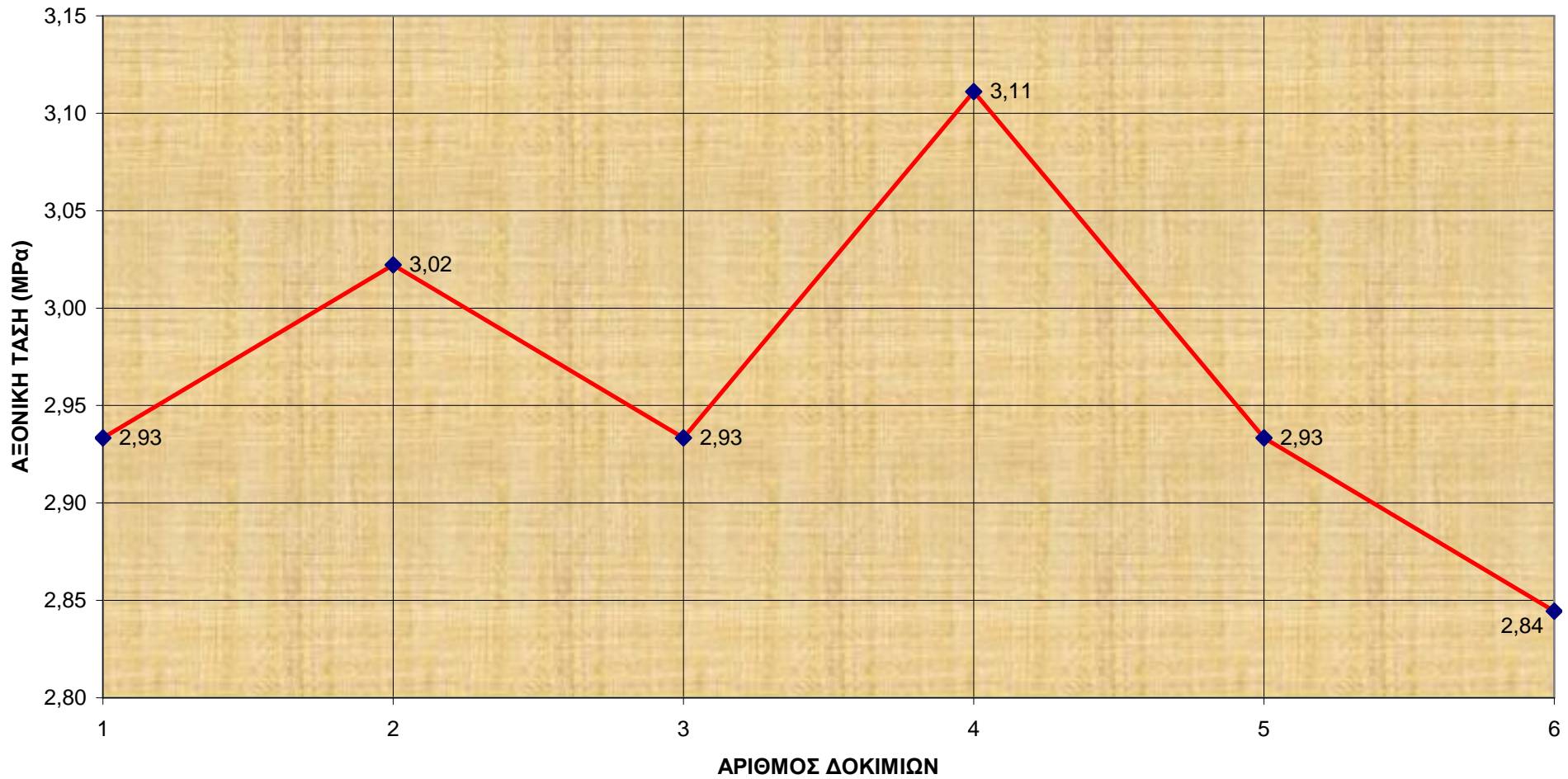
**ΑΝΤΟΧΕΣ ΔΟΚΑΡΙΩΝ (ΔΟΚ1)**  
**Υπερευστοποποιητής Νέας Γενιάς / Τύπος Τσιμέντου 32,5N / Αναστολέας Ενυδάτωσης**



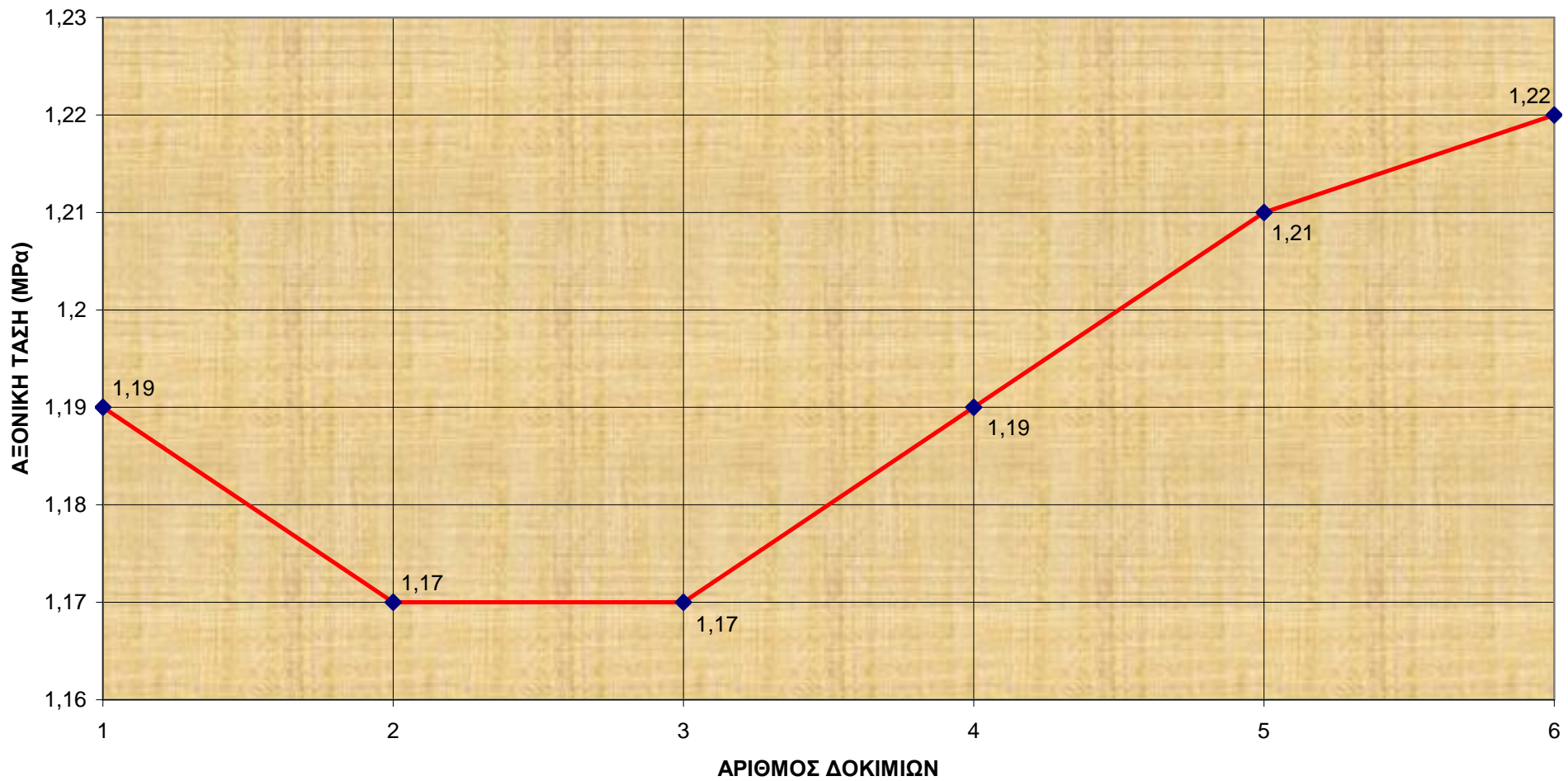
**ΑΝΤΟΧΕΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (ΔΟΚ1)**  
**Υπερευστοποποιητής Νέας Γενιάς / Τύπος Τσιμέντου 32,5N / Αναστολέας Ενυδάτωσης**



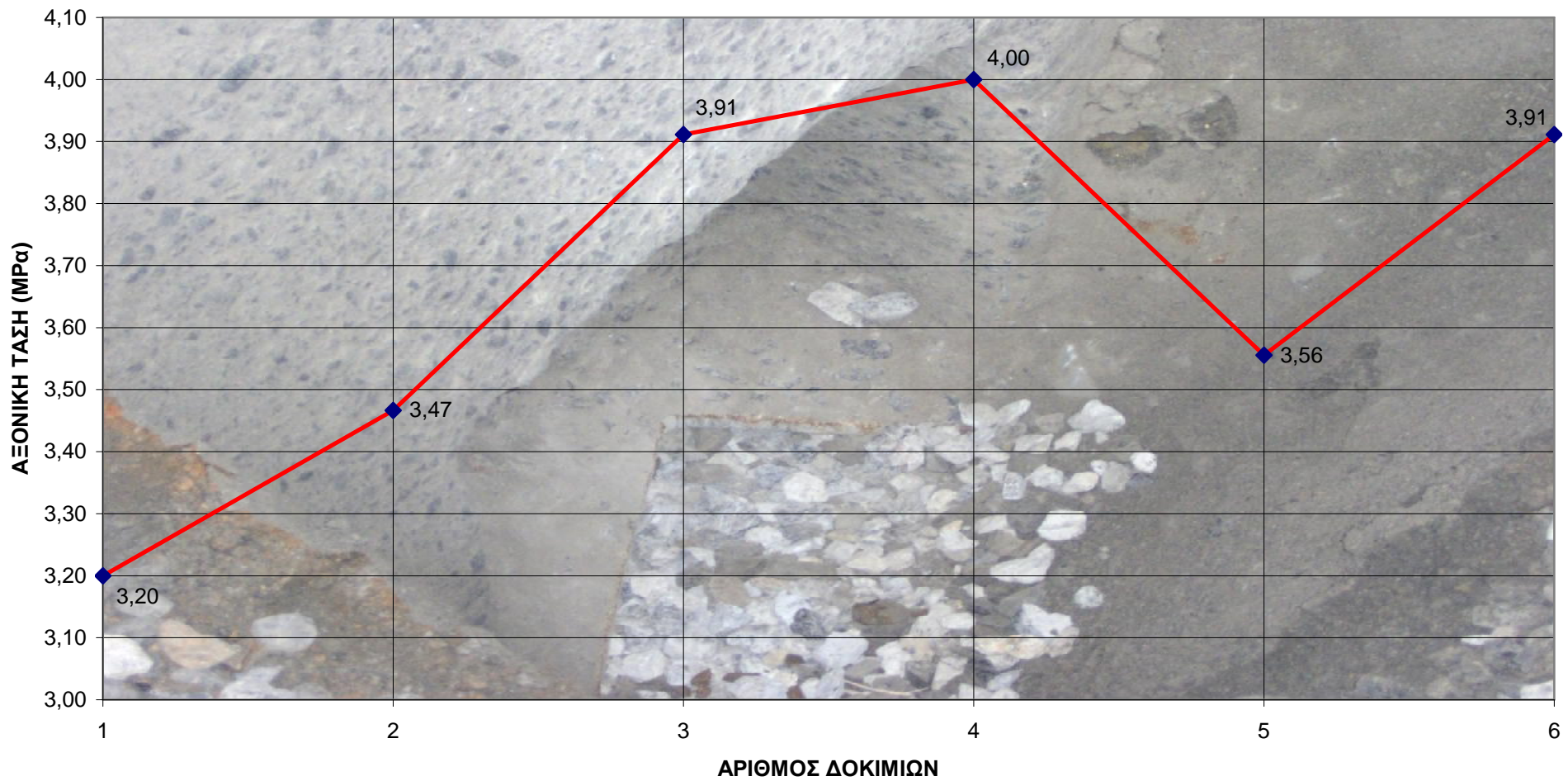
**ΑΝΤΟΧΕΣ ΔΟΚΑΡΙΩΝ (ΔΟΚ3)**  
**Υπερευστοποποιητής Νέας Γενιάς / Τύπος Τσιμέντου 42,5N/ Αναστολέας Ενυδάτωσης / 30% Ίνες**  
**Χάλυβα**



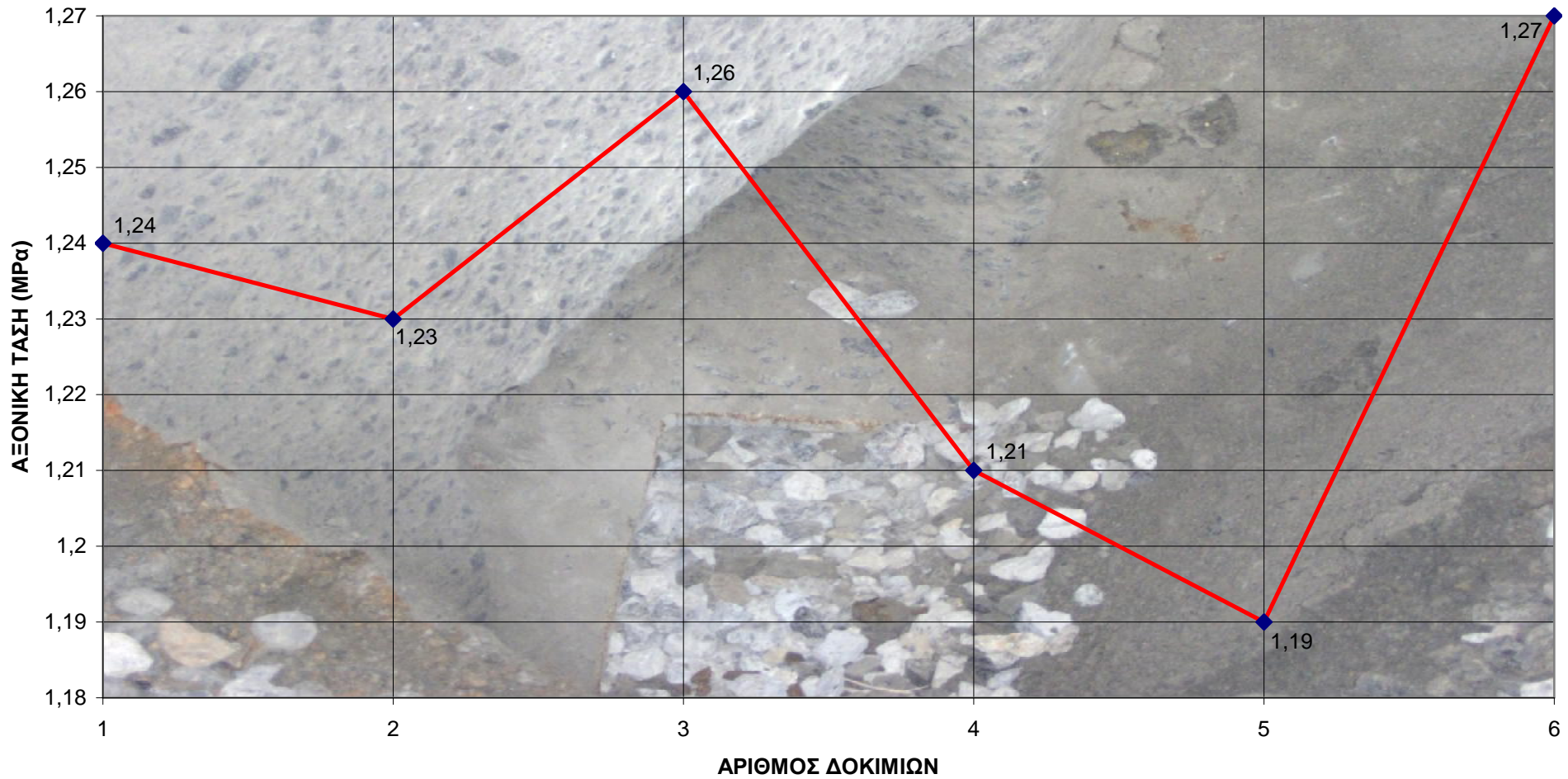
**ΑΝΤΟΧΕΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (ΔΟΚ3)**  
**Υπερευστοποιητής Νέας Γενιάς / Τύπος Τσιμέντου 42,5N/ Αναστολέας Ενυδάτωσης / 30% Ίνες**  
**Χάλυβα**



**ΑΝΤΟΧΕΣ ΔΟΚΑΡΙΩΝ (ΔΟΚ4)**  
**Υπερευστοποιοητής Νέας Γενιάς / Τύπος Τσιμέντου 42,5N/ Αναστολέας Ενυδάτωσης / 45% Ίνες**  
**Χάλυβα**

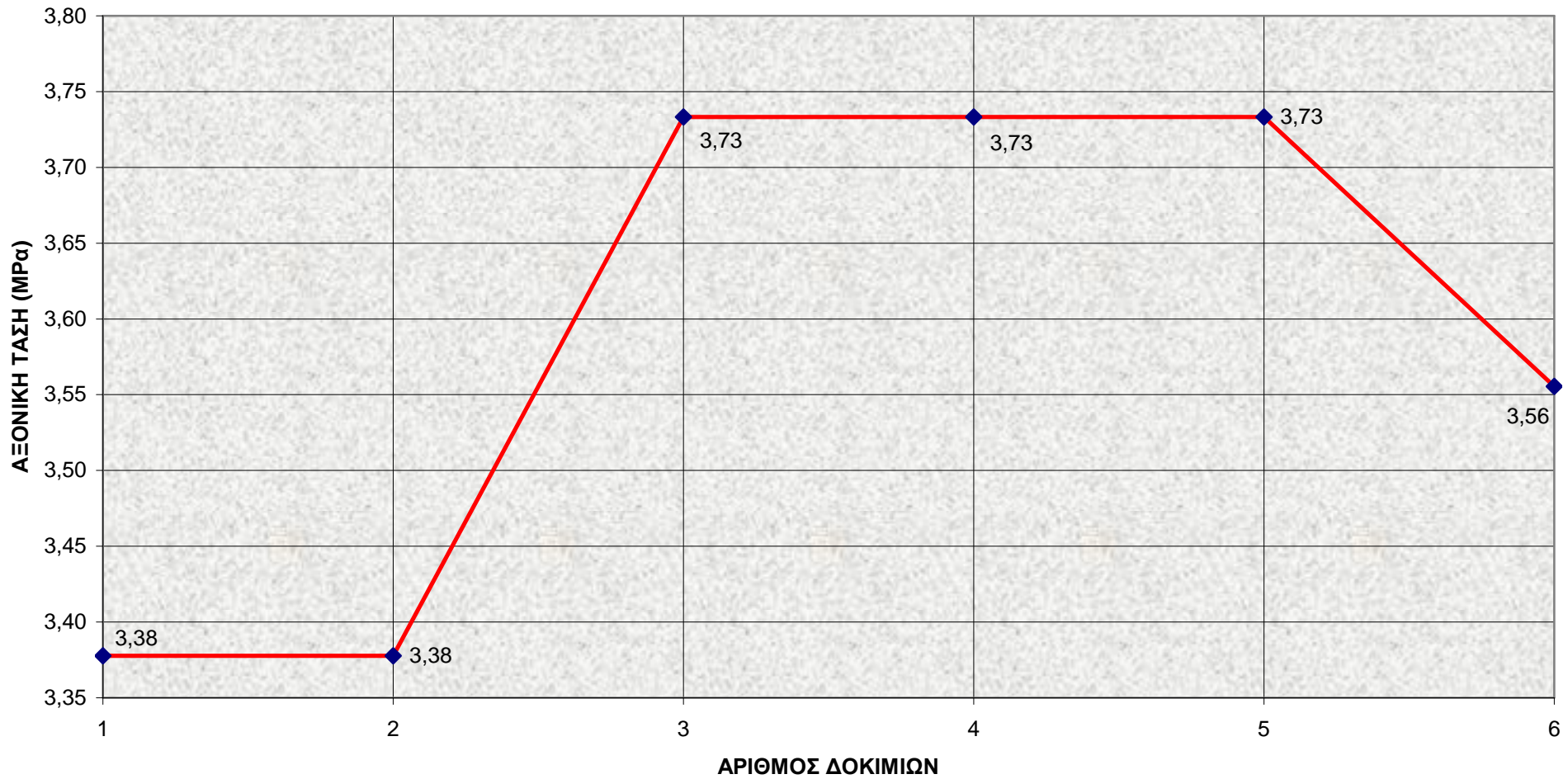


**ΑΝΤΟΧΕΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (ΔΟΚ4)**  
**Υπερευστοποιοητής Νέας Γενιάς / Τύπος Τσιμέντου 42,5N/ Αναστολέας Ενυδάτωσης / 45% Ίνες**  
**Χάλυβα**

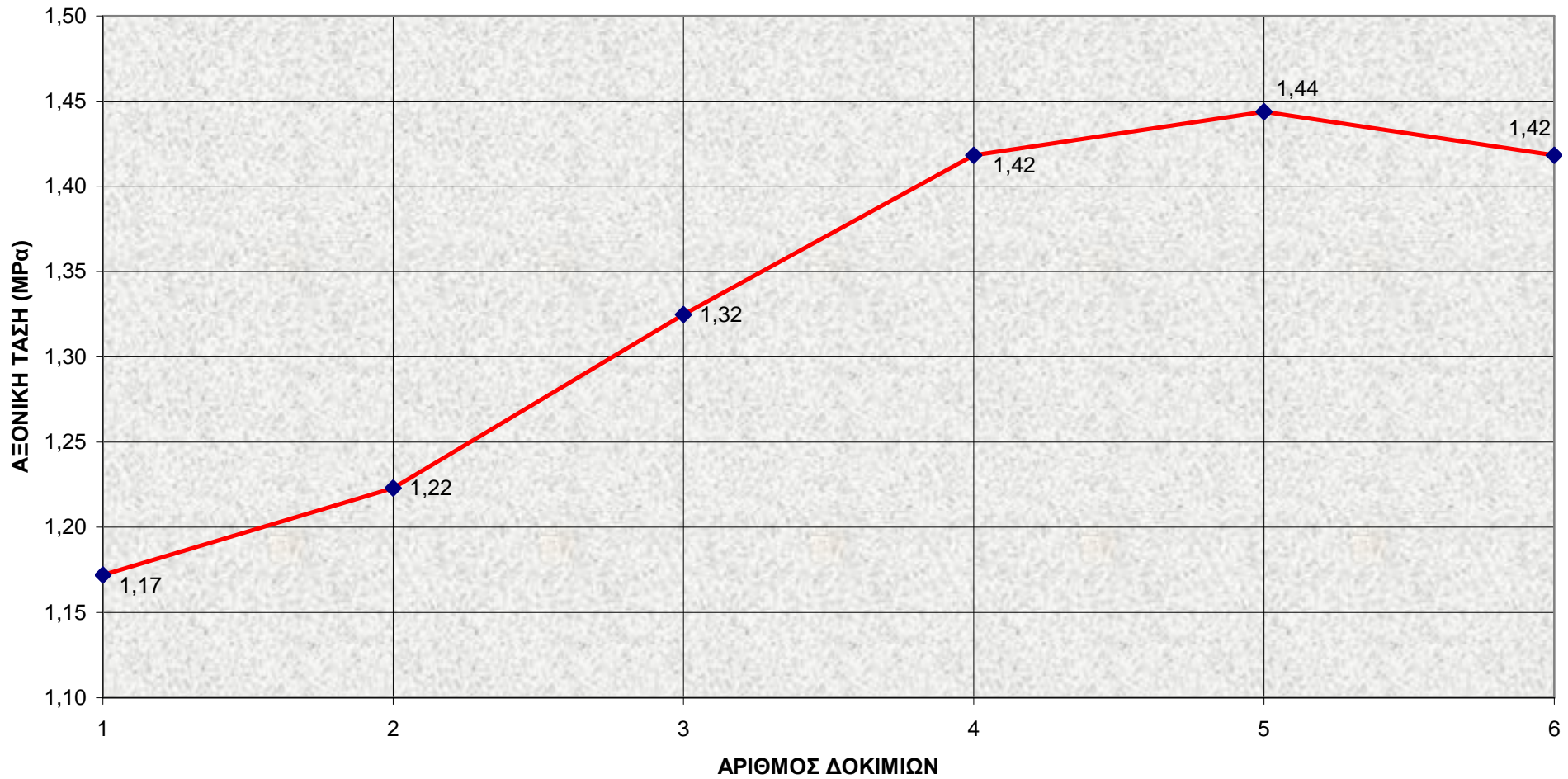




**ΑΝΤΟΧΕΣ ΔΟΚΑΡΙΩΝ (ΔΟΚ5)**  
**Υπερευστοποιοητής Νέας Γενιάς / Τύπος Τσιμέντου 42,5N/ Αναστολέας Ενυδάτωσης / 60% Ίνες**  
**Χάλυβα**



**ΑΝΤΟΧΕΣ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (ΔΟΚ5)**  
**Υπερευστοποιοητής Νέας Γενιάς / Τύπος Τσιμέντου 42,5N/ Αναστολέας Ενυδάτωσης / 60% Ίνες**  
**Χάλυβα**



## 24. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι δοκιμές γίνανε μόνο στο χώρο του Εργαστηρίου Σκυροδέματος του Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ που μας παρείχε οτιδήποτε μας ήταν αναγκαίο σε σύγχρονο εξοπλισμό για την περάτωση των δοκιμών.

Από τα εργαστηριακά αναμίγματα προέκυψε ένα βέλτιστο ποσοστό υπερευστοποιητή παλαιάς και νέας γενιάς σε σχέση με τις αντοχές του μάρτυρα.

Στον έλεγχο θραύσης τα 4,05 κιλά ανα κ.μ Υπερευστοποιητή Νέας Γενιάς με χρήση τύπου Τσιμέντου CEM II 32,5N και 4,05 κιλά Υπερευστοποιητή Παλαιάς Γενιάς τύπου Τσιμέντου CEM II 42,5N δείξαν διαφορετική συμπεριφορά. Διαπιστώθηκε ότι ο Υπερευστοποιητής Νέας Γενιάς ανταποκρίνεται καλύτερα με το CEM II 42,5N και η ποσότητα των ινών που αυξάνει την καμπτική – εφελκυστική αντοχή είναι τα 45 Κιλά στο Κυβικό μέτρο .

Πρέπει όμως να γίνουν και άλλες δοκιμές για περαιτέρω αξιολόγηση, δοκιμές με ίνες διαφόρων μηκών – διαμέτρων , χαλύβδινες και πλαστικές.

Επίσης πρέπει να γίνει εφαρμογή αυτών των συνθέσεων με επιτόπου δοκιμές όπου επιδρούν και άλλοι παράγοντες όπως : υγρασία, θερμοκρασία , χειριστές , μηχανήματα κ.τ.λ.

Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους Καθηγητές μας κ.κ Δρ Θ. Γεωργόπουλο και Δ. Παγανό για την παροχή του εργαστηρίου οπλισμένου σκυροδέματος του ΑΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ για την πραγματοποίηση των εργαστηριακών δοκιμών και για την βοήθεια που μας παρείχαν καθόλη την διάρκεια της πτυχιακής μας.

Επίσης ευχαριστούμε τον κο Ζ. Χρήστου, ΕΤΠ του τμήματος Πολιτικών Έργων Υποδομής για την βοήθεια του τόσο στην πραγματοποίηση των εργαστηριακών δοκιμών αλλά και για την πληροφόρηση που μας παρείχε από την εργοταξιακή εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος.

## 25. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μ. Μιχαηλίδης - Σεμινάριο ΕΡΓΟΣΕ 2000 – εκτοξευμένο σκυρόδεμα για υπόγεια έργα.
2. Δρ Θ. Γεωργόπουλος – Δ. Παγανός :Σημειώσεις εργαστηρίου σκυροδέματος ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ
3. Δρίτσος Σ. (2001): «Επισκευές και Ενισχύσεις Κατασκευών απο οπλισμένο Σκυρόδεμα»,σελ. 309, Βιβλ. Παπασωτηριου.
4. Δρίτσος Σ. (2004): «Επισκευες και Ενισχύσεις Κατασκευω απο Οπλισμενό Σκυρόδεμα - Κεφ. 2: Τεχνολογίες Εργασιών Επεμβάσεων», 'Εκθεση Ερευνητικού Προγράμματος ΟΑΣΠ (σε Προετοιμασία).
5. ΥΠΕΧΩΔΕ, (2000) : «Σχέδιο Προδιαγραφής για το Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, Ενημ. Δελτιο ΤΕΕ, Τευχ.2114, σελ. 64-81
6. 14<sup>ο</sup> Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος : (διάφορες παρουσιάσεις για εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ).
7. ΙΟΚ : Ινστιτούτο Οικονομίας Κατασκευών ( διάφορες ΠΕΤΕΠ πρόχειρες εθνικές τεχνικές προδιαγραφές ).
8. ΤΕΕ – Τράπεζα πληροφοριών.
9. ΚΤΣ (1997) : Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος
10. Διάφορες πληροφορίες από διαδίκτυο.
11. Εργαστήριο Κακιάς Σκάλας.
12. Ζ. Χρήστου: Σημειώσεις εκτοξευόμενου σκυροδέματος
13. ACI Committee 506 (1990): "Guide to Shotcrete", ACI Manual of Concrete Practice, Report 506R-90.
14. ACI Committee 506 (1991): "Guide to Certification of Shotcrete Nozzlewen", ACI Practice, Report 506.3R-91
15. ACI Committee 506 (1998): "Committee Report on Fiber Reinforced Shotcrete, ACI Practice, Report 506.1R-98.
16. ACI Committee 506 (1995): "Specification for Shotcrete" ACI Practice, Report 506.2-95.
17. ACI Committee 506 (1994): "Guide for the Evaluation of Shotcrete", ACI

Practice, Report 506.4R-94.

18. ASTM C1140: Preparing and Testing Specimens from Shotcrete Test Panels.

19. BASF : Προσπέκτους χημικών προσθέτων .

20. EFNARC : Ευρωπαϊκή προδιαγραφή για το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα , οδηγίες για μελετητές προδιαγραφών και αναδόχους .

21. EFNARC (1996): "European Specification for Sprayed Concrete", [www.efmarc.org](http://www.efmarc.org)

22. EFNARC (1999a): "European Specification for Sprayed Concrete - Guidelines for Specifiers and Contractors", [www.efnarc.org](http://www.efnarc.org)

23. EFNARC (1999b): "European Specification for Sprayed Concrete-Cheeklist for Specifiers and Contractors", [www.efnarc.org](http://www.efnarc.org)

24. Bickel J.O., Kuesel T.R. and King E.H. "Tunnel Engineering handbook, ch. 12 Shotcrete, Chapman & Hall.

25. Hoek E., Kaiser P.K. and Bawden W.F. "Support of underground excavations in hard rock, ch. 15 Shotcrete.

26. Maidl B. Handbuch fur spritzbeton, W. Ernst & Sohn

27. Maidl B. Handbuch des tunnel und stollenbaus, verlag Gluckauf

28. Morgan D. R. and Sherril F.A., "Recent Developments in Wet and Dry Process

29. Shotcrete", 1988 World of Concrete, Seminar 8-21.

30. Henager C.H., "Design of Fibrous Shotcrete for Ground Support", Battelle, Sept. 1980.

31. Hannant D.J., "Fiber Cements and Fiber Concretes", John Wiley and Sons 1987 .

32. Opsahl O.A., "Wet Process Steel Fibrous Shotcrete in Norway".

33. Holmgren B.J., "Tunnel Linings of Steel Fiber Reinforced Shotcrete", 5<sup>th</sup> International Congress in Rock Mechanics, Melbourne 1983.

34. 23 .Intradym - Winterthur (CH), "Stahlfaser Spritzbeton als Variante zur Tunnel - sicherung".

24. Morgan D.R. and Mowat D.N " A Comparative Evaluation of Plain, Mesh and Steel Fiber Reinforced Shotcrete", Hardy Associates, International Symposium in

Fibre Reinforced Concrete -Detroit, Sept. 1982.

35. Rose Don, 1985, "Steel Fiber Reinforced Shotcrete for Tunnel Linings: The state of the Art".
36. Kompen R. and Opsahl I.A., 1986, "Wet Process Shotcrete with Steel Fibers and Silica Fume, State of the Art in Norway".
37. Morgan D.R., "Dry mix Silica Fume Shotcr - in Wes term Canada" presented at the Second International Conference 19 the Ose of Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete, Madrid (Spain, April 21-25, 1986).
38. Ramakrishnan V .and Sivasa? V "Performance Characteristics of Fiber Reinforced Condensed Silica Fume Concretes", presented at the First International Conference in the Use of Fly Ash, Silica Fume, Slag and Other Mineral By - Products in Concrete, Montebello, Canada, July 1983, ACI Publication SP79-43, pp. 797-812.
39. Kuesel T.R., "Principles of Tunnel Lining Design", Tunnels and Tunneling, April 1987, pp. 25-28.
40. TeichertP., "Shotcrete", Laich-Avegno (CH), 1981.
41. Holmgren J ., "Bolt Anchored Steel Fiber Reinforced Shotcrete Linings", Swedish Fortification Administration, 1985.
42. Hardy Associates, Bumaby B.C. (Canada), Report 19 Accelerator Modified Shotcrete, Prepared for Target Concrete Products, 1981.
43. Skurdal S. and Opsahl O.A., Dramix Shotcrete in Ground Support, Large Scale Testing", Robocon Shotcreting Systems -Norway 1985.
44. Roisin V., "Innovation at the Cross-Roads of Europe", Tunnels and Tunneling, May 1989, pp. 63-66.
45. Nemegeer D., "An Identity Chart for Steel Fibers", presented at Fiber Reinforced Cements and Concretes -Recent Developments, Cardiff 16-20 September 1989.
46. American Concrete Institute, ACI 506R-85, "Guide to Shotcrete", 1985.
47. American Society for Testing and Materials, ASTM C1018-85, "Standard Specification for Steel Fibers for Fiber Reinforced Concrete", 1985.
48. American Society for Testing and Materials, ASTM C1018-85 "Standard Test Method for Flexural Toughness and First-Crack strength of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam with Third-point Loading), 1985.
49. Grzybowski M. and Shah S.P ., "Shrinkage Cracking of Fiber Reinforced

Concrete", NSF Center for Science and Technology of Advanced Cement-Based Materials.

50. The Japan Society of Civil Engineers (JSCE), "Recommendation for Design and Construction of Steel Fiber Reinforced Concrete", June 1984.
51. Allievi E., "Premill e Shotcrete con Dramix sulla direttissima Roma Firenze", Quarry and Construction, May 1989, pp. 35-36.
52. Longelin R. and Le Goer Y. (Sipremec, France) and Van Walsum E. (Consulting Engineer -Quebec/Montreal), "Mechanical Pre-Cutting as a Tunneling Technique".
53. Association Francaise du Betton, "Guide du Betton Projette", No 98 bis, Octobre 1977.
54. Din 1045, "Beton- und Stahlbetonbau, Bemessung und Ausführung"
55. Allievi E., "Gunita Fibroarmata con Dramix per la Galleria di Strettara sulla S.P. No 3 Estense". Morgan D.R., "Steel Fiber Shotcrete for Rehabilitation of Concrete Structures", Transportation Research Record 1003, Washington B.C.
56. Hoff G.C., "Durability of Fiber Reinforced Concrete in a Severe Marine Environment", Catherine and Briant, Mather International Conference on Concrete Durability, Atlanta, Georgia, April 27 -May 1 1987.
57. Little T., "An Evaluation of Steel Fiber Reinforced Shotcrete", 36th Canadian Geotechnical Conference, Vancouver B.C., June 1983.
58. American Society for Testing and Materials, ASTM C78, "A Standard Test for Flexural Strength using simple Beams with Third Point Loading (dimensions 150 - 150 - 600 mm -span width 450 mm).
59. Sauer G., "Light at the End of the Tunnel", Construction Technology International, 1990.
60. Bolcskey D. Dr E., TU Wien, "Dramix Stahlfaserboden in Industriebau", 1990.
61. Bergfors A. (Gammon/Dragages/Skanska J.V.), Coates R. (Mott, Hay and Anderson -Hong Kong), Ostfjord S. (Stabilator Sweden), "SFRS in Shing Mun Tunnels Hong Kong -Specifying for Innovation".
62. Morgan D.R. and Mc Askill I. "Rocky Mountain Tunnels Lined with SFRS", Concrete International -December 1984.
63. Calcerano G. "Comportamento dei Rivestimenti di Conglomerato Cementizio Fibroso nelle Gallete Soggette a Forti Deformazioni".
64. Garshol K., "Development of Mechanised Wet Mix Shotcrete Application in

the Norwegian Tunneling Industry", paper presented at the Engineering Foundation Conference "Shotcrete for Underground Support V -Uppsala, Sweden, Advances in Shotcrete Technology", June 4-8, 1990.

65. Craig R., "Flexural Behavior and Design of Reinforced Fiber Concrete Members", SP 105-28, American Concrete Institute, Detroit

66. Roux J., Cheminais J., Rivallain G. et Mourand C. (SNCF), Durand G. (Laboratoires Alpes Essais), "Betton Projette par voie seche avec incorporation de fibres", Tunnels et Ouvrages Souterrains (AFTES), no 92 Mars-Avril 1989.

67. Fassler G. (Amberg Ingenieurburo, CH), "Stahlfaser spritzbeton", June 1990

68. SINTEF (Norway), "Determination of Compressive Strength and Flexural Toughness of Fiber Reinforced Shotcrete", Test Program ordered by A/S Scancem Chemicals, Skarer -Norway, 1990.

69. Guideline on Shotcrete, Part E -Application (Issue January 1990), Part II – Testing Methods (Issue June 1991); The Austrian Concrete Society.

70. Projecto de Norma UNE 83.600 -Hormigon y Morteros Proyectados. Clasificacion y definiciones.

71. Michel Legrand (Ce. Tu), Marc Ascani (ITPE-DDE des Alpes-Maritimes), Remy Fourcaud (Bee Freres S.A.) 'Betton Projette Fibre, L' experience du tunnel du Reveston", Tunnels et Ouvrages Souterrains no 103, Janvier-Fevrier 1991, pp. 19-24.

72. Grosche K.W., M. Wacker, "Tunnelausbau mit Stahlfaserbeton, Hohe Betontechnik fur S -Bahn-Netz Rhein-Ruhr"; Beton, Aprill991.