

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : Αναπληρωτής Καθηγητής Στυλιανός Κόλιας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ
ΤΗΝ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΔΗΛΑΒΕΡΗ

ΧΡΗΣΤΟΣ ΖΑΓΟΡΙΑΝΑΚΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 1999

Το λιγότερο που μπορούμε να κάνουμε χρησιμοποιώντας το γραπτό λόγο, για να εκφράσουμε το σεβασμό και την εκτίμηση , στο πρόσωπο του Αναπλ. Καθηγητή κου Σ.Κόλια , είναι να πούμε ένα μεγάλο "ευχαριστώ". Από την αρχή μέχρι το τέλος της εργασίας μας, η βοήθεια του σε όλους τους τομείς , υπήρξε αγαστή , προκειμένου να επιτευχθεί το καλύτερο αποτέλεσμα. Επίσης πρέπει να ευχαριστήσουμε , τόσο την Ένωση Τσιμεντοβιομηχανιών Ελλάδας για την φιλοξενία που μας προσέφερε στο εργαστήριο της, για τη διεξαγωγή των πειραμάτων , όσο και την εταιρία MAC Μπετόν Ελλάς Α.Ε. που μας παρείχε τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. Τέλος,οφείλουμε να τονίσουμε τη σημαντική βοήθεια που πρόσφερε ο Φίλιππος Δηλαβέρης στην ολοκλήρωση της Διπλωματικής Εργασίας.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Μέχρι πρόσφατα, υπήρχε η αντίληψη ότι το ανθεκτικό σκυρόδεμα χρειάζεται να έχει μόνο υψηλή αντοχή, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η επίδραση των φυσικοχημικών αντιδράσεων, που λαμβάνουν χώρα και προκαλούν σημαντικές και πολλές φορές ανεπτανόρθωτες φθορές στις κατασκευές από σκυρόδεμα.

Προκειμένου λοιπόν να γίνει μιά πιο εμπεριστατωμένη μελέτη για τους παράγοντες που επηρεάζουν την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος, η εργασία που εκπονήθηκε αποτελείται από δύο μέρη :

- το θεωρητικό μέρος , στο οποίο ερευνήθηκαν και καταγράφηκαν όλα τα στοιχεία που έχουν να κάνουν με τα υλικά παρασκευής και τις ιδιότητες του σκυροδέματος , καθώς και τους κυριότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ανθεκτικότητά του.
- το πειραματικό μέρος , όπου εκτελέστηκαν τα εξής :
 - μέτρηση αρχικής (24hrs) και τελικής (28days) αντοχής
 - προετοιμασία των δοκιμών για το πείραμα της ενανθράκωσης-υδατοαπορρόφησης
 - μέτρηση υδατοαπορρόφησης σαν ένδειξη της διαπερατότητας
 - μέτρηση του βάθους ενανθράκωσης

Αξίζει να σημειωθεί, ότι οι προδιαγραφές για την προετοιμασία των δοκιμών, (προκειμένου να βρίσκονται σε ισορροπία με μια σχετ.υγρασία, 75%, και να προσεγγίζονται οι συνθήκες που επικρατούν στις κατασκευές), εκδόθηκαν τον Απρίλιο του τρέχοντος έτους κατά RILEM TC 116-PCD και εφαρμόστηκαν για πρώτη φορά στο Ε.Μ.Π. κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Όλα τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτή τη μελέτη, εντάσσονται στο μεγάλο εύρος της επιστημονικής έρευνας που διεξάγεται ασταμάτητα, προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η ποιότητα και κατ'επέκταση η χρήση του σκυροδέματος στις κατασκευές.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	1-15
1.1 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	
1.2 ΤΣΙΜΕΝΤΟ	
1.2.1 Παραγωγή τσιμέντου	
1.2.2 Χημική σύσταση	
1.2.3 Τύποι τσιμέντου και κατηγορίες αντοχής	
1.2.4 Ενυδάτωση τσιμέντου	
1.2.5 Μικροδομή	
1.2.6 Φαινόμενα που συνοδεύουν την ενυδάτωση	
1.2.6.1 Συστολή ενυδάτωσης ή χημική συστολή	
1.2.6.2 Θερμότητα ενυδάτωσης	
1.3 ΝΕΡΟ ΑΝΑΜΙΞΕΩΣ	
1.4 ΑΔΡΑΝΗ	
1.4.1 Καθαρότητα	
1.4.2 Μορφή των κόκκων	
1.4.3 Αντοχή των αδρανών	
1.4.4 Κλάσματα αδρανών- Οι κυριότερες απαιτήσεις για τα αδρανή	
1.4.5 Κοκκομετρική σύνθεση ή διαβάθμιση	
1.5 ΧΗΜΙΚΑ ΠΡΟΣΘΕΤΑ	
2. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	16-25
2.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΝΩΠΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	
2.1.1 Εξίδρωση	
2.1.2 Απόμιξη	
2.1.3 Εργάσιμο	
2.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΣΤΕΡΕΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	
2.2.1 Η αντοχή σε εξωτερικές δυνάμεις	
2.2.1.1 Γενικά για την αντοχή	
2.2.1.2 Η αντοχή του σκυροδέματος και ο μηχανισμός της θραύσης	
2.2.1.3 Η αντοχή στις διάφορες μορφές καταπονήσεως	
2.2.1.4 Η ανάπτυξη της αντοχής με το χρόνο	
2.2.1.5 Η εξάρτηση της αντοχής από την ποσότητα του νερού	
2.2.2 Ελαστική και πλαστική συμπεριφορά	
2.2.3 Χρόνια συστολή και χρόνια διαστολή σκυροδέματος	
2.2.4 Ερπυσμός	
2.2.5 Το πορώδες	
3. ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	26-43
3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ - ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	
3.2 ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	
3.2.1 Γενικά για την διαπερατότητα	
3.2.1.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την διαπερατότητα σκυροδέματος	
3.2.1.2 Απορρόφηση του σκυροδέματος	
3.2.2 Αντίδραση μεταξύ αλκαλίων - αδρανών	
3.3 ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ	
3.3.1 Χημικές επιδράσεις	
3.3.1.1 Θειικά άλατα	
3.3.1.2 Χλωριούχα άλατα	
3.3.1.2.1 Θαλασσινό νερό	

3.3.1.2.2	Αντιπαγωτικά άλατα	
3.3.1.2.3	Οξέα	
3.3.2	Φυσικές επιδράσεις	
3.3.2.1	Παγετός	
3.3.2.2	Υψηλές θερμοκρασίες	
3.3.3	Μηχανικές επιδράσεις	
3.3.3.1	Απότριψη σκυροδέματος	
3.3.3.2	Μηχανισμός σπηλαίωσης	
3.4	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	
3.5	ΕΛΕΓΧΟΙ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	
3.5.1	Δοκιμή Αρχικής Επιφανειακής Απορρόφησης (I.S.A.T.)	
3.5.2	Δοκιμή διαπερατότητας Figg	
3.5.3	Δοκιμή διαπερατότητας στο νερό ή στον αέρα υπό πίεση	
4.	ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ	44-47
4.1	ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΧΗΜΙΚΑ ΠΡΟΣΘΕΤΑ	
4.1.2	Νέα γενιά υπερευστοτοποιητών	
4.2	ΤΡΟΠΟΣ ΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΩΝ	
4.3	ΕΝΝΟΙΑ ΡΕΟΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	
4.3.1	Πλεονεκτήματα του ρεοπλαστικού σκυροδέματος	
5.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ	48-71
5.1	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	
5.2	ΓΕΝΙΚΑ	
5.3	ΥΛΙΚΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
5.4	ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ	
5.4.1	Σχόλια στους υπολογισμούς της θεωρητικής και πειραματικής πυκνότητας	
5.5	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΑΜΙΞΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
5.6	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
5.7	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
5.7.1	Δοκιμή θραύσης	
5.7.2	Προεπεξεργασία δοκιμών για τη δοκιμή υδατοαπορρόφησης και της ενανθράκωσης	
5.7.2.1	Γενικά	
5.7.2.2	Υπολογισμός της απαιτούμενης απώλειας βάρους των δοκιμών για την επίτευξη της ισορροπίας της υγρασίας του με $RH\ 75 \pm 2\%$ και $20 \pm 1^\circ$	
5.7.2.3	Προξήρανση	
5.7.2.4	Φάση ομοιόμορφης κατανομής	
5.7.3	Δοκιμή υδατοαπορρόφησης(μέτρηση τριχοειδούς απορρόφησης)	
5.7.4	Δοκιμή ενανθράκωσης και μέτρηση της αντοχής σε εφελκυσμό	
5.7.4.1	Έννοια της ενανθράκωσης	
5.7.4.2	Μέτρηση βάθους ενανθράκωσης (κατά CPC-18)	
6.	ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	72-80
6.1	ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	
6.1.1	Δοκιμή θραύσης	
6.1.2	Μετρήσεις απώλειας βάρους	
6.1.3	Προεπεξεργασία δοκιμών	
6.1.3.1	Προσδιορισμός του W_{75} για κάθε σύνθεση	
6.1.3.2	Προξήρανση	
6.1.4	Μετρήσεις υδατοαπορρόφησης	

- 6.1.4 Μετρήσεις υδατοαπορρόφησης
- 6.1.5 Μετρήσεις ενανθράκωσης και αντοχής σε εφελκυσμό
- 6.2 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ
- 6.2.1 Δοκιμή σε θραύση (ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Ι)
- 6.2.2 Απώλεια βάρους δοκιμίων (ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΙΙ)
- 6.2.3 Προεπεξεργασία(ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΙΙΙ)
- 6.2.3.1 Προσδιορισμός του W_{75}
- 6.2.3.2 Προξήρανση
- 6.2.4 Υδατοαπορρόφηση(ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΙV)
- 6.2.4.1 Επίδραση του λόγου Ν/Τ
- 6.2.4.2 Επίδραση της συντήρησης
- 6.2.5 Αντοχή σε εφελκυσμό(ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ V)
- 6.2.6 Ενανθράκωση (ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ V)
- 6.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ
- 6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

1.1 ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ- ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Το σκυρόδεμα είναι ένα δομικό υλικό που έχει κυριαρχήσει στις σύγχρονες κατασκευές τόσο σαν άοπλο όσο και σαν οπλισμένο. Παρασκευάζεται με την ανάμιξη τσιμέντου, αδρανών (συνήθως λίθινων με φαινόμενο βάρος 2.4 –3.00) και νερού. Επίσης κατά την παρασκευή του σκυροδέματος προστίθενται χημικά πρόσθετα για την βελτίωση ορισμένων ιδιοτήτων του .

Η χημική δράση του νερού και του τσιμέντου ονομάζεται ενυδάτωση και έχει σαν αποτέλεσμα την σύνδεση των κόκκων των αδρανών μεταξύ τους σε ένα φαινομενικό ενιαίο σύνθετο στερεό υλικό , το σκυρόδεμα. Σύμφωνα με τον νέο Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος 97 (ΚΤΣ 97) για την μελέτη και κατασκευή των τεχνικών έργων χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες κατηγορίες σκυροδέματος :

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	f_{ck} κυλίνδρου (MPa)	f_{ck} κύβου (MPa)
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60

Ο πρώτος αριθμός κατηγορίας ορίζει την χαρακτηριστική αντοχή σε θλίψη του κυλίνδρου (διαμέτρου 15 cm και ύψους 30 cm) και ο δεύτερος ορίζει την χαρακτηριστική αντοχή σε θλίψη του κύβου (ακμής 15 cm)

Ως χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος σε θλίψη θεωρείται εκείνη η τιμή αντοχής κάτω της οποίας υπάρχει 5% πιθανότητα να βρεθεί η τιμή αντοχής ενός τυχαίου δοκιμίου. [2], [8]

1.2 ΤΣΙΜΕΝΤΟ

1.2.1 Παραγωγή τσιμέντου

Το τσιμέντο είναι ένα βιομηχανικό προϊόν, το οποίο παρασκευάζεται από πρώτες ύλες που βρίσκονται στη φύση, κυρίως από ασβεστόλιθο και άργιλο.

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

α) Εξόρυξη ασβεστολιθικών πετρωμάτων και αργιλικών εδαφών χωριστά. Τα υλικά αυτά περνούν από σπαστήρες και θραύονται μέχρι να αποκτήσουν διάμετρο μερικών εκατοστών.

β) Έπειτα γίνεται ανάμειξη των δύο υλικών (προομοιογενοποίηση) σε κατάλληλες αναλογίες.

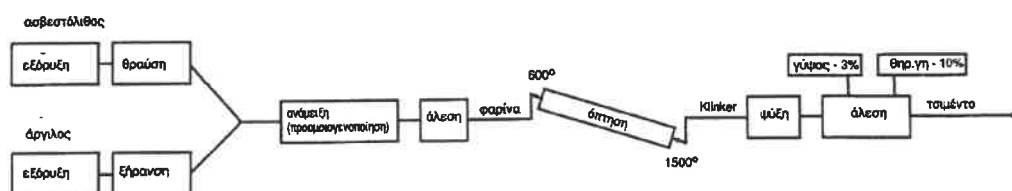
γ) Στην συνέχεια αλέθονται σε τριβεία, ώστε να αποκτήσουν διάμετρο λίγων χιλιοστών. Το προϊόν της άλεσης που είναι μίγμα ασβεστολιθικής αργιλικής άμμου, αποθηκεύεται σε σιλό και ονομάζεται ΦΑΡΙΝΑ.

δ) Το μίγμα εισάγεται σε περιστροφικό κλίβανο (διαμέτρου 3.5-6 cm. και μήκους 100-180 m) ο οποίος περιστρέφεται αργά γύρω από τον άξονα του. Η θερμότητα παράγεται από καυστήρα πετρελαίου ή συνηθέστερα λειοτριβημένου άνθρακα, τοποθετημένο στο κάτω άκρο της. Η θερμοκρασία μέσα στον κλίβανο είναι περίπου 600° C στο επάνω άκρο και φτάνει τους 1500° C στο κάτω άκρο του, που είναι και το σημείο εξόδου των προϊόντων.

ε) Τα προϊόντα της όπτησης-που ονομάζονται εκβολάδες ή διεθνώς *klinker* έχουν την μορφή γκριζοπράσινων κόκκων διαμέτρου 6-50 mm συνήθως- εν συνεχεία ψύχονται.

στ) Μετά την ψύξη οι εκβολάδες αλέθονται και αποκτούν τη γνωστή μορφή του τσιμέντου.

Ακολουθεί το σχηματικό διάγραμμα παραγωγής του τσιμέντου.[1]



Το υλικό αυτό όπως προκύπτει χωρίς καμιά προσθήκη (πλην μικρής ποσότητας γύψου) ή τροποποίηση, ονομάζεται τσιμέντο Portland.

Στην Ελλάδα, κατά τη φάση αυτή της παραγωγής προστίθεται ποζολάνη ή και ιπτάμενη τέφρα σε αναλογία μέχρι 20% κατά βάρος. Το προϊόν αυτό ονομάζεται τσιμέντο τύπου II.

Στην βασική αυτή διαδοχή των εργασιών μπορούν να γίνουν διάφορες τροποποιήσεις, ανάλογα με την ιδιοτυπία ή τη χημική σύνθεση των πετρωμάτων που χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες.

Η λεπτότητα της αλέσεως μετράται με την ειδική επιφάνεια των κόκκων, η οποία στα συνήθη τσιμέντα κυμαίνεται από 2600 έως 5000 cm²/ gr.

Η παραγωγή του τσιμέντου είναι μία πολύπλοκη διαδικασία, η οποία λόγω της φύσεως των πρώτων υλών, αλλά και των χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα κατά την διάρκεια της, απαιτεί συνεχή και λεπτομερή έλεγχο. Καθ' όλες τις φάσεις παραγωγής διενεργούνται εμπεριστατωμένοι έλεγχοι, ώστε να εξασφαλιστεί η σταθερότητα και η ομοιομορφία του προϊόντος.

Δύο είναι οι κύριες μέθοδοι παραγωγής του τσιμέντου, η υγρή και η ξηρή μέθοδος. Στην υγρή μέθοδο, συνήθως, κάθε επιμέρους πρώτη ύλη μετασχηματίζεται σε πολτό με την προσθήκη νερού και η ανάμιξη γίνεται με ανάμιξη διαφόρων πολτών.

Το τελικό μίγμα εισάγεται στον κλίβανο υπό μορφή πολτού με συνέπεια να απαιτείται κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων θερμότητας για την εξάτμιση του νερού, γεγονός που καθιστά τη μέθοδο αυτή πιο δαπανηρή σε σχέση με την ξηρή μέθοδο, κατά την οποία η ανάμιξη των πρώτων υλών γίνεται σε ξηρή κατάσταση. [1],[8]

1.2.2 Χημική σύσταση

Η χημική σύσταση του τσιμέντου εξαρτάται από την χημική σύνθεση των πρώτων υλών του, από τον τρόπο παραγωγής και κυρίως από το χρόνο και θερμοκρασία όπτησης.

Οι επικρατέστερες ενώσεις του τσιμέντου Portland είναι :

Το οξειδίο του ασβεστίου (CaO 60-67% κ.β.) και του πυριτίου (SiO_2 17-25% κ.β.)

Οι υπόλοιπες ενώσεις είναι :

1. Οξείδια άλλων μετάλλων (αργιλίου, σιδήρου, μαγνησίου)
2. Οξείδια του καλίου και του νατρίου.
3. Τριοξείδιο του θείου

Τα οξείδια αυτά παρά την μικρή τους ποσότητα έχουν καθοριστική σημασία στις τελικές ιδιότητες του τσιμέντου.

Όλα τα παραπάνω οξείδια σχηματίζουν κατά την όπτηση και εν συνεχεία την ψύξη του κlinker, τις ακόλουθες τυπικές ενώσεις του τσιμέντου Portland :[8]

Χημικό όνομα	Συντομογραφία	Περιεκτικότητα κ.β.%
πυριτικό τριασβέστιο	C_3S	50
πυριτικό διασβέστιο	C_2S	25
αργιλικό τριασβέστιο	C_3A	12
σιδηροαργιλικό τετρασβέστιο	C_4AF	8
γύψος	CSH_2	3,5

Η αναλογία των παραπάνω συστατικών έχει επίδραση στην ταχύτητα χημικής αντιδράσεως του τσιμέντου με το νερό καθώς και στην ποσότητα της θερμότητας που εκλύεται κατά την διάρκεια της χημικής αντίδρασης.

Εκτός από τις ενώσεις του παραπάνω πίνακα υπάρχουν και τα δευτερεύοντα συστατικά που είναι:

- * ο γύψος (CaSO_4). Προσθέτουμε το γύψο στο τσιμέντο για τη ρύθμιση της ταχύτητας πήξης.
- * το οξείδιο του μαγνησίου (MgO), του οποίου η περιεκτικότητα είναι περιορισμένη από τους Κανονισμούς γιατί η ενυδάτωση του προκαλεί διόγκωση.
- * τα οξείδια του καλίου και του νατρίου (K_2O και Na_2O), τα οποία είναι δυνατόν να αντιδράσουν με ορισμένα αδρανή του σκυροδέματος και να προκαλέσουν τη λεγόμενη αλκαλοπυριτική αντίδραση, για τις επιπτώσεις της οποίας θα αναφερθούμε σε παρακάτω κεφάλαιο.

1.2.3 Τύποι τσιμέντου και κατηγορίες αντοχής

Ανάλογα με τη σύνθεση τους, το βαθμό αλέσεως και τα πρόσθετα υλικά, τα τσιμέντα κατατάσσονται σε διάφορους τύπους και κατηγορίες αντοχής. Σύμφωνα με τον Ελληνικό Κανονισμό Τσιμέντων [10] τα παραγόμενα τσιμέντα κατατάσσονται στους ακόλουθους τύπους :

ΤΥΠΟΣ I : Τσιμέντο Portland

Χαρακτηρίζεται το τσιμέντο που προέρχεται από την άλεση του klinker και τις προσθήκες : α) γύψου (ελάχιστη αναγκαία για την ρύθμιση της πήξεως, συνήθως 2-3 % κ.β.) και β) φίλλερ (filler έως 3% κ.β.)

ΤΥΠΟΣ II : Τσιμέντο Portland με ποζολάνες

Χαρακτηρίζεται το τσιμέντο που προέρχεται από τα προαναφερθέντα υλικά και ποζολάνη σε ποσοστό 20% κατά βάρος. Κατά την άλεση προστίθεται και συναλέθεται με το klinker ποζολάνη, τεχνητή ή και φυσική σε ορισμένες ποσότητες, έτσι ώστε το σύνολο να μην υπερβαίνει το 20%. Ειδικά το τσιμέντο με ποσοστό 10% ποζολάνης ονομάζεται «Τσιμέντο Πόρτλαντ Ελληνικού Τύπου».

ΤΥΠΟΣ III : Ποζολανικά τσιμέντα Portland

Στα ποζολανικά τσιμέντα γίνεται συνάλευση klinker, γύψου και ποζολάνης σε ποσοστό 20-40% κατά βάρος. Παρουσιάζουν μικρότερη θερμότητα ενυδάτωσης και αυξημένη ανθεκτικότητα σε διαβρωτικά μέσα. Τα τσιμέντα του τύπου αυτού πρέπει να ικανοποιούν τη δοκιμή ποζολανικότητας του ΕΚΤ.

ΤΥΠΟΣ IV : Τσιμέντα Portland ανθεκτικά στα θειικά άλατα.

Τα τσιμέντα αυτά δεν έχουν προσθήκες (ποζολάνες κτλ.) αλλά το αργιλικό τριασβεστίο (C_3A) περιορίζεται σε ένα ποσοστό $< 3.5\%$ και σε $\text{SO}_3 < 2.5\%$. Είναι ανθεκτικά στην επίδραση των θειικών αλάτων και το θαλασσινό νερό.

Κατηγορίες αντοχής

Ανάλογα με την αντοχή σε θλίψη που παρουσιάζουν τμήματα πρισματικών δοκιμίων τα τσιμέντα διακρίνονται στις τρεις ακόλουθες κατηγορίες αντοχής κατά τον Ελληνικό Κανονισμό :

Κατηγορία	min αντοχή σε 2 μέρες	min αντοχή σε 7 μέρες	Αντοχή σε 28 μέρες
35	-	≥ 15	min 25 max 45
45	≥ 10	-	min 35 max 55
55	≥ 15	-	min > 45

1.2.4 Ενυδάτωση του τσιμέντου

Η χημική δράση μεταξύ τσιμέντου και νερού έχει σαν αποτέλεσμα την πήξη και σκλήρυνση του σκυροδέματος. Τα συστατικά του τσιμέντου ενώνονται με το νερό ύστερα από μία σειρά περίπλοκων χημικών αντιδράσεων, η φύση των οποίων αποτελεί ακόμα αντικείμενο έρευνας. Το σύνολο των αντιδράσεων αυτών ονομάζεται ,γενικά, ενυδάτωση και τα παραγόμενα στερεά σώματα ονομάζονται προϊόντα ενυδάτωσης ή πήγμα (gel).

Από τη στιγμή που θα αναμιχθεί το τσιμέντο με το νερό και θα δημιουργηθεί μία γκριζοπράσινη πολτώδης μάζα, η τσιμεντοκονία, αρχίζει το φαινόμενο της ενυδάτωσης. Η ρευστότητα του μίγματος βέβαια εξαρτάται από τις αναλογίες μίξης των δύο υλικών.

Το μίγμα αρχίζει να πήζει προοδευτικά μετά από κάποιο χρονικό διάστημα. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται πήξη της τσιμεντοκονίας και οι χαρακτηριστικές στιγμές αλλαγής της είναι η αρχή και το τέλος της πήξης. Ο τσιμεντοπολτός παραμένει εργάσιμος και δεκτικός μεταφοράς μέχρι την αρχή της πήξης. Κατά τον Κανονισμό [10] για τα κοινά τσιμέντα η αρχή της πήξης δεν πρέπει να εμφανίζεται πριν από 1 ώρα και το τέλος της μετά από 8 ώρες. Στην περίπτωση του σκυροδέματος ο αντίστοιχος χρόνος μέχρι την αρχή της πήξης γίνεται δύο έως τέσσερις φορές μεγαλύτερος.

Οι παραπάνω διαχωρισμοί έχουν μεγάλη πρακτική σημασία για την εύκολη και γρήγορη σκυροδέτηση (χρόνος εργασιμότητας) και για το χρόνο απομάκρυνσης των ξυλοτύπων.

Από χημική άποψη οι βασικές αντιδράσεις της ενυδάτωσης του τσιμέντου είναι :

- α) Ενυδάτωση της ασβεστοπυριτικής φάσης (C_3S & C_2S)
- β) Ενυδάτωση του αργιλικού τριασβεστίου (C_3A)
- γ) Ενυδάτωση της φερριτικής φάσης (C_4AF)

Η μορφή των παραπάνω αντιδράσεων της ενυδάτωσης δεν είναι τελείως γνωστή εκτός όμως από την αρχική και την τελική μορφή των αντιδράσεων. Οι αντιδράσεις της ενυδάτωσης πραγματοποιούνται με ταυτόχρονη έκλυση θερμότητας και συστολή του όγκου των αρχικών προϊόντων.

Ψευδόπηση

Ονομάζεται η σκλήρυνση που δεν οφείλεται στην ενυδάτωση του τσιμέντου ούτε και συνοδεύεται από την αντίστοιχη ανάπτυξη αντοχών. Η συνηθέστερη αιτία του φαινομένου της ψευδόπησης θεωρείται η δράση του γύψου.

1.2.5 Μικροδομή

Μέσα στον σκληρυμένο πια τσιμεντοπολτό υπάρχουν δύο κατηγορίες κενών (πόρων) :

- α) τριχοειδείς πόροι
- β) πόροι πήγματος

Ο πίνακας που ακολουθεί περιγράφει του πόρους μέσα στον τσιμεντοπολτό και την επιρροή τους στις ιδιότητες του υλικού :[8]

Ονομασία	διάμετρος	επηρεαζόμενες ιδιότητες
τριχοειδής	10-0,5 μm	αντοχή, διαπερατότητα
	50-10 nm	αντοχή, διαπερατότητα, συστολή ξηράνσεως σε υψηλές σχετικές υγρασίες(RH)
πόροι πήγματος	10-2,5 nm	συστολή ξηράνσεως μέχρι RH 50%
	2,5-0,5 nm	συστολή ξηράνσεως, ερπυσμός
	<0,5 nm	συστολή ξηράνσεως, ερπυσμός

1.2.6 Φαινόμενα που συνοδεύουν την ενυδάτωση

1.2.6.1 Συστολή ενυδάτωσης ή χημική συστολή

Είναι γνωστό ότι για να ενυδατωθεί το τσιμέντο δεσμεύει χημικά νερό ίσο περίπου με το 23-25% της μάζας του. Το νερό αυτό αποτελεί το χημικά δεσμευμένο νερό (χ.δ.ν.) που μαζί με το τσιμέντο σχηματίζουν την μάζα του πήγματος (gel).

Το πήγμα συγκρατεί με επιφανειακές τάσεις μία ποσότητα νερού ίση με το 19% του τσιμέντου (επιφανειακά δεσμευμένο νερό ε.δ.ν.)

Συνεπώς το απαιτούμενο νερό για την πλήρη ενυδάτωση του τσιμέντου είναι :

χ.δ.ν. + ε.δ.ν. $\approx 23 + 19 \approx 42\%$ κατά μάζα τσιμέντου.

Το άθροισμα των όγκων του τσιμέντου και νερού πριν από την ενυδάτωση είναι μεγαλύτερο από το άθροισμα των όγκων των προϊόντων της πλήρους ενυδάτωσης. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται συστολή ενυδάτωσης ή χημική συστολή και χαρακτηρίζεται σαν η συστολή που δεν οφείλεται σε εξωτερικά αίτια (όπως η αποβολή νερού, οι εξωτερικές δυνάμεις, η μεταβολή θερμοκρασίας) αλλά αποκλειστικά και μόνο στις χημικές μεταβολές που συντελούνται μεταξύ τσιμέντου και νερού.

Παράδειγμα

Για την πλήρη ενυδάτωση 100 gr. τσιμέντου χρειάζονται 23 cm^3 χ.δ.ν.

Όγκος αρχικών υλικών : $100/3, 15 + 23 = 54,75 \text{ cm}^3$

Όγκος τελικών υλικών : $100/3, 15 + 23 \cdot \gamma + 49 \text{ cm}^3$

Χημική συστολή σε μάζα τσιμέντου : $23 \cdot \delta + 5.75\% \text{ κ.μ.}$

Μείωση αρχικού συνολικού όγκου: $(54.75-49) / 54,75 \cdot 100 = 10.5\%$

Μείωση αρχικού όγκου τσιμέντου : $5.75 \cdot 100/31.75 = 18.11\%$

Η χημική συστολή για πλήρως ενυδατωμένο τσιμέντο είναι ίση με το 18.11% του όγκου του τσιμέντου και παίρνει την μορφή των τριχοειδών κενών. Επομένως, αν το νερό ανάμιξης είναι περισσότερο από το απαιτούμενο για την πλήρη ενυδάτωση το νερό θα γεμίσει καταρχήν τα τριχοειδή της χημικής συστολής και αν συνεχίσει να περισσεύει θα δημιουργήσει επιπλέον κενά και κατά συνέπεια μείωση της αντοχής. [8] Η συστολή αυτή ακολουθεί ποσοτικά την εξέλιξη της αντοχής, είναι δηλαδή γρήγορη στην αρχή και γίνεται βραδύτερη με την πάροδο του χρόνου.

Όπως είναι φανερό η χημική συστολή εξαρτάται :

α) από την ποσότητα του τσιμέντου

β) από την ποιότητα του τσιμέντου

γ) από την ποσότητα του νερού αναμίξεως δηλ. τον λόγο N/T

Συστολή κατά την πήξη η συστολή του νωπού σκυροδέματος :

χαρακτηρίζεται η συνολική συστολή που εμφανίζεται κατά την διάρκεια της πήξης δηλαδή κατά το χρονικό διάστημα που το σκυρόδεμα παραμένει νωπό. Η συστολή αυτή αποτελείται από το άθροισμα δύο κυρίως συστολών : της συστολής ενυδάτωσης και της συστολής που οφείλεται στην εξάτμιση του ελεύθερου νερού.

1.2.6.2 Θερμότητα ενυδάτωσης

Η χημική αντίδραση μεταξύ τσιμέντου – νερού είναι εξώθερμη, συνοδεύεται δηλαδή με ταυτόχρονη έκλυση θερμότητας. Η εξέλιξη της είναι πολύ αργή και η θερμότητα που εκλύεται απομακρύνεται. Κατά μέσο όρο φτάνει τις 120 cal/gr.

Η θερμότητα ενυδάτωσης γίνεται αισθητή, όταν πρόκειται για ογκώδες έργο, από την μάζα του οποίου δεν μπορεί εύκολα να απομακρυνθεί με κίνδυνο ανάπτυξης εφελκυστικών τάσεων ή και ρηγματώσεων από την ανομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας και τις ανομοιόμορφες συστολοδιαστολές.

Με την χρήση του κατάλληλου τύπου τσιμέντου (τύπος III), μπορεί να ελαττωθεί η θερμότητα που εκλύεται όταν αυτό είναι απαραίτητο για την κατασκευή.[8]

Όμως σε ορισμένες κατασκευές (όπως στο κυλινδρούμενο φράγμα της Πλατανόβρυσης) , η ελάττωση της θερμότητας ενυδάτωσης που επιφέρει η χρήση τσιμέντου τύπου III δεν είναι αρκετή και για αυτό χρησιμοποιείται κατάλληλο μίγμα τσιμέντου και ιπτάμενης τέφρας (σε υψηλότερο ποσοστό από το τσιμέντο) που δεν δίνει τις εξωθερμικές αντιδράσεις του τσιμέντου.[11]

1.3 ΝΕΡΟ ΑΝΑΜΙΞΗΣ

Το νερό μαζί με το τσιμέντο αποτελούν τα δύο ενεργά συστατικά του σκυροδέματος. Η μεταξύ τους χημική δράση δημιουργεί ένυδρες ενώσεις που οδηγούν στην πήξη και σκλήρυνση του μίγματος.

Το νερό που θα χρησιμοποιηθεί δεν πρέπει να περιέχει επιβλαβή συστατικά που μπορούν να επηρεάσουν την ενυδάτωση. Οι κυριότερες ουσίες που έχουν δυσμενή επίδραση στην εξέλιξη των χημικών αντιδράσεων της ενυδάτωσης με αποτέλεσμα την μείωση της τελικής αντοχής ή, την καθυστέρηση της πήξης, είναι οι εξής :

Ζάχαρη, οξέα, λάδια ή λίπη και οργανικές ουσίες.

Για αυτό πρέπει να χρησιμοποιείται πόσιμο νερό και όχι νερό θαλάσσης ή ποταμών.

Κατά τον ΚΤΣ 97[2] δεν θα χρησιμοποιείται θαλασσινό νερό για την παρασκευή οπλισμένου σκυροδέματος παρά μόνο αν υπάρχει έλλειψη κατάλληλου νερού και επιτρέπεται από τη φύση του έργου. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να ληφθούν κατάλληλα μέτρα όπως η χρήση ειδικών χαλύβων, είδους τσιμέντου και η αύξηση της επικάλυψης.

Ο Κανονισμός σε καμία περίπτωση δεν επιτρέπει τη χρήση του θαλασσινού νερού για την παρασκευή προεντεταμένου σκυροδέματος. Στο προεντεταμένο σκυρόδεμα απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στα χλωριόντα και θειικά του νερού λόγω κινδύνου διάβρωσης των ευπαθών χαλύβδινων τενόντων.

1.4 ΑΔΡΑΝΗ

Η ονομασία των αδρανών υλικών οφείλεται στο γεγονός ότι παραμένουν χημικώς αδρανή, σε αντίθεση με το τσιμέντο και το νερό. Τα αδρανή υλικά συμβάλλουν μόνο μηχανικά στην αντοχή του τελικού προϊόντος. Θεωρητικά οποιαδήποτε υλικά συγκεντρώνουν τις 3 βασικές απαιτήσεις : 1) επαρκή αντοχή, 2) επαρκή πρόσφυση και χημική συνεκτικότητα με την τσιμεντοκονία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αδρανή υλικά. Κατά κανόνα ως αδρανή υλικά για την παρασκευή σκυροδέματος χρησιμοποιούνται συντρίμματα πετρωμάτων.

Τα αδρανή υλικά διακρίνονται ανάλογα την προέλευση τους σε

Αδρανή από φυσικά πετρώματα

- Φυσικά ή συλλεκτά αδρανή, που αποτελούνται από φυσικούς λίθινους κόκκους.
- Θραυστά αδρανή που αποτελούνται από κόκκους που προκύπτουν από την θραύση όγκων πετρώματος ή τη θραύση φυσικών αδρανών. Τα καταλληλότερα πετρώματα είναι τα ασβεστολιθικά και τα πυριτικά.

Αδρανή τεχνητά

- Θραυστά και εύφλεκτα αδρανή που κατασκευάζονται τεχνητά όπως σκουριά υψικαμίνων, ρινίσματα σιδήρου, ίνες αμιάντου, διογκωμένη άργιλος κ.α.

Τα φυσικά αδρανή ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων τους διακρίνονται σε : Άμμο (0-5mm) γαρμπίλι (6-12mm) χαλίκι (12-25mm)

Τα κύρια χαρακτηριστικά των αδρανών υλικών που επηρεάζουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος είναι :

- Η αντοχή τους
- Η καθαρότητα τους
- Η πρόσφυση τους με την τσιμεντοκονία
- Η χημική συμπεριφορά τους με τα άλλα συστατικά του σκυροδέματος ή με ουσίες που μπορεί να διεισδύσουν μέσα στο σκυρόδεμα κατά τη διάρκεια της ζωής του.
- Το σχήμα και το μέγεθος των κόκκων τους.

1.4.1 Καθαρότητα

Με τον όρο καθαρότητα αδρανών, εννοούμε ότι τα αδρανή δεν πρέπει να έχουν μέσα στην μάζα τους, πάνω στην επιφάνεια τους ,ή αναμεταξύ τους ξένες ουσίες που μπορεί να έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στο τσιμέντο ή στο σίδερο, ή μπορεί να εμποδίζουν την πρόσφυση με την τσιμεντοκονία.

Οι κυριότερες επιβλαβείς ουσίες είναι :

α. Παιπάλη

Ως παιπάλη ορίζεται το μέρος του αδρανούς που περνάει από το Αμερικάνικο πρότυπο κόσκινο Νο 200 (75mm) και προσδιορίζεται σύμφωνα με την Μέθοδο Ελέγχου ΣΚ-305.

Η παιπάλη μπορεί να είναι πηλός ή άργιλος ή και σκόνη από το ίδιο το πέτρωμα.

Η κατανομή της παιπάλης μέσα στα αδρανή έχει σημασία. Μπορεί να είναι :

- Κολημένη στην επιφάνεια των χοντρότερων κόκκων οπότε εμποδίζει την πρόσφυση μεταξύ αδρανών και τσιμεντοκονιάματος.
- Να σχηματίζει μικρούς σβώλους γεγονός που δημιουργεί αδύνατα σημεία μέσα στην μάζα του σκυροδέματος
- Να είναι διασκορπισμένη ομοιόμορφα ανάμεσα στους κόκκους των αδρανών που από την μία έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της αντοχής από την άλλη όμως συντελεί κατά κάποιο βαθμό στην αύξηση της πυκνότητας και της πλαστικότητας του μίγματος.

Η παιπάλη απομακρύνεται με το πλύσιμο των αδρανών με νερό.

β. Οργανικές προσμίξεις

Οι ξένες αυτές ουσίες περιλαμβάνουν υλικά οργανικής (ζωικής ή φυτικής) προέλευσης, γαιάνθρακες και λιγνίτες.

Τα οργανικά αυτά προϊόντα μπορεί να έχουν επίδραση στην πήξη της κονίας ή να δημιουργήσουν ρηγματώσεις ή σκασίματα, στην επιφάνεια του σκυροδέματος

γ. Θειούχες ενώσεις

Η ύπαρξη θειούχων ενώσεων μεταξύ των αδρανών έχει δυσμενή επίδραση στην τελική αντοχή του σκυροδέματος.

Σε περιπτώσεις που υπάρχει μεγάλη ποσότητα ή οι ενώσεις είναι συγκεντρωμένες σε ορισμένα σημεία μπορεί να προκαλέσουν ρηγματώσεις λόγω της διόγκωσης του σκυροδέματος που προκαλούν. Οι επιδράσεις των θειούχων ενώσεων είναι πιο έντονες όταν οι ενώσεις αυτές είναι διαλυτές στο νερό.

Κατά τους Γερμανικούς Κανονισμούς (DIN 4226 § 5.2) το μέγιστο ανεκτό όριο των θειούχων ενώσεων μετρούμενο σε SO_3 ορίζεται το 1% του βάρους των στεγνών αδρανών.

Η ποσότητα του τσιμέντου στο σκυρόδεμα παίζει καθοριστικό ρόλο στην επίδραση των θειούχων ενώσεων αφού η δράση τους γίνεται με το τσιμέντο.

Ο Ελληνικός Κανονισμός [2] επιβάλλει τον έλεγχο των ακόλουθων ορυκτολογικών συστατικών :

- 1.Ενώσεις θείου
- 2.Ενώσεις σιδήρου
- 3.Νιτρικά άλατα
- 4.Ενώσεις μολύβδου και ψευδαργύρου
- 5.Χλωριούχες & φωσφορικές ενώσεις
- 6.Αποσαθρώσιμα υλικά
- 7.Ορυκτολογικά συστατικά (όπως οπάλιος, χαλκηδονίτης κ.α.)

1.4.2 Μορφή των κόκκων

Η γεωμετρική μορφή των κόκκων δεν είναι κανονική αλλά τυχαία. Χοντρικά μπορούμε να τους κατατάξουμε στις ακόλουθες γενικές κατηγορίες : στρογγυλούς, κυβοειδείς, γωνιώδεις, πλακοειδείς και επιμήκεις.

Εκτός από την επιρροή του μεγέθους του κόκκου οι ιδιότητες του σκυροδέματος επηρεάζονται και από το σχήμα ή την μορφή των κόκκων. Καταρχήν επηρεάζεται η εργασιμότητα του σκυροδέματος με την εσωτερική τριβή τους. Η σφαιρική μορφή παρουσιάζει την μικρότερη γωνία τριβής που έχει σαν αποτέλεσμα την μεγαλύτερη εργασιμότητα του υλικού. Όσο η μορφή των κόκκων απομακρύνεται από την σφαιρική τόσο μειώνεται η εργασιμότητα του υλικού και συγχρόνως αυξάνει η ειδική επιφάνεια και κατά συνέπεια η ανάγκη σε νερό. Από την άλλη πλευρά, η αύξηση της πολυγωνικότητας των κόκκων, αυξάνει την επιφάνεια επαφής τους, γεγονός που βελτιώνει την πρόσφυση με το κονίαμα και την στήριξη των κόκκων μεταξύ τους. Έτσι οι κυβοειδείς και πλακοειδείς κόκκοι συντελούν στην μηχανική αντοχή του σκυροδέματος λόγω της καλύτερης επιδράσεως αυτών. Όσα αναφέρθηκαν πριν είναι δύσκολο να υπαχθούν σε ποσοτική μέτρηση και αξιολόγηση. Η μορφή των κόκκων των αδρανών θα πρέπει να πλησιάζει το σφαιρικό ή το κυβοειδές αλλά με ανώμαλη γωνιώδη και όχι λεία εξωτερική επιφάνεια.

Το σχέδιο Ελληνικού Προτύπου [12] υιοθετεί την απαίτηση του Γερμανικού Κανονισμού που απαιτεί το ποσοστό των ακατάλληλων κόκκων να μην είναι παραπάνω από 50% κατά βάρος της συνολικής ποσότητας των αδρανών. Ακατάλληλοι είναι οι κόκκοι με σχέση της μεγαλύτερης διάστασης (μήκος) προς τη μικρότερη (πάχος) μεγαλύτερη από 3:1.

1.4.3. Αντοχή των αδρανών

Η αντοχή σε θλίψη του μητρικού πετρώματος των αδρανών που χρησιμοποιείται για την παρασκευή σκυροδέματος παίζει ρόλο στην μηχανική αντοχή του σκυροδέματος. Επίσης το πέτρωμα πρέπει να είναι απαλλαγμένο από κομμούς και να μην αποσθρώνεται από την επίδραση των καιρικών συνθηκών. Οι ιδιότητες αυτές χαρακτηρίζονται με τον όρο υγεία του πετρώματος. Βάση των ιδιοτήτων αυτών τα αποσθρωμένα, αποσχιζόμενα, αργιλικά και μαλακά πετρώματα είναι ακατάλληλα για την παραγωγή των αδρανών. Σύμφωνα με την προδιαγραφή ΕΛΟΤ 408 [12] το αδρανές υλικό για το σκυρόδεμα πρέπει να υπερβαίνει τα 650 Kg/cm^2 .

Τέλος δεν πρέπει να παραλειφτεί ότι το πέτρωμα πρέπει να διαθέτει αρκετή αντοχή σε επιφανειακή φθορά, δηλαδή αντοχή σε επιφανειακή τριβή και επιφανειακές κρούσεις.

Ο έλεγχος γίνεται με τη συσκευή Los Angeles κατά τις Αμερικάνικες Προδιαγραφές ASTM C535 και C131.[1],[2]

1.4.4 Κλάσματα αδρανών – Οι κυριότερες απαιτήσεις για τα αδρανή

Βάσει του ΚΤΣ 97 για σκυρόδεμα κατηγορίας C 20/25 και μεγαλύτερης τα αδρανή πρέπει να προσκομίζονται χωρισμένα σε τρία τουλάχιστον κλάσματα.

Τα τρία συνήθη κλάσματα αδρανών είναι : Η άμμος, το γαρμπίλι και το χαλίκι. Η άμμος αποτελεί τα λεπτόκοκκα κλάσματα αδρανών και το γαρμπίλι και το χαλίκι τα χονδρόκοκκα κλάσματα.

α. Η θραυστή άμμος (0-5 mm)

Το κυριότερο κλάσμα από τα τρία συνήθη των αδρανών είναι η άμμος επειδή από την ποιότητα της εξαρτώνται πάρα πολλές ιδιότητες του σκυροδέματος.

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της θραυστής άμμου είναι το επί τοις εκατό 5) ποσοστό της σε παιπάλη.

Κατά τον ΚΤΣ 97[2] το ανώτατο όριο της σε περιεκτικότητα παιπάλης είναι το 16% για χρήση σε οπλισμένο σκυρόδεμα και 20% για το άοπλο. Αυξημένο ποσοστό παιπάλης μειώνει την θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος αφού αυξάνεται η απαίτηση του σκυροδέματος σε νερό.

Στην περίπτωση της φυσικής άμμου η παιπάλη δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5% του ξερού βάρους της άμμου.

Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό της άμμου είναι το λεγόμενο ισοδύναμο άμμου που πρέπει να είναι άνω του 75% για πολύ καλή κατασκευή ,ή δυσμενές διαβρωτικό περιβάλλον και σε κάθε περίπτωση τουλάχιστον 65%. Η δοκιμή του ισοδύναμου άμμου μας δίνει μία έμμεση ένδειξη παρουσίας «πλαστικών» λεπτόκοκκων υλικών μέσα στην άμμο, άρα χαμηλό ισοδύναμο άμμου (60%) και μας δίνει έμμεσα την πληροφορία ότι υπάρχουν προσμίξεις π.χ. αργίλου μέσα στην άμμο και κατά συνέπεια κίνδυνος μείωσης αντοχής, ρηγμάτωσης κλπ.

Τέλος η κοκκομετρική διαβάθμιση της άμμου είναι πολύ κρίσιμος παράγοντας για την αντλησιμότητα του σκυροδέματος.

Εμπειρικοί κανόνες υπάρχουν πολλοί ενώ συστάσεις υπάρχουν σε Αμερικάνικες προδιαγραφές ACI – 304.

β. Τα χονδρόκοκκα κλάσματα

Οι κυριότερες απαιτήσεις βάση του ΚΤΣ 97 για το γαρμπίλι (6-12mm ή 6-9 mm και 9-12 mm.) και το χαλίκι (12-19 mm ή 12-15mm κτλ.) είναι :

- Η παιπάλη μέχρι $\leq 1\%$
 - Η φθορά σε τριβή και κρούση $\leq 40\%$
(κατά τη δοκιμή Los Angeles)
 - Το ειδικό βάρος και η υδατοαπορρόφηση σύμφωνα με την προδιαγραφή ΣΚ 301.
 - Η κοκκομετρική διαβάθμιση
- Τέλος πρέπει να είναι απαλλαγμένα από σβώλους αργίλου.

1.4.5 Κοκκομετρική σύνθεση ή διαβάθμιση

Λόγω του ακανόνιστου πολυγωνικού σχήματος που έχουν οι κόκκοι των αδρανών, δεν εφάπτονται απόλυτα μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να υπάρχουν κενά ανάμεσα τους. Τα κενά αυτά τα γεμίζει το τσιμεντοκονίαμα που συνδέει με αυτό τον τρόπο τους κόκκους σε ένα συμπαγές υλικό. Επομένως η ποσότητα του κονιάματος πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με τα μεταξύ των κόκκων κενά. Το κονίαμα είναι περισσότερο πορώδες και λιγότερο ανθεκτικό από το πέτρωμα των αδρανών για αυτό όσο λιγότερα είναι τα κενά των αδρανών τόσο μεγαλώνει η αντοχή και η πυκνότητα του σκυροδέματος.

Η «γεωμετρική ποιότητα» των αδρανών χαρακτηρίζεται από την κοκκομετρική σύνθεση ή διαβάθμιση τους, που είναι ο διαχωρισμός και η κατάταξη των κόκκων σε ομάδες από άποψη μεγέθους.

Για τον προσδιορισμό του μεγέθους των κόκκων χρησιμοποιούνται πρότυπα κόσκινα που έχουν καθορισμένες διαμέτρους οπών. Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται κυρίως τα κόσκινα των Αμερικανικών και Γερμανικών Κανονισμών.

Η κοκκομετρική σύνθεση ή διαβάθμιση μίγματος, με βάση τις συμβατικές διαμέτρους κόκκων αδρανών, είναι η ποσοστιαία κατά όγκο αναλογία κάθε κατηγορίας μεγέθους κόκκων του υλικού.

Η κοκκομετρική διαβάθμιση απεικονίζεται σε διάγραμμα με τις διαμέτρους στον οριζόντιο άξονα και τα ποσοστά του υλικού που περνάει από κάθε κόσκινο στον κατακόρυφο. Οι διάμετροι σημειώνονται με κατάλληλη κλίμακα (απλή, λογαριθμικής κ.α.) ώστε να δημιουργείται ανάπτυξη της περιοχής των μικρών διαμέτρων.

Κάθε κοκκομετρική σύνθεση παριστάνεται με μια πολυγωνική γραμμή που λέγεται «κοκκομετρική καμπύλη», επειδή υποθέτουμε ότι το υλικό έχει συνεχή μεταβολή διαμέτρων, επομένως στην πραγματικότητα πρόκειται για καμπύλη της οποίας προσδιορίζουμε ορισμένα σημεία, με τα πρότυπα κόσκινα που επιλέγουμε.

Ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής συνθέσεως του υλικού και η χάραξη της αντίστοιχης καμπύλης δεν παρουσιάζει δυσκολία σε αντίθεση με την εκτίμηση και αξιολόγηση της καμπύλης αυτής και της επιλογής των ιδανικών αναλογιών των αδρανών για την ποιότητα του σκυροδέματος. Στόχος της εκλογής της καταλληλότερης κοκκομετρικής σύνθεσης, είναι το τελικό μίγμα να έχει τα λιγότερα κενά και επομένως την μεγαλύτερη πυκνότητα. Αυτό επιτυγχάνεται όταν οι κόκκοι διατάσσονται κατά τέτοιο

τρόπο ώστε κάθε ομάδα, από άποψη διαμέτρου, να εισχωρεί στην θέση των κενών που σχηματίζονται οι κόκκοι της αμέσως μεγαλύτερης ομάδας.

Για την μαθηματική διατύπωση της ιδανικής καμπύλης έγιναν πολλές προτάσεις στο παρελθόν (π.χ. ο Fuller), όμως είναι φανερό ότι τελικά μαθηματική λύση δεν μπορεί να δοθεί αφού στο πρόβλημα του προσδιορισμού της καλύτερης καμπύλης συμβάλλουν πολλοί παράγοντες και το κριτήριο για την ποιότητα του σκυροδέματος δεν είναι σταθερό.

Οι κανονισμοί, ανάλογα με τις επιδιωκόμενες ιδιότητες του σκυροδέματος και με βάση τα πειραματικά δεδομένα και την εμπειρία από τα εγχώρια υλικά κάθε χώρας καθορίζουν περιοχές μέσα στις οποίες πρέπει να βρίσκονται οι καμπύλες της κοκκομετρικής διαβάθμισης των υλικών. Η επιλογή της καταλληλότερης καμπύλης μέσα στις περιοχές αυτές γίνεται από το μελετητή μηχανικό που θα καθορίσει τις επιθυμητές ιδιότητες του σκυροδέματος έχοντας υπόψη του τις απαιτήσεις του έργου και τις εργοταξιακές συνθήκες.

Για παράδειγμα μία μικρή αύξηση στο ποσοστό της άμμου βοηθάει στην αντλησιμότητα του σκυροδέματος. [1]

1.5 ΧΗΜΙΚΑ ΠΡΟΣΘΕΤΑ

Πρόσθετα ή βελτιωτικά σκυροδέματος ονομάζονται τα υλικά που προσθέτονται μέσα στο σκυρόδεμα για την βελτίωση ορισμένων ιδιοτήτων του και για την αντιμετώπιση ορισμένων προβλημάτων κατά την διάρκεια της σκυροδέτησης.

Τα πρόσθετα ανάλογα τη δράση τους κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες :

α. Ρευστοποιητικά που αυτά αντίστοιχα μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες :

τους απλούς πλαστικοποιητές και τους υπερευστοποιητές (ανάλογα την μείωση του νερού αναμείξεως που επιτρέπουν).

Γενικά τα ρευστοποιητικά είναι τα πρόσθετα που επιτρέπουν την μείωση του νερού αναμείξεως με ταυτόχρονη αύξηση της εργασιμότητας ή διατήρησης της στα ίδια επίπεδα. Όπως είναι γνωστό η μείωση του νερού αναμείξεως (χαμηλότερος λόγος N/T) επιφέρει αύξηση στην τελική αντοχή του σκυροδέματος και μείωση της διαπερατότητας του. Σε επόμενο κεφάλαιο θα αναφερθούμε αναλυτικά στην επίδραση των υπερευστοποιητών στις ιδιότητες & στην ανθεκτικότητα του σκυροδέματος.

β. Αερακτικά :

Είναι τα πρόσθετα που δημιουργούν την ανάπτυξη μικρών φυσαλίδων αέρα μέσα στο σκυρόδεμα. Η εισαγωγή αυτή του αέρα έχει σκοπό να αυξήσει το εργάσιμο και την αντοχή του σκυροδέματος στον παγετό χωρίς να μειώσει την τελική θλιπτική αντοχή.

Οι φυσαλίδες αυτές είναι συνήθως μεγέθους 0.02-0.2 mm και το ποσοστό τους μέσα στο σκυρόδεμα είναι μεταξύ 4%-8% κατά όγκο. Η αντοχή του σκυροδέματος στον παγετό επιτυγχάνεται λόγω του ότι οι

φυσαλίδες αέρα χρησιμεύουν σαν χώροι διαστολής του νερού κατά την πήξη του.

γ. Επιβραδυντικά :

Ονομάζονται τα πρόσθετα που επιβραδύνουν την εξέλιξη της ενυδάτωσης του τσιμέντου. Χρησιμοποιούνται για την μεταφορά του έτοιμου σκυροδέματος από το εργοστάσιο παραγωγής στο έργο, όταν η διαδικασία της διάστρωσης προβλέπεται ότι θα διαρκέσει περισσότερο, όταν επιθυμούμε να αποφύγουμε τους αρμούς εργασίας και τέλος όταν επιδιώκεται η απάλυνση της θερμοκρασίας που εκλύεται από την αντίδραση της ενυδάτωσης.

δ. Επιταχυντικά :

Ονομάζονται τα πρόσθετα που επιταχύνουν την διαδικασία της ενυδάτωσης του τσιμέντου. Χρησιμοποιούνται όταν είναι απαραίτητη η γρήγορη απομάκρυνση των ξυλοτόπων είτε για την παραγωγή προκατασκευασμένων στοιχείων είτε για τη γρήγορη αποπεράτωση της κατασκευής και όταν το στοιχείο υπόκεινται σύντομα σε εξωτερικά φορτία.

ε. Αντιπαγετικά :

Ονομάζονται τα πρόσθετα που έχουν σκοπό να μειώσουν ή να άρουν τις δυσμενείς επιπτώσεις του παγετού κατά την περίοδο της πήξης και έτσι επιτρέπουν τη σκυροδέτηση ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες. Η δράση τους έχει σαν αποτέλεσμα την βελτίωση των ιδιοτήτων που συντελούν στην αύξηση της αντοχής στον παγετό.

Γενικά τα περισσότερα αντιπαγετικά που κυκλοφορούν είναι συνδυασμός αερακτικών, ρευστοποιητών & επιταχυντικών.

Βάση του ΚΤΣ 97 τα αερακτικά πρόσθετα πρέπει να συμφωνούν με τις απαιτήσεις της Ειδικής Προδιαγραφής ΣΚ-307, τα επιταχυντικά, επιβραδυντικά, ρευστοποιητικά με τις απαιτήσεις της Ειδικής Προδιαγραφής ΣΚ-308 για τον αντίστοιχο τύπο και τα υπερευστοποιητικά με τις απαιτήσεις της Ειδικής Προδιαγραφής ΣΚ-316.

Οι Αμερικανικοί Κανονισμοί (ASTM C-494) που είναι και οι πιο διαδεδομένοι στην Ελλάδα, κατατάσσουν τα πρόσθετα στις ακόλουθες κατηγορίες :

Τύπος Α - Μειωτές νερού.

Τύπος Β – Επιβραδυντές.

Τύπος C – Επιταχυντές.

Τύπος D – Μειωτές νερού και επιβραδυντές.

Τύπος E – Μειωτές νερού και επιταχυντές.

Τύπος F – Μεγάλου εύρους μειωτές νερού.

Τύπος G – Μεγάλου εύρους μειωτές νερού και επιβραδυντές.

Η προσθήκη των χημικών προσθέτων γίνεται, ανάλογα βέβαια τη δράση του και τις απαιτήσεις του έργου, είτε στο εργοστάσιο παραγωγής σκυροδέματος μαζί με το νερό ανάμιξης, είτε επί τόπου στο έργο με την επανάμιξη του μίγματος για 3 λεπτά.

Η χρήση τους πρέπει να γίνεται ακολουθώντας πιστά τις λεπτομερείς οδηγίες χρήσης, την τυπική τους δόση, τη συμβατότητα τους με άλλα πρόσθετα ώστε να αποφεύγονται οι βλαβερές επιπτώσεις που μπορούν να δημιουργηθούν λόγω κακής χρήσης τους.

Για παράδειγμα, σε περίπτωση υπερδοσολογίας ενός πλαστικοποιητή (επιβραδυντή) παρουσιάζεται ανεπιθύμητη καθυστέρηση της πήξης του σκυροδέματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

2.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΝΩΠΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

2.1.1. Εξίδρωση

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

Ως ιδιότητα έχει αποτέλεσμα τη μείωση του τελικού όγκου του μείγματος και την απομάκρυνση του νερού, αφού αυτό εξατμίζεται όταν κινείται προς τα επάνω.

Η ελάττωση του νερού είναι μεν επιθυμητή, γιατί έχει ευνοϊκό αποτέλεσμα στην αντοχή, αλλά το φαινόμενο του διαχωρισμού είναι επιβλαβές και ανεπιθύμητο γενικά, λόγω της ανομοιογένειας που δημιουργεί μέσα στην μάζα του σκυροδέματος.

Το φαινόμενο της εξίδρωσης επιτείνεται με την αύξηση του νερού ανάμιξης, καθώς και με την έλλειψη λεπτόκοκκων υλικών της άμμου και του τσιμέντου, γιατί μ' αυτό τον τρόπο διευκολύνεται η κίνηση του νερού προς τα επάνω.

Τέλος η ταχύτητα ενυδάτωσης, άρα η χρήση ή όχι επιβραδυντικών προσθέτων, είναι αποφασιστικής σημασίας για την εμφάνιση της εξίδρωσης, όπως επίσης και η αύξηση της περιεκτικότητας σε αέρα. Για την άρση των δυσμενών επιδράσεων της εξίδρωσης, η μάζα του υλικού αναμοχλεύεται και αναδονείται μέχρι να αποκατασταθεί η ομοιογένεια του.

2.1.2 Απόμιξη

Ανάλογα με το βάρος τους, τα στερεά συστατικά διαχωρίζονται και σε σύνολο από το νερό, αλλά και μεταξύ τους. Τα βαρύτερα κινούνται προς τα χαμηλότερα στρώματα και τελικά τοποθετούνται σε στρώσεις ανάλογα με το βάρος τους. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται απόμιξη του σκυροδέματος και είναι από τα πιο καταστρεπτικά για την αντοχή και γενικά για την ποιότητα του, γιατί μεταβάλλει τις αναλογίες ανάμιξης κατά τρόπο ανομοιόμορφο και απρόβλεπτο.

Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται περιοχές με μειωμένη αντοχή, καθώς επίσης και μειωμένη πρόσφυση, μεταξύ οπλισμού και σκυροδέματος από την έλλειψη κονιάματος.

2.1.3 Εργάσιμο

Η ευκολία με την οποία μεταφέρεται, διαστρώνεται και συμπτυκνώνεται το σκυρόδεμα καλείται "εργάσιμο" ή "εργασιμότητα".

Βέβαια, οι ενέργειες αυτές εξαρτώνται από τα μέσα που διατίθενται κάθε φορά, γι' αυτό ο όρος δεν είναι απόλυτα ακριβής.

Σωστότερο λοιπόν, είναι να χαρακτηριστεί ως το έργο που απαιτείται για

την υπερκίνηση των εσωτερικών τριβών μέχρι να επιτευχθεί πλήρης συμπίκνωση. Το εργάσιμο είναι μία σύνθετη ιδιότητα που συνδέεται με άλλες ρεολογικές ιδιότητες και δύσκολα αποδίδεται ποσοτικά.

Οι ιδιότητες από τις οποίες εξαρτάται το εργάσιμο είναι οι εξής [1] :

- Ρευστότητα (η ευκολία με την οποία ρέει το υλικό)
- Πλαστικότητα (η ικανότητα του υλικού να παραμορφώνεται χωρίς την διακοπή της συνέχειάς του)
- Συνοχή (το αποτέλεσμα των δυνάμεων που έλκουν τα μόρια του υλικού μεταξύ τους)
- Ικανότητα συμπίκνωσης
- Συνεκτικότητα (εργάσιμο - ρευστότητα)

Το εργάσιμο γενικά αυξάνεται όσο αυξάνεται το νερό ανάμιξης, δηλαδή η ρευστότητα του μίγματος.

Η ρευστότητα εξαρτάται περισσότερο από την ποσότητα του νερού ανάμιξης και πολύ λιγότερο από το λόγο νερού προς τσιμέντο. Για την ίδια ρευστότητα το απαιτούμενο νερό ελαττώνεται, όσο ελαττώνεται η ειδική επιφάνεια των αδρανών.

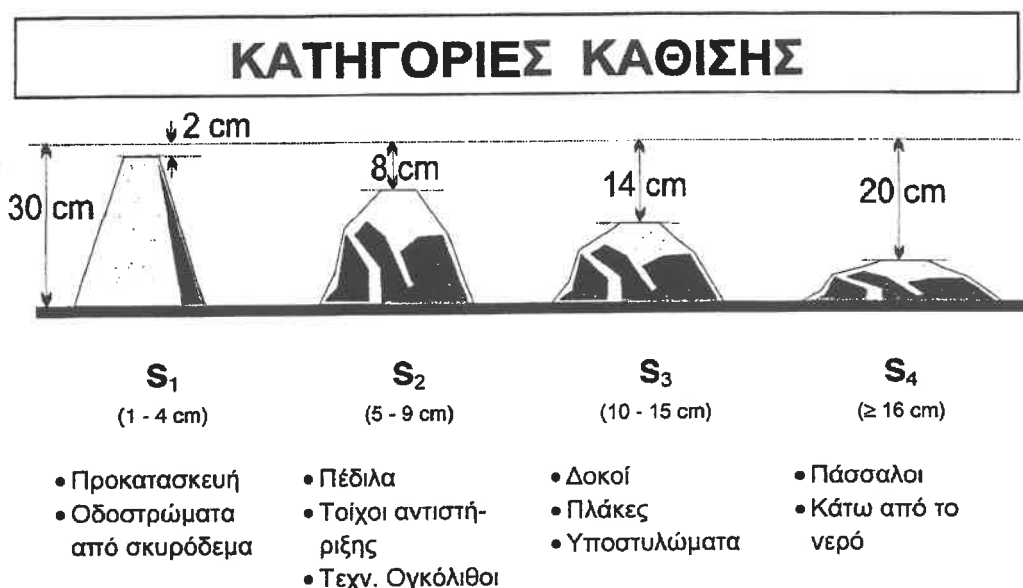
Αν αυξηθεί ο μέγιστος κόκκος και τα χοντρόκοκκα αδρανή, τότε μειώνεται η πλαστικότητα και η συνοχή, με κίνδυνο την απόμιξη.

Οι κυριότερες μέθοδοι, που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα, για την μέτρηση του εργάσιμου είναι οι ακόλουθες :

α) Κάθιση

Μεταλλικός κόλινος κώνος ανοιχτός επάνω και κάτω γεμίζεται με σκυρόδεμα και συμπυκνώνεται με καθορισμένο τρόπο.

Οι κατηγορίες κάθισης σύμφωνα με τον ΚΤΣ 97 [2] είναι οι ακόλουθες :



β) Μέτρο εξάπλωσης

Μεταλλικός τύπος που έχει την μορφή της παράπλευρης επιφάνειας κόλουρου κώνου γεμίζεται με σκυρόδεμα και συμπυκνώνεται με καθορισμένο τρόπο. Ο τύπος με το σκυρόδεμα είναι τοποθετημένος επάνω σε βάση (τράπεζα εξαπλώσεως) που έχει τη δυνατότητα να ανυψώνεται και να πέφτει ελεύθερα σε τρόπο και να μεταδίδει τις κρούσεις στη μάζα του σκυροδέματος. Μετά την αφαίρεση του κώνου (όπως και στη μέτρηση της κάθισης) η βάση αναγκάζεται να πραγματοποιήσει ορισμένο αριθμό κρούσεων, έτσι ώστε το σκυρόδεμα να απλωθεί πέρα από την αρχική κάθιση. Η μέση διάμετρος της μάζας του σκυροδέματος, όπως έχει διαμορφωθεί ονομάζεται **μέτρο εξάπλωσης**.

γ) Μέτρο συμπίκνωσης

Το σκυρόδεμα εισάγεται χωρίς καμιά συμπίκνωση σε μεταλλικό δοχείο, διαστάσεων 20 x 20 cm. και ύψος 40 cm. Μόλις το δοχείο γεμίσει, δονείται έως ότου συμπυκνωθεί τελείως. Ο λόγος του αρχικού ύψους προς το τελικό 40/h, χαρακτηρίζεται ως **μέτρο συμπίκνωσης**.

δ) Δοκιμή VEBE

Η VEBE αποτελείται από έναν κώνο παρόμοιο με τον κώνο κάθισης τοποθετημένο μέσα σε άλλο κυλινδρικό δοχείο μεγαλύτερης διαμέτρου και μία τράπεζα δόνησης.

Μετά την αφαίρεση του κώνου το σκυρόδεμα κάθεται, αλλά συγχρόνως υποβάλλεται σε δόνηση και συμπίκνωση παίρνοντας την μορφή του εξωτερικού κυλινδρικού δοχείου.

Ο χρόνος από τη στιγμή της απομάκρυνσης του κώνου και της σύγχρονης έναρξης της δόνησης μέχρι την πλήρη επιπεδότητα της άνω επιφάνειας ονομάζεται χρόνος VEBE.

Η επιπεδότητα έχει πραγματοποιηθεί, όταν το σκυρόδεμα καλύψει ολόκληρο τον κυκλικό δίσκο.

Αν η εργασιμότητα δεν προδιαγράφεται από τον μελετητή ή τον επιβλέποντα, η μελέτη σύνθεσης θα γίνει με κάθιση 10-12 cm. συνήθως όμως στην πράξη απαιτούνται εργασιμότητες της τάξεως των 14-15 cm. κάθισης το οποίο μπορεί να επιτευχθεί, χωρίς μείωση της αντοχής, με την προσθήκη υπερρευστοποιητικών.

2.2 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΣΤΕΡΕΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

2.2.1 Η αντοχή σε εξωτερικές δυνάμεις

2.2.1.1. Γενικά για την αντοχή

Μία από τις βασικές ιδιότητες του υλικού είναι η αντοχή του. Αντοχή καλείται η μέγιστη τιμή της δύναμης, που μπορεί να παραληφθεί και να μεταβιβαστεί από ένα στοιχειώδες τμήμα του υλικού στο γειτονικό, χωρίς καταστροφή ή επικίνδυνη παραμόρφωση του.

Η αντοχή εξαρτάται τόσο από τη φύση και την ποιότητα του υλικού, όσο και από την μορφή της εντατικής κατάστασης. Διαφορετική εμφανίζεται η

αντοχή σε ένα άλλο και διαφορετική για το ίδιο στοιχείο, αν η καταπόνηση είναι αποτέλεσμα διαφορετικής εντατικής κατάστασης. Έτσι λοιπόν, στην προκειμένη περίπτωση, η “αντοχή” δεν είναι σταθερή ιδιότητα του υλικού, αλλά αντοχή συγκεκριμένου υλικού σώματος σε συγκεκριμένη εξωτερική καταπόνηση.

2.2.1.2 Η αντοχή του σκυροδέματος και ο μηχανισμός της θραύσης

Η αντοχή του σκυροδέματος δεν εξετάζεται μόνο σαν, μηχανικό φαινόμενο ανεξάρτητα από τη φύση του υλικού. Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επιδρούν στην παρασκευή και την αντοχή του.

Αυτοί οι παράγοντες είναι :

- Οι αναλογίες σύνθεσης
- Η ποιότητα των υλικών
- Τα παράσιτα υλικά
- Η συμπύκνωση του νωπού σκυροδέματος
- Η ηλικία του σκυροδέματος
- Τρόπος συντήρησης
- Η μορφή του δοκιμίου
- Η μορφή της καταπόνησης

Όλοι αυτοί οι παράγοντες δημιουργούν ένα μεγάλο, πλήθος μικροδιαφορών μέσα στην μάζα του σκυροδέματος, οι οποίες προκαλούν διασπορά, δηλαδή διακύμανση των τιμών της αντοχής.

Όλοι αυτοί οι παράγοντες δημιουργούν ένα μεγάλο, πλήθος μικροδιαφορών μέσα στην μάζα του σκυροδέματος, οι οποίες προκαλούν διασπορά, δηλαδή διακύμανση των τιμών της αντοχής.

Έχει διαπιστωθεί ότι ασυνέχειες του υλικού (μικρορωγμές) κυρίως ανάμεσα στο κονίαμα και τα αδρανή, υπάρχουν μέσα στη μάζα του σκυροδέματος ακόμη και πριν από κάθε καταπόνηση.

Οι ρωγμές αυτές που δημιουργούνται από συστολές της κονίας κατά την πήξη, από συστολές που οφείλονται στην εξάτμιση του νερού και ενδεχομένως από κακή πρόσφυση μεταξύ κονιάματος αδρανών, μπορεί να είναι σταθερές ή να επεκτείνονται διαρκώς, ανάλογα με το φορτίο που καταπονεί κάθε φορά το σκυρόδεμα.

Έτσι λοιπόν παρατηρείται, ότι στην από κατασκευή ανομοιογένεια του υλικού πρέπει να συμπεριληφθούν και οι μικρορωγμές, οι οποίες είναι διασκορπισμένες προς κάθε κατεύθυνση μέσα στη μάζα του υλικού. Όταν επιβληθεί εξωτερικό φορτίο, οι τάσεις στην μάζα δεν κατανέμονται ομοιόμορφα, αλλά δημιουργούνται σημεία τοπικής συγκέντρωσης των τάσεων καθώς και περιοχές εφελκυσμού.[8]

2.2.1.3 Η αντοχή στις διάφορες μορφές καταπονήσεως

- Στατική καταπόνηση σε θλίψη και εφελκυσμό

Οι θλιπτικές αντοχές που κατορθώνουμε να πετύχουμε βρίσκονται συνήθως ανάμεσα στα όρια 50 – 600 kg/ cm² περίπου. Για έργα υψηλών απαιτήσεων παρασκευάζονται σκυροδέματα με ακόμη μεγαλύτερες αντοχές. Η εφελκυστική αντοχή κυμαίνεται στο 1/10 έως 1/15 της

θλιπτικής αντοχής. Δεν έχει βρεθεί άμεση αντιστοιχία ανάμεσα στη θλιπτική και εφελκυστική αντοχή. Επίσης η εφελκυστική αντοχή είναι πιο ευαίσθητη στη συντήρηση. Το τελευταίο μπορεί να εξηγηθεί από την άμεση εξάρτηση του εφελκυσμού από την έκταση των μικρορηγματώσεων μέσα στη μάζα του σκυροδέματος.

- Πολυαξονική καταπόνηση

Η συμπεριφορά του σκυροδέματος σε πολυαξονική καταπόνηση, ιδίως θλιπτική, είναι γενικά παρόμοια με τη συμπεριφορά των άλλων υλικών. Σε περίπτωση σύγχρονης παρουσίας εγκάρσιων θλιπτικών τάσεων, η θλιπτική αντοχή εμφανίζεται αυξημένη. Η παρουσία εγκάρσιας εφελκυστικής τάσης μειώνει γρήγορα την αντοχή σε θλίψη κατά την άλλη διεύθυνση. Αντίθετα, σε περίπτωση εφελκυστικών τάσεων, η τελική αντοχή σε εφελκυσμό δεν επηρεάζεται αισθητά. Η αύξηση της αντοχής στην περίπτωση ομοιόμορφης θλιπτικής καταπόνησης είναι ,πιθανόν, ελάχιστα μεγαλύτερη στα χαμηλές αντοχής σκυροδέματα, χωρίς όμως αυτό να είναι απόλυτα βεβαιωμένο. [1]

- Επαναλαμβανόμενη καταπόνηση

Επαναλαμβανόμενη καταπόνηση με το ίδιο φορτίο ή μεταβολή της τάσης μεταξύ δύο ορίων σ_{min} και σ_{max} μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη θραύση του υλικού, έστω και αν η μέγιστη τάση σ_{max} δεν υπερβαίνει τη στατική αντοχή του. Το φαινόμενο αυτό, όπως είναι γνωστό, ονομάζεται κόπωση του υλικού. Για να συμβεί όμως η αστοχία, πρέπει η τάση σ_{max} να υπερβαίνει κάποιο όριο που ονομάζεται όριο κόπωσης. Στην προκειμένη περίπτωση αναφερόμαστε σε θλιπτικές μόνο καταπονήσεις. Από τις έρευνες που έχουν γίνει προκύπτει ότι η συμπεριφορά του σκυροδέματος σε κόπωση εμφανίζεται βελτιωμένη στις ακόλουθες περιπτώσεις :

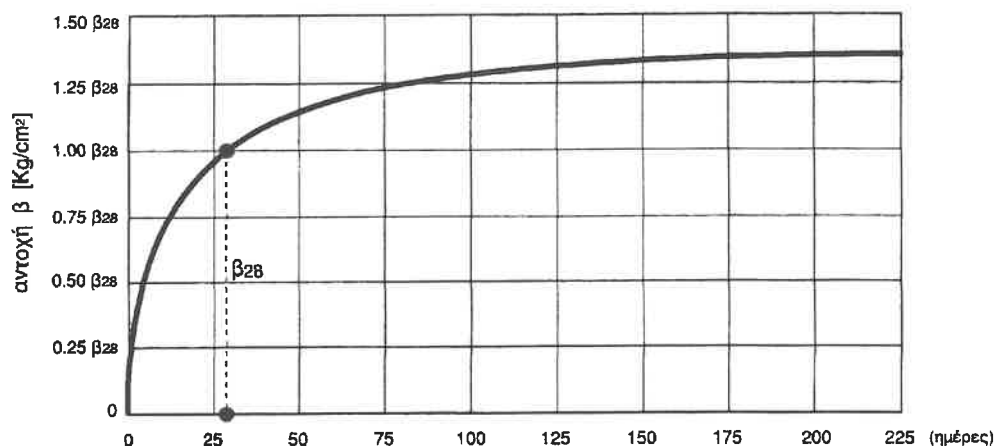
- Όσο ελαττώνονται η μέγιστη και η ελάχιστη τάση και επομένως η μέση τιμή $\frac{1}{2}(\sigma_{min} + \sigma_{max})$.
- Όσο μικρότερο είναι το εύρος διακύμανσης των τάσεων : $\sigma_{min} - \sigma_{max}$.
- Όσο αυξάνεται το ποσοστό του κονιάματος, όσο πιο πλούσιο είναι δηλαδή το σκυρόδεμα.
- Όσο πιο στρογγυλά είναι τα χονδρόκοκκα αδρανή.

Αντίθετα, η συμπεριφορά σε κόπωση δε φαίνεται, να επηρεάζεται αισθητά από τη συχνότητα φόρτισης.

Η κόπωση πάντως, του σκυροδέματος είναι φαινόμενο που δεν αντιμετωπίζεται στις συνηθισμένες κατασκευές, εφόσον το όριο κόπωσης είναι μεγαλύτερο από 0.65 της στατικής αντοχής, ενώ οι τάσεις που επιτρέπουμε ανέρχονται 0.33 – 0.57 της στατικής αντοχής (συντελεστής ασφαλείας 1.75 – 3).

2.2.1.4 Η ανάπτυξη της αντοχής με το χρόνο

Η αντοχή είναι αποτέλεσμα της ενυδάτωσης του τσιμέντου και της δημιουργίας των ένυδρων ενώσεων και γι' αυτό η εξέλιξη της ακολουθεί τον ίδιο εκθετικό νόμο που ακολουθεί και η χημική αντίδραση (σχήμα 2.1)



Σχήμα 2.1 [1]

Η ανάπτυξη της αντοχής όμως είναι διαφορετική για καθένα από τα τέσσερα βασικά συστατικά του τσιμέντου και γι' αυτό και η χρονική εξέλιξη της αντοχής, ιδιαίτερα στις μικρές ηλικίες, εξαρτάται από τη σύνθεση του τσιμέντου. Άλλοι παράγοντες είναι ο βαθμός άλεσης του τσιμέντου, δηλαδή το μέγεθος των κόκκων του καθώς και οι θερμοκρασιακές και υγρομετρικές συνθήκες του περιβάλλοντος. Για όλους αυτούς τους λόγους, η ακριβής ποσοτική εκτίμηση της εξέλιξης της αντοχής, μόνο με δοκιμές με τον ίδιο τύπο τσιμέντου, τα ίδια υλικά και τις ίδιες συνθήκες συντήρησης μπορεί να γίνει. Στην περίπτωση που αυτό δεν είναι δυνατό να γίνει, οι Κανονισμοί προβλέπουν ορισμένους συντελεστές που δίνουν ένδειξη του μεγέθους της αντοχής, για συνηθισμένες μέσες συνθήκες συντήρησης.

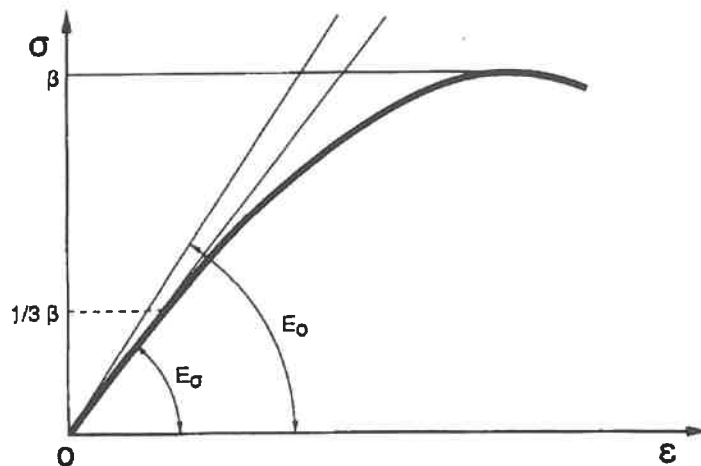
2.2.1.5 Η εξάρτηση της αντοχής από την ποσότητα του νερού

Η περίσσεια του νερού ανάμιξης πέρα από εκείνο που δεσμεύεται από το τσιμέντο, οδηγεί στη δημιουργία του πορώδους του σκυροδέματος και επομένως στην ελάττωση και της πυκνότητας και της αντοχής. Η αντοχή του σκυροδέματος συνδέεται άμεσα με τον λόγο νερού προς τσιμέντο $\omega = N/T$.

2.2.2 Ελαστική και πλαστική συμπεριφορά

Η σχέση τάσεων – παραμορφώσεων απεικονίζει την ελαστοπλαστική συμπεριφορά ενός υλικού.

Για το σκυρόδεμα η σχέση αυτή έχει την μορφή της συνεχούς καμπύλης του σχήματος 2.2.



Σχήμα 2.2[1]

Όπως παρατηρείται από την καμπύλη μόνο μικρά τμήματα μπορούν να θεωρηθούν ευθύγραμμα, οπότε ο νόμος του Hook ισχύει για μικρές μόνο μεταβολές του φορτίου.

Επειδή οι μικρορωγμές επεκτείνονται μέσα στο υλικό, το διάγραμμα παρουσιάζει καμπυλότητα. Αν το φορτίο παραμείνει αρκετό χρονικό διάστημα, η παραμόρφωση συνεχίζεται βαθμιαία (φαινόμενο ερπυσμού). Μετά την αφαίρεση του φορτίου, τμήμα της παραμόρφωσης αναιρείται (ελαστική παραμόρφωση) ενώ το υπόλοιπο τμήμα παραμένει (πλαστική παραμόρφωση).

Με την πάροδο του χρόνου, μετά την αφαίρεση του φορτίου, η παραμόρφωση που παραμένει ελαττώνεται συνεχώς (υστέρηση).

Τέλος η κλίση της εφαπτόμενης σε κάθε σημείο της καμπύλης ονομάζεται Μέτρο Ελαστικότητας $E = \sigma/\epsilon$.

2.2.3 Χρόνια συστολή και χρόνια διαστολή σκυροδέματος

Το φαινόμενο στο οποίο, κατά την πάροδο του χρόνου, το σκυρόδεμα παρουσιάζει συστολή του όγκου του στον αέρα ονομάζεται χρόνια συστολή ή συστολή ξήρανσης, ενώ, όταν παρουσιάζει διαστολή του όγκου του μέσα στο νερό, ονομάζεται διαστολή σκυροδέματος, ή διαστολή ύγρανσης.

Η συστολή ξήρανσης δεν έχει σχέση με τη συστολή πήξης, ούτε με τις ελαστικές ή πλαστικές παραμορφώσεις και τον ερπυσμό, που οφείλονται στη δράση εξωτερικών δυνάμεων.

Η χρόνια συστολή είναι γενικά φαινόμενο βλαπτικό και ανεπιθύμητο.

Όταν η συστολή παρεμποδίζεται, μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία ρηγματώσεων από τις εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται.

Συνηθισμένη είναι η περίπτωση της ρηγμάτωσης στοιχείων μεγάλου πάχους επειδή τα επιφανειακά στρώματα ξηραίνονται γρηγορότερα από το εσωτερικό, του στοιχείου. Άλλη χαρακτηριστική συνέπεια της συστολής είναι η βαθμιαία μείωση που παρουσιάζει η δύναμη προέντασης στους προεντεταμένους φορείς.

Το μέγεθος της συστολής εξαρτάται από παράγοντες όπως :

α.Το είδος και την ποιότητα του τσιμέντου.

β.Την ποσότητα του τσιμέντου.

γ.Την αύξηση ή μείωση της αντοχής.

δ.Την ποιότητα και την φύση των αδρανών.

ε.Την μορφή και τις διαστάσεις του στοιχείου.

στ.Τις υδρομετρικές συνθήκες του περιβάλλοντος.

Όπως παρατηρεί κανείς οι παράγοντες είναι πολλοί γι' αυτό και η πρόβλεψη του μεγέθους συστολής έχει μόνο ποιοτικό χαρακτήρα.

2.2.4 Ερπυσμός

Το σκυρόδεμα από την επίδραση εξωτερικής θλιπτικής δύναμης που δρα για μεγάλο χρονικό διάστημα, παρουσιάζει, πέρα από τη στιγμιαία παραμόρφωση, μία περαιτέρω συστολή που εξελίσσεται με αργό ρυθμό. Η χρόνια αυτή παραμόρφωση που προέρχεται από την επίδραση εξωτερικής δύναμης ονομάζεται ερπυσμός.

Έχουν διατυπωθεί πολλές θεωρίες για την εξήγηση του φαινομένου του ερπυσμού :

α. Αιτία του ερπυσμού είναι τοπικές μικροκαταστροφές του υλικού.

β. Ο ερπυσμός εξηγείται από την ύπαρξη μικροεπιφανειών ολισθήσεως μεταξύ των κρυστάλλων.

γ. Υπάρχουν μετακινήσεις του νερού στα τριχοειδή αγγεία του υλικού.

δ. Το νερό, που βρίσκεται στους πόρους και τα τριχοειδή αγγεία του στερεού, δέχεται στην αρχή ένα μέρος από το επιβαλλόμενο φορτίο, ενώ συγχρόνως αναγκάζεται να διαρρεύσει. Με την διαρροή του νερού αντίστοιχο φορτίο μεταβιβάζεται βαθμιαία στο στερεό σκελετό, που συμπιέζεται περαιτέρω κατά τους νόμους της ελαστικότητας.

Η παραπάνω θεωρία είναι και η επικρατέστερη.

Χαρακτηριστικά του ερπυσμού

α. Το μέγεθος του ερπυσμού είναι αντιστρόφως ανάλογο προς την ποιότητα του σκυροδέματος.

β. Μπορεί να φτάσει τελικά σε τιμή πολλαπλάσια της χρόνιας συστολής.

γ. Η διάρκεια του φαινομένου είναι 1 έως 10 χρόνια.

δ. Έως την τιμή του φορτίου $\sim 1/3 \beta_{\theta\rho}$ είναι ανάλογος του φορτίου, πέρα από την τιμή αυτή ο ερπυσμός ολοένα ταχύτερα με την αύξηση του φορτίου.

ε. Η μορφή της εξέλιξης του είναι ανθεκτική.

στ.Αυξάνεται όσο ελαττώνονται οι διαστάσεις του στοιχείου.

ζ. Εμφανίζεται μικρότερος για τσιμέντα υψηλής αντοχής ή γρήγορης ανάπτυξης της αντοχής.

η. Εξαρτάται από το είδος των αδρανών και ειδικότερα από το μέτρο ελαστικότητας αυτών.

θ. Ελαττώνεται όσο περισσότερο χοντρόκοκκα είναι τα αδρανή.

ι. Αυξάνεται όσο αυξάνεται το νερό της ανάμιξης.

- ια) Εξαρτάται (όπως και η χρόνια συστολή) από τις υδρομετρικές συνθήκες του περιβάλλοντος. Αυξάνεται όσο ελαττώνεται η σχετική υγρασία.
- ιβ) Ελαττώνεται όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικία του σκυροδέματος κατά την στιγμή της επιβολής του φορτίου.

2.2.5 Το πορώδες

Το σκυρόδεμα, όπως και οι φυσικοί λίθοι, δεν είναι υλικό απόλυτα συμπαγές και πλήρες, αλλά περιέχει πλήθος από μικροσκοπικές και μακροσκοπικές κοιλότητες.

Οι κοιλότητες αυτές είναι κενές από στερεό υλικό, γι' αυτό ονομάζεται και πόροι ή κενά.

Το σύνολο αυτών των κοιλοτήτων ονομάζουμε πορώδες του σκυροδέματος. Οι κοιλότητες αυτές μπορεί να περιέχουν αέρα ή να είναι γεμάτες νερό.

Ανάλογα με την προέλευση τους διακρίνονται σε κατηγορίες.

Έτσι υπάρχουν :

- α. Πόροι των αδρανών υλικών, δηλαδή πόροι των κόκκων των σκύρων και της άμμου.
- β. Πόροι που δημιουργούνται από τον εγκλεισμό φυσαλίδων από αέρα μέσα στο τσιμεντοκονίαμα.
- γ. Πόροι ή τριχοειδή κενά που δημιουργούνται μέσα στην τσιμεντοκονία μετά την εξάτμιση του νερού που περισσεύει.
- δ. Κοιλότητες μεταξύ τσιμεντοκονιάματος και αδρανών, είτε από κακή πρόσφυση μεταξύ τους, είτε λόγω συστολής του τσιμεντοκονιάματος, είτε από το νερό που συγκεντρώνεται στην κάτω κυρίως πλευρά των κόκκων, λόγω της εξίδρωσης του μείγματος.
- ε. Μακροσκοπικές κοιλότητες που προέρχονται από κακή συμπίκνωση.
- στ. Τριχοειδή κενά δημιουργημένα μετά τις μικρορηγματώσεις που οφείλονται στις συστολές του τσιμεντοκονιάματος ή και στις εξωτερικές καταπονήσεις.

Το συνολικό πορώδες και ο βαθμός συμπίκνωσης είναι μεγέθη που χαρακτηρίζουν την έκταση του πορώδους, αλλά δε δίνουν όμως πληροφορίες για την μορφή, το σχήμα, το μέγεθος, καθώς και για την κατανομή των κοιλοτήτων, που αποτελούν ουσιώδη χαρακτηριστικά για τη συμπεριφορά του υλικού και τη διεύθυνση του νερού.

Το πορώδες του σκυροδέματος επηρεάζει τη χρόνια συστολή, τον ερπυσμό, την υδατοαπορροφητικότητα, την υδατοστεγανότητα, την ανθεκτικότητα του υλικού στον παγετό, καθώς και την αντοχή.

Οι περισσότερες από τις ιδιότητες του σκυροδέματος βελτιώνονται όσο το μέγεθος των πόρων είναι μικρότερο, και όσο περισσότερο ομοιόμορφα είναι κατανομημένο μέσα στο υλικό και το σχήμα τους πλησιάζει το σφαιρικό.

Στην μείωση του πορώδους, όπως αναφέρεται αναλυτικά και στο 3^ο κεφάλαιο, συντείνουν :

- Η ελάττωση του νερού
- Η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών που πλησιάζει στην άριστη περιοχή, δηλαδή πυκνότερη δομή των αδρανών.
- Η καλή ποιότητα και καθαρότητα των αδρανών για την καλύτερη προσκόλληση της τσιμεντοκονίας.

- Η αποτελεσματική συμπύκνωση του νωπού σκυροδέματος.
Η καλή συντήρηση για την αποφυγή ρηγματώσεων κατά την διάρκεια της πήξης. [1]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ-ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ

Για το σκυρόδεμα, είναι πολύ σημαντικό να είναι ανθεκτικό (durable), δηλαδή να ανθίσταται στις καταπονήσεις για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η μείωση της ανθεκτικότητας (durability) του σκυροδέματος οφείλεται σε εξωτερικούς (περιβάλλον στο οποίο εκτίθεται), σε εσωτερικούς παράγοντες (φύση του υλικού) και στην διαπερατότητα του σκυροδέματος.

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται αναλυτικότερα οι εσωτερικοί και οι εξωτερικοί που προσβάλλουν την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος, καθώς και οι παράγοντες που επηρεάζουν την διαπερατότητα του σκυροδέματος

ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

(από το περιβάλλον)

-ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

- υψηλές θερμοκρασίες
- παγετός

-ΧΗΜΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

- θειϊκά άλατα
- διοξείδιο του άνθρακα
- οξέα
- άλατα χλωρίου

-ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

- απότριψη
- μηχανισμός σπηλαιώσης

ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

(από το υλικό)

-ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

(λόγω των διαφορετικών θερμικών ιδιοτήτων των αδρανών και του τσιμεντοπολτού)

-ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΑΛΚΑΛΙΩΝ- ΑΔΡΑΝΩΝ -ΝΕΡΟ ΑΝΑΜΙΞΕΩΣ

(που περιέχει ζάχαρη ή διαλυμένες επιβλαβείς ουσίες όπως διοξείδιο του άνθρακα, θειϊκά άλατα, οξέα, αλκάλια κ.ά.)

-ΑΔΡΑΝΗ
(που περιέχουν χλωριούχο νάτριο και κατά συνέπεια χλωριόντα)

ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

-ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

-ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ

-ΑΝΕΠΑΡΚΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΤΩΝ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ

3.2 ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

3.2.1 Γενικά για τη διαπερατότητα

Η ανθεκτικότητα του σκυροδέματος στο χρόνο είναι απόλυτα συνδεδεμένη με την διαπερατότητά του. Αφού η διαπερατότητα ορίζεται σαν η ευκολία με την οποία ένα υγρό ή ένα αέριο μπορεί να διαπεράσει το σκυρόδεμα, είναι φυσικό να καθορίζει το βαθμό με τον οποίο επιβλαβείς ουσίες διεισδύουν στη μάζα του και προσβάλλουν το ίδιο αλλά και τον οπλισμό του. Στην περίπτωση του οπλισμένου σκυροδέματος, η διείσδυση της υγρασίας και του αέρα έχει σαν αποτέλεσμα τη διάβρωση του οπλισμού, άρα και την αύξηση του όγκου του χάλυβα. Αυτή η αύξηση επιφέρει τη ρηγμάτωση και καταστροφή του σκυροδέματος. Άρα, είναι προφανές ότι ένα οπλισμένο σκυρόδεμα με χαμηλή διαπερατότητα παρέχει μεγαλύτερη προστασία στον οπλισμό του. Επιπλέον, η διαπερατότητα παίζει σημαντικό ρόλο στην ευπάθεια (vulnerability) του σκυροδέματος στον παγετό, αφού καθορίζει το βαθμό με τον οποίο το σκυρόδεμα μπορεί να κορεστεί με νερό.

Η διείσδυση της υγρασίας μέσα στο σκυρόδεμα, εκτός από τη διάβρωση που μπορεί να προκαλέσει, έχει σημαντικές επιπτώσεις και στις θερμομονωτικές ιδιότητές του.

Είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι σε ορισμένες περιπτώσεις τόσο υδραυλικών κατασκευών, όσο και άλλες, η διαπερατότητα του σκυροδέματος είναι πιο σημαντική από τις μηχανικές του αντοχές.

Η υδατοστεγανότητα είναι μεγαλύτερης σπουδαιότητας στις παρακάτω περιπτώσεις :

- I. Όταν το κορεσμένο σκυρόδεμα παγώσει (freezing), επέρχεται η αποσύνθεση, διάλυση του (disintegration) .
- II. Όταν η διάλυση ορισμένων χημικών συστατικών επιφέρουν με την πάροδο του χρόνου την αποδυνάμωση του σκυροδέματος. Αυτά τα συστατικά δημιουργούνται από τα μη εμφανή υπολείμματα ανθρακικού ασβεστίου και από ενώσεις που προέρχονται από την διαπύκνωση του νερού μέσα στις πορώδεις επιφάνειες του σκυροδέματος.
- III. Στην περίπτωση φράγματος από σκυρόδεμα όπου η διαπερατότητα επηρεάζει τη δύναμη άνωσης.

3.2.1.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την διαπερατότητα του σκυροδέματος

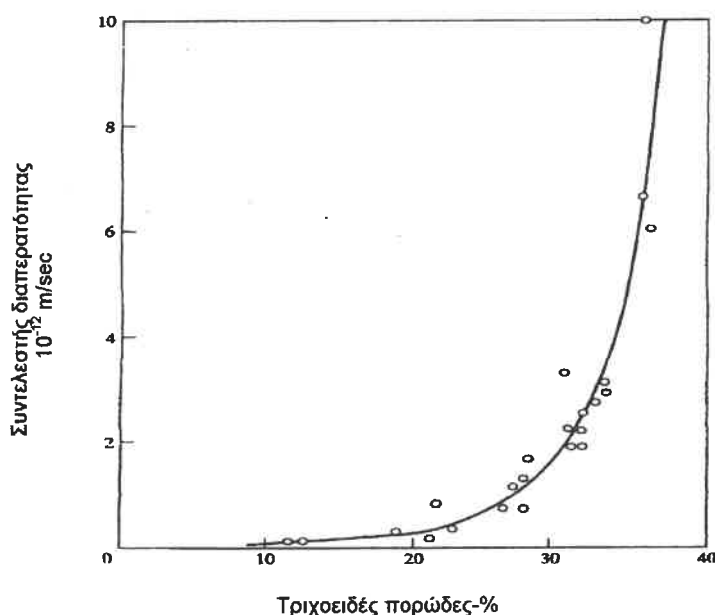
Η διαπερατότητα του σκυροδέματος είναι σύνθετο θέμα μελέτης, αφού το σκυρόδεμα είναι μίγμα ετερογενών συστατικών και οι ιδιότητες του μεταβάλλονται με το χρόνο.

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την διαπερατότητα είναι οι ακόλουθοι :

- * Πορώδες του σκυροδέματος
- * Λόγος N/T και ο μέγιστος κόκκος αδρανούς
- * Συντήρηση
- * Τσιμέντο
- * Συμπύκνωση
- * Ύπαρξη ρωγμών

Επίδραση του πορώδους

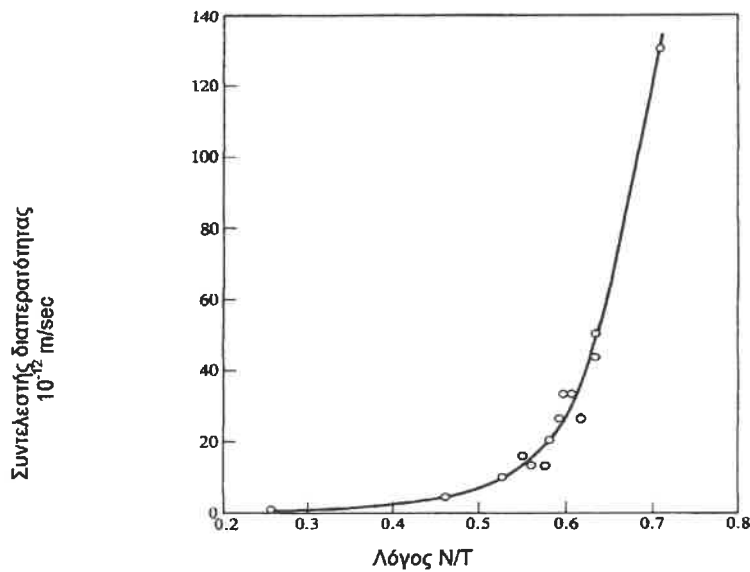
Το πορώδες του σκυροδέματος είναι βασική ιδιότητα που επηρεάζει όχι μόνο τις μηχανικές του αντοχές αλλά και την διαπερατότητα του. Υπάρχουν δύο είδη πορώδους : το μακροπορώδες (macro porosity) που οφείλεται στην ατελή δόνηση του φρέσκου σκυροδέματος και το τριχοειδές πορώδες (capillary porosity) που οφείλεται στην παρουσία του νερού κατά την ενυδάτωση. Το τριχοειδές πορώδες μπορεί να μειωθεί με την μείωση λόγου N/T ή με την αύξηση του χρόνου συντήρησης και το μακροπορώδες με την εφαρμογή ισχυρότερης δόνησης ,την χρήση καλύτερης σύνθεσης και με χημικά πρόσθετα ρευστοποιητικά ή υπερευστοποιητικά.Ο τσιμεντοπολτός (cement paste) και τα αδρανή έχουν πόρους. Εφόσον ο τσιμεντοπολτός περιβάλλει τα αδρανή στο σκυρόδεμα, τότε η διαπερατότητα του τσιμεντοπολτού καθορίζει και την διαπερατότητα του σκυροδέματος.Όπως αναφέρθηκε και στο πρώτο κεφάλαιο οι πόροι στον τσιμεντοπολτό χωρίζονται στους πόρους πήγματος (gel pores) και στους τριχοειδείς. Οι πρώτοι αποτελούν περίπου το 28% του όγκου του τσιμεντοπολτού και οι δεύτεροι από 0 έως 40%. Οι πόροι πήγματος είναι πολύ μικρότεροι από τους τριχοειδείς, αφού η διάμετρος τους είναι της τάξης των 15-20 Å έναντι των τριχοειδών που είναι 1,3μm. Αυτή η μεγάλη διαφορά στο μέγεθος δείχνει ότι οι τριχοειδείς πόροι καθορίζουν τελικά την διαπερατότητα του τσιμεντοπολτού και κατά συνέπεια και του σκυροδέματος. (στο σχήμα 3.1 φαίνεται η σχέση μεταξύ του συντελεστή διαπερατότητας και του τριχοειδούς πορώδους[5]).



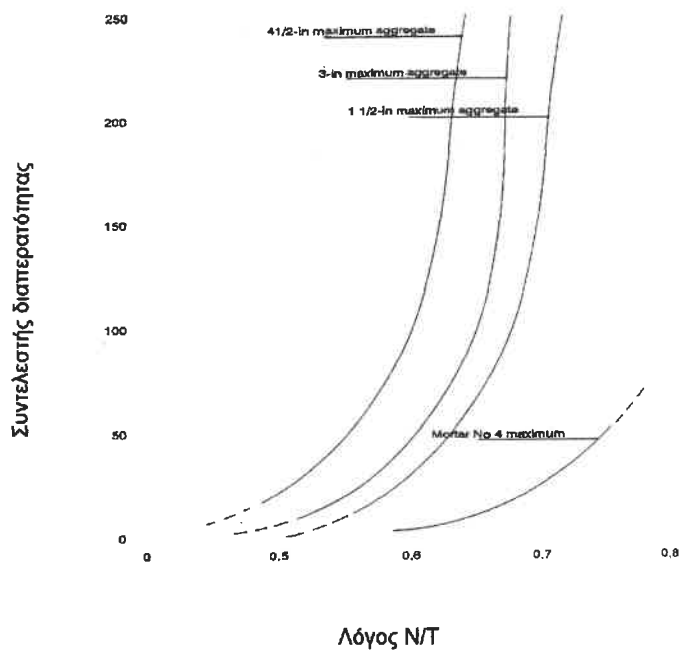
Επίδραση του λόγου N/T και του μέγιστου κόκκου των αδρανών

Αν υποθεθεί ότι το νωπό σκυρόδεμα έχει δονηθεί κατάλληλα, τότε στον τσιμεντοπολτό υπάρχουν μόνο τριχοειδείς πόροι . Ο όγκος τους εξαρτάται από το λόγο N/T του μίγματος και από την ποσότητα του τσιμέντου που αντέδρασε με το νερό. Όσο χαμηλότερος είναι ο λόγος N/T , τόσο μικρότερη είναι η απόσταση μεταξύ των κόκκων του τσιμέντου

και κατά συνέπεια τόσο μικρότερο είναι το πορώδες του τσιμεντοπολτού, άρα και του σκυροδέματος (σχήμα 3.2 [5]).

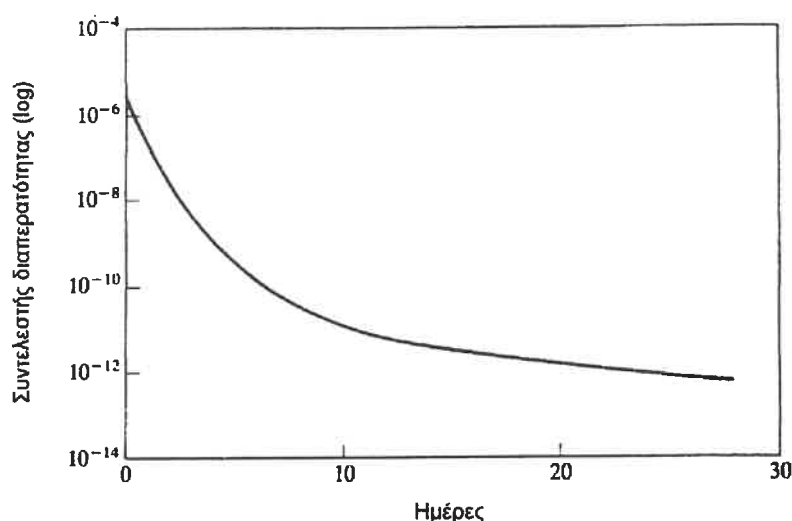


Βέβαια ο χαμηλός λόγος N/T ,θα πρέπει να συνδυάζεται και με την σωστή διαβάθμιση των αδρανών για να επιτευχθεί στεγανό σκυρόδεμα, αφού η διαπερατότητα εξαρτάται και από την διαβάθμιση και από το μέγεθος τους. Σωστά διαβαθμισμένα αδρανή συντελούν στην παρασκευή πυκνού σκυροδέματος. Η επίδραση του μεγέθους των αδρανών φαίνεται στο σχήμα 3.3 [16].

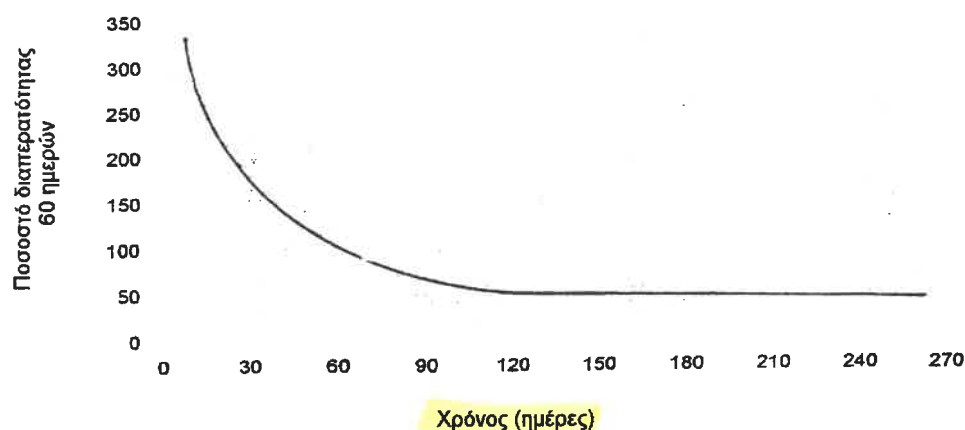


Επίδραση του χρόνου συντήρησης του νωπού σκυροδέματος

Όπως είναι γνωστό, το τριχοειδές πορώδες του τσιμεντοπολτού είναι μικρότερο, όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός της ενυδάτωσης. Η συνεχής ενυδάτωση που επιτυγχάνεται με τη συντήρηση, μειώνει το μέγεθος των πόρων και επομένως καθιστά το σκυρόδεμα αδιαπέρατο. Στο σχήμα 3.4 [5] φαίνεται η μείωση της διαπερατότητας με το χρόνο ενυδάτωσης.



Η αύξηση της στεγανότητας σε σχέση με το χρόνο συντήρησης φαίνεται στο σχήμα 3.5 [16].



Για να αυξηθεί ο βαθμός της ενυδάτωσης είναι απαραίτητο το νωπό σκυρόδεμα να διατηρηθεί υγρό όσο το δυνατόν περισσότερο χρόνο. Ενδεικτικά ο παρακάτω πίνακας δείχνει το χρόνο συντήρησης του σκυροδέματος, ανάλογα με το λόγο N/T , για να επιτευχθεί ο απαιτούμενος χρόνος ενυδάτωσης [3].

N/T	Απαιτούμενος χρόνος συντήρησης
0,35	1 μέρα
0,4	3 μέρες
0,45	7 μέρες
0,5	14 μέρες
0,6	6 μήνες
0,7	1 χρόνο
>0,7	αδύνατο

Θεωρητικά, ο καλύτερος τρόπος συντήρησης επιτυγχάνεται, με το να διατηρείται η υγρασία του σκυροδέματος καλύπτοντάς το με μία υγρή λινάτσα.

Στην πράξη για να μειωθεί ο χρόνος συντήρησης σε αποδεκτά όρια, θα πρέπει ο λόγος N/T να είναι χαμηλός και το νωπό σκυρόδεμα να προστατεύεται με την χρήση ειδικών υλικών συντήρησης τα οποία εφαρμόζονται με ψεκασμό, μόλις αυτό ξεκαλουπωθεί. Έτσι δημιουργείται μία προστατευτική μεμβράνη πάνω στην επιφάνεια του σκυροδέματος που δεν αφήνει το νερό να εξατμιστεί.

Επίδραση του τσιμέντου

Η διαπερατότητα επηρεάζεται από την λεπτότητα του τσιμέντου. Για τον ίδιο λόγο N/T το χοντρότερο τσιμέντο τείνει να παράγει πήγμα με μεγαλύτερο πορώδες από ότι ένα λεπτότερο. Η σύνθεση των συστατικών του τσιμέντου επηρεάζει την διαπερατότητα επειδή καθορίζει το βαθμό ενυδάτωσης. Γενικά μπορεί να θεωρηθεί, ότι όσο μεγαλύτερη είναι η αντοχή του τσιμεντοπολτού, τόσο μικρότερη είναι η διαπερατότητα του, αφού η αντοχή του είναι συνάρτηση του σχετικού όγκου του πηγματος στον χώρο που είναι διαθέσιμος.

Επίδραση της εργασιμότητας του νωπού σκυροδέματος

Όπως είναι γνωστό, η εργασιμότητα είναι χαρακτηριστικό του νωπού σκυροδέματος που υποδεικνύει την ευκολία σκυροδέτησης. Πέρα από την επίδραση που έχει σε αυτήν, η εργασιμότητα του σκυροδέματος επηρεάζει και τις ιδιότητες του. Μπορεί ο χαμηλός λόγος N/T να εγγυάται την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος στο χρόνο, όμως η ανεπαρκής εργασιμότητα έχει σαν αποτέλεσμα την ατελή δόνηση του νωπού μίγματος και επομένως ότι αναφέρεται για το χαμηλό λόγο N/T, καθίσταται εντελώς θεωρητικό. Στην πράξη, λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες του έργου (π.χ. πυκνός οπλισμός, δύσκολες περιοχές πρόσβασης για σκυροδέτηση), ένα μη πλαστικό μίγμα θα παρασκεύαζε ένα σκυρόδεμα που θα είχε πολλές «κουφάλες» των οποίων η διαπερατότητα θα καθιστούσε την διαπερατότητα του τριχοειδούς πορώδους άνευ σημασίας. Επομένως, είναι απαραίτητο, οι μελετητές μηχανικοί να προδιαγράφουν την απαιτούμενη εργασιμότητα του νωπού μίγματος ανάλογα με τις συνθήκες του κάθε έργου, εφόσον θέλουν να

εγγυηθούν την ανθεκτικότητα των κατασκευών σκυροδέματος στο χρόνο. [3],[5]

Επίδραση της ύπαρξης ρωγμών

Η ύπαρξη ρωγμών στο σκυρόδεμα αυξάνει τη διαπερατότητα.

Η δημιουργία των ρωγμών μπορεί να οφείλεται στις ακόλουθες αιτίες[4]:

- Συστολή ξήρανσης
- Ερπυσμός
- Διάβρωση οπλισμού
- Συστελλόμενα αδρανή
- Αντίδραση αδρανών - αλκαλίων
- Εναλλαγές παγετού - τήξης
- Μεταβολές θερμοκρασίας
- Υπερφόρτιση
- Πρόωρη θερμική συστολή (συρρίκνωση)

3.2.1.2 Απορρόφηση του σκυροδέματος

Η απορρόφηση είναι μια φυσική διεργασία κατά την οποία το σκυρόδεμα απορροφάει υγρά μέσα στους πόρους του. Με την μέτρηση της υδατο-απορρόφησης μπορεί να υπολογιστεί ο όγκος που καταλαμβάνουν οι πόροι- οι οποίοι συγκοινωνούν μεταξύ τους (δεν είναι κλειστοί)- μέσα στο σκυρόδεμα. Το πορώδες και η διαπερατότητα συνδέονται μεταξύ τους όταν οι πόροι έχουν την δυνατότητα να επικοινωνούν μεταξύ τους. Όμως, υπάρχουν περιπτώσεις που μπορεί ένα σκυρόδεμα να έχει μεγάλο πορώδες αλλά πολύ μικρή διαπερατότητα διότι η επικοινωνία των πόρων είναι αδύνατη.

Δύο συνήθεις δοκιμές μέτρησης της απορρόφησης είναι η δοκιμή της αρχικής επιφανειακής απορρόφησης (Initial Surface Absorption Test ,I.S.A.T. BS 1881) και η δοκιμή εμβύθισης. Έχει ενδιαφέρον να παρατηρηθεί ότι οι δύο δοκιμές δεν δίνουν τα ίδια αποτελέσματα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι η δοκιμή επιφανειακής αρχικής απορρόφησης δίνει πληροφορίες μόνο για το φλοιό του σκυροδέματος, ενώ η δοκιμή εμβύθισης μετράει το μηχανικώς αιωρούμενο νερό και μέρος του κolloειδούς νερού που συγκρατείται από τον τσιμεντοπολό. Δε θα πρέπει να παραληφθεί ότι κατά τη δοκιμή εμβύθισης εξάγονται διαφορετικά αποτελέσματα αφού χρησιμοποιούνται διαφορετικές διαδικασίες. Οι δοκιμές αυτές της εμβύθισης δεν δίνουν αξιόπιστα αποτελέσματα για την συνολική απορρόφηση του σκυροδέματος, έτσι λοιπόν δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μέγεθος μέτρησης της

ποιότητας του σκυροδέματος, αν και θα πρέπει να σημειωθεί ότι ένα σκυρόδεμα καλής ποιότητας και υψηλής αντοχής έχει ποσοστό υδατοαπορρόφησης κάτω από 10%.

Από την άλλη, η απορρόφηση παρέχει μία καλή ένδειξη της ανθεκτικότητας του σκυροδέματος στον παγετό, στους κύκλους ψύξης και απόψυξης του νερού που βρίσκεται μέσα στην επιφάνεια του σκυροδέματος, αφού και τα τρία αυτά σχετίζονται με την ποσότητα αυτού που έχει απορροφηθεί μέσα στο σκυρόδεμα.

Είναι λοιπόν φανερό από όσα αναφέρθηκαν ότι η απορρόφηση θα πρέπει να ελαχιστοποιείται, αφού επηρεάζει δυσμενώς την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί όταν το σκυρόδεμα είναι πυκνό, γερό, και επαρκώς συντηρημένο. Επιπλέον, αφού η απορρόφηση και η διαπερατότητα συνδέονται – όταν το σκυρόδεμα έχει υψηλή διαπερατότητα έχει επίσης και υψηλή απορρόφηση – η απορρόφηση επηρεάζεται από τους παράγοντες που συζητήθηκαν προηγουμένως οι οποίοι επηρεάζουν και την διαπερατότητα [3], [5], [15], [16].

3.2.2 Αντίδραση μεταξύ αλκαλίων – αδρανών

Είναι ευρέως γνωστό ότι σκυρόδεμα που περιέχει ενεργά αδρανή (ιδιαίτερα άμορφο πυριτικό οξύ) και τσιμέντο πλούσιο σε αλκάλια ($\text{Na}_2\text{O} > 0,6\%$) μπορεί να υποστεί φθορά (διόγκωση, ρωγμές, κτλ.) σε περιβάλλον με υψηλή σχετική υγρασία (R.H.). Μερικά πετρώματα από όπου προέρχονται τέτοιου είδους ενεργά αδρανή είναι ο πυριτικός ασβεστόλιθος, ο ρυόλιθος και ο ηφαιστιογενής ρυόλιθος, ο φυλλίτης κ.α. Η αντίδραση ξεκινάει με την επίδραση των αλκαλικών υδροξειδίων, που προέρχονται από τα Na_2O και K_2O του τσιμέντου, στα πυριτικά ορυκτά των αδρανών. Το αλκαλοπυριτικό πήγμα που δημιουργείται από την αντίδραση ελκύει νερό είτε με απορρόφηση είτε με όσμωση με αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου του. Επειδή όμως το αλκαλοπυριτικό πήγμα είναι περιορισμένο από τον τσιμεντοπολτό που τον περιβάλλει, οι εσωτερικές πιέσεις που δημιουργούνται οδηγούν σε διόγκωση, ρηγμάτωση και τελικά στην διάλυση του τσιμεντοπολτού. Η διόγκωση αυτή οφείλεται, όχι μόνο στην υδραυλική πίεση που ασκείται από την όσμωση, αλλά και στην πίεση της διαστολής των στερεών προϊόντων της αλκαλοπυριτικής αντίδρασης. Θεωρείται ότι αυτή η πίεση διαστολής είναι πιο επιβλαβής για το σκυρόδεμα.

Ο ρυθμός και η έκταση της αντίδρασης αλκαλίων – αδρανών εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως το μέγεθος των πυριτικών σωματιδίων, [λεπτότερα σωματίδια (20-30 μm) οδηγούν σε διόγκωση μέσα σε τέσσερις με οκτώ εβδομάδες ενώ μεγαλύτερα μετά από μερικά χρόνια]. Άλλοι παράγοντες, είναι η περιεκτικότητα του τσιμέντου σε αλκάλια, η ποσότητα ενεργών αδρανών, ο βαθμός ενεργοποίησης των αδρανών, το πορώδες των αδρανών, η διαθεσιμότητα του νερού στον τσιμεντοπολτό, η διαπερατότητα του τσιμεντοπολτού, οι υδροθερμικές συνθήκες, κτλ. Ο Chatterji [17] βρήκε ότι η έκθεση ενός σκυροδέματος σε ένα υδάτινο διάλυμα περιεκτικότητας 10% σε NaCl , επιταγχύνει την αντίδραση αλκαλίων – αδρανών, με αποτέλεσμα την γρήγορη εμφάνιση των ρωγμών. Σκυροδέματα που δεν περιέχουν ενεργά αδρανή και που

περιέχουν τσιμέντο πλούσιο σε αλκάλια, συμπεριφέρονται αρκετά καλά για μεγάλο χρονικό διάστημα. Όμως ακόμα και σε αυτή την περίπτωση, τα αδρανή γίνονται ενεργά όταν το σκυρόδεμα εκτίθεται σε αντιπαραγωγικά άλατα από NaCl.

Αυτό σημαίνει ότι τα αδρανή που διατίθενται για σκυρόδεμα, το οποίο θα εκτεθεί σε αντιπαραγωγικά άλατα από NaCl, θα πρέπει να ελέγχονται με την αξιολόγηση της αντίδρασης αλκαλίων – αδρανών σε δοκίμια σκυροδέματος διατηρώντας τα μέσα σε υδατικό διάλυμα NaCl.

Παρόλο που είναι γνωστοί ορισμένοι τύποι αδρανών που τείνουν να είναι ενεργοί, δεν υπάρχει απλός τρόπος για να προσδιοριστεί αν ένα αδρανές θα προκαλέσει εκτεταμένη διόγκωση με την αλκαλοπυριτική αντίδραση. Κατά τις Αμερικανικές Πρότυπες Μεθόδους Δοκιμών η πιο κατάλληλη είναι η ASTM C227-81. Σύμφωνα με τη δοκιμή αυτή, το αδρανές θραύεται σε προκαθορισμένη διαβάθμιση για να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ράβδων από ειδικά κονιάματα από άμμο και τσιμέντο. Το τσιμέντο που χρησιμοποιείται περιέχει αλκάλια όχι λιγότερα από 0,6 %.

Οι ράβδοι αυτοί συντηρούνται στο νερό σε θερμοκρασία 38°C. Σε αυτή την θερμοκρασία, θεωρείται ότι η διόγκωση είναι γρηγορότερη και μεγαλύτερη από άλλες μικρότερες ή μεγαλύτερες θερμοκρασίες. Επίσης η αλκαλοπυριτική αντίδραση επιταχύνεται από ένα σχετικά υψηλό λόγο N/T.

Το αδρανές, που υπόκειται την δοκιμή, θεωρείται επιβλαβές αν διογκωθεί περισσότερο από 0,05 % σε τρεις μήνες ή περισσότερο από 0,1 % σε έξι μήνες.

Στην Μ. Βρετανία [11] για την αποφυγή της δημιουργίας της αλκαλοπυριτικής αντίδρασης συνιστώνται οι ακόλουθες προφυλάξεις :

- I. Χρήση τσιμέντων Portland με περιεκτικότητα αλκαλίων μικρότερη από 0,6%.
- II. Χρήση μίγματος τσιμέντου Portland και τριμμένης σκωρίας υψικαμίνου με ποσοστό σκουριάς τουλάχιστον 50%.
- III. Χρήση μίγματος τσιμέντου Portland και ιπτάμενης τέφρας με ποσοστό τέφρας τουλάχιστο 25% με την προϋπόθεση ότι η περιεκτικότητα των αλκαλίων στο σκυρόδεμα είναι μικρότερη από 3 kg/m³. Η περιεκτικότητα των αλκαλίων του σκυροδέματος προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της περιεκτικότητας των αλκαλίων στο τσιμέντο επί την μέγιστη περιεκτικότητα του σκυροδέματος σε τσιμέντο.
- IV. Χρήση αδρανών τα οποία θεωρούνται μετά από κατάλληλες δοκιμές ότι είναι μη ενεργά.

Επιπλέον, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η χρήση της σκωρίας ή της ιπτάμενης τέφρας, θεωρείται ότι δεν συνεισφέρει ενεργά αλκάλια στο σκυρόδεμα παρόλο που και τα δύο αυτά υλικά περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα σε αλκάλια. Αυτά τα αλκάλια περιέχονται στην υαλώδη δομή της σκουριάς ή της τέφρας και δεν λαμβάνουν μέρος στην αντίδραση με τα αδρανή. Τέλος είναι παράδοξο και πρέπει να αναφερθεί ότι το πυρίτιο που υπάρχει στην ιπτάμενη τέφρα μειώνει τις επιβλαβείς επιπτώσεις της αλκαλο-πυριτικής αντίδρασης.[3],[5]

3.3 ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

3.3.1 Χημικές επιδράσεις

3.3.1.1 Θεϊικά άλατα

Τα στερεά άλατα δεν προσβάλλουν το σκυρόδεμα, όταν όμως βρίσκονται μέσα σε διάλυμα μπορούν να αντιδράσουν με τον σκληρυμένο τσιμεντοπολτό.

Μερικά αργιλικά εδάφη περιέχουν θεϊκά άλατα μαγνησίου, νατρίου και ασβεστίου και κατά συνέπεια τα υπόγεια νερά που ρέουν μέσα σε αυτά αποτελούν διαλύματα θεϊκών αλάτων.

Όταν το σκυρόδεμα προσβληθεί από διαλύματα θεϊκών αλάτων, τα θεϊκά αντιδρούν με το $\text{Ca}(\text{OH})_2$ και το ενυδατωμένο C_3A . Τα προϊόντα αυτών των αντιδράσεων, ο γύψος και ο επτριγκίτης, καταλαμβάνουν πολύ μεγαλύτερο όγκο από τα συστατικά που θα αντικαταστήσουν. Αποτέλεσμα αυτών των αντιδράσεων είναι η διόγκωση και η επακόλουθη διάλυση του σκυροδέματος.

Από τα θεϊκά άλατα που συναντάμε στην φύση το πιο επιβλαβές είναι του μαγνησίου, επειδή επιφέρει την αποσύνθεση των ενυδατωμένων πυριτικών αλάτων ασβεστίου, του $\text{Ca}(\text{OH})_2$ και του ενυδατωμένου C_3A και οδηγεί στον σχηματισμό ενυδατωμένου πυριτικού άλατος μαγνησίου που όμως δεν έχει καθόλου συνδετικές ιδιότητες.

Το σκυρόδεμα που έχει προσβληθεί από θεϊκά άλατα έχει μία χαρακτηριστική «ασπριδερή» εμφάνιση. Η φθορά του συνήθως ξεκινάει στις γωνίες του σκυροδέματος και στην συνέχεια ακολουθεί η ρηγμάτωση και η θραύση του.

Γενικά, θεωρείται ότι για να είναι το σκυρόδεμα ικανό να αντέξει σε προσβολή θεϊκού άλατος, δύο παράγοντες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη: α) ο χαμηλός λόγος N/T , β) η επιλογή τσιμέντου χαμηλής περιεκτικότητας σε C_3A ή ποζολανικού τσιμέντου με σκοπό την μείωση της διαθέσιμης περιεκτικότητας σε αργίλιο που απαιτείται για τον σχηματισμό του επτριγκίτη και την μείωση του $\text{Ca}(\text{OH})_2$ που απαιτείται για τον σχηματισμό του γύψου. [3], [5]

3.3.1.2 Χλωριούχα άλατα

3.3.1.2.1 Θαλασσινό νερό

Συνήθως η προσβολή του θαλασσινού νερού δεν προκαλεί την διόγκωση του σκυροδέματος από την ύπαρξη των θεϊκών αλάτων, λόγω της ταυτόχρονης παρουσίας των χλωριούχων αλάτων. Ο γύψος και ο επτριγκίτης διαλύονται ευκολότερα μέσα σε διάλυμα χλωριούχων αλάτων από ότι σε νερό, με αποτέλεσμα να ξεπλένονται εύκολα από το θαλασσινό νερό και να μην προκαλείται η φθορά που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

Από την άλλη όμως, διόγκωση μπορεί να προκληθεί σαν αποτέλεσμα της πίεσης που ασκείται από την κρυσταλλοποίηση των αλάτων μέσα στους πόρους του σκυροδέματος. Η κρυσταλλοποίηση λαμβάνει χώρα πάνω από την στάθμη της θάλασσας, στο σημείο εξάτμισης του νερού.

Το διάλυμα χλωριούχου άλατος ανεβαίνει στο σκυρόδεμα μέσω των τριχοειδών του και η προσβολή λαμβάνει χώρα, μόνο όταν το θαλασσινό νερό διεισδύσει μέσα στην μάζα του σκυροδέματος, γεγονός που αποδεικνύει την σπουδαιότητα της διαπερατότητας για την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος.

Επιφάνειες σκυροδέματος υποκείμενες σε διαβροχή του θαλασσινού νερού, έχουν σοβαρότερες φθορές από εκείνες που είναι βυθισμένες μέσα στην θάλασσα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η δράση του θαλασσινού νερού στο σκυρόδεμα συνοδεύεται από την καταστροφική επίδραση του παγετού, των κυμάτων και την φθορά από τριβή.

Πρόσθετη φθορά μπορεί να προκληθεί από την θραύση του σκυροδέματος που περιβάλλει τον σπλισμό εξαιτίας της διάβρωσης του που προκαλείται από τα χλωριούχα άλατα.

Παλαιότερα, το χλωριούχο άλας θεωρείτο ότι ήταν επιβλαβές μόνο για τον σπλισμό και όχι για το ίδιο το σκυρόδεμα. Το 1975 ο Chatterji [18] ανακάλυψε ότι το χλωριούχο άλας, σε μορφή υδάτινου διαλύματος περιεκτικότητας 30% σε CaCl_2 , μπορεί να προσβάλλει και το σκυρόδεμα καταστρέφοντάς το πολύ γρήγορα, με την προϋπόθεση ότι η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από 20°C , κατά προτίμηση 5°C . Οι Monosi, Alvera και Collepardi [19] βρήκαν ότι η «επίδραση Chatterji» συμβαίνει ακόμα και με υδάτινο διάλυμα περιεκτικότητας 10% σε CaCl_2 , και σε θερμοκρασίες υψηλότερες από 20°C , αν και χαμηλότερες θερμοκρασίες, όπως 5°C , δημιουργούν τις καταλληλότερες συνθήκες για την προσβολή από CaCl_2 .

3.3.1.2.2 Αντιπαγωτικά άλατα

Τα αντιπαγωτικά άλατα χρησιμοποιούνται συνήθως σε γέφυρες πεζοδρόμια, εξώστες και εξωτερικές σκάλες.

Τα συνηθέστερα αντιπαγωτικά άλατα είναι το χλωριούχο ασβέστιο και χλωριούχο νάτριο. Η προσθήκη του αντιπαγωτικού άλατος στην επιφάνεια του σκυροδέματος προκαλεί απότομη πτώση της θερμοκρασίας. Έτσι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της επιφανειακής περιοχής και του εσωτερικού του σκυροδέματος δημιουργεί την ανάπτυξη εσωτερικών τάσεων, οι οποίες, είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε ρηγμάτωση των εξωτερικών στρωμάτων του σκυροδέματος. Επιπλέον, τα αντιπαγωτικά άλατα μπορεί να διεισδύσουν στην επικάλυψη του σκυροδέματος και να προκαλέσουν τις φθορές που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.

Ένας συνδυασμός υπερευστοποιητή (για την επίτευξη χαμηλού λόγου N/T και κατά συνέπεια ενός αδιαπέρατου σκυροδέματος) και μίας πολύ ενεργού ποζολάνης (λεπτή σκόνη πυριτίου – αλουμινίου), όπως αιθάλη πυριτικού οξέος (15% του βάρους του τσιμέντου), μπορεί να επιτρέψει την παραγωγή ανθεκτικού σκυροδέματος που να αντέχει την προσβολή χλωριούχων αλάτων.[4]

3.3.1.3 Οξέα

Κανένα τσιμέντο Portland δεν ανθίσταται στην προσβολή οξέων. Σε υγρές συνθήκες το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και το διοξείδιο του

θείου (SO_2), καθώς και άλλα αέρια που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, σχηματίζουν οξέα.

Τα οξέα προσβάλλουν το σκυρόδεμα με την διάλυση και την απομάκρυνση ενός μέρους του τσιμεντοπολτού αφήνοντας τελικά μία μαλακή χωρίς αντοχή μάζα. Αυτού του είδους η προσβολή συναντάται συνήθως σε βιομηχανικές κατασκευές, όπως π.χ. σε καμινάδες. Στην πράξη, ο βαθμός της προσβολής αυξάνει όσο αυξάνει η οξύτητα. Η φθορά ξεκινάει από τιμές pH μικρότερες του 6,5 και για τιμές μικρότερες του 4,5 η προσβολή είναι σοβαρή.

Επίσης ο βαθμός προσβολής εξαρτάται από την ικανότητα των ιόντων υδρογόνου να διαχέονται μέσα στον τσιμεντοπολτό, αφού το υδροξείδιο του ασβεστίου ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) έχει διαλυθεί και αφαιρεθεί.

Η προσβολή του ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) μπορεί να εμποδιστεί ή να μειωθεί με τους ακόλουθους τρόπους :

- ◊ Κατάλληλη επεξεργασία με διαλυμένο νερό (πυριτικό νάτριο) για να σχηματιστούν πυριτικά άλατα ασβεστίου μέσα στους πόρους .
- ◊ Προστασία της επιφάνειας με κατάλληλα επαλειφόμενα υλικά που να ανθίστανται στην προσβολή οξέων, όπως εποξειδικές ρητίνες, καουτσούκ, ασφαλικής βάσης βαφές κ.ά. Για τέτοιου είδους επεξεργασία, η προστατευτική επικάλυψη είναι απαραίτητο να έχει καλή συνάφεια με το σκυρόδεμα και να παραμένει αναλλοίωτη στις μηχανικές καταπονήσεις της κατασκευής. [5]

3.3.2. Φυσικές επιδράσεις

3.3.2.1 Παγετός

1. Επίδραση παγετού κατά την σκυροδέτηση.

Πριν αναφερθούμε στην προσβολή των κύκλων ψύξης και τήξης στο σκληρυμένο σκυρόδεμα, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας και την δράση του παγετού στο νωπό σκυρόδεμα, καθώς και το πρόβλημα της σκυροδέτησης σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Αν το σκυρόδεμα "παγώσει " αμέσως μετά την σκυροδέτηση σημαίνει ότι λόγω της ανεπάρκειας του νερού που έπηξε, η σκλήρυνση του σκυροδέματος και ο σχηματισμός του τσιμεντοπολτού δεν θα λάβουν χώρα.

Όταν επέλθει η απόψυξη, συνιστάται η επανασυμπύκνωση του σκυροδέματος οπότε αναμένεται να σκληρυνθεί με αρκετά μεγάλο ποσοστό πόρων. Αυτού του είδους η διαδικασία δεν συνιστάται, παρά μόνο όταν είναι αναπόφευκτο.

Αν το σκυρόδεμα παγώσει αφού έχει σκληρυνθεί, αλλά δεν έχει αποκτήσει αρκετή αντοχή, τότε η διόγκωση που σχετίζεται με τον σχηματισμό του πάγου προκαλεί τη διάλυση και την ανεπανόρθωτη απώλεια αντοχής.

2. Επίδραση παγετού στο σκληρυμένο σκυρόδεμα

Καθώς πέφτει η θερμοκρασία του κορεσμένου σκυροδέματος, το νερό που συγκρατείται στους τριχοειδείς πόρους παγώνει με αποτέλεσμα τη διόγκωση του σκυροδέματος. Αν επακολουθήσει τήξη, μετά την ψύξη, θα προκληθεί επιπλέον διόγκωση και είναι φανερό ότι από τις εναλλαγές ψύξης και τήξης έχουμε αθροιστική επίδραση. Η δράση του παγετού παρουσιάζεται στους πόρους του τσιμεντοπολτού και όχι στους μεγαλύτερους πόρους του σκυροδέματος, που οφείλονται στην ανεπαρκή συμπίκνωση, επειδή ο όγκος τους καταλαμβάνεται από αέρα. Η παρασκευή σκυροδέματος με ανθεκτικότητα στον παγετό επιτυγχάνεται με την εισαγωγή φυσαλίδων αέρα. Αφού η εισαγωγή αέρα μειώνει την αντοχή, η συνδυασμένη προσθήκη ενός πλαστικοποιητή ή υπερευστοποιητή μαζί με το αερακτικό, επιτρέπουν στο σκυρόδεμα να γίνει ανθεκτικό στον πάγο χωρίς να χάνει την αρχική αντοχή του ή το όριο ελαστικότητας. Με άλλα λόγια, αντισταθμίζεται η απώλεια αντοχής, που προκαλείται από την εισαγωγή αέρα, μειώνοντας τον λόγο N/T . [3]

3.3.2.2. Υψηλές θερμοκρασίες

Όταν καθορίζεται η ικανότητα διάβρωσης ενός περιβάλλοντος, η επίδραση της θερμοκρασίας αγνοείται, αν και παίζει σημαντικό ρόλο, καθώς, η αύξηση της επιταχύνει τις χημικές αντιδράσεις. Είναι γνωστό ότι στις περισσότερες περιπτώσεις, αύξηση της θερμοκρασίας κατά 10°C διπλασιάζει την ταχύτητα της αντίδρασης. [4]

3.3.3. Μηχανικές επιδράσεις

3.3.3.1 Απότριψη σκυροδέματος

Η φθορά εκ τριβής του σκυροδέματος προκαλείται από την κυκλοφορία πεζών, την πρόσκρουση οχημάτων ή αντικειμένων, την κυκλοφορία φορτηγών, την κυκλοφορία οχημάτων που δεν έχουν λαστιχοφόρους τροχούς, από την κίνηση του νερού που περιέχει στερεά σώματα (φερτές ύλες) κ.ά.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος σε απότριψη είναι:

- *Μηχανική αντοχή σκυροδέματος*

Όσο αυξάνεται η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος τόσο αυξάνει η ανθεκτικότητα σε απότριψη.

- *Λόγος N/T*

Όπως είναι γνωστό, για να έχει το σκυρόδεμα μεγάλη αντοχή θα πρέπει ο λόγος N/T να είναι μικρός. Αν η ποσότητα του νερού στο σκυρόδεμα είναι μεγαλύτερη από την απαιτούμενη, τότε δημιουργείται στην επιφάνεια του σκυροδέματος ένα αδύναμο στρώμα που δεν είναι ανθεκτικό στην απότριψη.

- *Ιδιότητες αδρανών*

Γενικά το σκυρόδεμα με μαλακά αδρανή, είναι λιγότερο ανθεκτικό σε απότριψη από ότι το σκυρόδεμα με τον ίδιο λόγο Ν/Τ, αλλά που περιέχει σκληρότερα αδρανή. Μεγαλύτερης σημασίας όμως είναι η σκληρότητα του τσιμεντοκονιάματος για την αντοχή του σκυροδέματος σε απότριψη. Όταν όμως φαγωθεί το επιφανειακό στρώμα του κονιάματος και εκτεθούν τα αδρανή, τότε παίζει καθοριστικό ρόλο η σκληρότητα τους. Σε περιπτώσεις σκυροδέματος πολύ υψηλής αντοχής, η σκληρότητα των αδρανών δεν φαίνεται να επηρεάζει την ανθεκτικότητα του σε απότριψη επειδή το τσιμεντοκονίαμα φθείρεται πολύ αργά.

- *Συντήρηση νωπού σκυροδέματος*

Όπως είναι γνωστό, ο σκοπός της συντήρησης είναι η αποφυγή της εξάτμισης του νερού από την επιφάνεια του νωπού σκυροδέματος (ξήρανση της επιφάνειας), έτσι ώστε το σκυρόδεμα να αποκτήσει τις πλήρεις μηχανικές αντοχές του στην επιφάνεια του και επομένως την αντοχή του σε απότριψη. Για αυτό η επαρκής συντήρηση του νωπού σκυροδέματος έχει μεγάλη σημασία για την παραγωγή δαπέδου με σκληρή επιφάνεια.

- *Φινίρισμα επιφάνειας νωπού σκυροδέματος*

Οι διαδικασίες περάτωσης της επιφάνειας του σκυροδέματος έχουν την ίδια σημασία με την αντοχή του σκυροδέματος αφού επηρεάζουν το επάνω στρώμα της επιφάνειας του σκυροδέματος (1,5 – 3,0 cm). Σε περιπτώσεις που οι διαδικασίες περάτωσης γίνουν ενώ υπάρχει πλεόνασμα υγρασίας ή νερό εξίδρωσης στην επιφάνεια του σκυροδέματος προκαλούνται σημαντική μείωση στην αντοχή σε απότριψη του σκυροδέματος.

3.3.3.2 Μηχανισμός σπηλαιώσης

Η φθορά από την δράση της σπηλαιώσης συνήθως εμφανίζεται σε υδραυλικές κατασκευές όπως φράγματα, αγωγούς, βάθρα γεφυρών, υπερχειλιστές κλπ

Το φαινόμενο της σπηλαιώσης εμφανίζεται όταν το νερό κινείται με πολύ μεγάλη ταχύτητα σε περιορισμένη επιφάνεια. Όταν αλλάξει η γεωμετρία της επιφάνειας ή όταν υπάρχει κάποια ανωμαλία στην επιφάνεια του σκυροδέματος, δημιουργούνται ασυνέχειες στη ροή. Αυτές οι ασυνέχειες προκαλούν την αύξηση του τυρβώδους και τη μείωση της πίεσης. Όταν η πίεση του ρέοντος νερού γίνει μικρότερη από την πίεση της εξάτμισης του νερού, τότε σχηματίζονται φυσαλίδες με ατμό. Αν με τη ροή οι φυσαλίδες φθάσουν σε περιοχές όπου η πίεση είναι μεγαλύτερη από την πίεση της εξάτμισης του νερού, τότε ο ατμός μέσα σ' αυτές συμπυκνώνεται και οι φυσαλίδες καταστρέφονται. Έτσι δημιουργούνται κρουστικά κύματα & κύματα πίεσης που λειτουργούν σαν «σφύρα» για την επιφάνεια του σκυροδέματος δημιουργώντας κοιλότητες και ανωμαλίες. Η φθορά στην επιφάνεια του σκυροδέματος από τη δράση της σπηλαιώσης, αρχικά εμφανίζεται να είναι μικρής έκτασης, στην συνέχεια όμως ακολουθεί σοβαρή διόγκωση του σκυροδέματος ,

πιθανώς λόγω του μεγάλου τυρβώδους που αναπτύσσεται τοπικά. Ένας τρόπος για την αποφυγή της σπηλαιώσης, είναι η εισαγωγή φυσαλίδων αέρα στο ρέον νερό, με την κατασκευή κατάλληλων σκαλοπατιών. Οι φυσαλίδες αυτές του αέρα λειτουργούν σαν «μαξιλάρια» για το σκυρόδεμα και έτσι οι καταστροφές αποφεύγονται.[4],[11]

3.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Από όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως προκύπτουν οι ακόλουθες προτάσεις για την παρασκευή ανθεκτικού, αδιαπέρατου και με χαμηλή απορρόφηση σκυροδέματος:

1. Ο λόγος N/T πρέπει να περιορίζεται μεταξύ 0,32 έως 0,50 έτσι ώστε να επιτυγχάνεται αδιαπέρατη δομή .
2. Σε περιπτώσεις προσβολής από θειικά και χλωριούχα άλατα και διηθήζον νερό να χρησιμοποιούνται οι κατάλληλοι τύποι τσιμέντου.
3. Το ποσοστό φυσαλίδων του αέρα που έχει εισέλθει μέσα στο σκυρόδεμα πρέπει να συσχετίζεται με το μέγιστο μέγεθος του κόκκου των αδρανών και με την έκθεση της κατασκευής.
4. Το σκυρόδεμα πρέπει να είναι πλήρως συμπαγωμένο , με την αύξηση της εργασιμότητας.
5. Η επικάλυψη του οπλισμού πρέπει να έχει επαρκές πάχος.
6. Η ποσότητα χλωριόντων στα υλικά παρασκευής (τσιμέντο, αδρανή, νερό και πρόσθετα) πρέπει να περιορίζεται στο 0.06% του βάρους του τσιμέντου σε προεντεταμένο σκυρόδεμα και σε 0,1-0,15% σε οπλισμένο σκυρόδεμα.
7. Ο χρόνος συντήρησης του σκυροδέματος πρέπει να είναι επαρκής.
8. Το σκυρόδεμα πρέπει να είναι πυκνό και γερό.
9. Τα αδρανή , χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα, πρέπει να είναι καλά διαβαθμισμένα και ελεγμένα αν περιέχουν ενεργά συστατικά για την αλκαλοπυριτική αντίδραση.
10. Η χρήση κατάλληλου υπερευστοποιητή που να μειώνει το λόγο N/T και να διατηρεί το σκυρόδεμα ρεοπλαστικό για όσο χρονικό διάστημα απαιτείται από τις συνθήκες του έργου.

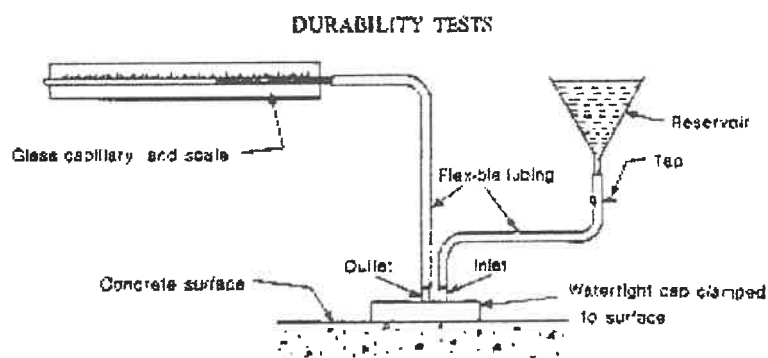
3.5 ΕΛΕΓΧΟΙ ΤΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Αναλύοντας τους κυριότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος, είναι φανερό ότι ο κυριότερος είναι η διαπερατότητα, αφού είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τις φυσικές και χημικές προσβολές του σκυροδέματος. Ιδιαίτερα, η διαπερατότητα του εξωτερικού φλοιού του σκυροδέματος είναι η κρίσιμη περιοχή για την ανθεκτικότητα, αφού αποτελεί το προστατευτικό στρώμα του οπλισμού αλλά και του ίδιου του σκυροδέματος έναντι των εξωτερικών προσβολών. Το γεγονός αυτό καθιστά την διαπερατότητα στο φλοιό του σκυροδέματος σημαντική αφού οι μηχανισμοί φθοράς περιλαμβάνουν την κίνηση επιβλαβών υγρών και αερίων σε αυτή τη ζώνη. Για τη μέτρηση της διαπερατότητας αυτής της ζώνης έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι. Μερικές από αυτές παρουσιάζονται παρακάτω :

3.5.1 Δοκιμή Αρχικής Επιφανειακής Απορρόφησης I.S.A.T (Initial Surface Absorption Test)

Η αρχική απορρόφηση επιφάνειας (initial surface absorption), ορίζεται ως ο ρυθμός απορρόφησης του νερού, μέσα από μία μοναδιαία επιφάνεια σκυροδέματος, για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα υπό σταθερή πίεση και θερμοκρασία.

Ο εξοπλισμός σχήμα 3.6 [7] αποτελείται από ένα δοχείο που συνδέεται ερμητικά πάνω στην επιφάνεια σκυροδέματος, με δύο εξόδους. Στη μία ενώνεται με μία μικρή δεξαμενή και στην άλλη, με ένα γυάλινο διαβαθμισμένο τριχοειδή σωλήνα. Η επιφάνεια επαφής του σκυροδέματος με το νερό θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 5000 mm² ενώ η ελεύθερη επιφάνεια της δεξαμενής και ο τριχοειδής σωλήνας να είναι σε ύψος 200mm πάνω από την επιφάνεια του σκυροδέματος. Είναι χρήσιμο το δοχείο να είναι από διαφανές υλικό ώστε να ελέγχεται ότι δεν έχει παγιδευτεί αέρας μέσα σε αυτό κατά την διάρκεια της δοκιμής.



Η δοκιμή ξεκινάει διοχετεύοντας νερό από την δεξαμενή στο δοχείο που είναι συνδεδεμένο αεροστεγώς στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Οι μετρήσεις παίρνονται κλείνοντας το νερό από την δεξαμενή και καταγράφοντας την ένδειξη στον διαβαθμισμένο σωλήνα. Έτσι μετράται ο ρυθμός απορρόφησης του νερού από το σκυρόδεμα υπό σταθερή πίεση στήλης νερού 200mm. Μετρήσεις λαμβάνονται σε χρονικά διαστήματα 10min, 30min, 1 hr και 2 hrs για τουλάχιστον 3 δοκίμια της ίδιας σύνθεσης σκυροδέματος. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε $\text{ml/m}^2/\text{s}$ σε κάποιο καθορισμένο χρόνο από την αρχή του πειράματος. Με την εφαρμογή αυτής της μεθόδου ελέγχεται η ποιότητα προκατασκευασμένων στοιχείων ενώ τελευταία χρησιμοποιείται και για την εκτίμηση της ανθεκτικότητας σε έργα με επί τόπου σκυροδέτηση. Στην περίπτωση αυτή αντιμετωπίζονται δυσκολίες για το αεροστεγές στερέωμα του δοχείου πάνω στη επιφάνεια του σκυροδέματος. [7]

3.5.2 Δοκιμή διαπερατότητας Figg

Η μέθοδος αυτή μετράει την διαπερατότητα του σκυροδέματος στον αέρα και στο νερό.

Με τρυπάνι ανοίγεται τρύπα διαμέτρου 10mm και βάθους 40mm στην επιφάνεια του σκυροδέματος. Αφού καθαριστεί το διάκενο από τα υπολείμματα σκόνης, το πάνω μέρος της οπής γεμίζεται με υγρό σιλικονούχο καουτσούκ το οποίο σκληραίνει παρέχοντας μία ελαστική σφράγιση. Στην συνέχεια ανοίγεται μία τρύπα στην σιλικόνη με μία υποδερμική βελόνα που είναι συνδεδεμένη είτε με ένα ψηφιακό μανόμετρο και μία αντλία κενού αέρος (χειρός) για την δοκιμή της αερο-διαπερατότητας, είτε με ένα οριζόντιο τριχοειδή σωλήνα τοποθετημένο σε ύψος 100 mm από το διάκενο και μία σύριγγα για τη δοκιμή της υδατοπερατότητας.

- Αεροδιαπερατότητα

Με την βοήθεια της αντλίας και μέσω της βελόνας δημιουργείται υποπίεση μέσα στο διάκενο -55kPa . Στην συνέχεια απομονώνεται η αντλία από το μανόμετρο και την υποδερμική βελόνα, και μετράται ο χρόνος, σε δευτερόλεπτα, που απαιτείται για να μειωθεί η υποπίεση σε -50 kPa . Η μέτρηση αυτή αποτελεί μέτρο της διαπερατότητας του σκυροδεμάτος στον αέρα.

- Υδατοπερατότητα

Με τη σύριγγα εισάγεται νερό μέσω της βελόνας μέσα στο σφραγισμένο διάκενο για 1 min. Κατόπιν μετράται ο χρόνος που απαιτείται για το νερό προκειμένου να διανύσει 50 mm μέσα στον τριχοειδή σωλήνα. Η μέτρηση αυτή αποτελεί ένα μέτρο της διαπερατότητας του σκυροδέματος στο νερό.

Η υγρασία του σκυροδέματος επηρεάζει τα αποτελέσματα της δοκιμής Figg και για αυτό δεν πρέπει να εφαρμόζεται σε έργα με επί τόπου σκυροδέτηση αλλά σε στεγνά δοκίμια.

3.5.3 Δοκιμή διαπερατότητας στο νερό ή στον αέρα υπό πίεση

Για αρκετά χρόνια, στα εργαστήρια έχουν χρησιμοποιηθεί δοκιμές διαπερατότητας υπό υψηλές πιέσεις. Οι δοκιμές αυτές περιλαμβάνουν μετρήσεις σταθερής ροής του νερού ή του οξυγόνου που διαπερνάει ένα δοκίμιο σκυροδέματος υπό καθορισμένη πίεση. Ο εξοπλισμός για αυτές τις δοκιμές είναι συνήθως απλός.

Για παράδειγμα, η μέτρηση της διαπερατότητας του οξυγόνου γίνεται με συσκευή η οποία αποτελείται από ένα μεταλλικό δοχείο, ένα λαστιχένιο σωλήνα, ένα πιεσόμετρο και δύο γυάλινους σωλήνες για τις μετρήσεις της ροής του οξυγόνου. Τα δοκίμια που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως κυλινδρικά με διάμετρο 15 cm και ύψος 5 cm. Η εφαρμογή του πειράματος της διαπερατότητας γίνεται ως εξής :

Αφού σφραγιστεί το δοκίμιο στο μεταλλικό δοχείο διοχετεύεται το οξυγόνο υπό πίεση, η οποία υποδεικνύεται από το πιεσόμετρο, διαχέεται στη μία όψη του κυλίνδρου και διαπερνάει από την άλλη η οποία είναι συνδεδεμένη με το μετρητή ροής όπου και μετράται. Το πείραμα συνήθως πραγματοποιείται με τιμές πίεσης 1,5 bar και 2,5 bar. Οι μετρήσεις λαμβάνονται κάθε πέντε λεπτά μέχρι η διαφορά δύο διαδοχικών μετρήσεων να είναι μικρότερη από 3 %, δηλαδή μέχρι να επιτευχθεί σταθερή κατάσταση ροής (steady state flow).

Από τις μετρήσεις της δοκιμής και χρησιμοποιώντας τη σχέση του HAGE –POISEULLE για υποκρίσιμη ροή ενός ρευστού που διαπερνάει μέσα από ένα πορώδες υλικό σε σταθερή κατάσταση ροής, μπορεί να υπολογιστεί ο συντελεστής διαπερατότητας K :

$$K = 1,132 \cdot 10^{-12} \cdot Q \cdot L \cdot \eta \cdot P_a / (P^2 - P_a) \quad (\text{σχέση HAGE -POISEULLE}),$$

όπου

Q = όγκος της ροής του οξυγόνου στη σταθερή κατάσταση (mm³/sec)

L = πάχος δοκιμίου στην κατεύθυνση ροής (m)

η = δυναμικός ιξώδες

P = εσωτερική πίεση που ασκείται (bars)

P_a = ατμοσφαιρική πίεση (bars)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΧΗΜΙΚΑ ΠΡΟΣΘΕΤΑ

Τα χημικά πρόσθετα έχουν χρησιμοποιηθεί για πολλά χρόνια στο σκυρόδεμα. Σήμερα εκτιμάται ότι περίπου 200 εκατομμύρια κυβικά σκυροδέματος παράγονται κατά έτος σε ολόκληρο τον κόσμο με τη χρήση των υπερευστοποιητών.

Η εξέλιξη των χημικών προσθέτων για τα τελευταία 100 χρόνια φαίνεται πολύ συνοπτικά στον ακόλουθο πίνακα.

ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ
1885 Χλωριούχο ασβέστιο
1925 Στεγανοποιητικά
1930 Σκόνη του οξειδίου του Αλουμινίου
1932 Ναφθαλίνη – Φορμαλδεΐδη συμπύκνωμα
1938 Αερακτικά
1938 Επιταχυντής - επιβραδυντής
1939 Λιγνοσουλφονικά
1950 Αντιαφρώδη πρόσθετα
1955 Πρόσθετα για τον καταβιβασμό του σημείου πήξης
1960 Συμπύκνωμα Μελαμίνης -Φορμαλδεΐδης
1983 Πολυακρυλικά
1993 Πολυκαρβονικοί αιθέρες

Πλαστικοποιητές, ονομάζονται τα πρόσθετα που η δόσολογία τους κυμαίνεται από 0,2 έως 0,4% κ.β. του τσιμέντου και μπορούν να ελαττώσουν τον λόγο N/T μέχρι 5% για την ίδια εργασιμότητα, και για τον ίδιο λόγο N / T επιφέρουν αύξηση της κάθισης 50 mm κατά μέσο όρο. Μεγάλες δόσεις των πλαστικοποιητών με σκοπό τη μεγαλύτερη μείωση νερού, ή τη μεγαλύτερη αύξηση της κάθισης, συνοδεύονται γενικά από υπερβολική και μη επιθυμητή επιβράδυνση του χρόνου πήξης. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην επιβραδυντική επίδραση που έχουν τα κύρια (όπως λιγνοσουλφονικό οξύ, υδροξυλικά ανθρακοξυλικά οξέα, κλπ.) και τα δευτερεύοντα (υδρογονάνθρακες, ζάχαρη κλπ.) συστατικά τους. Τα πρόσθετα που επιτρέπουν την μεγαλύτερη μείωση νερού από ότι οι πλαστικοποιητές, οι λεγόμενοι υπερευστοποιητές, ή μεγάλου εύρους μειωτές νερού (superplasticizer or high range water reducers), αναπτύχθηκαν στην Ιαπωνία το 1960 περίπου και χρησιμοποιήθηκαν σε διάφορες κατασκευές σκυροδέματος.

Στην αρχή, οι υπερευστοποιητές χρησιμοποιούνταν κυρίως σε κατασκευές που απαιτούσαν εξαιρετικά υψηλή αντοχή σκυροδέματος. Στην συνέχεια δεν χρησιμοποιούνταν μόνο για την παρασκευή

σκυροδέματος υψηλών μηχανικών αντοχών, αλλά ανάλογα τις απαιτήσεις των έργων χρησιμοποιούνταν και για την αντιμετώπιση ορισμένων προβλημάτων του σκυροδέματος και την βελτίωση των ιδιοτήτων του (π.χ. για την μείωση της συρρίκνωσης, τη διατήρηση της εργασιμότητας για μεγάλο χρονικό διάστημα, την βελτίωση της ποιότητας & ανθεκτικότητας του σκυροδέματος στο χρόνο, την ευκολότερη άντληση κτλ.)

Οι υπερευστοποιητές συνήθως αποτελούνται από συνθετικά πολυμερή, βάσεως σουλφονισμένης μελαμίνης, ή ναφθαλίνης, ή από πολυακρυλικά. Οι υπερευστοποιητές αυτής της σύνθεσης με βάση συνθετικά πολυμερή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγαλύτερες δοσολογίες (1-3%) από ότι οι κοινοί πλαστικοποιητές (0.2-0.4%), επιφέροντας μεγαλύτερη μείωση νερού αναμίξεως μέχρι 30% και χωρίς να παρατηρείται το φαινόμενο της υπερβολικής καθυστέρησης της πήξης του σκυροδέματος (φαινόμενο που παρατηρείται στις αυξημένες δοσολογίες των κοινών πλαστικοποιητών).

Τα τελευταία 10 χρόνια έχει αναπτυχθεί η νέα γενιά υπερευστοποιητών με διαφορετική χημική σύνθεση (βάσης πολυκαρβονικών αιθέρων), που έχουν την δυνατότητα να επιφέρουν μία μείωση της τάξεως του 35-40 %.

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται η μείωση του νερού που μπορούν να επιφέρουν οι διάφοροι μειωτές νερού (υπερευστοποιητές) ανάλογα την σύνθεση τους .

ΜΕΙΩΣΗ ΝΕΡΟΥ	
ΛΙΓΝΟΣΟΥΛΦΟΝΙΚΑ	5 - 10 %
ΣΟΥΛΦΟΝΙΣΜΕΝΗ ΜΕΛΑΜΙΝΗ	5 - 25 %
ΣΟΥΛΦΟΝΙΣΜΕΝΗ ΝΑΦΘΑΛΙΝΗ	15 - 25 %
ΠΟΛΥΑΚΡΥΛΙΚΑ	25 - 30 %
ΠΟΛΥΚΑΡΒΟΝΙΚΑ	25 - 40 %

4.1.2. ΝΕΑ ΓΕΝΙΑ ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΩΝ

Τώρα που ο ευρωπαϊκός προσανατολισμός στον χώρο των κατασκευών τείνει στη χρήση του σκυροδέματος με μεγαλύτερες μηχανικές αντοχές και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, δημιουργείται η ανάγκη νέων υπερευστοποιητών , ακόμα πιο δραστικών που να μπορούν να ανταπεξέλθουν στις νέες απαιτήσεις του κατασκευαστικού χώρου. Οι κυριότερες από τις απαιτήσεις για προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος και το έτοιμο σκυρόδεμα είναι οι ακόλουθες :

Προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος

1. Εξαιρετικά μεγάλη μείωση νερού σε σχέση με τους υπάρχοντες υπερευστοποιητές.
2. Εξαιρετικά υψηλή μηχανική αντοχή στις 15-18 ώρες .
3. Πιθανότητα μείωσης ως και κατάργησης της αγωγής με ατμό (steam curing) .
4. Πιθανότητα μείωσης του ποσοστού του τσιμέντου .
5. Χαμηλότερη δοσολογία σε σχέση με τους υφιστάμενους υπερευστοποιητές.
6. Διατήρηση της κάθισης για τουλάχιστον 45 λεπτά.

Έτοιμο σκυρόδεμα

1. Διατήρηση της κάθισης για τουλάχιστον 2 ώρες σε κανονικές και υψηλής θερμοκρασίας συνθήκες (20°C & 35 °C).
2. Υψηλή μηχανική αντοχή στις 24 ώρες
3. Χαμηλότερη δοσολογία σε σχέση με τους υφιστάμενους υπερευστοποιητές

4.2. ΤΡΟΠΟΣ ΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΩΝ

Οι υπερευστοποιητές δρουν , προκαλώντας την διασκόρπιση στα συσσωρεύματα του τσιμέντου. Σύμφωνα με μία έκθεση του Οργανισμού Τσιμέντου και Σκυροδέματος στο Λονδίνο, ο τρόπος δράσης τους μπορεί να περιγραφεί με τον ακόλουθο τρόπο :

«Οι υπερευστοποιητές απορροφούνται από τα σωματίδια του τσιμέντου, και λόγω της ανιονικής φύσης τους δίνουν στα σωματίδια του τσιμέντου αρνητικό φορτίο προκαλώντας την απώθησή τους (διασπορά σωματιδίων).»

Τα σωματίδια εξαιτίας της αρνητικής φόρτισης, αλληλοαπωθούνται με αποτέλεσμα να διασκορπίζονται καλύτερα και το μίγμα σκυροδέματος να γίνεται πιο ρευστό.

4.3. ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΡΕΟΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Ο σκοπός όλων των μηχανικών-μελετητών είναι η παρασκευή σκυροδέματος το οποίο θα είναι αυτοεπιπεδούμενο και θα ρέει σαν 'Νευτόνιο' ρευστό , ενώ παράλληλα ο λόγος νερού N/T του θα είναι τέτοιος ώστε να μην επιφέρει , εξίδρωση , διαχωρισμό ή μείωση της αντοχής κατά την διάρκεια ή μετά την σκυροδέτηση. Η παρασκευή του ρεοπλαστικού σκυροδέματος επιτυγχάνεται με την προσθήκη ενός υπερευστοποιητή.

4.3.1. Πλεονεκτήματα του ρεοπλαστικού σκυροδέματος

Ένα ρεοπλαστικό σκυρόδεμα (κάθιση $> 15 \text{ cm}$) παρέχει πολλά πλεονεκτήματα πρακτικής φύσεως . Παραδείγματος χάριν :

1. Επιτρέπει τη σκυροδέτηση με μικρότερη απαιτούμενη δόνηση του νωπού σκυροδέματος σε περιπτώσεις πυκνού οπλισμού και σε περιοχές δύσκολης πρόσβασης. Η ανάγκη προσαρμογής του ξυλότυπου για να υπάρξει πρόσβαση δονητή μπορεί να αποφευχθεί.

2. Επίσης επιφέρει τη δυνατότητα της γρήγορης σκυροδέτησης πλακών οροφών , στεγών (λόγω του ότι δεν απαιτείται η δόνηση σ'αυτές τις περιπτώσεις).

3. Λόγω της πλαστικοποίησης που παρέχουν οι υπερευστοποιητές επιτρέπουν τη γρηγορότερη και ευκολότερη άντληση του σκυροδέματος αποτρέποντας το διαχωρισμό της μάζας του σκυροδέματος. Έχουν επιτευχθεί με τη χρήση της αντλίας Schwing ρυθμοί τοποθέτησης 40 m^3 ρεοπλαστικού σκυροδέματος την ώρα. Στην πράξη έχει παρατηρηθεί ότι υπάρχουν λιγότερα προβλήματα στην άντληση του σκυροδέματος που περιέχει υπερευστοποιητή παρά στην άντληση του συμβατικού σκυροδέματος. Οι πιέσεις άντλησης του σκυροδέματος με υπερευστοποιητή είναι μικρότερες και γενικά ο εξοπλισμός μπορεί να αξιοποιηθεί καλύτερα. Η χρήση των υπερευστοποιητών βέβαια δεν παρέχει μόνο τα πλεονεκτήματα πρακτικής φύσεως που αναφέρθηκαν παραπάνω αλλά συντελεί και στην παραγωγή σκυροδέματος ανθεκτικού στον χρόνο. Αφού οι υπερευστοποιητές μπορούν να μειώσουν λόγο N/T και να κρατήσουν την ίδια εργασιμότητα που είχε το σκυρόδεμα πριν την μείωση του νερού αναμίξεως ή να αυξήσουν την εργασιμότητα κρατώντας τον ίδιο λόγο N/T . Με την προσθήκη ενός υπερευστοποιητή μπορεί να παρασκευαστεί σκυρόδεμα με χαμηλό λόγο N/T μέχρι και $0,35-0,4$ αλλά ταυτοχρόνως με κάθιση μεγαλύτερη από 200 mm . Επιπλέον ο χρόνος συντήρησης που απαιτείται μπορεί να μειωθεί αφού μειώνεται ο λόγος N/T .

Αναμφισβήτητα λοιπόν η χρήση των υπερευστοποιητών συμβάλλει θετικά στις παραμέτρους που ελέγχουν την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος αφού :

α) μειώνουν το λόγο N/T

β) αυξάνουν την εργασιμότητα

γ) μειώνουν το χρόνο συντήρησης που απαιτείται για να επιτευχθεί ένας επαρκής βαθμός ενυδάτωσης.

Βέβαια δεν θα έπρεπε να παραληφτεί ότι σε ειδικές περιπτώσεις όπως στις χημικές προσβολές από CaCl_2 από NaCl για να εξασφαλιστεί η ανθεκτικότητα του σκυροδέματος ,πέρα από την χρήση των υπερευστοποιητών, είναι απαραίτητη και η προσθήκη συνδιασμού silica fume και ιπτάμενης τέφρας.[21],[22]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ

5.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά που έχουν να κάνουν με τη ανθεκτικότητα του σκυροδέματος, είναι η δυνατότητα διείσδυσης υγρών ή αερίων στη μάζα του. Η διείσδυση αυτή γίνεται με τους εξής τρόπους :

- με την τριχοειδή απορρόφηση
- με τη διαπερατότητα υπό πίεση
- με τη διάχυση

Αποφασίστηκε να γίνουν οι μετρήσεις της τριχοειδούς απορρόφησης και του βάθους της ενανθράκωσης (διείσδυση αερίων με ελάχιστη πίεση). Η επιλογή αυτών των δοκιμών έγινε προκειμένου να προσεγγιστούν οι συνθήκες που συνήθως βρίσκονται οι κοινές κατασκευές.

Ο παράγοντας που μεταβλήθηκε στο σκυρόδεμα ήταν ο λόγος N/T, σε ένα εύρος από 0,56 έως 0,40, στο οποίο περιλαμβάνονται σκυροδέματα υψηλής αντοχής και κοινά.

Οι τρόποι συντήρησης που επιλέχθηκαν ήταν :

- πρότυπος τρόπος (υγρός θάλαμος)
- η χρήση υγρού συντήρησης, η οποία συνιστάται σε πολλές προδιαγραφές.
- Η επιταχυνόμενη ξήρανση μέσω ρεύματος αέρα που δημιουργήθηκε από ανεμιστήρα, σε μια προσπάθεια να προσομοιαστεί μια κατασκευή που συντηρείται ανεπαρκώς.

Επειδή όμως, η ποιότητα του σκυροδέματος δεν εξαρτάται μόνο από την ανθεκτικότητα, αλλά και από την αντοχή , έγιναν μετρήσεις στις 24 ώρες (που παρουσιάζουν ενδιαφέρον σήμερα) και στις 28 ημέρες (που είναι το στοιχείο αναφοράς).

Τέλος το πείραμα για τη μέτρηση της ενανθράκωσης έδωσε τη δυνατότητα της μέτρησης της αντοχής του σκυροδέματος σε εφελκυσμό, με τη δοκιμή διάρρηξης.

5.2 ΓΕΝΙΚΑ

Η διπλωματική εργασία εκπονήθηκε με σκοπό την μελέτη των κυριότερων παραγόντων που επηρεάζουν την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος. Οι παράγοντες που εξετάστηκαν πειραματικά, όπως προαναφέρθηκε, είναι οι ακόλουθοι :

- Διαπερατότητα (με την μέτρηση της τριχοειδούς απορρόφησης)
- Η αντοχή σε θλίψη στις 24 hrs και στις 28 ημέρες
- Η αντοχή σε διάρρηξη δοκιμίων ηλικίας > 28 ημερών
- Ενανθράκωση (έκθεση των δοκιμίων σε περιβάλλον με CO₂ για 15 ημέρες)

Για τους παράγοντες αυτούς διερευνήθηκε η επίδραση του λόγου N/T και του τρόπου συντήρησης. Έτσι για την παρασκευή και την συντήρηση των δοκιμίων επιλέχθηκαν 3 διαφορετικές τιμές για τον λόγο N/T και 3 διαφορετικοί τρόποι για την συντήρηση (όπως προαναφέρθηκε).

Οι λόγοι N/T που επιλέχθηκαν είναι :

α) 0.56 (ΑΝΑΜΙΓΜΑ A_1 , A_2 , A_3)

β) 0.48 (ΑΝΑΜΙΓΜΑ B_1 , B_2 , B_3)

γ) 0.40 (ΑΝΑΜΙΓΜΑ Γ_1 , Γ_2 , Γ_3)

(Η επιλογή των 3 λόγων N/T περιγράφεται αναλυτικά στην παράγραφο 5.3 που αναφέρεται στην μελέτη σύνθεσης)

Ακολουθεί το χρονοδιάγραμμα παρασκευής δοκιμίων και διεξαγωγής πειραμάτων, το οποίο συμπεριλαμβάνει και την αρίθμηση των δοκιμίων.

N/T	ΑΝΑΜΙΓΜΑ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ (ημερομηνία έναρξης)	ΠΡΟΞΗΡΑΝΣΗ στους 50 °C
0,56	A1 (α/α 1-12)	26/4/1999	ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ	ΘΡΑΥΣΗ (α/α : 1-2-3 27/4/1999 4-5-6 24/5/1999) ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ (α/α : 7-8-9 18/6/1999) ΔΙΑΡΡΗΣΗ (α/α : 10-11-12 5/7/1999) ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗ (α/α : 10-11-12 21/6/1999)	14/6-15/6 14/6-15/6
	A2 (α/α 13-24)	27/4/1999	ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΘΡΑΥΣΗ (α/α : 13-14-15 28/4/1999 16-17-18 25/5/1999) ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ (α/α : 19-20-21 -) ΔΙΑΡΡΗΣΗ (α/α : 22-23-24 -) ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗ (α/α : 22-23-24 -)	καταστράφηκαν καταστράφηκαν
	A3 (α/α 62-73)	29/4/1999	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ	ΘΡΑΥΣΗ (α/α : 62-63-64 30/4/1999 65-66-67 27/5/1999) ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ (α/α : 68-69-70 -) ΔΙΑΡΡΗΣΗ (α/α : 71-72-73 -) ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗ (α/α : 71-72-73 -)	καταστράφηκαν καταστράφηκαν
	B1 (α/α 25-36)	28/4/1999	ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ	ΘΡΑΥΣΗ (α/α : 25-26-27 29/4/1999 34-35-36 26/5/1999) ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ (α/α : 28-29-30 18/6/1999) ΔΙΑΡΡΗΣΗ (α/α : 31-32-33 5/7/1999) ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗ (α/α : 31-32-33 21/6/1999)	14/6-16/6 16/6-18/6
0,48	B2 (α/α 37-49)	29/4/1999	ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΘΡΑΥΣΗ (α/α : 37-38-39 30/4/1999 40-41-42 27/5/1999) ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ (α/α : 43-44-45 -) ΔΙΑΡΡΗΣΗ (α/α : 46-47-48 -) ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗ (α/α : 46-47-48 -)	καταστράφηκαν 16/6-17/6
	B3 (α/α 50-61)	29/4/1999	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ	ΘΡΑΥΣΗ (α/α : 50-51-52 30/4/1999 53-54-55 27/5/1999) ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ (α/α : 56-57-58 -) ΔΙΑΡΡΗΣΗ (α/α : 59-60-61 -) ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗ (α/α : 71-72-73 -)	καταστράφηκαν 16/6-17/6
	Γ1 (α/α 74-85)	3/5/1999	ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ	ΘΡΑΥΣΗ (α/α : 74-75-76 4/5/1999 77-78-79 31/5/1999) ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ (α/α : 80-81-82 18/6/1999) ΔΙΑΡΡΗΣΗ (α/α : 83-84-85 5/7/1999) ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗ (α/α : 83-84-85 21/6/1999)	14/6-15/6 16/6-17/6
	Γ2 (α/α 98-109)	7/5/1999	ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	ΘΡΑΥΣΗ (α/α : 98-99-100 8/5/1999 101-102-103 3/6/1999) ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ (α/α : 104-105-106 19/6/1999) ΔΙΑΡΡΗΣΗ (α/α : 107-108-109 5/7/1999) ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗ (α/α : 107-108-109 21/6/1999)	16/6-17/6
0,40	Γ3 (α/α 86-97)	3/5/1999	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ	ΘΡΑΥΣΗ (α/α : 86-87-88 4/5/1999 89-90-91 31/5/1999) ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ (α/α : 92-93-94 19/6/1999) ΔΙΑΡΡΗΣΗ (α/α : 95-96-97 5/7/1999) ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗ (α/α : 95-96-97 21/6/1999)	14/6-15/6 16/6-17/6

5.3 ΥΛΙΚΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

ΤΣΙΜΕΝΤΟ Χρησιμοποιήθηκε τύπος τσιμέντου Ι/45.

ΝΕΡΟ Το νερό αναμίξεως που χρησιμοποιήθηκε ήταν νερό βρύσης και ζυγίστηκε σε ζυγαριά με ακρίβεια ± 5 gr.

ΑΔΡΑΝΗ Τα αδρανή που χρησιμοποιήθηκαν ήταν θραυστά ασβεστολιθικά και ζυγίστηκαν σε ζυγαριά με ακρίβεια ± 5 gr.

ΠΡΟΣΘΕΤΑ Για τον λόγο $N/T = 0.48$ χρησιμοποιήθηκε υπερευστοποιητής (*) σε ποσοστό 1% κατά βάρος τσιμέντου. Για τον λόγο $N/T = 0.40$ χρησιμοποιήθηκε νέας γενιάς υπερευστοποιητής (**) σε ποσοστό 0.5% κ.β. του τσιμέντου. Τα πρόσθετα ζυγίστηκαν σε ζυγαριά με ακρίβεια ± 0.01 gr.

5.4 ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ

Αποφασίστηκε να παρασκευαστούν 3 συνθέσεις με διαφορετικό λόγο N/T και για κάθε σύνθεση να διεξαχθούν 3 διαφορετικοί τρόποι συντήρησης, δηλαδή συνολικά παρασκευάστηκαν 9 αναμίγματα (3 λόγοι N/T x 3 διαφορετικούς τρόπους συντήρησης).

Ανάλογα τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν για κάθε ανάμιγμα παρασκευάστηκαν τα ακόλουθα δοκίμια:

- 6 κυβικά για την αντοχή σε θλίψη (3 για ηλικία δοκιμίου 1 ημέρας και 3 για ηλικία 28 ημερών).
- 3 κυλινδρικά για την δοκιμή της τριχοειδούς ανύψωσης.
- 3 κυλινδρικά για την δοκιμή της ενανθράκωσης.

-Συνολικός αριθμός δοκιμών = 108

(9 αναμίγματα x 12 δοκίμια /ανάμιγμα).

Ο υπολογισμός των τριών διαφορετικών N/T έγινε με τις ακόλουθες απαιτήσεις :

1. Σταθερή ποσότητα τσιμέντου = 400 kg/m^3 .
2. Κάθιση νωπού σκυροδέματος : 15 - 20 cm.

* RHEOBUILD 716, ** GLENIUM 51

Η πρώτη σύνθεση (Α) παρασκευάστηκε χωρίς την προσθήκη χημικού πρόσθετου. Η δεύτερη σύνθεση (Β) παρασκευάστηκε με την απαραίτητη προσθήκη του υπερευστοποιητή (*) με βάση σουλφονισμένη ναφθαλίνη και αντίστοιχα η τρίτη σύνθεση (Γ) παρασκευάστηκε με την προσθήκη της νέας γενιάς υπερευστοποιητή (**) με βάση πολυκαρβονικούς εστέρες .

Η ποσότητα του νερού και των χημικών προσθέτων καθορίστηκε κατά την διάρκεια της ανάμιξης από τις απαιτήσεις κάθισης. (15-20 cm)
 Η κατά όγκο αναλογία των αδρανών στο σκυρόδεμα επιλέξαμε να είναι :
 ⇒ 48 % άμμος
 ⇒ 12 % γαρμπίλι
 ⇒ 40 % χαλίκι
 Σημείωση : Λόγω των διαστάσεων των δοκιμών κρίθηκε σκόπιμο ο μέγιστος κόκκος του χαλικιού να είναι 19 mm.
 -Η ποσότητα των αδρανών υπολογίστηκε από την γνωστή σχέση :

ΟΓΚΟΣ (ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ + ΝΕΡΟΥ + ΑΔΡΑΝΩΝ + ΑΕΡΑ = 1 m³ σκυροδέματος

- Παραδοχή : ποσοστό 1,5 % κ.ο. αέρα στο 1 m³ σκυροδέματος.

Στην συνέχεια αναφέρονται αναλυτικά οι υπολογισμοί των ποσοτήτων του κάθε υλικού για κάθε σύνθεση καθώς και οι υπολογισμοί της θεωρητικής και πειραματικής πυκνότητας.

ΣΥΝΘΕΣΗ Α**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ :****ΑΝΑΜΙΓΜΑ Α1**

(δοκίμια 1-12 , Συντήρηση : Υγρός θάλαμος)

ΑΝΑΜΙΓΜΑ Α2

(δοκίμια 13-24, Συντήρηση:Υδατοδιαλυτό υλικό συντήρησης (***))

ΑΝΑΜΙΓΜΑ Α3

(δοκίμια 62-73 , Συντήρηση : Ανεμιστήρας)

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ :

1. 400 kg τσιμέντο ανά 1m³
2. κάθιση νωπού σκυροδέματος 15 - 20 cm.

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΑΝΑ ΑΝΑΜΙΓΜΑ :

6 ΚΥΒΙΚΑ (ακμής 0,1m)

3 ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ (διαμέτρου 0,115 m και ύψους 0,05 m)

3 ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ (διαμέτρου 0,115 m και ύψους 0,115 m)

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΟΓΚΟΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΑΝΑ ΑΝΑΜΙΓΜΑ: 0,01114 m³.

ΕΙΔΙΚΑ ΒΑΡΗ ΥΛΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ :

ΤΣΙΜΕΝΤΟ	γ _Τ :	3150 kg/ m ³
ΝΕΡΟ	γ _Ν :	1000 kg/ m ³
ΑΜΜΟΣ	γ _Α :	2670 kg/ m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	γ _Γ :	2690 kg/ m ³
ΧΑΛΙΚΙ	γ _Χ :	2710 kg/ m ³

ΟΓΚΟΣ ΑΕΡΑ : 1,5 %

ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΔΡΑΝΩΝ Κ.Ο. :

ΑΜΜΟΣ	48%
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	12%
ΧΑΛΙΚΙ	40%

ΒΑΡΗ ΥΛΙΚΩΝ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ :

(Ξεκινήσαμε την ανάμιξη με ποσότητα νερού 220 kg και λόγο $N/T = 0,550$)

$$V_{\text{αδρανών}} = 1000 - [(400/3150) + (220/1000) + 15] = 638 \text{ lt}$$

Συνεπώς ανά κυβικό σκυροδέματος:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I / 45)	= 400,00 kg/m ³
ΝΕΡΟ	= 220,00 kg/m ³
ΑΜΜΟΣ : 638 * 0,48 * 2,67	= 817,66 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ : 638 * 0,12 * 2,69	= 205,95 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ : 638 * 0,40 * 2,71	= 691,59 kg/m ³

ΒΑΡΗ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΑΝΑΜΙΓΜΑ

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I / 45)	= 5,124 kg	$\Rightarrow 2,844 \text{ kg}$
ΝΕΡΟ	= 2,819 kg	
ΑΜΜΟΣ	= 10,475 kg	
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	= 2,638 kg	
ΧΑΛΙΚΙ	= 8,859 kg	

Όμως μετά την ανάμιξη των παραπάνω ποσοτήτων η κάθιση του νωπού σκυροδέματος που μετρήθηκε με των κώνο κάθισης ήταν 11,5 cm γεγονός που σημαίνει ότι απαιτείται η προσθήκη νερού (προστέθηκαν 25 ml και τότε ο λόγος N/T του αναμίγματος Α έγινε ίσος με 0,555).

ΑΚΡΙΒΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑΜΙΓΜΑΤΟΣ

Είναι φανερό ότι με την προσθήκη του νερού αλλάζουν οι αναλογίες του κάθε υλικού για 1 m³ σκυροδέματος.

Οι τελικές ακριβείς ποσότητες των υλικών υπολογίζονται ως εξής:

Από τις τελικές ποσότητες των υλικών βρίσκουμε :

ΤΣΙΜΕΝΤΟ :	5,124 / 3150	= 0,001627 m ³
ΝΕΡΟ :	2,844 / 1000	= 0,002844 m ³
ΑΜΜΟ :	10,475/ 2670	= 0,003923 m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ :	2,638/ 2690	= 0,000981 m ³
ΧΑΛΙΚΙ :	8,859/ 2710	= 0,003269 m ³

Άθροισμα στερεών & υγρών = 0,012643 m³
 Αέρας (0,015*0,012643) /1-0,015 = 0,000193 m³

ΤΕΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ = 0,012836 m³

Τελικά στο 1 m³ σκυροδέματος :

ΤΣΙΜΕΝΤΟ :	5,124 / 0,012836	= 399,19 kg/m ³
ΝΕΡΟ :	2,844 / 0,012836	= 221,49 kg/m ³
ΑΜΜΟ :	10,475/ 0,012836	= 816,06 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ :	2,638/ 0,012836	= 205,52 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ :	8,859/ 0,012836	= 690,17 kg/m ³
ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ		2332,43 kg/m³

ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ (%)

ΤΣΙΜΕΝΤΟ	17,12 %
ΝΕΡΟ	9,5 %
ΑΜΜΟ	34,99 %
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	8,81 %
ΧΑΛΙΚΙ	29,59 %
ΤΣΙΜΕΝΤΟΠΟΛΤΟΣ	26,62 %

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΘΕ ΑΝΑΜΙΓΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ Α

Ο παραπάνω προσδιορισμός πραγματοποιήθηκε με την χρήση μεταλλικού κυλίνδρου .

Προσδιορισμός όγκου κυλίνδρου :

βάρος άδειου κυλίνδρου = 539,30 gr

βάρος κυλίνδρου με νερό = 2140,70 gr

Όγκος κυλίνδρου = 2140,70 -539,30 = 1601,4 ml

ΠΑΡΤΙΔΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (1- 12)

Βάρος συμπακνωμένου σκυροδέματος = 4300-539,30 = 3760,7 gr

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ Ε.Β. = 3760,7/ 1601,4 * 0,001 = 2348,38 kg/m³

ΠΑΡΤΙΔΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (13- 24)

Βάρος συμπακνωμένου σκυροδέματος = 4250-539,30 = 3710,7 gr

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ Ε.Β. = 3710,7/ 1601,4 * 0,001 = 2317,16 kg/m³

ΠΑΡΤΙΔΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (62- 73)

Βάρος συμπακνωμένου σκυροδέματος = 4335-539,30 = 3795,7 gr

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ Ε.Β. = 3795,7/ 1601,4 * 0,001 = 2370,24 kg/m³

ΜΕΣΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ Ε.Β. = 2345,25 kg/m³

ΒΑΡΗ ΥΛΙΚΩΝ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ :

Ξεκινήσαμε την ανάμιξη με ποσότητα νερού 192 kg και λόγο N/T= 0,48.

Μαζί με το νερό αναμίξεως προσθέσαμε στο ανάμιγμα υπερευστοποιητή (*) 0,75 % κ.β. του τσιμέντου. Στην συνέχεια μετρήσαμε την κάθιση που ήταν ίση με 12,5cm και για αυτό προσθέσαμε ακόμα 15 % κ.β. του τσιμέντου από τον υπερευστοποιητή και τότε η κάθιση πήγε στο 19,5 cm. Δηλαδή στο 1 m³ προστέθηκε υπερευστοποιητής 1% κ.β. του τσιμέντου.

$$V_{\text{αδρανών}} = 1000 - [(400/3150) + (192/1000) + 4/1,19 + 15] = 662,64 \text{ lt}$$

Συνεπώς ανά κυβικό σκυροδέματος:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I / 45)	= 400,00 kg/m ³
ΝΕΡΟ	= 192,00 kg/m ³
ΑΜΜΟΣ : 662,64 * 0,48 * 2,67	= 849,239 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ : 662,64 * 0,12 * 2,69	= 213,900 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ : 662,64 * 0,40 * 2,71	= 718,302 kg/m ³
RHEOBUILD 716	= 4 kg/m ³

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ 2377,44 kg/m³

ΒΑΡΗ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΑΝΑΜΙΓΜΑ

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I / 45)	= 5,124 kg
ΝΕΡΟ	= 2,459 kg
ΑΜΜΟΣ	= 10,879 kg
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	= 2,740 kg
ΧΑΛΙΚΙ	= 9,202 kg
ΠΡΟΣΘΕΤΟ (*)	= 0,0512 kg

ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ (%)

ΤΣΙΜΕΝΤΟ	16,82 %
ΝΕΡΟ	8,08 %
ΑΜΜΟ	35,72 %
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	8,99 %
ΧΑΛΙΚΙ	30,21 %
ΤΣΙΜΕΝΤΟΠΟΛΤΟΣ	24,9 %

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ
ΚΑΘΕ ΑΝΑΜΙΓΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ Β

Ο παραπάνω προσδιορισμός πραγματοποιήθηκε με την χρήση μεταλλικού κυλίνδρου .

Προσδιορισμός όγκου κυλίνδρου :

βάρος άδειου κυλίνδρου = 539,30 gr

βάρος κυλίνδρου με νερό = 2140,70 gr

Όγκος κυλίνδρου = $2140,70 - 539,30 = 1601,4 \text{ ml}$

ΠΑΡΤΙΔΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (25-36)

Βάρος συμπυκνωμένου σκυροδέματος = $4340 - 539,30 = 3800,7 \text{ gr}$

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ Ε.Β. = $3800,7 / 1601,4 * 0,001 = 2373,36 \text{ kg/m}^3$

ΠΑΡΤΙΔΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (13- 24)

Βάρος συμπυκνωμένου σκυροδέματος = $4300 - 539,30 = 3760,7 \text{ gr}$

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ Ε.Β. = $3760,7 / 1601,4 * 0,001 = 2348,38 \text{ kg/m}^3$

ΠΑΡΤΙΔΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (62- 73)

Βάρος συμπυκνωμένου σκυροδέματος = $4340 - 539,30 = 3800,7 \text{ gr}$

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ Ε.Β. = $3800,7 / 1601,4 * 0,001 = 2373,36 \text{ kg/m}^3$

ΜΕΣΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ Ε.Β. = $2365,03 \text{ kg/m}^3$

ΣΥΝΘΕΣΗ Γ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ :

ΑΝΑΜΙΓΜΑ Γ1

(δοκίμια 74-85 , Συντήρηση : Υγρός θάλαμος)

ΑΝΑΜΙΓΜΑ Γ2

(δοκίμια 86-97 , Συντήρηση : Υδατοδιαλυτό υλικό συντήρησης(***))

ΑΝΑΜΙΓΜΑ Γ3

(δοκίμια 98-109 , Συντήρηση : Ανεμιστήρας)

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ :

1. 400 kg τσιμέντο ανά 1m³
2. κάθιση νωπού σκυροδέματος 15 - 20 cm.

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΑΝΑ ΑΝΑΜΙΓΜΑ :

6 ΚΥΒΙΚΑ (ακμής 0,1m)

3 ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ (διαμέτρου 0,115 m και ύψους 0,05 m)

3 ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ (διαμέτρου 0,115 m και ύψους 0,115 m)

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΟΓΚΟΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΑΝΑ ΑΝΑΜΙΓΜΑ: 0,01114 m³.

ΕΙΔΙΚΑ ΒΑΡΗ ΥΛΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ :

ΤΣΙΜΕΝΤΟ	Υ _Τ :	3150 kg/ m ³
ΝΕΡΟ	Υ _Ν :	1000 kg/ m ³
ΑΜΜΟΣ	Υ _Α :	2670 kg/ m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	Υ _Γ :	2690 kg/ m ³
ΧΑΛΙΚΙ	Υ _Χ :	2710 kg/ m ³
ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΗΣ (**)		1,06 kg/ m ³

ΟΓΚΟΣ ΑΕΡΑ : 1,5 %

ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΔΡΑΝΩΝ Κ.Ο. :

ΑΜΜΟΣ	48%
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	12%
ΧΑΛΙΚΙ	40%

ΒΑΡΗ ΥΛΙΚΩΝ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ :

(Ξεκινήσαμε την ανάμιξη με ποσότητα νερού 160 kg , λόγο N/T= 0,400 και υπερειναισιωπητή (**) 51 0,5% κ.β. του τσιμέντου.)

$$V_{\text{αδρανών}} = 1000 - [(400/3150) + (160/1000) + (2/1,06)] + 15 = 696,11 \text{ lt}$$

Συνεπώς ανά κυβικό σκυροδέματος:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I / 45)	= 400,00	kg/m ³
ΝΕΡΟ	= 160,00	kg/m ³
ΑΜΜΟΣ : 696,11 * 0,48 * 2,67	= 892,134	kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ : 696,11 * 0,12 * 2,69	= 224,704	kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ : 696,11 * 0,40 * 2,71	= 754,583	kg/m ³
ΠΡΟΣΘΕΤΟ **	= 2	kg/m ³

ΒΑΡΗ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΑΝΑΜΙΓΜΑ

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I / 45)	= 5,124	kg	→ 2,075 kg
ΝΕΡΟ	= 2,049	kg	
ΑΜΜΟΣ	= 11,429	kg	
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	= 2,878	kg	
ΧΑΛΙΚΙ	= 9,667	kg	
GLENIUM 51	= 0,02562	kg	

Όμως μετά την ανάμιξη των παραπάνω ποσοτήτων η κάθιση του νωπού σκυροδέματος που μετρήθηκε με των κώνο κάθισης ήταν 11,5 cm για αυτό προσθέσαμε 25 ml νερού και τότε η κάθιση πήγε στο 19,5cm.

ΑΚΡΙΒΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ

Είναι φανερό ότι με την προσθήκη του νερού αλλάζουν οι αναλογίες του κάθε υλικού για 1 m³ σκυροδέματος.

Οι τελικές ακριβείς ποσότητες των υλικών υπολογίζονται ως εξής:

Από τις τελικές ποσότητες των υλικών βρίσκουμε :

ΤΣΙΜΕΝΤΟ :	5,124 / 3150	= 0,001627 m ³
ΝΕΡΟ :	2,075 / 1000	= 0,002075 m ³
ΑΜΜΟ :	11,429/ 2670	= 0,004281 m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ :	2,878/ 2690	= 0,001071 m ³
ΧΑΛΙΚΙ :	9,667/ 2710	= 0,003565 m ³
ΠΡΟΣΘΕΤΟ **: 0,02562/1,06		= 0,000024 m ³

$$\begin{aligned} \text{Αθροισμα στερεών \& υγρών} &= 0,012645 \text{ m}^3 \\ \text{Αέρας } (0,015 * 0,012645) / 1 - 0,015 &= 0,000193 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{ΤΕΛΙΚΟΣ ΟΓΚΟΣ} = 0,012838 \text{ m}^3$$

Τελικά στο 1 m³ σκυροδέματος :

ΤΣΙΜΕΝΤΟ :	5,124 / 0,012838	= 399,60 kg/m ³
ΝΕΡΟ :	2,075 / 0,012838	= 161,63 kg/m ³
ΑΜΜΟ :	11,429/ 0,012838	= 890,33 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ :	2,878/ 0,012838	= 224,33 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ :	9,667/ 0,012838	= 752,45 kg/m ³
ΠΡΟΣΘΕΤΟ ** :	0,02562/0,012838	= 1,996 kg/m ³

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

2430,34 kg/m³

ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ (%)

ΤΣΙΜΕΝΤΟ	16,44 %
ΝΕΡΟ	6,65 %
ΑΜΜΟ	36,63 %
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	9,23 %
ΧΑΛΙΚΙ	30,96 %
ΤΣΙΜΕΝΤΟΠΟΛΤΟΣ	23,09 %

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ
ΚΑΘΕ ΑΝΑΜΙΓΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ Γ

Ο παραπάνω προσδιορισμός πραγματοποιήθηκε με την χρήση μεταλλικού κυλίνδρου .

Προσδιορισμός όγκου κυλίνδρου :

βάρος άδειου κυλίνδρου = 539,30 gr

βάρος κυλίνδρου με νερό = 2140,70 gr

Όγκος κυλίνδρου = 2140,70 -539,30 = 1601,4 ml

ΠΑΡΤΙΔΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (74-85)

Βάρος συμπυκνωμένου σκυροδέματος = 4495-539,30 = 3955,7 gr

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ Ε.Β. = 3955,7/ 1601,4 * 0,001 = 2470,15 kg/m³

ΠΑΡΤΙΔΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (86-97)

Βάρος συμπυκνωμένου σκυροδέματος = 4492,5-539,30 = 3953,2 gr

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ Ε.Β. = 3953,2/ 1601,4 * 0,001 = 2468,59 kg/m³

ΠΑΡΤΙΔΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (98-109)

Βάρος συμπυκνωμένου σκυροδέματος = 4434,5-539,30 = 3895,2 gr

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ Ε.Β. = 3895,2/ 1601,4 * 0,001 = 2432,37 kg/m³

ΜΕΣΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ Ε.Β. = 2457,04 kg/m³

5.4.1 Σχόλια στους υπολογισμούς της θεωρητικής και πειραματικής πυκνότητας

• Η διαφορά του πειραματικού ειδικού βάρους κάθε αναμίγματος της ίδιας σύνθεσης, μπορεί να οφείλεται είτε σε λανθασμένη μέτρηση του βάρους του συμπυκνωμένου σκυροδέματος, είτε στο γεγονός ότι κατά τη δόνηση του μίγματος τα χαλίκια εκτόπισαν μέρος του τσιμεντοπολτού και της άμμου, με αποτέλεσμα το ποσοστό των αδρανών στο ανάμιγμα να μην είναι εκείνο που επιλέξαμε για την κάθε σύνθεση. Κατά συνέπεια η αύξηση του ποσοστού των χαλικιών μεγαλώνει το πειραματικό ειδικό βάρος.

• Η διαφορά της θεωρητικής πυκνότητας κάθε σύνθεσης με την πειραματική πυκνότητα πρέπει να οφείλεται στο ότι η παραδοχή για τον όγκο του αέρα (1,5% κ.ο. στο κυβικό για κάθε σύνθεση) δεν ήταν ακριβής.

Υπολογισμός ποσοστού αέρα κ.ο. για κάθε σύνθεση

Ο όγκος του αέρα θα υπολογιστεί από την διαφορά της θεωρητικής πυκνότητας της κάθε σύνθεσης-που υπολογίζεται με μηδενικό όγκο αέρα- μείον την πειραματική πυκνότητα που προσδιορίστηκε προηγουμένως :

1.Σύνθεση Α

$$V_{\text{αδρανών}} = 1000 - [(400/3150) + (220/1000)] = 653,06 \text{ lt}$$

Συνεπώς ανά κυβικό σκυροδέματος:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I / 45)	= 400,00 kg/m ³
ΝΕΡΟ	= 220,00 kg/m ³
ΑΜΜΟΣ : 653,06 * 0,48 * 2,67	= 836,96 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ : 653,06 * 0,12 * 2,69	= 210,81 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ : 653,06 * 0,40 * 2,71	= 707,92 kg/m ³

Θεωρητική πυκνότητα (0% αέρας) 2375,69 kg/m³

Πειραματική πυκνότητα 2345,25 kg/m³

$$\text{Ποσοστό \% αέρα} = (2375,69 - 2345,25 / 2375,69) * 100 = 1,28$$

2.Σύνθεση Β

$$V_{\text{αδρανών}} = 1000 - [(400/3150) + (192/1000) + 4/1,19] = 677,65 \text{ lt}$$

Συνεπώς ανά κυβικό σκυροδέματος:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I / 45)	= 400,00 kg/m ³
ΝΕΡΟ	= 192,00 kg/m ³
ΑΜΜΟΣ : 677,65 * 0,48 * 2,67	= 868,48 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ : 677,65 * 0,12 * 2,69	= 218,75 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ : 677,65 * 0,40 * 2,71	= 734,57 kg/m ³
ΠΡΟΣΘΕΤΟ (**)	= 4 kg/m ³

Θεωρητική πυκνότητα (0% αέρας)	2417,8 kg/m ³
Πειραματική πυκνότητα	2365,03 kg/m ³

$$\text{Ποσοστό \% αέρα} = (2417,8 - 2365,03 / 2417,8) * 100 = 2,18$$

2. Σύνθεση Β

$$V_{\text{αδρανών}} = 1000 - [(399,60 / 3150) + (161,63 / 1000) + 2 / 1,06] = 709,11 \text{ lt}$$

Συνεπώς ανά κυβικό σκυροδέματος:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I / 45)	= 399,60 kg/m ³
ΝΕΡΟ	= 161,63 kg/m ³
ΑΜΜΟΣ : 709,11 * 0,48 * 2,67	= 908,79 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ : 709,11 * 0,12 * 2,69	= 228,90 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ : 709,11 * 0,40 * 2,71	= 768,67 kg/m ³
ΠΡΟΣΘΕΤΟ (***)	= 1,996 kg/m ³

Θεωρητική πυκνότητα (0% αέρας)	2469,59 kg/m ³
Πειραματική πυκνότητα	2457,04 kg/m ³

$$\text{Ποσοστό \% αέρα} = (2469,59 - 2457,04 / 2457,04) * 100 = 0,51$$

5.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΑΜΙΞΗΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

Αρχικά γίνεται διαβροχή του αναμικτήρα και των λεπίδων του ώστε να μη απορροφήσει νερό από το ανάμιγμα. Στην συνέχεια τοποθετείται όλη η ποσότητα των αδρανών (άμμος – γαρμπίλι – χαλίκι) και τα $\frac{3}{4}$ της ποσότητας του νερού και το μίγμα σκεπάζεται με νάυλον για 15 λεπτά, ώστε τα αδρανή να απορροφήσουν το μέγιστο δυνατό ποσοστό νερού. Κατόπιν προστέθηκαν, όλη η ποσότητα του τσιμέντου, το υπόλοιπο νερό και αναμίχθηκαν για 2-3 λεπτά έως ότου προκύψει ένα ομοιογενές μίγμα. Στα 6 από τα 9 αναμίγματα προστέθηκε και το ανάλογο πρόσθετο ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη εργασιμότητα (15-20 cm).

Οι υπερευστοποιητές προστέθηκαν μαζί με την αρχική ποσότητα του νερού ($\frac{3}{4}$) και το τσιμέντο.

Το κάθε ανάμιγμα, αφού μετρήθηκε η κάθιση του , τοποθετήθηκε σε 6 μεταλλικά κυβικά καλούπια (ακμής 10 cm), σε 3 κυλινδρικά καλούπια από PVC (διαμέτρου 115 mm και ύψους 115 mm) και σε 3 κυλινδρικά καλούπια από PVC (διαμέτρου 115 mm και ύψους 50 mm). Στην συνέχεια όλα τα δοκίμια συμπυκνώθηκαν για 15-20 sec σε δονητική τράπεζα. Όλα τα καλούπια είχαν επαλειφτεί με αποκολλητικό υλικό τύπου Decovith C (****). Μετά την συμπύκνωση επιπεδώθηκε η ελεύθερη επιφάνεια των δοκιμίων με μυστρί και τοποθετήθηκαν σε οριζόντια θέση. Εκεί παρέμειναν για 24 ώρες, σκεπασμένα με νάυλον και υγρή λινάτσα, μέχρι να ξεκαλουπωθούν, στην συνέχεια να ζυγιστούν και να αριθμηθούν.

5.6 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Τα 108 δοκίμια αφού αριθμήθηκαν χωρίστηκαν σε 3 ομάδες ανά 36 δοκίμια.

1. 36 δοκίμια (12 από κάθε λόγο N/T) συντηρήθηκαν μέσα στον υγρό θάλαμο του οποίου η θερμοκρασία ήταν μεταξύ 19-23 °C και η σχετική υγρασία $\geq 95\%$.
2. 36 δοκίμια (12 από κάθε λόγο N/T) επαλείφτηκαν με υδατοδιαλυτό υλικό συντήρησης.
3. 36 δοκίμια (12 από κάθε λόγο N/T) σε συνθήκες επιταχυνόμενης ξήρανσης για 6 ημέρες και στη συνέχεια στις συνθήκες του εργαστηρίου έως ότου πραγματοποιηθούν οι δοκιμές.

Οι συνθήκες επιταχυνόμενης ξήρανσης πραγματοποιήθηκαν με την χρήση ανεμιστήρα που τοποθετήθηκε μπροστά σε κατασκευή τούνελ - από χαρτοκιβώτια- ώστε να μην διαχέεται ο αέρας. Τα δοκίμια ήταν τοποθετημένα ανά τριάδες μέσα στην κατασκευή και κάθε 24 ώρες αντιστρέψαμε τις θέσεις του ώστε να επιτευχθούν ομοιόμορφες συνθήκες επιταχυνόμενης ξήρανσης και για τα 12 δοκίμια.

Κατά την διάρκεια της συντήρησης μετρήθηκε και καταγράφηκε η μεταβολή του βάρους των δοκιμών.

5.7 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΚΙΜΩΝ

5.7.1 Δοκιμή θραύσης

Από κάθε ένα από τα 9 αναμίγματα, 3 κυβικά δοκίμια ηλικίας 1 μέρας, και 3 κυβικά δοκίμια ηλικίας 28 ημερών τοποθετήθηκαν στη μηχανή θλίψης – που φαίνεται στη φωτογραφία – όπου και θραύστηκαν.



5.7.2 Προεπεξεργασία δοκιμών για τη δοκιμή υδατοαπορρόφησης και της ενανθράκωσης

5.7.2.1 Γενικά

Το σχέδιο Rilem TC 116-RCD (Απρίλιος 1999) προτείνει την ακόλουθη προεπεξεργασία των δοκιμών που θα χρησιμοποιηθούν τόσο για μέτρηση της αεροδιαπερατότητας όσο και για την μέτρηση της τριχοειδούς απορρόφησης.

Η προεπεξεργασία συμπεριλαμβάνει 2 στάδια :

- α) Προξήρανση των δοκιμών για την επίτευξη μίας μέσης συγκέντρωσης της υγρασίας τους που είναι σε ισορροπία με σχετική υγρασία (RH) $75 \pm 2\%$ και θερμοκρασία $20 \pm 1^\circ\text{C}$
- β) Ομοιόμορφη κατανομή του εξατμιζόμενου νερού των δοκιμών.

Η προεπεξεργασία ξεκινάει μετά την συντήρηση των δοκιμών. Από τον Κανονισμό προτείνονται κυλινδρικά δοκίμια με διάμετρο 150 mm και ύψος 50 mm. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν δοκίμια κυλινδρικά με διάμετρο 115 mm και ύψος 50 mm. Τα δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της υγρασίας που είναι σε ισορροπία με RH $75 \pm 2\%$ και $20 \pm 1^\circ\text{C}$ δεν ήταν από τα 108 που παρασκευάστηκαν για τις δοκιμές.

Τα δοκίμια αυτά, 3 στον αριθμό για τον κάθε λόγο N/T (σύνολο 9) παρασκευάστηκαν ειδικά για την προεπεξεργασία, και συντηρήθηκαν στον υγρό θάλαμο για 21 ημέρες.

Στο σημείο αυτό παραβλέψαμε τον Κανονισμό [14] που προτείνει τα δοκίμια να είναι 28 ημερών.

5.7.2.2 Υπολογισμός της απαιτούμενης απώλειας βάρους των δοκιμών για την επίτευξη της ισορροπίας της υγρασίας του με RH $75 \pm 2\%$ και $20 \pm 1^\circ\text{C}$

Ένας υψηλός λόγος επιφάνειας/ όγκου του σκυροδέματος επιταχύνει την απαραίτητη ξήρανση για την επίτευξη της ισορροπίας, για αυτό τα δοκίμια θραύονται με ένα σφυρί σε μικρά και λεπτά κομμάτια διαστάσεων περίπου 5 mm. Ο κανονισμός συνιστά η ελάχιστη ποσότητα από κάθε δοκίμιο να είναι 500 gr. Στην συνέχεια η ποσότητα αυτή της κάθε σύνθεσης (Α, Β και Γ) τοποθετείται σε διαφορετικά ανοιχτά δοχεία ("ταψάκια") τα οποία τοποθετούνται μέσα σε σφραγισμένο, διαφανή κλειστό θάλαμο όπου ρυθμίζεται η περιβάλλουσα σχετική υγρασία σε $75 \pm 2\%$ και η περιβάλλουσα θερμοκρασία σε $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Οι συνθήκες αυτές επιτυγχάνονται μέσα στο θάλαμο από την παρουσία, σε μεγάλη επιφάνεια της βάσης του θαλάμου, κορεσμένου διαλύματος χλωριούχου νατρίου (χονδρό αλάτι μέσα σε δοχείο με λίγο νερό)

Μέσα στον θάλαμο τοποθετείται ζυγαριά ακριβείας 0.01 gr., θερμόμετρο και υγρόμετρο ώστε να καταγράφονται και να ελέγχονται οι συνθήκες μέσα σε αυτόν. Για την αποφυγή της ενανθράκωσης των κομματιών του σκυροδέματος διοχετεύθηκε αέριο N_2 μέσα στον θάλαμο καθ' όλη την διάρκεια του προσδιορισμού της ζητούμενης υγρασίας.

Ο θάλαμος που χρησιμοποιήθηκε φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία.



- ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΕΞΑΤΜΙΖΟΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΣΕ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΜΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ RH 75% και 20 °C (συμβολίζεται το W_{e75}) & ΤΗΣ ΟΛΙΚΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΞΑΤΜΙΖΟΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ (συμβολίζεται το W_e) ΤΗΣ ΚΑΘΕ ΣΥΝΘΕΣΗΣ

Η ποσότητα των δοκιμίων μέσα στον θάλαμο μετράται κάθε 24 ώρες. Τα “ταψάκια” τοποθετούνται στην ζυγαριά με προσοχή ώστε να μπαίνει όσο το δυνατόν λιγότερος αέρας, βάζοντας το χέρι μας μέσα στο θάλαμο. Όταν η απώλεια βάρους για κάθε σύνθεση είναι μικρότερη από 0.1 gr μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων τότε με επαρκή ακρίβεια μπορούμε να προσδιορίσουμε την μάζα του σκυροδέματος που είναι σε ισορροπία με RH 75% και 20 °C, συμβολίζεται το $m_{e,75}$ σε gr.

Στην συνέχεια τοποθετούμε τις 3 ποσότητες των δοκιμίων στο φούρνο στους 105 °C μέχρι η απώλεια βάρους τους μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων (κάθε 24 hrs) να είναι μικρότερη από 0.5 gr. Έτσι προσδιορίζουμε την ξηρή μάζα του σκυροδέματος κάθε σύνθεσης, συμβολίζεται το m_d σε gr.

Συνεπώς μπορούμε να υπολογίσουμε το W_{e75} που είναι ίσο με $m_{e,75} - m_d$ και κατά συνέπεια την περιεκτικότητα της υγρασίας που είναι σε ισορροπία με τις απαιτούμενες συνθήκες (w_{e75}) από τον τύπο :

$$w_{e75} = W_{e75} / m_d$$

Ομοίως η ολική ποσότητα εξατμιζομένου νερού και η αντίστοιχη υγρασία $W_e = m_o - m_d$

$$w_e = W_e / m_d$$

όπου m_o : μάζα του δοκιμίου από κάθε σύνθεση που τοποθετήθηκε στο θάλαμο.

Οι μετρήσεις για τον προσδιορισμό του W_{e75} και του W_e παρουσιάζονται αναλυτικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IIα.

Συνεπώς από τον ακόλουθο τύπο προσδιορίζεται η απαιτούμενη απώλεια βάρους των δοκιμίων για κάθε σύνθεση

$$\Delta m = (W_{e75} - W_e / 1 + w_e) m_o \quad (.1)$$

Συγκεκριμένα από τις μετρήσεις για κάθε σύνθεση έχουμε :

ΣΥΝΘΕΣΗ Α

$$m_o = 583.36 \text{ gr} \quad m_{e75} = 575.57 \text{ gr} \quad m_d = 559,5 \text{ gr.}$$

$$W_e = m_o - m_d = 23.79 \quad w_e = W_e / m_d = 0.042515$$

$$W_{e75} = m_{e75} / m_d = 15.58 \quad w_{e75} = 0.027843$$

Από τον τύπο (1)

$$\text{Απαιτούμενη απώλεια βάρους } \Delta m = 8.21 \text{ gr.}$$

ΣΥΝΘΕΣΗ Β

$$m_o = 707.79 \text{ gr} \quad m_{e75} = 700.56 \text{ gr} \quad m_d = 679,17 \text{ gr.}$$

$$W_e = 28.62 \quad w_e = 0.042140$$

$$W_{e75} = 21.39 \quad w_{e75} = 0.0311494$$

$$\text{Απαιτούμενη απώλεια βάρους } \Delta m = 7.23 \text{ gr.}$$

ΣΥΝΘΕΣΗ Γ

$$m_o = 598.28 \text{ gr} \quad m_{e75} = 700.56 \text{ gr} \quad m_d = 580,47 \text{ gr.}$$

$$W_e = 17.81 \quad w_e = 0.030682$$

$$W_{e75} = 14.04 \quad w_{e75} = 0.024187$$

$$\text{Απαιτούμενη απώλεια βάρους } \Delta m = 3.77 \text{ gr.}$$

5.7.2.3 Προξήρανση

Η προξήρανση των δοκιμών που θα χρησιμοποιηθούν για τις δοκιμές της τριχοειδούς υδατοαπορρόφησης και της ενανθράκωσης διενεργείται ως εξής :

- Η περιφερειακή επιφάνεια σε σφραγίζεται με εποξειδική ρητίνη.
- Τα δοκίμια ξηραίνονται σε φούρνο στους 50°C μέχρι να επιτευχθεί η ακόλουθη συνθήκη :

$$\Delta m_{\text{πειρ}} - \Delta m / \Delta m < 0.05$$

Όπου $\Delta m_{\text{πειρ}}$: απώλεια βάρους δοκιμών μετρούμενη κάθε 24 hrs.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ : Κατά την διάρκεια της προξήρανσης μίας ομάδας δοκιμών χάλασε ο θερμοστάτης του φούρνου και ανέβηκε η θερμοκρασία στους 240 °C για 24 ώρες.

Το αποτέλεσμα ήταν να καταστραφούν αρκετά δοκίμια μερικά από τα οποία φαίνονται στην παρακάτω φωτογραφία.



Τα δοκίμια που καταστράφηκαν είναι τα ακόλουθα :

ΣΥΝΘΕΣΗ Α : 19 – 20 – 21, 22 – 23 – 24, 68 – 69 – 70, 71 – 72

ΣΥΝΘΕΣΗ Β : 43 – 44 – 45, 56 – 57 – 58

5.7.2.4 Φάση ομοιόμορφης κατανομής

Μετά την προξήρανση ο Κανονισμός [12] προβλέπει την ομοιόμορφη κατανομή υγρασίας μέσα στο δοκίμιο. Αυτό επιτυγχάνεται με την σφράγιση ολόκληρης της επιφανείας των δοκιμών και την αποθήκευση τους σε περιβάλλον με θερμοκρασία 50 °C για 14 έως 27 μέρες.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι η φάση αυτή της προεπεξεργασίας δεν πραγματοποιήθηκε.

5.7.3. Δοκιμή υδατοαπορρόφησης (μέτρηση τριχοειδούς απορρόφησης)

Η διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση της τριχοειδούς υδατοαπορρόφησης αποτελείται από :

1. Ένα μεταλλικό δοχείο, στην πλαϊνή πλευρά του οποίου υπάρχει μία τρύπα, ώστε η στάθμη του νερού να μην ξεπερνά το 2 cm.
2. Μεταλλικές σχάρες που τοποθετήθηκαν στην βάση του μεταλλικού δοχείου ώστε να εναποτεθούν τα δοκίμια πάνω σε αυτές και έτσι να είναι δυνατή η υδατοαπορρόφηση από τη βάση τους.
Επιπλέον με τις μεταλλικές σχάρες επιτυγχάνουμε τα δοκίμια να είναι βυθισμένα στο ίδιο βάθος (γύρω στα 2-4 mm)
3. Ένα πλαστικό δοχείο που ήταν συνδεδεμένο με έναν πλαστικό λεπτό σωλήνα με ρυθμιστή ροής, για να εξασφαλιστεί η σταθερή ροή του νερού μέσα στο μεταλλικό δοχείο.

Η διάταξη φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία.



Η διαδικασία του πειράματος ήταν η εξής :

Γεμίσαμε το δοχείο με νερό και εναποθέσαμε το δοκίμια πάνω στις σχάρες, αφού προηγουμένως τα ζυγίσαμε σε ζυγαριά ακριβείας 0.01 gr. Η εποξειδική ρητίνη που εφαρμόστηκε στην περιμετρική επιφάνεια των δοκιμίων κατά την φάση της προεπεξεργασίας εξασφάλιζε την κίνηση

του νερού από κάτω προς τα πάνω και εμποδίζει την πλευρική του εξάτμιση.

Στην συνέχεια καταγράφηκαν επαναλαμβανόμενες μετρήσεις βάρους για τακτά χρονικά διαστήματα που προτείνονται από τον Κανονισμό RILEM TC 116 – RCD [13]. Συγκεκριμένα τα δοκίμια ζυγίστηκαν

- στα 10 λεπτά
- στην 1 ώρα
- στις 4 ώρες
- στις 24 ώρες

Πριν από κάθε ζύγισμα ήταν απαραίτητο το σκούπισμα των δοκιμίων ώστε να μην υπάρχουν ελεύθερα σταγονίδια νερού που δεν θα είχαν απορροφηθεί.

5.7.4 Δοκιμή ενανθράκωσης και μέτρηση της αντοχής σε εφελκυσμό

5.7.4.1. Έννοια της ενανθράκωσης

Το CO_2 που διεισδύει στη μάζα του σκυροδέματος αντιδρά με τα αλκαλικά συστατικά (βασικά με το $\text{Ca}(\text{OH})_2$) του τσιμεντοπολτού. Αυτή η αντίδραση (ενανθράκωση) οδηγεί σε μείωση του pH διαλύματος σε τιμές χαμηλότερες του 9. Το βάθος της επιφάνειας που έχει ενανθρακωθεί ονομάζεται βάθος ενανθράκωσης. Το βάθος της ενανθράκωσης μπορεί να προσδιοριστεί με κατάλληλο δείκτη αλλαγής χρώματος.

5.7.4.2 Μέτρηση βάθους ενανθράκωσης (κατά CPC – 18)

Η διαδικασία μέτρησης έγινε ως εξής :

Μετά την προεπεξεργασία τα δοκίμια διατηρήθηκαν μέσα σε πλαστική σακούλα που ήταν κλεισμένη αεροστεγώς.

Για 15 μέρες διοχετεύονταν CO_2 μέσα στην σακούλα (όπως φαίνεται στην ακόλουθη φωτογραφία) ώστε να επιτύχουμε συνθήκες περιβάλλοντος με υψηλή περιεκτικότητα σε CO_2 .



Στην συνέχεια ακολούθησε το σπάσιμο των δοκιμίων στη μέση(διάρρηξη) με την πρέσσα και η μέτρηση της αντοχής τους σε εφελκυσμό. Αμέσως μόλις σπάσαμε τα δοκίμια τα ψεκάσαμε με διάλυμα περιεκτικότητας 1% φαινολωναφθαλίνης σε 70% αιθυλική αλκοόλη. Το διάλυμα αυτό χρωματίζει το σκυρόδεμα που δεν έχει ενανθρακωθεί όπως φαίνεται στην φωτογραφία.



Οι μετρήσεις παίρνονται 24 ώρες μετά τον ψεκασμό των δοκιμίων και συμπεριλαμβάνουν τον μέσο όρο του βάθους της ενανθράκωσης της επιφάνειας και του πυθμένα του κάθε δοκιμίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

6.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Ακολουθώντας την διαδικασία των πειραμάτων, η οποία περιγράφηκε στο κεφάλαιο 5, καταγράφηκε μια σειρά μετρήσεων, για κάθε δοκιμή.

Οι μετρήσεις για κάθε δοκιμή παρουσιάζονται αναλυτικά στο αντίστοιχο παράρτημα.

6.1.1. Δοκιμή θραύσης

Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ια παρουσιάζονται πινακοποιημένες οι μετρήσεις για κάθε παρτίδα δοκιμών. Όπως προαναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 5 στο χρονοδιάγραμμα κάθε παρτίδα (12άδα) δοκιμών αντιστοιχεί σε ένα από εννιά αναμίγματα.

Έτσι ο πίνακας για κάθε παρτίδα συμπεριλαμβάνει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά για κάθε δοκίμιο :

- Ημερομηνία παρασκευής, σύνθεση παρτίδας, μέτρηση κάθισης θερμοκρασία εργαστηρίου κατά την μέτρηση της.
- Διαστάσεις δοκιμίων, βάρος δοκιμίων 1 μέρας.
- Μέγιστο φορτίο θραύσης 1 ημέρας & 28 ημερών
- Αντοχή σε θλίψη του κάθε δοκιμίου 1 ημέρα & 28 ημερών.
- Τυπική απόκλιση μ. όρο και συντελεστή μεταβλητότητας για 3άδα δοκιμίων.

Με τις μετρήσεις αυτές της αντοχής σε θλίψη, της τυπικής απόκλισης, του μέσου όρου και του συντελεστή μεταβλητότητας κατασκευάστηκαν τα διαγράμματα της ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Ι (διαγράμματα 1-11).

6.1.2 Μετρήσεις απώλειας βάρους

Στο παράρτημα Ιβ παρουσιάζονται πινακοποιημένες οι μετρήσεις της απώλειας βάρους κάθε δοκιμίου από την παρασκευή του έως και την προξήρανση.

Οι μετρήσεις αυτές συμπεριλαμβάνουν την ηλικία του δοκιμίου, το βάρος του δοκιμίου στην αντίστοιχη ηλικία, την απώλεια βάρους αναμιγμένη σε ποσοστό κατά βάρος του τσιμεντοπολτού (αφού η απώλεια βάρους οφείλεται στον τσιμεντοπολτό και όχι στα αδρανή).

Το ποσοστό αυτό της απώλειας του τσιμεντοπολτού υπολογίστηκε για κάθε απώλεια βάρους δοκιμίου ως εξής :

Απώλεια βάρους δοκιμίου

% τσιμεντοπολτού σε κάθε σύνθεση

Από τις εν λόγω μετρήσεις προκύπτουν τα διαγράμματα ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ II (διαγράμματα 12-24)

Τα διαγράμματα 12-17 είναι για τα κυλινδρικά δοκίμια με διάμετρο 115 mm και ύψος 50 mm και τα 18-23 είναι για τα κυλινδρικά δοκίμια με διάμετρο 115 mm και ύψος 115 mm.

6.1.3. Προεπεξεργασία δοκιμίων

6.1.3.1 Προσδιορισμός του W_{75} για κάθε σύνθεση

Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IIα φαίνονται οι μετρήσεις των ποσοτήτων από κάθε σύνθεση που τοποθετήθηκαν στο θάλαμο με τις ελεγχόμενες συνθήκες (RH 75%, 20 °C με αέριο N₂)

Τα εν λόγω διαγράμματα που δείχνουν την απώλεια βάρους κάθε ποσότητας μέχρι να επιτευχθεί η ισορροπία με τις συνθήκες που προβλέπει ο Κανονισμός είναι τα 25-30 και παραθέτονται στην ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ III.

6.1.3.2 Προξήρανση

Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IIβ παρουσιάζονται οι μετρήσεις από την διαδικασία της προξήρανσης. Επίσης συμπεριλαμβάνονται στοιχεία και υπολογισμοί με :

- τις διαστάσεις των δοκιμίων στην έναρξη της προξήρανσης
- η απαιτούμενη, από τον κανονισμό[13], ακρίβεια (5%) των μετρήσεων
- τον τρόπο συντήρησης των δοκιμίων.

6.1.4 Μετρήσεις υδατοαπορρόφησης

Οι μετρήσεις της υδατοαπορρόφησης για κάθε δοκίμιο παραθέτονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III και συμπεριλαμβάνουν και τα ακόλουθα στοιχεία όπως απαιτείται από τον κανονισμό [13] :

- Ημερομηνία έναρξης και λήξης δοκιμής
- Σύνθεση, τρόπος συντήρησης και ηλικίας δοκιμίου
- Επιφάνεια υδατοαπορρόφησης δοκιμίου
- Βάρη δοκιμίων κατά την διάρκεια ανά μονάδα επιφανείας
- Διαγράμματα για κάθε δοκίμιο

Τα διαγράμματα της επίδρασης του λόγου N/T και της συντήρησης στην υδατοαπορρόφηση παρουσιάζονται στην ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ IV.

6.1.5 Μετρήσεις ενανθράκωσης και αντοχής σε εφελκυσμό

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του βάθους ενανθράκωσης για κάθε δοκίμιο παρουσιάζονται στο παράρτημα IV τα αποτελέσματα αυτά συμπεριλαμβάνουν :

- Την σύνθεση, την συντήρηση και την ηλικία κάθε δοκιμίου.

- Τον μ.ο. του βάθους ενανθράκωσης για την επιφάνεια και τον πυθμένα του δοκιμίου
- Τον μέσο όρο του βάθους ενανθράκωσης ανά 3αδες δοκιμίων του ίδιου αναμίγματος.

Επίσης στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV παρουσιάζονται οι αντοχές των δοκιμίων σε εφελκυσμό καθώς και ο λόγος της αντοχής σε θλίψη (28ημερών)/ αντοχή σε εφελκυσμό.

Τα διαγράμματα που προκύπτουν από τις παραπάνω μετρήσεις παρουσιάζονται στην ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ V.

6.2 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση των κυριότερων παραγόντων που επηρεάζουν την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος.

Μετά από τη μελέτη των διαγραμμάτων κάθε δοκιμής μπορούμε να διατυπώσουμε τα παρακάτω συμπεράσματα :

6.2.1. Δοκιμή σε θραύση (ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ I)

α. ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΛΙΨΗ 1 ΗΜΕΡΑΣ & 28 ΗΜΕΡΩΝ

Από τα διαγράμματα 7,8 είναι φανερό και αναμενόμενο ότι όσο μικρότερος είναι ο λόγος N/T τόσο μεγαλύτερες είναι οι αρχικές και οι τελικές αντοχές. Στο σημείο όμως αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι η χρήση προσθέτων στο σκυρόδεμα που επιφέρουν επιβράδυνση αλλά μόνο για την διατήρηση της εργασιμότητας, που σημαίνει ότι δεν επηρεάζουν τόσο τις αντοχές 24 ωρών, ενώ το πρόσθετο που χρησιμοποιήθηκε για την Γ δεν επιφέρει καθόλου επιβράδυνση. Επίσης οι τελικές αντοχές εκτός από τον λόγο N/T επηρεάζονται και από τον τρόπο συντήρησης (διαγράμματα 9,10,11). Έτσι μεγαλύτερη αντοχή σε θλίψη – παρόλο που είχαν τον ίδιο λόγο N/T παρουσίασαν τα δοκίμια που είχαν συντηρηθεί στον υγρό θάλαμο.

Στην συνέχεια τα δοκίμια με το υλικό συντήρησης και τέλος τα δοκίμια που είχαν συντηρηθεί στον ανεμιστήρα.

Η επίδραση του λόγου N/T και του τρόπου συντήρησης φαίνεται στο διάγραμμα η.

β. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ

Συγκεντρωτικά στον πίνακα που ακολουθεί παραθέτονται οι συντελεστές μεταβλητότητας για την αντοχή (κάθε αναμίγματος σε θλίψη)

ΑΝΑΜΙΓΜΑΤΑ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ
N/T = 0.56	1 μέρα	28 μέρες
A ₁ υγρός θάλαμος	0.51	2.8
A ₂ υλικό συντήρησης	0.61	1.73
A ₃ ανεμιστήρας	4.3	4.15
N/T = 0.48	1 μέρα	28 μέρες
B ₁ υγρός θάλαμος	0.94	3.22
B ₂ υλικό συντήρησης	9.95	9.87
B ₃ ανεμιστήρας	12.64	1.74
N/T = 0.40	1 μέρα	28 μέρες
Γ ₁ υγρός θάλαμος	1.86	1.41
Γ ₂ υλικό συντήρησης	1.07	1.55
Γ ₃ ανεμιστήρας	2.60	3.13

Η ανομοιομορφία μεταξύ των αναμιγμάτων της ίδιας σύνθεσης οφείλεται σε δύο παράγοντες:

- i. στην μεταξύ αναμιγμάτων μεταβλητότητα
 - ii. στην μεταβλητότητα που υπάρχει μέσα στο ίδιο το ανάμιγμα (within batch variation)
- Η ανομοιομορφία των 24 hrs αναμένεται να είναι μεγαλύτερη από εκείνη των 28 ημερών επειδή οι συνθήκες συντήρησης για κάθε δοκίμιο μπορεί φαινομενικά να είναι ίδιες ενώ στην πραγματικότητα δεν είναι (π.χ. λόγω θέσης δοκιμίων, θερμοκρασίας κλπ.) Όμως εξετάζοντας τις τιμές του για 1 μέρα και 28 μέρες παρατηρούμε ότι η ανομοιομορφία δεν είναι μεγαλύτερη στις 24 hrs. στα εξής αναμίγματα A₁, A₂, B₁, Γ₂ και Γ₃. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι ο αριθμός των δοκιμίων (3άδες) για τις 24 hrs. αρκεί για την εκτίμηση του μέσου όρου και κατά συνέπεια του . Ένας μεγαλύτερος αριθμός έδινε πιο αξιόπιστα αποτελέσματα.
 - Επιπλέον η μεγάλη διαφορά που υπάρχει στον συντελεστή μεταβλητότητας μεταξύ 1 μέρας και 28 ημερών στα αναμίγματα B₂ και B₃ δεν μπορεί να εξηγηθεί. (διάγραμμα 4)
 - Από τα διαγράμματα 2,4,6 για την επίδραση του τρόπου συντήρησης στην ανομοιομορφία των 28 ημερών βγάλουμε σαφή συμπεράσματα παρά μόνο για την σύνθεση Γ όπου ομοιομορφία του σκυροδέματος παρουσιάζεται μεγαλύτερη για τα δοκίμια που έχουν συντηρηθεί στον υγρό θάλαμο.

Για τον ίδιο λόγο N/T η απώλεια βάρους των δοκιμίων που συντηρήθηκαν στον υγρό θάλαμο δεν υφίσταται αφού αύξησαν το βάρος τους μέχρι την προξήρανση. Τα δοκίμια που συντηρήθηκαν σε συνθήκες επιταχυνόμενης ξήρανσης παρουσίασαν μεγαλύτερη απώλεια βάρους από τα δοκίμια που είχαν συντηρηθεί με το υλικό συντήρησης, στις πρώτες έξι μέρες της συντήρησης (διαγράμματα 13,15,17,19,21,23). Έτσι που είναι φανερό ότι για να αποφευχθεί η ελλιπή ενυδάτωση του σκυροδέματος στην αρχική του ηλικία είναι απαραίτητος ο σωστός τρόπος συντήρησης του.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την διάρκεια της προξήρανσης η απώλεια βάρους των δοκιμίων που συντηρήθηκαν στον υγρό θάλαμο εμφανίζεται εντονότερη από αυτές των άλλων δύο τρόπων συντήρησης, αφού τα δοκίμια αυτά περιείχαν περισσότερη υγρασία και στις μέρες μέχρι την προξήρανση αύξησαν το βάρος τους. (διαγράμματα 12,14,16,18,20,22)

6.2.3 Προεπεξεργασία (ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ III)

6.2.3.1 Προσδιορισμός του W_{75}

Κατά την διαδικασία μέτρησης του βάρους της θρυμματισμένης ποσότητας από κάθε σύνθεση πάρθηκαν ορισμένες λανθασμένες μετρήσεις. Οι μετρήσεις αυτές ανακαλύφθηκαν για την σύνθεση A & B. Μετά την κατασκευή των ιστογραμμάτων και της ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ III όπου φαινόταν μία αυξομείωση του βάρους που δεν ήταν λογική. Οι λανθασμένες μετρήσεις αποδόθηκαν στο γεγονός ότι τα “ταψάκια” που περιείχαν τα κομμάτια των δοκιμίων, κατά την διάρκεια της μέτρησης τους στη ζυγαριά, ακουμπούσαν στο δοχείο με το αλάτι που ήταν δίπλα και έτσι αλλοιώθηκαν οι μετρήσεις.

Στα ιστογράμματα 25 και 27 παραθέτονται αυτές οι μετρήσεις, ενώ στα διαγράμματα 26 και 28, που παρουσιάζεται η απώλεια βάρους συνάρτηση του χρόνου, έχουν παραληφτεί.

Οι λανθασμένες μετρήσεις είναι :

- Για την σύνθεση A της 3^{ης}, 5^{ης} και 6^{ης} ημέρας και
- Για την σύνθεση B της 6^{ης} και 7^{ης} ημέρας.

6.2.3.2 Προξήρανση

Τα δοκίμια 92-93-94 μέσα σε 24 ώρες έχασαν περισσότερο από το απαιτούμενο βάρος γεγονός που σημαίνει ότι δεν έχει επιτευχθεί η ισορροπία της υγρασίας του δοκιμίου με RH 75% και θερμοκρασίας 20 °C. Το ίδιο ισχύει και για τα δοκίμια 10.11.12/ 31,32,33/ 95,96.97 (στο παράρτημα IIβ τα δοκίμια που έχουν ξεπεράσει την απαιτούμενη απώλεια βάρους είναι σκιασμένα με πράσινο)

Στα δοκίμια 8,9,105,47,83,109 που ο λόγος $\Delta m - \Delta m_{calc} / \Delta m_{calc}$.

είναι αρνητικός αλλά πολύ κοντά στο μηδέν συνάβει το εξής :

Παρόλο που η απώλεια βάρους τους ήταν λίγο μικρότερη από την απαιτούμενη τα βγάλαμε από το φούρνο επειδή αν τα αφήναμε άλλες 24 ώρες τότε η απώλεια τους θα ξεπερνούσε την απαιτούμενη.

Ακολουθούν τα δοκίμια που έχουν συντηρηθεί με υλικό συντήρησης και την μικρότερη ομοιομορφία έχουν τα δοκίμια που έχουν συντηρηθεί με ανεμιστήρα. Τα δοκίμια των άλλων δύο συνθέσεων (Α & Β) που έχουν συντηρηθεί στον υγρό θάλαμο δεν έχουν μικρότερο συντελεστή μεταβλητότητας από αυτά που συντηρήθηκαν είτε με το υλικό συντήρησης είτε στον ανεμιστήρα, προφανώς λόγω του μικρού αριθμού δοκιμίων.

Τέλος αν εξαιρέσει κανείς το συντελεστή μεταβλητότητας του αναμίγματος Β2 που είναι κοντά στο 10 όλοι οι άλλοι είναι μικρότεροι του 4 που θεωρείται ότι είναι ικανοποιητικός συντελεστής για δοκίμια που παρασκευάζονται στο εργαστήριο. Σημειώνεται ότι σύμφωνα με τη βιβλιογραφία [9] για σκυροδέματα που παρασκευάζονται στο έργο έχουμε την ακόλουθη κατάταξη:

Cv	ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
Cv < 10%	ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ
10% < Cv < 15%	ΚΑΛΗ
15% < Cv < 20%	ΜΕΤΡΙΑ
Cv > 20%	ΚΑΚΗ

6.2.2 Απώλεια βάρους δοκιμίων (ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ II)

Στα διαγράμματα 12-24 φαίνεται η απώλεια κατά βάρος του τσιμεντοπολτού από την παρασκευή έως και την προξήρανση. Τόσο τα δοκίμια που έχουν συντηρηθεί στον υγρό θάλαμο δεν μπορούν να μας δώσουν συγκριτικά αποτελέσματα για κάθε λόγο Ν/Τ, επειδή μέσα στον θάλαμο δεν διατηρούνται οι ίδιες συνθήκες συντήρησης για όλα τα δοκίμια (π.χ. σε ένα δοκίμιο μπορεί να έσταξε νερό, σε άλλο που τοποθετήθηκε κοντά στην πόρτα του θαλάμου υπάρχουν εντονότερες θερμοκρασιακές μεταβολές κ.α.) όσο και τα δοκίμια που έχουν συντηρηθεί με το υδατοδιαλυτό υλικό συντήρησης, επειδή υπάρχουν αστάθμητοι παράγοντες όπως το γεγονός ότι δεν ξέρουμε το ρυθμό και το βαθμό εξάτμισης του υλικού ωρίμανσης που μπορεί να επηρεάζει τις μετρήσεις.

Όμως τα δοκίμια που έχουν συντηρηθεί σε συνθήκες επιταχυνόμενης ξήρανσης (ανεμιστήρα) συγκριτικά αποτελέσματα αφού οι συνθήκες συντήρησης είναι ίδιες για όλα τα δοκίμια. Έτσι στο διάγραμμα 24 φαίνεται καθαρά ότι όσο μικρότερος είναι ο λόγος Ν/Τ τόσο χαμηλότερο είναι το ποσοστό της απώλειας βάρους του τσιμεντοπολτού, αφού ένας χαμηλός λόγος Ν/Τ σημαίνει μικρότερος όγκος των τριχοειδών από όπου γίνεται η εξάτμιση του νερού κατά την διάρκεια της συντήρησης.

Από τα παραπάνω βγαίνει το συμπέρασμα ότι οι μετρήσεις της απώλειας βάρους κατά την προξήρανση θα έπρεπε να ληφθούν κάθε 6-10 ώρες για την επίτευξη της απαιτούμενης ακρίβειας και της σωστής απώλειας βάρους.

6.2.4 Υδατοαπορρόφηση (ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ IV)

6.2.4.1 Επίδραση του λόγου N/T

Στα διαγράμματα 31 και 32 φαίνεται, ότι για τον ίδιο τρόπο συντήρησης, όσο χαμηλότερος είναι ο λόγος N/T τόσο μικρότερη είναι η υδατοαπορρόφηση για τα χρονικά διαστήματα (10min, 1 hr, 4 hrs, 24 hrs) που πάρθηκαν οι μετρήσεις. Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι όσο αυξάνει ο λόγος N/T αυξάνεται το πορώδες (κεφάλαιο 3). Στο διάγραμμα 33 φαίνεται ότι όσο μικρότερη είναι η υδατοαπορρόφηση της 1 ώρας τόσο μεγαλύτερη είναι η θλιπτική αντοχή για τον ίδιο τρόπο συντήρησης. Η συσχέτιση μεταξύ της υδατοαπορρόφησης και της θλιπτικής αντοχής θα μπορούσε να γίνει αλλά θα απαιτούσε πολλά πειράματα προκειμένου να βγει κάτι αξιόπιστο.

6.2.4.2 Επίδραση της συντήρησης

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 34, η υδατοαπορρόφηση ανά μονάδα επιφανείας είναι μικρότερη για τα δοκίμια που συντηρήθηκαν στον υγρό θάλαμο μετά ακολουθούν τα δοκίμια που συντηρήθηκαν με υλικό ωρίμανσης και την μεγαλύτερη υδατοαπορρόφηση παρουσίασαν τα δοκίμια που συντηρήθηκαν σε συνθήκες επιταχυνόμενης ξήρανσης. Όπως προαναφέρθηκε και στο κεφάλαιο τρία η σωστή συνεχής ενυδάτωση.

Τα παραπάνω αποτελέσματα οφείλονται στο γεγονός ότι η συνεχής ενυδάτωση που επιτυγχάνεται με την σωστή συντήρηση μειώνει το μέγεθος των πόλων και κατά συνέπεια την υδατοαπορρόφηση. Τέλος δεν πρέπει να παραληφτεί ότι η κλίση της καμπύλης της υδατοαπορρόφησης για τις 4 πρώτες ώρες της δοκιμής είναι πολύ απότομη και στη συνέχεια εξομαλύνεται με τάση να μηδενιστεί. Αυτό συμβαίνει επειδή στην αρχή της δοκιμής οι πόροι του σκυροδέματος είναι άδαιοι και με την απορρόφηση του νερού παρατηρείται μεγάλη μεταβολή βάρους, ενώ όταν οι πόροι κορεστούν το νερό εξατμίζεται και η μεταβολή είναι πλέον ανεπαίσθητη.

6.2.5 Αντοχή σε εφελκυσμό (ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ V)

Παρατηρώντας τις τιμές της αντοχής σε εφελκυσμό και τον λόγο θλιπτικής / εφελκυστικής αντοχής (Παράρτημα IV), επιβεβαιώνεται ότι προαναφέρθηκε στο 2^ο κεφάλαιο ότι η εφελκυστική αντοχή κυμαίνεται γύρω στο 1/15 της θλιπτικής αντοχής. Από την μέτρηση της αντοχής σε εφελκυσμό προέκυψε το συμπέρασμα ότι αυτή ήταν μεγαλύτερη όσο μικρότερος είναι ο λόγος N/T (όπως και στην αντοχή σε θλίψη). Η επίδραση αυτή του λόγου N/T για τον ίδιο

τρόπο συντήρησης φαίνεται καθαρή στο διάγραμμα 38 της ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ V)

Όσον αφορά την επίδραση του τρόπου συντήρησης στην αντοχή σε εφελκυσμό τα δοκίμια που συντηρήθηκαν στον υγρό θάλαμο, για τον ίδιο λόγο N/T παρουσιάζουν την μεγαλύτερη εφελκυστική αντοχή από τους άλλους δύο τρόπους συντήρησης (διάγραμμα 39)

Τα δοκίμια που συντηρήθηκαν σε συνθήκες επιταχυνόμενης ξήρανσης ενώ θα περίμενε κανείς να έχουν μικρότερη εφελκυστική αντοχή από εκείνα συντηρήθηκαν με υλικό συντήρησης παρουσιάζουν αποτελέσματα με μεγαλύτερη εφελκυστική αντοχή (διάγραμμα 39) .

Για τα αποτελέσματα αυτά δεν μπορεί να δοθεί άμεση ερμηνεία επειδή όμως η εφελκυστική αντοχή των δοκιμίων που συντηρήθηκαν στον ανεμιστήρα είναι λίγο μεγαλύτερη από την αντοχή των δοκιμίων που συντηρήθηκαν με υλικό συντήρησης , μπορεί να αποδοθεί σε πειραματικές ανακρίβειες.

Τέλος είναι φανερό ότι ο αριθμός δοκιμίων είναι μικρός για να βγάλουμε πιο αξιόπιστα αποτελέσματα.

6.2.6 Ενανθράκωση (ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ V)

Από την μελέτη των μετρήσεων του βάθους ενανθράκωσης παρατηρείται ότι σε όλα τα δοκίμια το μέσο βάθος ενανθράκωσης της επιφάνειας του δοκιμίου είναι μεγαλύτερο από το μέσο βάθος ενανθράκωσης του πυθμένα. Αυτό μπορεί να αποδοθεί σε διάφορες αιτίες :

- στην εξίδρωση του σκυροδέματος που έχει σαν αποτέλεσμα η μάζα του μίγματος στην επιφάνεια να έχει περισσότερο νερό από ότι η μάζα στον πυθμένα και άρα μεγαλύτερη διαπερατότητα.
- στην καλύτερη συμπίκνωση του πυθμένα.
- στην ισοπέδωση της επιφάνειας με μυστρί που αποτελεί και αστάθμητο παράγοντα.

Ο βαθμός της ενανθράκωσης μπορεί να θεωρηθεί μία ένδειξη της διαπερατότητας του σκυροδέματος στα αέρια, αφού ουσιαστικά μετράει το βαθμό διείσδυσης αερίων ουσιών.

Από την μελέτη των διαγραμμάτων 35,36,37 προκύπτει ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν την υδατοαπορρόφηση - και κατά συνέπεια την υδατοπερατότητα- επηρεάζουν με τον ίδιο τρόπο και το βαθμό ενανθράκωσης . Πιο συγκεκριμένα :

i. Όσο μεγαλώνει ο λόγος N/T ο βαθμός ενανθράκωσης αυξάνει.
(διάγραμμα γ)

ii. Η σωστή συντήρηση , για τον ίδιο λόγο N/T, που αποτρέπει την ελλιπή ενυδάτωση παρουσιάζει μικρότερο βαθμό ενανθράκωσης.
(διάγραμμα α,β

6.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Θεωρητικά και πρακτικά οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος είναι:

- ο λόγος N/T . Για να μειωθεί όμως ο λόγος N/T, γνωρίζοντας ότι η αύξηση του τσιμέντου επιφέρει έκλυση υψηλής θερμοκρασίας, μεγάλη συρρίκνωση κτλ., η μόνη λύση είναι να μειωθεί το νερό αναμίξεως. Ωστόσο όμως αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την παρασκευή σκυροδέματος με εξαιρετικά χαμηλή εργασιμότητα το οποίο είναι αδύνατο να αντληθεί, να εκχυθεί και να δονηθεί. Επομένως με τη μείωση μόνο του λόγου N/T δεν υφίσταται η αναμενόμενη βελτίωση της ανθεκτικότητας και εδώ είναι που είναι απαραίτητη η χρήση ενός ρευστοποιητή και ακόμη αποτελεσματικότερα ενός υπερευστοποιητή.
- ο τρόπος συντήρησης. Οι συνθήκες συντήρησης επηρεάζουν τόσο την διαπερατότητα του φλοιού του σκυροδέματος όσο και την θλιπτική αντοχή για αυτό στην πράξη πρέπει να δίνεται η πρέπουσα σημασία στην επίτευξη όσο το δυνατόν καλύτερων συνθηκών συντήρησης.
- Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της υδατοαπορρόφησης της παρούσας εργασίας με τα αποτελέσματα της προγενέστερης διπλωματικής εργασία [14] μπορούμε να πούμε ότι η προεπεξεργασία των δοκιμίων που συνιστάται από τον Σχέδιο Rilem TC 116 -PCD [13] δεν κρίνεται αναγκαία για ποιοτική έρευνα. Αφού και στις δύο εργασίες υπάρχει συμφωνία αποτελεσμάτων στην διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν την υδατοαπορρόφηση.
Από την άλλη όμως όταν είναι απαραίτητο να διεξαχθεί ποσοτική έρευνα για την υδατοαπορρόφηση επιφάνειας (gr/m^2) διαφόρων συνθέσεων σκυροδέματος είναι απαραίτητη η προεπεξεργασία, ώστε όλα τα δοκίμια να περιέχουν την ίδια ποσότητα υγρασίας κατά την έναρξη της δοκιμής και κατά συνέπεια τα αποτελέσματα να μπορούν να είναι συγκρίσιμα.

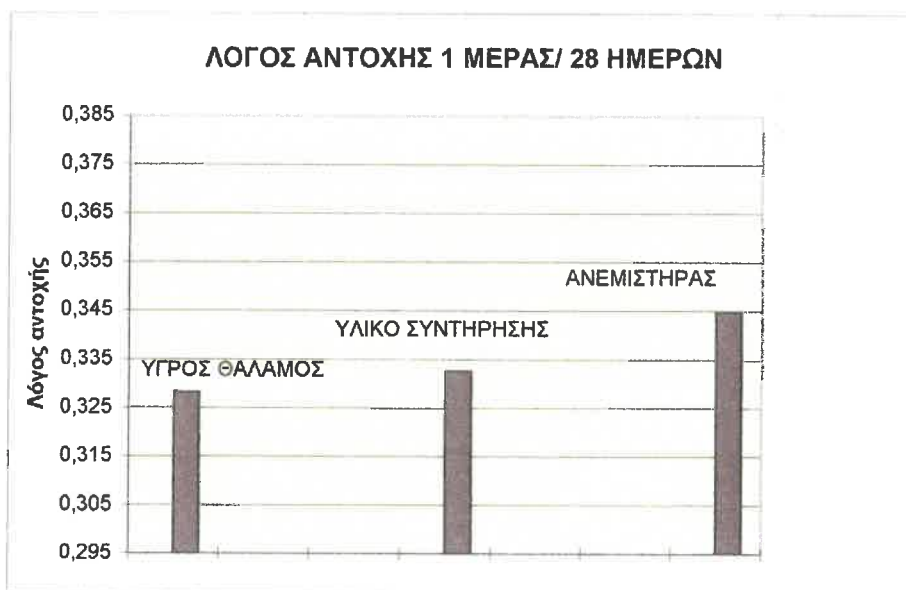
6.4 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

1. Για την πιο ολοκληρωμένη διερεύνηση των παραγόντων κρίνεται αναγκαίο να εξεταστεί και η επίδραση του τύπου του τσιμέντου.
2. Από την μελέτη της διασποράς των αποτελεσμάτων κάθε δοκιμής είναι φανερό ότι το δείγμα των τριών δοκιμίων για κάθε ανάμιγμα δεν είναι επαρκές.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ Ι
(Διαγράμματα θλιπτικής αντοχής)

ΣΥΝΘΕΣΗ Α (N/T= 0,56)

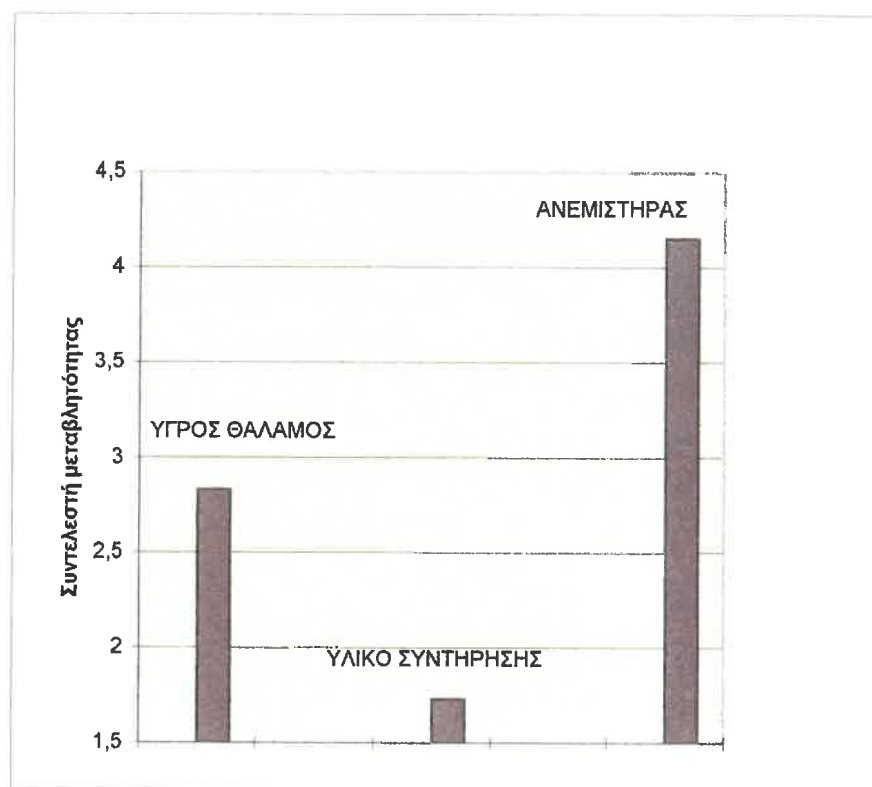
1.



Διάγραμμα 1

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ	
1 μέρα	1..2..3
28 μέρες	4..5..6
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
1 μέρα	13..14..15
28 μέρες	16..17..18
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ	
1 μέρα	62..63..64
28 μέρες	65..66..67

2.



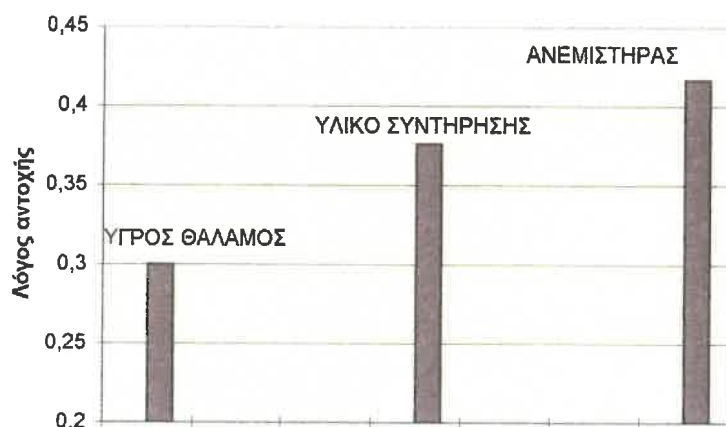
Διάγραμμα 2

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ	
4..5..6	
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
16..17..18	
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ	
65..66..67	

ΣΥΝΘΕΣΗ Β (N/T= 0,48)

3.

ΛΟΓΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ 1ΗΜΕΡΑΣ/28 ΗΜΕΡΩΝ



Διάγραμμα 3

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ

ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

1 μέρα 25..26..27

28 μέρες 34..35..36

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ

ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

1 μέρα 37..38..39

28 μέρες 40..41..42

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ

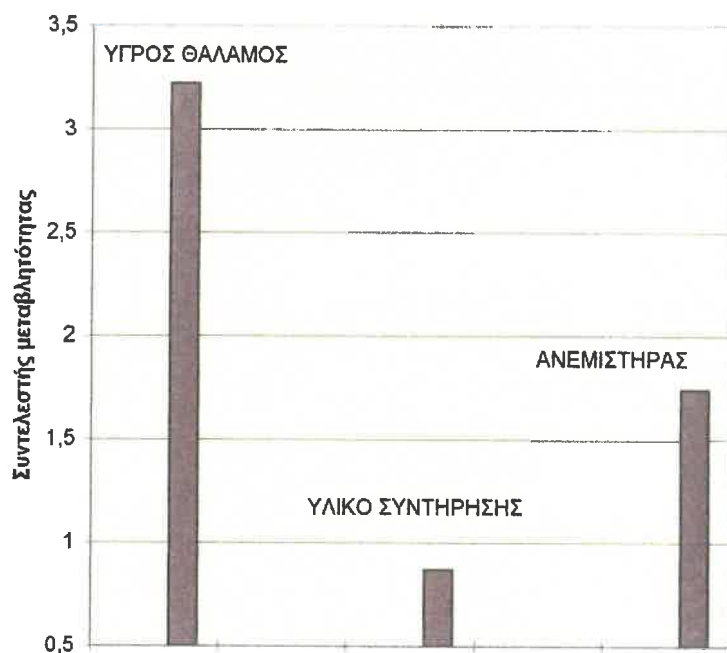
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

1 μέρα 50..51..52

28 μέρες 53..54..55

4.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ



Διάγραμμα 4

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ

ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

28 μέρες 34..35..36

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ

ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

28 μέρες 40..41..42

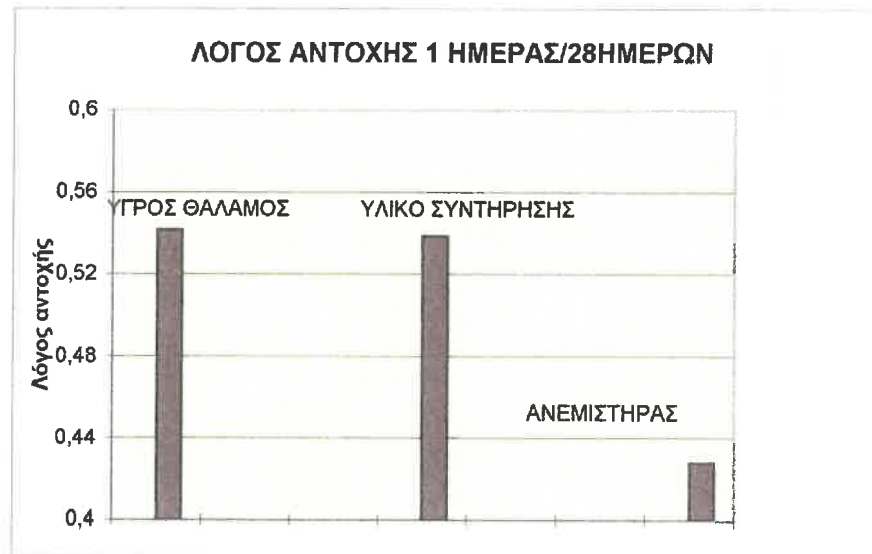
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ

ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

28 μέρες 53..54..55

ΣΥΝΘΕΣΗ Γ (N/T= 0,40)

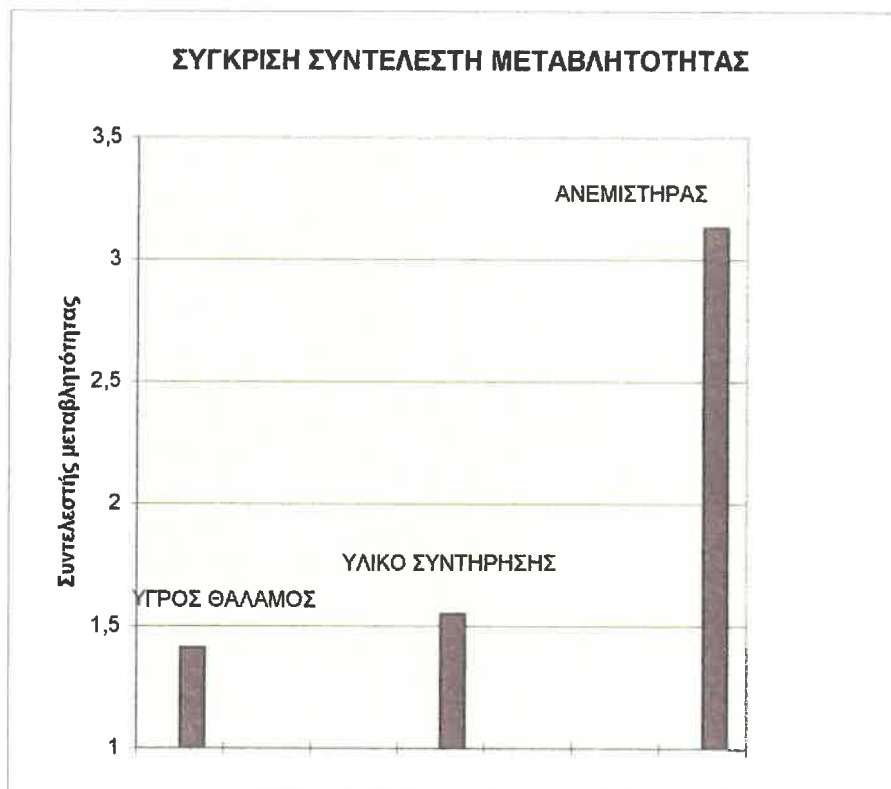
5.



Διάγραμμα 5

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ	
1 μέρα	74..75..76
28 μέρες	77..78..79
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
1 μέρα	98..99..100
28 μέρες	101..102..103
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ	
1 μέρα	86..87..88
28 μέρες	89..90..91

6.

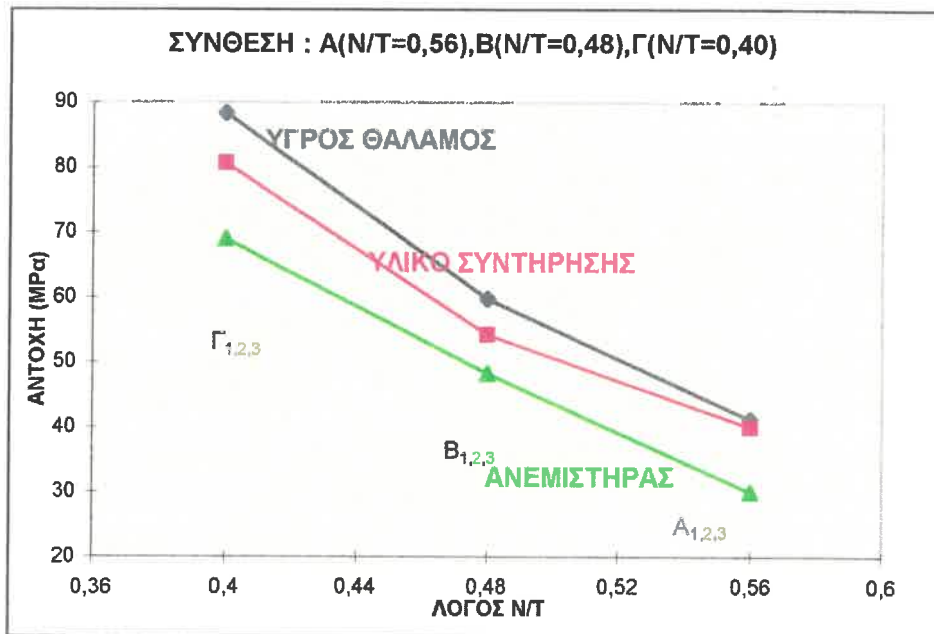


Διάγραμμα 6

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ	
28 μέρες	77..78..79
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
28 μέρες	101..102..103
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ	
28 μέρες	89..90..91

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ Ν/Τ ΚΑΙ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ 28 ΗΜΕΡΩΝ

7.



Διάγραμμα 7

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ

A1: 4..5..6

B1: 34..35..36

Γ1: 77..78..79

A2: 16..17..18

B2: 40..41..42

Γ2: 101..102..103

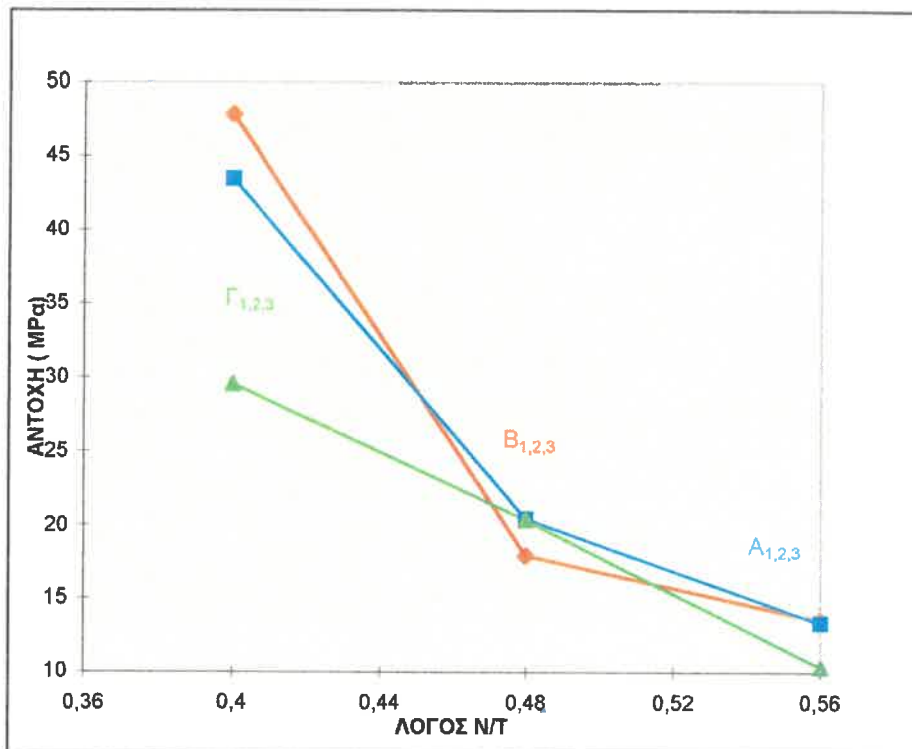
A3: 65..66..67

B3: 53..54..55

Γ3: 89..90..91

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ Ν/Τ ΣΤΙΣ ΑΡΧΙΚΕΣ ΑΝΤΟΧΕΣ (24ωρών)

8.



Διάγραμμα 8

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ

A1: 1..2..3

A2: 13..14..15

A3: 62..63..64

B1: 25..26..27

B2: 37..38..39

B3: 50..51..52

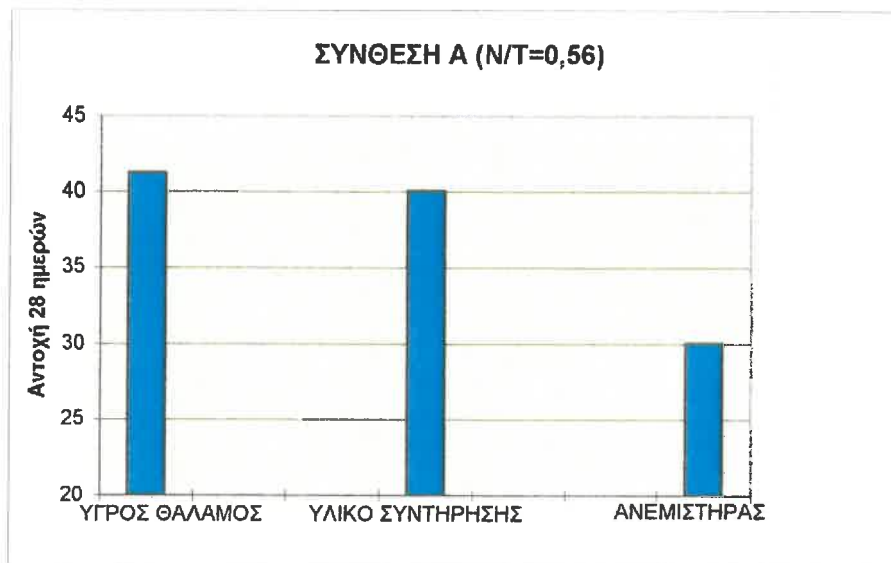
Γ1: 74..75..76

Γ2: 98..99..100

Γ3: 86..87..88

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ(28 ΗΜΕΡΩΝ)

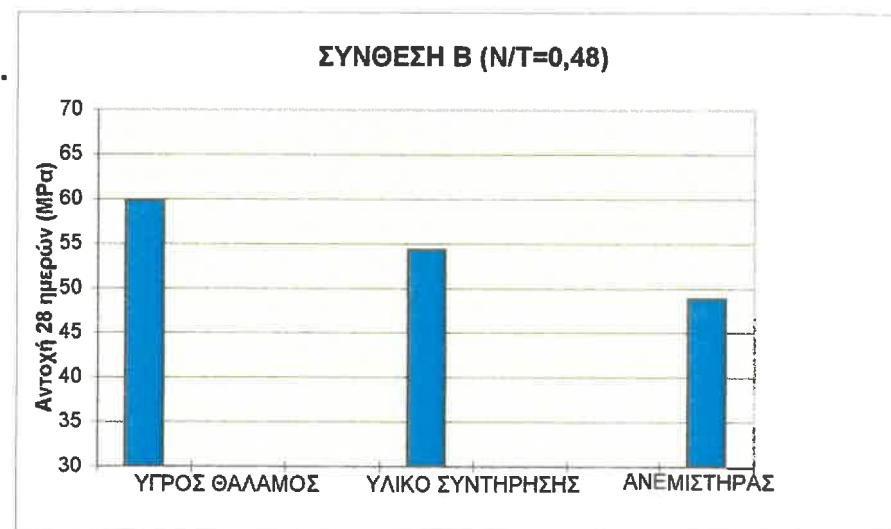
9.



Διάγραμμα 9

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ	
1 μέρα	1..2..3
28 μέρες	4..5..6
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
1 μέρα	13..14..15
28 μέρες	16..17..18
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ	
1 μέρα	62..63..64
28 μέρες	65..66..67

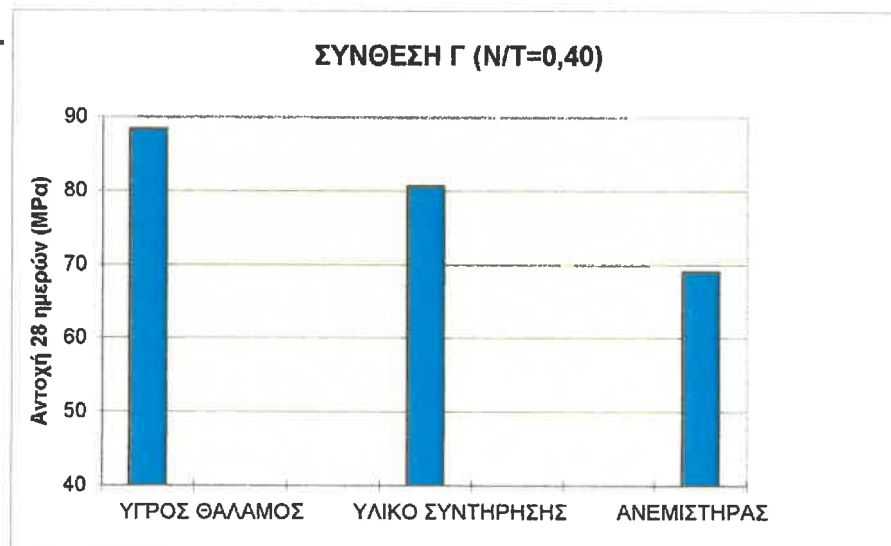
10.



Διάγραμμα 10

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ	
1 μέρα	25..26..27
28 μέρες	34..35..36
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
1 μέρα	37..38..39
28 μέρες	40..41..42
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ	
1 μέρα	50..51..52
28 μέρες	53..54..55

11.



Διάγραμμα 11

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ	
28 μέρες	77..78..79
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	
28 μέρες	101..102..10
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ	
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ	
28 μέρες	89..90..91

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ II
(Διαγράμματα απώλειας βάρους από την
κατασκευή έως και την προξήρανση)

ΣΥΝΘΕΣΗ Α (N/T = 0,56)

12.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 12

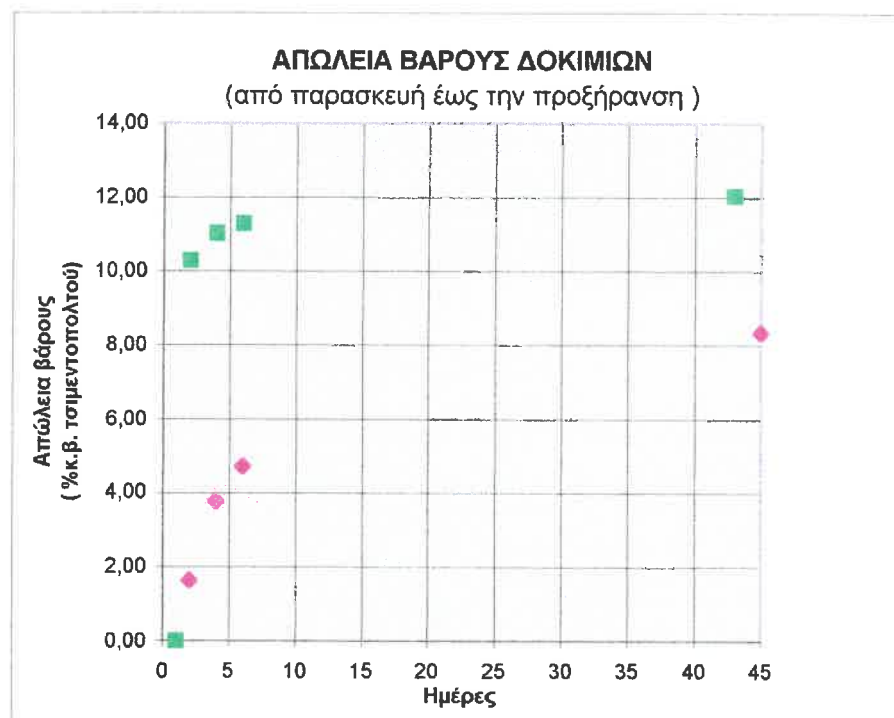
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ

7..8..9

ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ

13.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ

19..20..21

ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ

68..69..70

ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΗ : ΔΟΚΙΜΙΑ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ ΜΕ D=115mm ΚΑΙ L=50mm ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΗ ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

ΣΥΝΘΕΣΗ Β (N/T = 0,48)

14.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 14

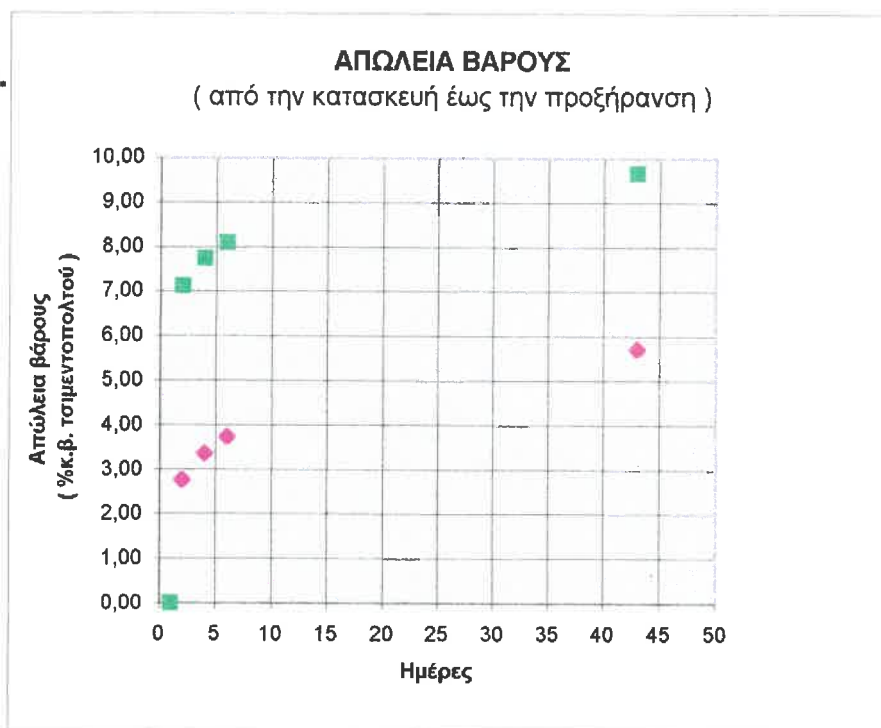
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ

28..29..30

ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ

15.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 15

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ

43..44..45

ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ

56..57..58

ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΗ : ΔΟΚΙΜΙΑ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ ΜΕ D=115mm ΚΑΙ L=50mm ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΗ ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

ΣΥΝΘΕΣΗ Γ (N/T = 0,40)

16.

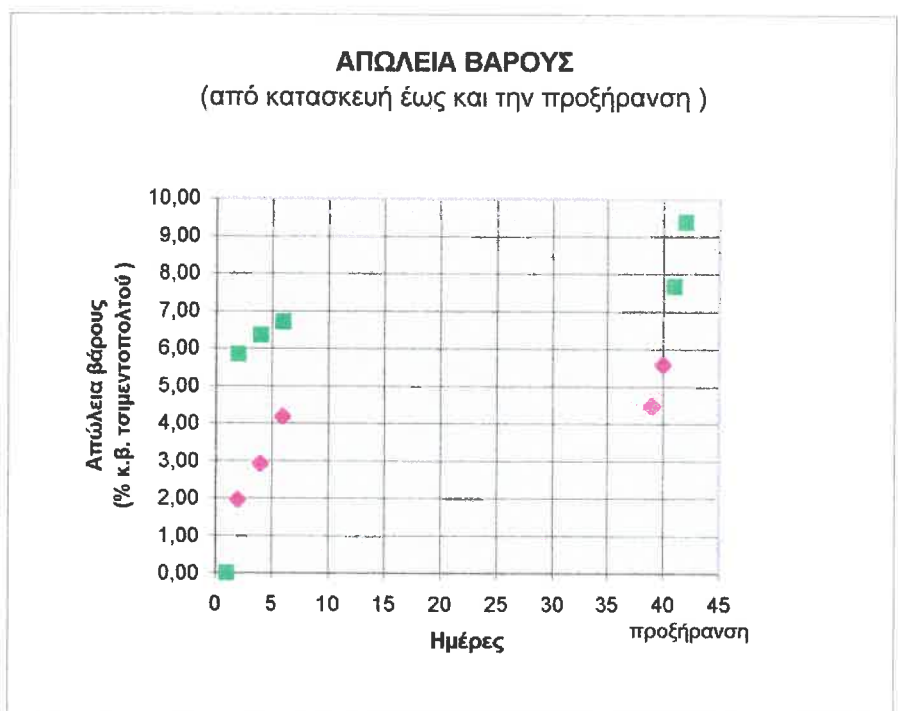


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 16

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
80..81..82
ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ

17.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 17

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
104..105..106
ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
92..93..94
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΗ : ΔΟΚΙΜΙΑ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ ΜΕ D=115mm ΚΑΙ L=50mm ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΗ ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

ΣΥΝΘΕΣΗ Α (N/T = 0,56)

18.

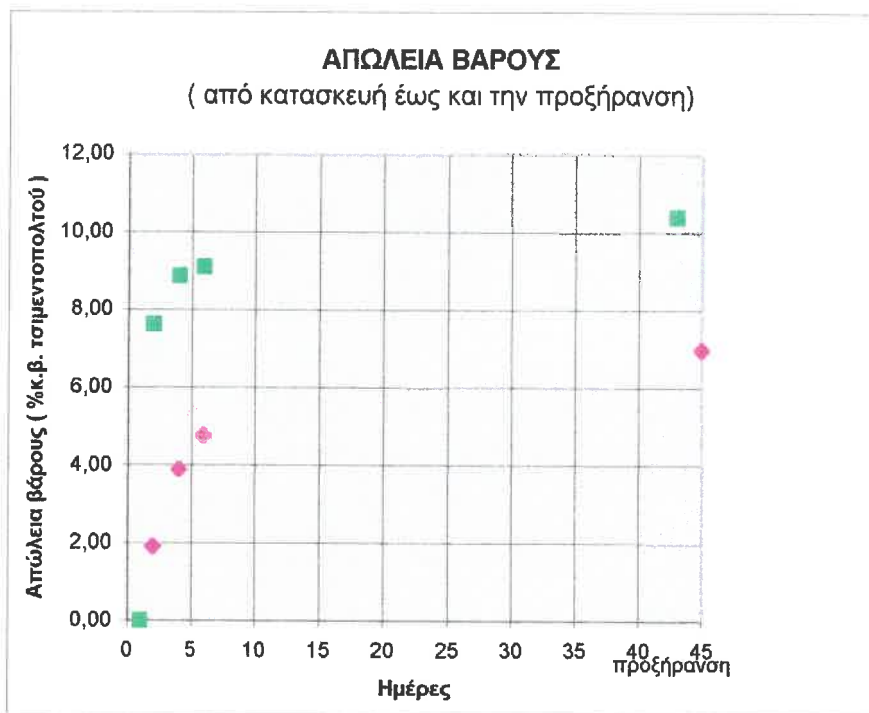


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 18

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
10..11..12
ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ

19.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 19

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
22..23..24
ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
71..72..73
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΗ : ΔΟΚΙΜΙΑ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ ΜΕ D=115mm ΚΑΙ L=115mm ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΗ ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗΣ

ΣΥΝΘΕΣΗ Β (N/T = 0,48)

20.

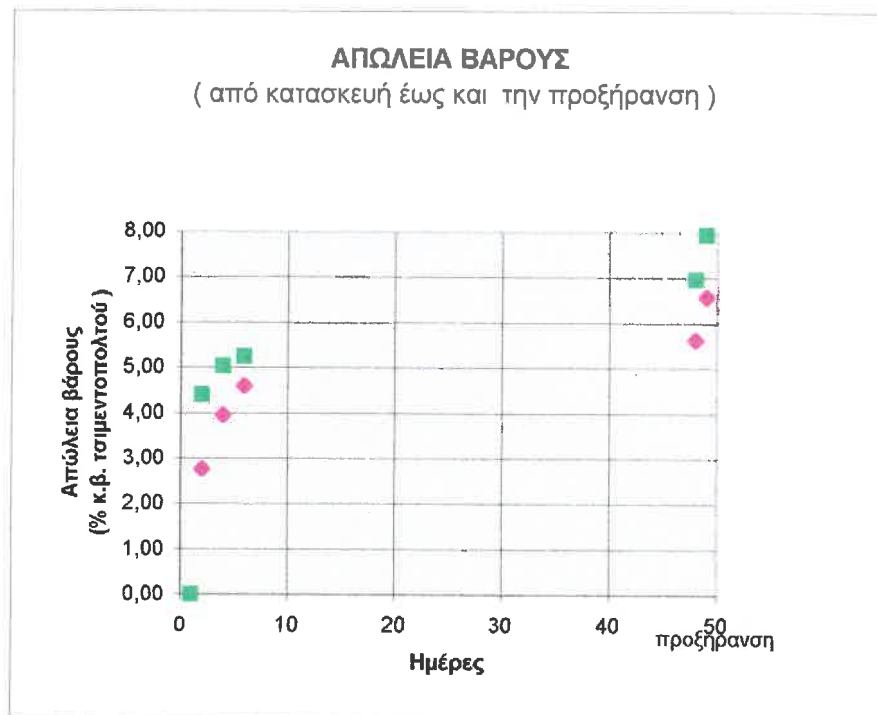


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 20

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
31..32..33
ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ

21.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 21

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
46..47..48
ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

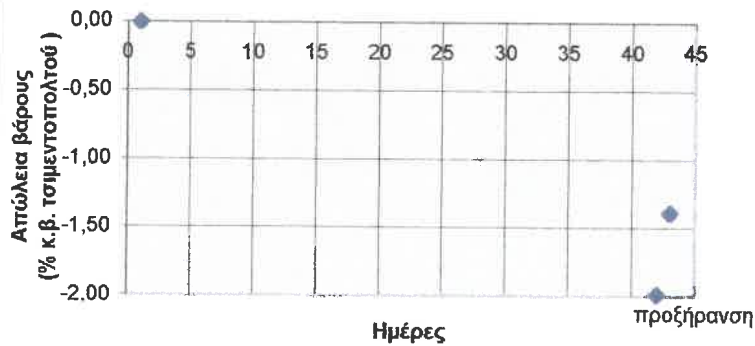
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
59..60..61
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΗ : ΔΟΚΙΜΙΑ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ ΜΕ D=115mm ΚΑΙ L=115mm ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΗ ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗΣ

ΣΥΝΘΕΣΗ Γ (N/T = 0,40)

22.

ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
(από κατασκευή έως και την προξήρανση)



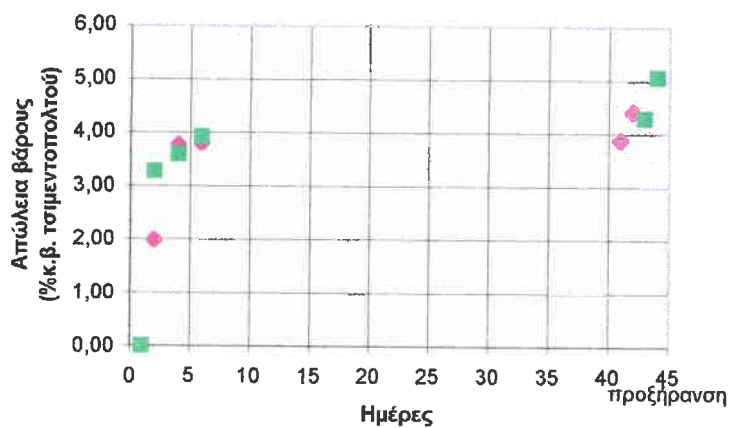
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 22

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
83..84..85
ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ

23.

ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
(από κατασκευή έως και την προξήρανση)



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 23

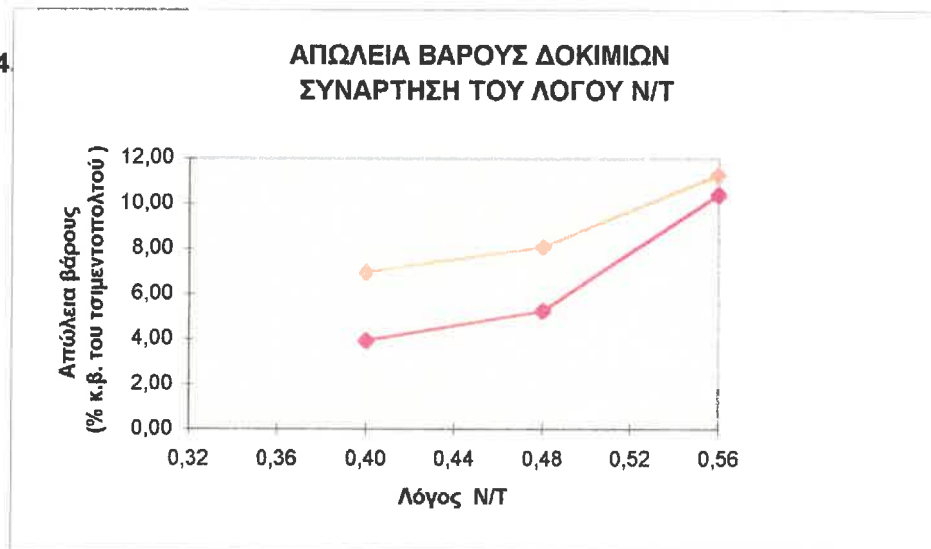
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
107..108..109
ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
95..96..97
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΗ : ΔΟΚΙΜΙΑ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ ΜΕ D=115mm ΚΑΙ L=115mm ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΗ ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΛΟΓΟΥ Ν/Τ ΣΤΗΝ ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ

24



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 24

ΥΠΟΜΝΗΜΑ :

1. Η συντήρηση των δοκιμίων έγινε σε συνθήκες επιταχυνόμενης ξήρανσης (ανεμιστήρας)
2. Η απώλεια βάρους των δοκιμίων αναφέρεται στην 6^η ημέρα συντήρησης.

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ D=115mm & H=50 mm

68..69..70 (N/T = 0,56)

56..57..58 (N/T = 0,48)

92..93..94 (N/T = 0,40)

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ D=115mm & H=115 mm

71..72 (N/T = 0,56)

59..60..61 (N/T = 0,48)

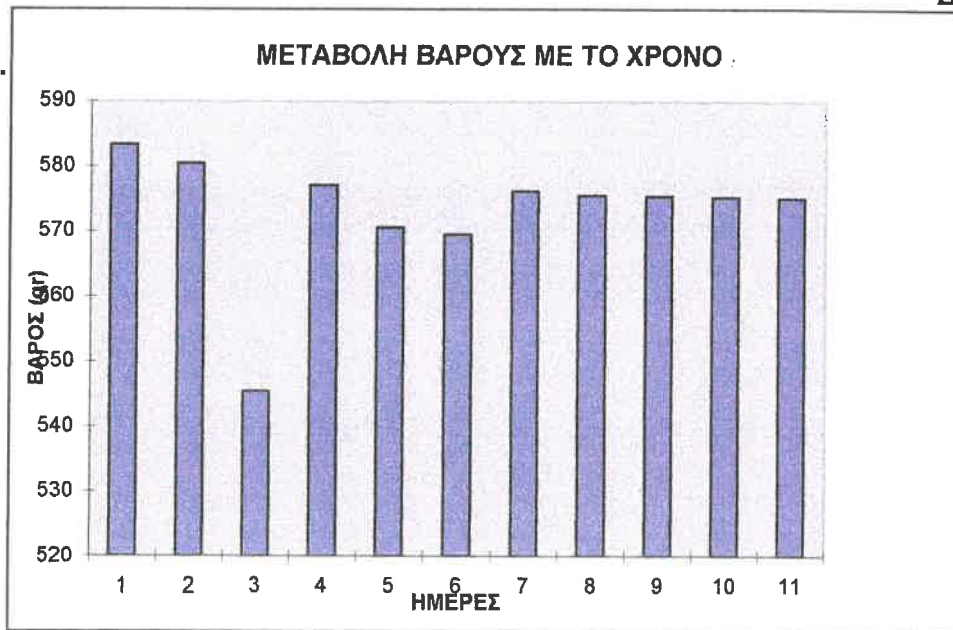
95..96..97 (N/T = 0,40)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ III
(Διαγράμματα προεπεξεργασίας δοκιμίων)

ΣΥΝΘΕΣΗ Α (N/T=0,56)

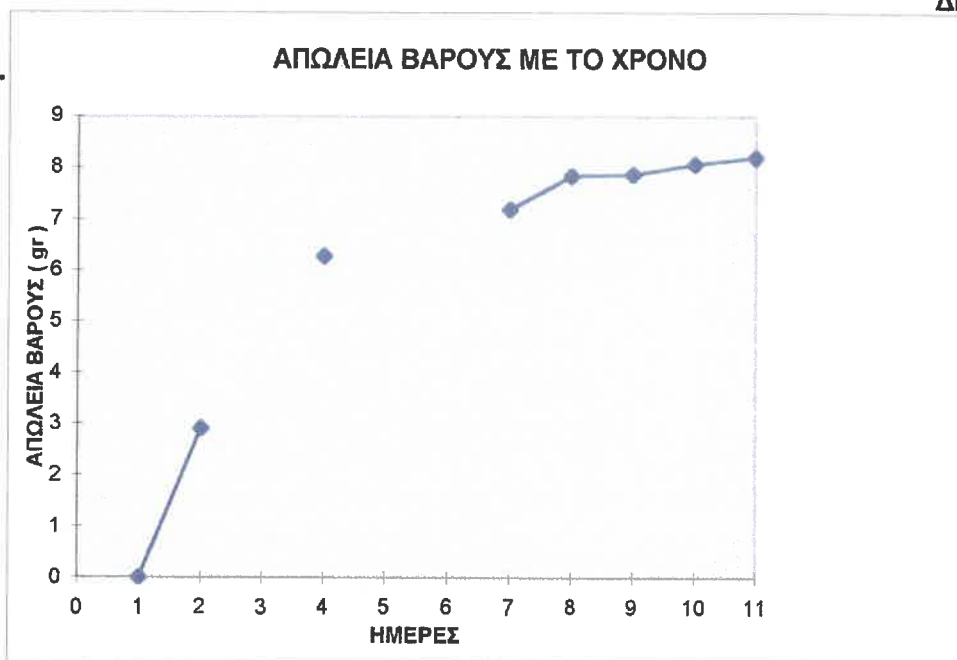
Διάγραμμα 25

25.



Διάγραμμα 26

26.



ΣΥΝΘΕΣΗ Β (N/T=0,48)

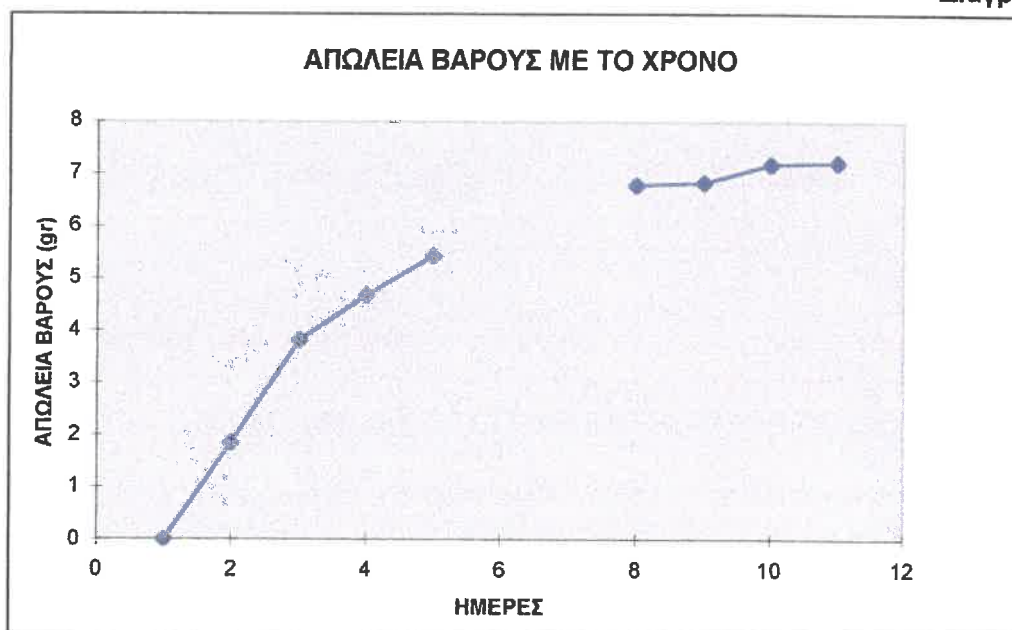
Διάγραμμα 27

27.



Διάγραμμα 28

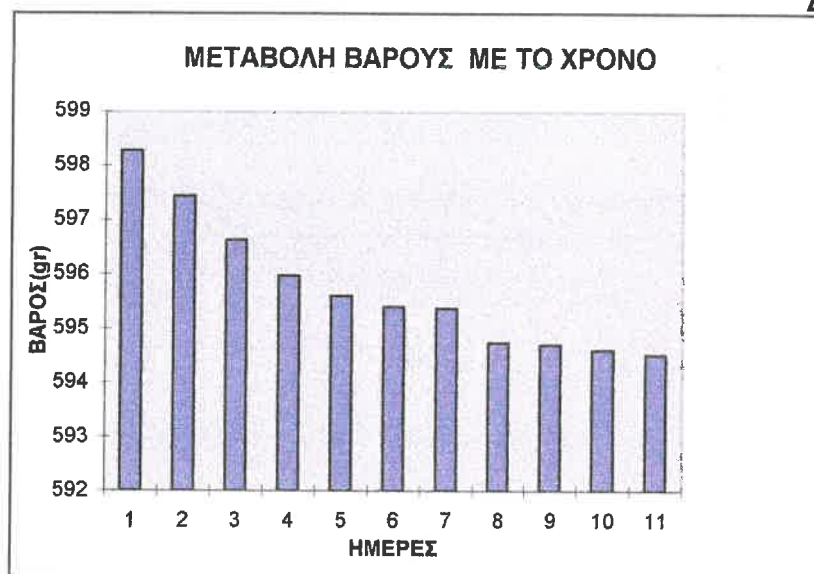
28.



ΣΥΝΘΕΣΗ Γ (N/T=0,4)

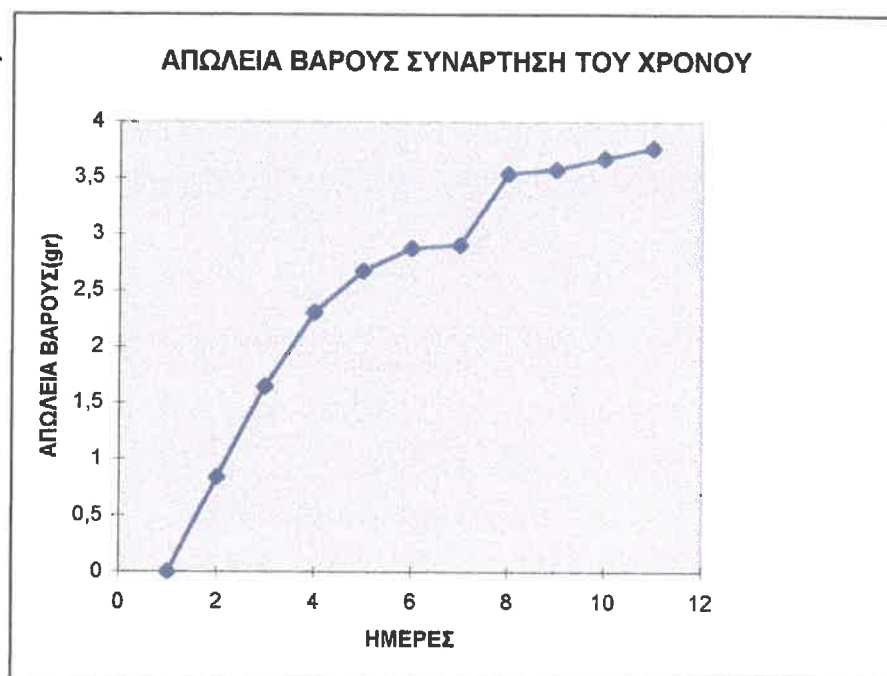
29.

Διάγραμμα 29



30.

Διάγραμμα 30



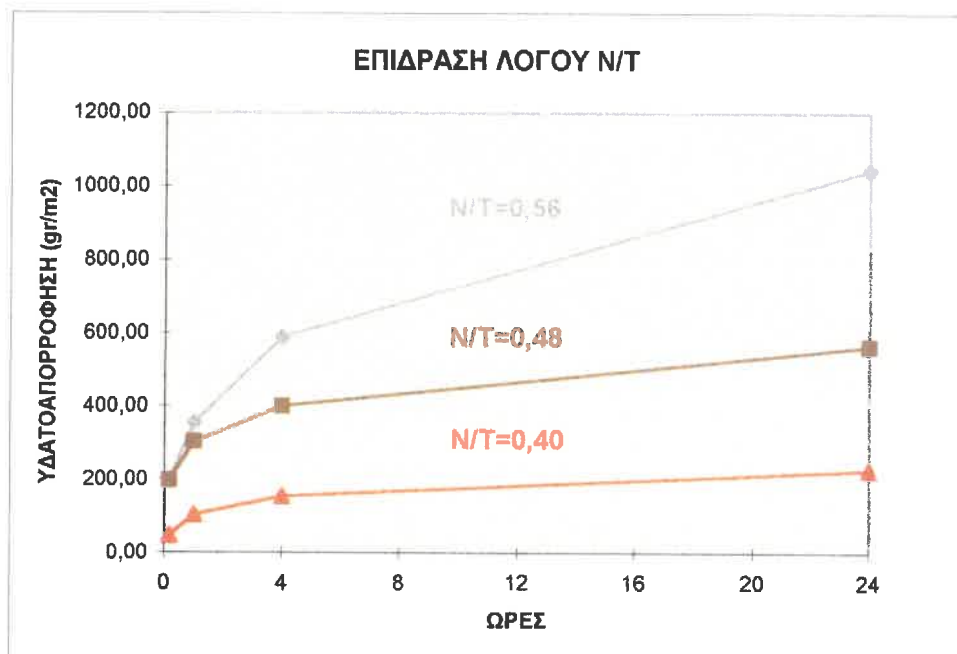
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ IV
(Διαγράμματα υδατοαπορρόφησης)

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ Ν/Τ ΣΤΗΝ ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ

χρόνος (hr)	Μέσος όρος υδατοαπορρόφησης ανά παρτίδα 3 δοκιμών (gr/m ²)		
	Ανάμιγμα Α1 N/T=0,56	Ανάμιγμα Β1 N/T=0,48	Ανάμιγμα Γ1 N/T=0,40
0,1667	196,91	197,322	46,54913
1	355,812	302,8417	103,4738
4	589,4203	401,1717	153,3397
24	1046,172	564,1953	225,6767

31.

Διάγραμμα 31



Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
7..8..9

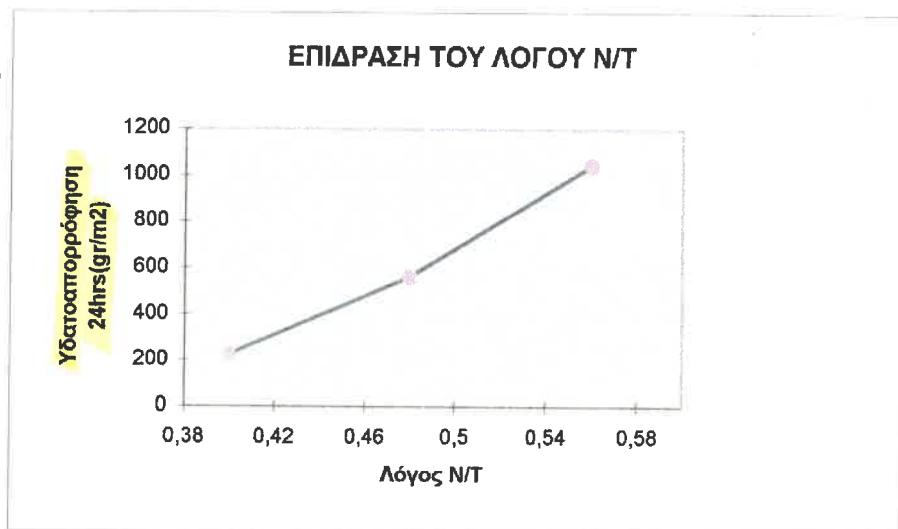
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
28..29..30

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
80..81..82

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ :ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ Ν/Τ ΣΤΗΝ ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ (συνέχεια)

32.



Διάγραμμα 32

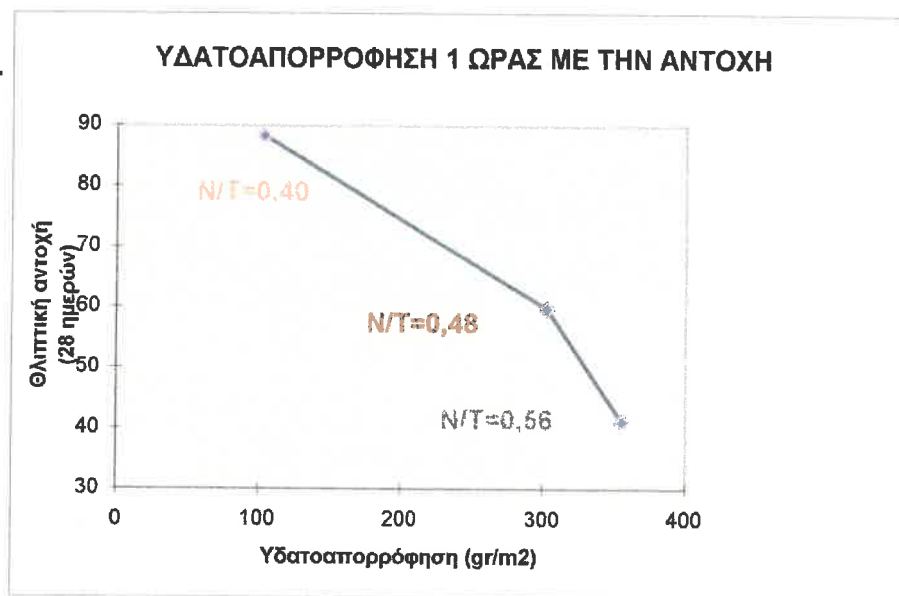
ΛΟΓΟΣ Ν/Τ = 0,56
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
7..8..9

ΛΟΓΟΣ Ν/Τ = 0,48
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
28..29..30

ΛΟΓΟΣ Ν/Τ = 0,40
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
80..81..82

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

33.



Διάγραμμα 33

ΛΟΓΟΣ Ν/Τ = 0,56
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
7..8..9

ΛΟΓΟΣ Ν/Τ = 0,48
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
28..29..30

ΛΟΓΟΣ Ν/Τ = 0,40
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
80..81..82

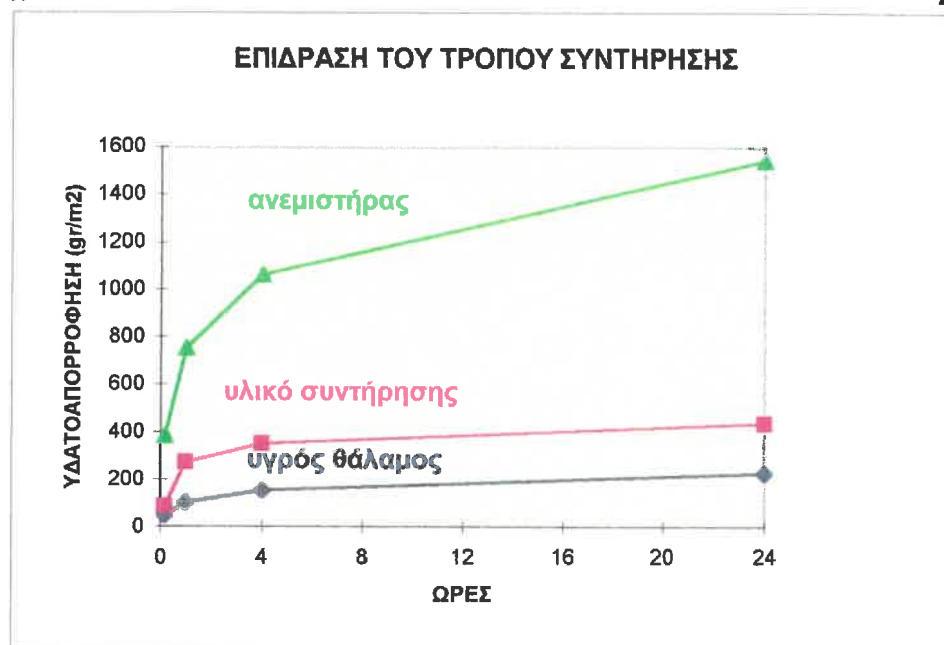
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ (Ιδιος λόγος Ν/Τ=0,40)

χρόνος (hr)	Μέσος όρος υδατοαπορρόφησης ανά παρτίδα 3 δοκιμίων (gr/m ²)		
	Ανάμιγμα Γ1 (υγρός θάλαμος)	Ανάμιγμα Γ2 (υλικό συντήρησης)	Ανάμιγμα Γ3 (ανεμιστήρας)
0,1667	46,54913	84,8543	382,5277
1	103,4738	270,8933	753,3117
4	153,3397	349,3437	1062,883
24	225,6767	436,4393	1544,24

34.

Διάγραμμα 34



Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
92..93..94

Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
104..105..106

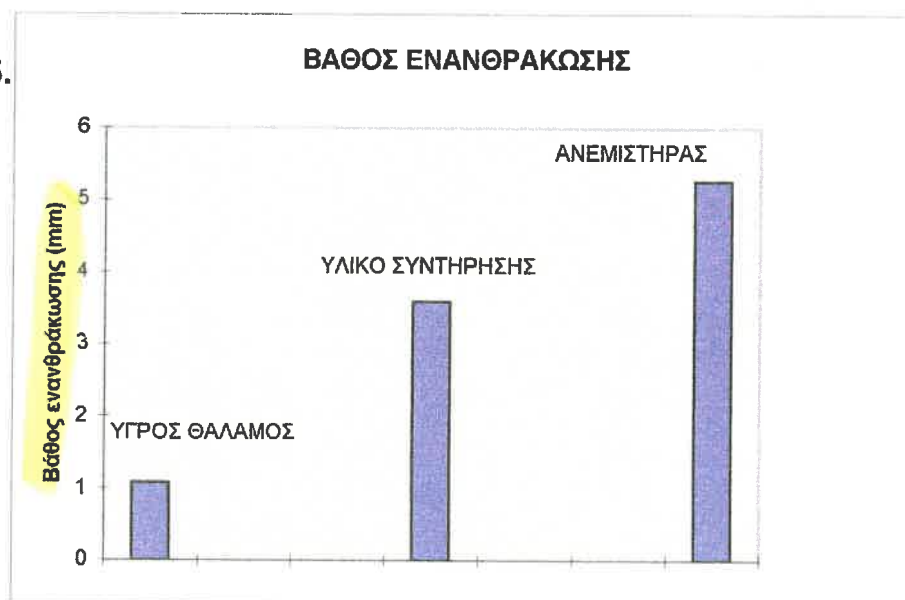
Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
80..81..82

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ V
(Διαγράμματα ενανθράκωσης
& αντοχής σε εφελκυσμό)

ΒΑΘΟΣ ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΙΔΙΑ ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΤΡΟΠΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

ΣΥΝΘΕΣΗ Β(N/T=0,48)

35.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 35

ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ
ΜΟ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
31..32..33

ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ
ΜΟ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
46..47..48

ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ
ΜΟ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
59..60..61

ΣΥΝΘΕΣΗ Γ(N/T=0,40)

36



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 36

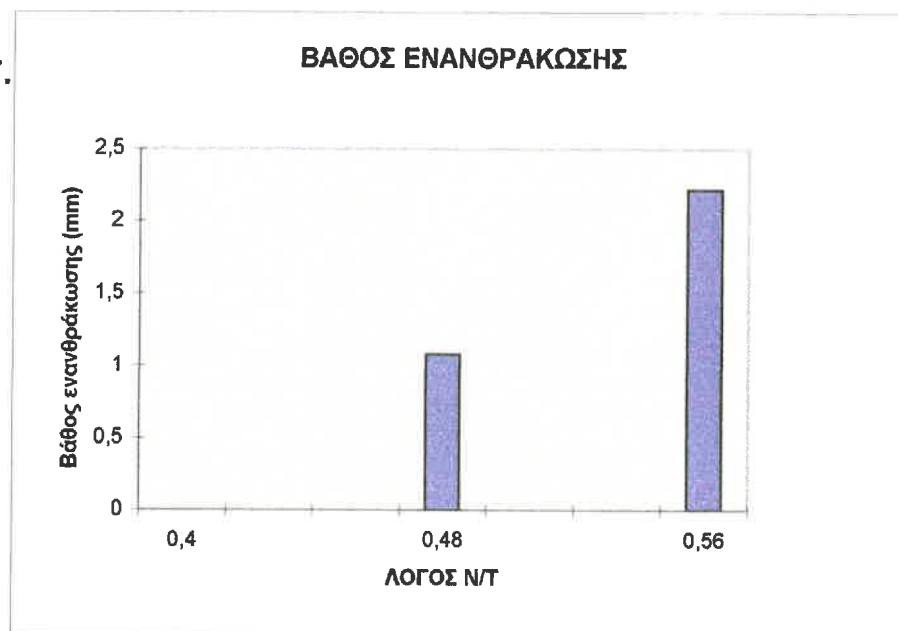
ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ
ΜΟ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
83..84..85

ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ
ΜΟ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
107..108..109

ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ
ΜΟ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
95..96..97

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ Ν/Τ ΣΤΗΝ ΕΝΑΘΡΑΚΩΣΗ

37.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 37

ΛΟΓΟΣ Ν/Τ=0,4
ΜΟ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
83..84..85

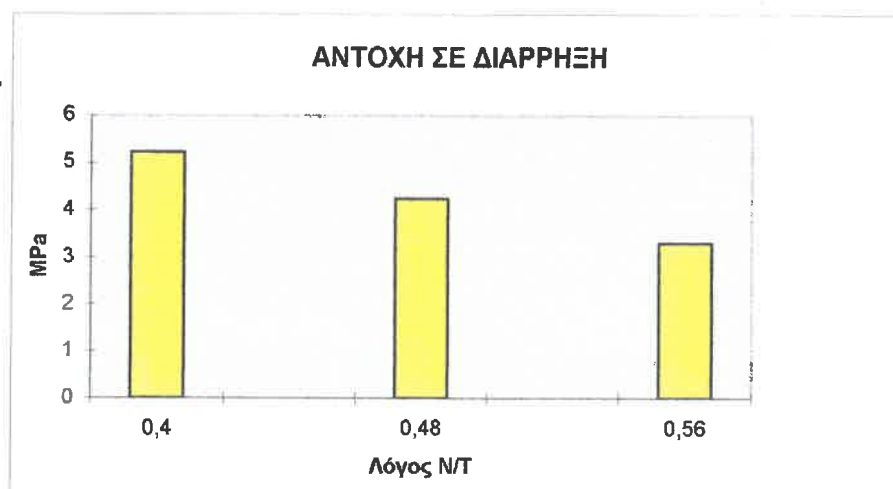
ΛΟΓΟΣ Ν/Τ=0,48
ΜΟ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
31..32..33

ΛΟΓΟΣ Ν/Τ=0,56
ΜΟ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
10..11..12

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ Ν/Τ ΣΤΗΝ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ

38.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 38

ΛΟΓΟΣ Ν/Τ=0,4
ΜΟ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
83..84..85

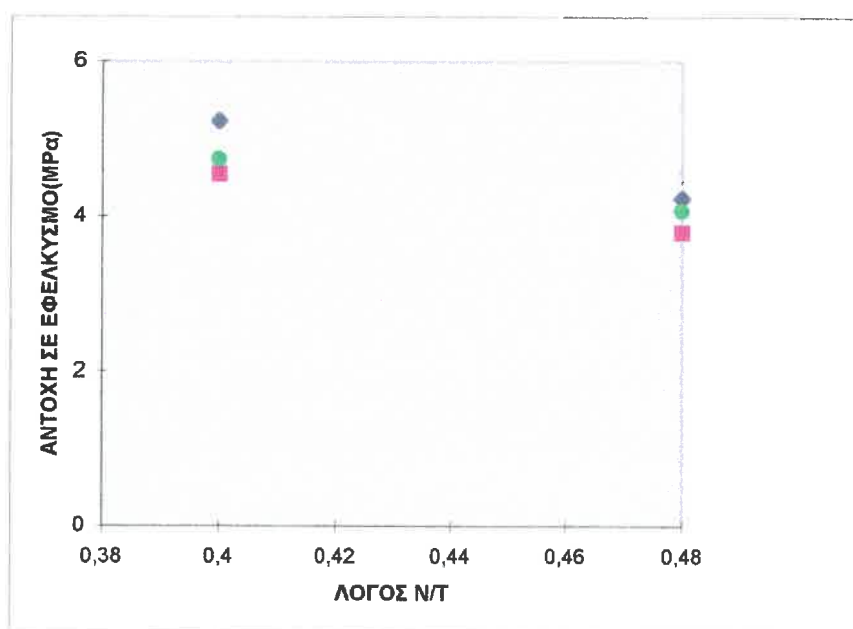
ΛΟΓΟΣ Ν/Τ=0,48
ΜΟ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
31..32..33

ΛΟΓΟΣ Ν/Τ=0,56
ΜΟ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
10..11..12

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΟΥ Ν/Τ & ΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ

39.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 39

ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ
ΜΟ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
83..84..85 (N/T=0,4)
31..32..33 (N/T=0,48)

ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ
ΜΟ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
107..108..109 (N/T=0,4)
46..47..48 (N/T=0,48)

ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ
ΜΟ ΔΟΚΙΜΙΩΝ
95..96..97 (N/T=0,4)
59..60..61 (N/T=0,48)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ια

ΑΝΑΜΙΓΜΑ Α₁ (χωρίς πρόσθετο)
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

ΠΑΡΤΙΔΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (1-12)

ΗΜΕΡΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ : 26 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 1999

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (Ι/45)

ΝΕΡΟ

ΑΜΜΟΣ

ΓΑΡΜΠΙΛΙ

ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)

ΤΣΙΜΕΝΤΟΠΟΛΤΟΣ

: 399,19 kg/m³

: 221,49 kg/m³

: 816,06 kg/m³

: 205,52 kg/m³

: 690,17 kg/m³

: 26,62%

Θερμοκρασία δωματίου αναμίξεως : 20° C

Κάθιση : 15,5 cm

α/α δοκίμιου	Διαστάσεις mm	Βάρος 1 ημέρας (kg)	Φορτίο Θραύσεως		Αντοχή σε θλίψη		Μ.Ο. Αντοχής	Τυπική Απόκλιση	Συντελεστής Μεταβλητότητας
			1 ημέρας (KN)	28 ημερών (KN)	1 ημέρας (MPa)	28 ημερών (MPa)			
1	100*100*100	2,370	135,7		13,57		13,54		
2	100*100*100	2,400	136,0		13,6			0,07	0,51
3	100*100*100	2,370	134,4		13,44				
4	100*100*100	2,370		407,2		40,72			
5	100*100*100	2,390		428,8		42,88	41,26	1,17	2,83
6	100*100*100	2,300		401,7		40,17			

ΑΝΑΜΙΓΜΑ Α₂ (χωρίς πρόσθετο)
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

ΠΑΡΤΙΔΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (13-24)

ΗΜΕΡΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ : 27 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 1999

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (Ι/45)

ΝΕΡΟ

ΑΜΜΟ

ΓΑΡΜΠΙΛΙ

ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)

ΤΣΙΜΕΝΤΟΠΟΛΤΟΣ

: 399,19 kg/m³

: 221,49 kg/m³

: 816,06 kg/m³

: 205,52 kg/m³

: 690,17 kg/m³

: 26,62%

Θερμοκρασία δωματίου αναμίξεως : 20° C

Κάθιση : 15 cm

α/α δοκιμίου	Διαστάσεις mm	Βάρος 1 ημέρας (gr)	Φορτίο Θραύσεως		Αντοχή σε θλίψη		Μ.Ο. Αντοχής	Τυπική Απόκλιση σ	Συντελεστής Μεταβλητότητας Cv
			1 ημέρας (KN)	28 ημερών (KN)	1 ημέρας (MPa)	28 ημερών (MPa)			
13	100*100*100	2.429,73	133,5		13,35		13,34	0,082	0,62
14	100*100*100	2.398,75	132,3		13,23				
15	100*100*100	2.375,62	134,4		13,43				
16	100*100*100	2.357,23		397,3		39,73			
17	100*100*100	2.424,20		394,8		39,48	40,09	0,693	1,73
18	100*100*100	2.400,91		410,6		41,06			

ΑΝΑΜΙΓΜΑ A₃ (χωρίς πρόσθετο)
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

ΠΑΡΤΙΔΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (62-73)

ΗΜΕΡΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ : 29 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 1999

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45)

ΝΕΡΟ

ΑΜΜΟ

ΓΑΡΜΠΙΛΙ

ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)

ΤΣΙΜΕΝΤΟΠΟΛΤΟΣ

: 399,19 kg/m³

: 221,49 kg/m³

: 816,06 kg/m³

: 205,52 kg/m³

: 690,17 kg/m³

: 26,62%

Θερμοκρασία δωματίου αναμίξεως : 20⁰ C

Κάθιση : 16,5 cm

α/α δοκίμιου	Διαστάσεις mm	Φορτίο Θραύσεως		Αντοχή σε θλίψη		Μ.Ο. Αντοχής	Τυπική Απόκλιση σ	Συντελεστής Μεταβλητότητας Cv
		1 ημέρας (gr)	1 ημέρας (KN)	28 ημερών (KN)	1 ημέρ (MPa)	28 ημερ. (MPa)		
62	100*100*100	2.401,9	104,8		10,48			
63	100*100*100	2.403,37	97,6		9,76		0,45	4,30
64	100*100*100	2.350,53	108,3		10,83			
65	100*100*100	2.411,55		315,3		31,53		
66	100*100*100	2.494,53		284,8		28,48	1,25	4,15
67	100*100*100	2.423,43		301		30,1		
68	π*(115 ² /4)*50	1384,64						
69	π*(115 ² /4)*50	1344,52						

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Το δοκίμιο 73 καταστράφηκε κατά την συμπύκνωση.

ΑΝΑΜΙΓΜΑ Β₁ (με πρόσθετο)
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

ΠΑΡΤΙΔΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (25-36)

ΗΜΕΡΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ : 28 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 1999

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45)	: 400,00 kg/m ³
ΝΕΡΟ	: 192,00 kg/m ³
ΑΜΜΟ	: 849,239 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	: 213,900 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)	: 718,302 kg/m ³
ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Rheobuild)	: 4 kg/m ³
ΤΣΙΜΕΝΤΟΠΟΛΤΟΣ	: 24,9%

Θερμοκρασία δωματίου αναμίξεως : 20° C
Κάθιση : 19,5 cm

α/α δοκιμίου	Διαστάσεις mm	Βάρος 1 ημέρας (kg)	Φορτίο Θραύσεως		Αντοχή σε θλίψη		Μ.Ο. Αντοχής	Τυπική Απόκλιση	Συντελεστής Μεταβλητότητας
			1 ημέρας (KN)	28 ημερών (KN)	1 ημέρας (MPa)	28 ημερών (MPa)			
25	100*100*100	2.354,20	181,1		18,11		17,94	0,17	0,94
26	100*100*100	2.445,92	177,1		17,71				
27	100*100*100	2.394,870	180,0		18				
34	100*100*100	2483,90		625		62,5	59,83	1,93	3,22
35	100*100*100	2460,23		580		58			
36	100*100*100	2463,23		590		59			

ΑΝΑΜΙΓΜΑ Β₂ (με πρόσθετο)
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

ΠΑΡΤΙΔΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (37-49)

ΗΜΕΡΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ : 29 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 1999

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:	ΤΣΙΜΕΝΤΟ (Ι/45)	: 400,00 kg/m ³
	ΝΕΡΟ	: 192,00 kg/m ³
	ΑΜΜΟ	: 849,239 kg/m ³
	ΓΑΡΜΠΙΛΙ	: 213,900 kg/m ³
	ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)	: 718,302 kg/m ³
	ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Rheobuild)	: 4 kg/m ³
	ΤΣΙΜΕΝΤΟΠΟΛΤΟΣ	: 24,9%

Θερμοκρασία δωματίου αναμίξεως : 20° C
Κάθιση : 16,5 cm

α/α δοκίμιου	Διαστάσεις mm	Βάρος 1 ημέρας (gr)	Φορτίο Θραύσεως		Αντοχή σε θλίψη		Μ.Ο. Αντοχής	Τυπική Απόκλιση σ	Συντελεστής Μεταβλητότητας Cv
			1 ημέρας (KN)	28 ημερών (KN)	1 ημέρας (MPa)	28 ημερών (MPa)			
37	100*100*100	2.594,52	190,5		19,05		20,43	2,03	9,95
38	100*100*100	2.412,81	189,3		18,93				
39	100*100*100	2.496,46	233,0		23,3				
40	100*100*100	2.429,04		540		54	54,33	0,47	0,87
41	100*100*100	2.366,70		540		54			
42	100*100*100	2.468,97		550		55			

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : Το μίγμα παρουσίασε ελαφρύ διαχωρισμό

ΑΝΑΜΙΓΜΑ Β₃ (με πρόσθετο)
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

ΠΑΡΤΙΔΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (50-61)

ΗΜΕΡΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ : 30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 1999

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ: ΤΣΙΜΕΝΤΟ (Ι/45) : 400,00 kg/m³
ΝΕΡΟ : 192,00 kg/m³
ΑΜΜΟ : 849,239 kg/m³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ : 213,900 kg/m³
ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm) : 718,302 kg/m³
ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Rheobuild) : 4 kg/m³
ΤΣΙΜΕΝΤΟΠΟΛΤΟΣ : 24,9%

Θερμοκρασία δωματίου αναμίξεως : 20,5° C
Κάθιση : 19 cm

α/α δοκιμίου	Διαστάσεις mm	Βάρος 1 ημέρας (gr)	Φορτίο Θραύσεως		Αντοχή σε θλίψη		Μ.Ο. Αντοχής	Τυπική Απόκλιση σ	Συντελεστής Μεταβλητότητας Cv
			1 ημέρας (KN)	28 ημερών (KN)	1 ημέρας (MPa)	28 ημερών (MPa)			
50	100*100*100	2.470,64	185,4		18,54		20,34	2,57	12,64
51	100*100*100	2.413,96	185,1		18,51				
52	100*100*100	2.439,90	239,8		23,98				
53	100*100*100	2.517,96		480		48			
54	100*100*100	2.349,41		500		50	48,83	0,85	1,74
55	100*100*100	2.414,33		485		48,5			

ΑΝΑΜΙΓΜΑ Γ₁ (με πρόσθετο)
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

ΠΑΡΤΙΔΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (74-85)

ΗΜΕΡΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ : 3 ΜΑΙΟΥ 1999

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ: ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45) : 399,60 kg/m³
ΝΕΡΟ : 161,63 kg/m³
ΑΜΜΟ : 890,33 kg/m³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ : 224,33 kg/m³
ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm) : 752,45 kg/m³
ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Glenium 51) : 1,996 kg/m³
ΤΣΙΜΕΝΤΟΠΟΛΤΟΣ : 23,09%

Θερμοκρασία δωματίου αναμίξεως : 21⁰ C
Κάθιση : 19,5 cm

α/α δοκιμίου	Διαστάσεις mm	Βάρος 1 ημέρας (kg)	Φορτίο Θραύσεως		Αντοχή σε θλίψη		Μ.Ο. Αντοχής	Τυπική Απόκλιση σ	Συντελεστής Μεταβλητότητας Cv
			1 ημέρας (KN)	28 ημερών (KN)	1 ημέρας (MPa)	28 ημερών (MPa)			
74	100*100*100	2.510,21	489,9		48,99		47,85	0,89	1,86
75	100*100*100	2.541,07	477,4		47,74				
76	100*100*100	2.489,69	468,2		46,82				
77	100*100*100	2.523,27		870		87			
78	100*100*100	2.556,87		880		88	88,33	1,25	1,41
79	100*100*100	2.438,37		900		90			

ΑΝΑΜΙΓΜΑ Γ3 (με πρόσθετο) ΠΑΡΤΙΔΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (86-97)
ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

ΗΜΕΡΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ : 4 ΜΑΙΟΥ 1999

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:	ΤΣΙΜΕΝΤΟ (Ι/45)	: 399,60 kg/m ³
	ΝΕΡΟ	: 161,63 kg/m ³
	ΑΜΜΟ	: 890,33 kg/m ³
	ΓΑΡΜΠΙΛΙ	: 224,33 kg/m ³
	ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)	: 752,45 kg/m ³
	ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Glenium 51)	: 1,996 kg/m ³
	ΤΣΙΜΕΝΤΟΠΟΛΤΟΣ	: 23,09%

Θερμοκρασία δωματίου αναμίξεως : 21,5° C
Κάθιση : 19,5 cm

α/α δοκίμιου	Διαστάσεις (mm ³)	Βάρος 1 ημέρας (gr)	Φορτίο Θραύσεως		Αντοχή σε θλίψη		Μ.Ο. Αντοχής	Τυπική Απόκλιση σ	Συντελεστής Μεταβλητότητας C _v
			1 ημέρ. (KN)	28 ημέρ (KN)	1 ημέρ. (MPa)	28 ημέρ. (MPa)			
86	100*100*100	2.373,85	285,1		28,51		29,53	0,77	2,60
87	100*100*100	2.575,58	303,6		30,36				
88	100*100*100	2.424,67	297,3		29,73				
89	100*100*100	2.471,41		660		66			
90	100*100*100	2.469,49		710		71	69,00	2,16	3,13
91	100*100*100	2.424,22		700		70			

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : Το μίγμα παρουσίασε διαχωρισμό

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ιβ

ΣΥΝΘΕΣΗ Α

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΒΑΡΟΥΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΕΩΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΡΟΞΗΡΑΝΣΗ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

(για δοκιμή τριχοειδούς ανύψωσης)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 7

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

έναρξη
προξήρανσης

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	1300,00	0,00	0,00
49	1307,56	-0,58	-2,18
50	1299,00	0,08	0,29

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 8

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

έναρξη
προξήρανσης

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	1310,00	0,00	0,00
49	1306,88	0,24	0,89
50	1298,70	0,86	3,24

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 9

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

έναρξη
προξήρανσης

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	1380,00	0,00	0,00
49	1389,74	-0,71	-2,65
50	1381,90	-0,14	-0,52

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 19

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	1356,96	0,00	0,00
2	1350,19	0,50	1,87
4	1341,97	1,10	4,15
6	1338,47	1,36	5,12
45	1323,86	2,44	9,16

(Σημ : Το δοκίμιο αυτό καταστράφηκε κατά την προξήρανση)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 20

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	1363,89	0,00	0,00
2	1354,95	0,66	2,46
4	1346,61	1,27	4,76
6	1343,42	1,50	5,64
45	1330,66	2,44	9,15

(Σημ : Το δοκίμιο αυτό καταστράφηκε κατά την προξήρανση)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 21

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	1385,23	0,00	0,00
2	1383,09	0,15	0,58
4	1376,16	0,65	2,46
6	1372,61	0,91	3,42
45	1360,45	1,79	6,72

(Σημ : Το δοκίμιο αυτό καταστράφηκε κατά την προξήρανση)

(συνέχεια Σύνθεσης Α)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 68

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	1384,64	0,00	0,00
2	1346,04	2,79	10,47
4	1343,30	2,99	11,22
6	1342,42	3,05	11,45
43	1338,47	3,33	12,53

(Σημ : Το δοκίμιο αυτό καταστράφηκε κατά την προξήρανση)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 69

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	1344,52	0,00	0,00
2	1307,64	2,74	10,30
4	1304,91	2,95	11,07
6	1303,82	3,03	11,37
43	1302,86	3,10	11,64

(Σημ : Το δοκίμιο αυτό καταστράφηκε κατά την προξήρανση)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 70

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	1408,49	0,00	0,00
2	1372,36	2,69	10,09
4	1369,79	2,88	10,81
6	1368,92	2,94	11,06
43	1365,60	3,19	11,98

(Σημ : Το δοκίμιο αυτό καταστράφηκε κατά την προξήρανση)

ΣΥΝΘΕΣΗ Β

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΒΑΡΟΥΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΕΩΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΡΟΞΗΡΑΝΣΗ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

(για δοκιμή τριχοειδούς ανύψωσης)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 28 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	1393,41	0,00	0,00
έναρξη	47	1398,74	-0,38	-1,54
προξήρανσης	48	1393,10	0,02	0,09
	49	1390,87	0,18	0,73

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 29 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	1334,33	0,00	0,00
έναρξη	47	1335,56	-0,09	-0,37
προξήρανσης	48	1329,40	0,37	1,48
	49	1328,20	0,46	1,85

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 30 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	1375,83	0,00	0,00
έναρξη	47	1376,51	-0,05	-0,20
προξήρανσης	48	1370,50	0,39	1,56
	49	1368,90	0,50	2,02

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 43 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	1407,23	0,00	0,00
	2	1397,89	0,66	2,67
	4	1395,64	0,82	3,31
	6	1394,44	0,91	3,65
	43	1386,72	1,46	5,85

(Σημ : Το δοκίμιο αυτό καταστράφηκε κατά την προξήρανση)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 44 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	1442,40	0,00	0,00
	2	1431,85	0,73	2,94
	4	1429,66	0,88	3,55
	6	1428,11	0,99	3,98
	43	1419,61	1,58	6,35

(Σημ : Το δοκίμιο αυτό καταστράφηκε κατά την προξήρανση)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 45 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	1491,60	0,00	0,00
	2	1481,59	0,67	2,70
	4	1479,55	0,81	3,24
	6	1478,38	0,89	3,56
	43	1473,26	1,23	4,94

(Σημ : Το δοκίμιο αυτό καταστράφηκε κατά την προξήρανση)

(συνέχεια Συνθεση Β)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 56 **ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ**

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	1423,28	0,00	0,00
2	1397,65	1,80	7,23
4	1394,86	2,00	8,02
6	1393,81	2,07	8,32
43	1386,85	2,56	10,28

(Σημ : Το δοκίμιο αυτό καταστράφηκε κατά την προξήρανση)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 57 **ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ**

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	1439,30	0,00	0,00
2	1415,69	1,64	6,59
4	1413,41	1,80	7,22
6	1412,60	1,86	7,45
43	1408,30	2,15	8,65

(Σημ : Το δοκίμιο αυτό καταστράφηκε κατά την προξήρανση)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 58 **ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ**

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	1369,12	0,00	0,00
2	1343,43	1,88	7,54
4	1341,87	1,99	7,99
6	1340,08	2,12	8,52
43	1334,74	2,51	10,08

(Σημ : Το δοκίμιο αυτό καταστράφηκε κατά την προξήρανση)

Σύνθεση Γ

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΒΑΡΟΥΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΕΩΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΡΟΞΗΡΑΝΣΗ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

(για δοκιμή τριχοειδούς ανύψωσης)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 80 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	1451,92	0,00	0,00
έναρξη	41	1457,92	-0,41	-1,79
προξήρανσης	42	1454,10	-0,15	-0,65

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 81 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	1563,76	0,00	0,00
έναρξη	41	1570,61	-0,44	-1,90
προξήρανσης	42	1566,70	-0,19	-0,81

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 82 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	1503,30	0,00	0,00
έναρξη	41	1598,97	-6,12	-26,50
προξήρανσης	42	1505,10	-0,12	-0,50

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 104 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	1434,36	0,00	0,00
	2	1427,54	0,48	2,06
	4	1425,59	0,61	2,65
	6	1421,81	0,87	3,79
έναρξη	39	1418,48	1,11	4,79
προξήρανσης	40	1414,60	1,38	5,97

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 105 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	1478,04	0,00	0,00
	2	1472,01	0,41	1,77
	4	1468,59	0,64	2,77
	6	1464,29	0,93	4,03
έναρξη	39	1463,70	0,97	4,20
προξήρανσης	40	1460,50	1,19	5,14

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 106 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	1443,91	0,00	0,00
	2	1437,02	0,48	2,07
	4	1432,69	0,78	3,37
	6	1428,06	1,10	4,75
έναρξη	39	1428,89	1,04	4,51
προξήρανσης	40	1425,00	1,31	5,67

(συνέχεια Σύνθεση Γ)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 92

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

έναρξη
προξήρανσης

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	1435,92	0,00	0,00
2	1417,49	1,28	5,56
4	1415,87	1,40	6,05
6	1414,77	1,47	6,38
41	1411,98	1,67	7,22
42	1406,10	2,08	8,99

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 93

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

έναρξη
προξήρανσης

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	1415,12	0,00	0,00
2	1394,37	1,47	6,35
4	1392,64	1,59	6,88
6	1391,47	1,67	7,24
41	1388,02	1,92	8,29
42	1382,24	2,32	10,06

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 94

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

έναρξη
προξήρανσης

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	1376,50	0,00	0,00
2	1358,64	1,30	5,62
4	1357,02	1,42	6,13
6	1355,86	1,50	6,49
41	1352,58	1,74	7,53
42	1347,50	2,11	9,12

ΣΥΝΘΕΣΗ Α

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΒΑΡΟΥΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
ΕΩΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΡΟΞΗΡΑΝΣΗ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (για δοκ. ενανθράκωση)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 10 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	2870,00	0,00	0,00
49	2885,01	-0,52	-1,96
50	2875,30	-0,18	-0,69

έναρξη
προξήρανσης

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 11 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	2990,00	0,00	0,00
49	2992,01	-0,07	-0,25
50	2981,80	0,27	1,03

έναρξη
προξήρανσης

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 12 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	2930,00	0,00	0,00
49	2941,32	-0,39	-1,45
50	2931,40	-0,05	-0,18

έναρξη
προξήρανσης

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 22 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	2935,41	0,00	0,00
2	2935,57	-0,01	-0,02
4	2920,89	0,49	1,86
6	2913,12	0,76	2,85
45	2892,90	1,45	5,44

(Σημ : Το δοκίμιο αυτό καταστράφηκε κατά την προξήρανση)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 23 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	3020,02	0,00	0,00
2	3002,13	0,59	2,23
4	2987,30	1,08	4,07
6	2981,32	1,28	4,81
45	2965,04	1,82	6,84

(Σημ : Το δοκίμιο αυτό καταστράφηκε κατά την προξήρανση)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 24 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	2942,22	0,00	0,00
2	2914,50	0,94	3,54
4	2897,00	1,54	5,77
6	2889,92	1,78	6,68
45	2874,36	2,31	8,66

(Σημ : Το δοκίμιο αυτό καταστράφηκε κατά την προξήρανση)

(συνέχεια Σύνθεση Α)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 71

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	3045,68	0,00	0,00
2	2989,82	1,83	6,89
4	2975,33	2,31	8,68
6	2973,26	2,38	8,93
43	2961,23	2,77	10,42

(Σημ : Το δοκίμιο αυτό καταστράφηκε κατά την προξήρανση)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 72

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	3045,78	0,00	0,00
2	2978,03	2,22	8,36
4	2972,28	2,41	9,07
6	2970,56	2,47	9,28
43	2961,48	2,77	10,40

(Σημ : Το δοκίμιο αυτό καταστράφηκε κατά την προξήρανση)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 73

(Σημ : Το δοκίμιο αυτό καταστράφηκε κατά την συμπίκνωση)

ΣΥΝΘΕΣΗ Β

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΒΑΡΟΥΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ

ΕΩΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΡΟΞΗΡΑΝΣΗ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (για ενανθράκωσης)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 31 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	3033,98	0,00	0,00
έναρξη	49	3035,70	-0,06	-0,23
προξήρανσης	50	3029,97	0,13	0,53
	51	3025,16	0,29	1,17

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 32 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	2898,05	0,00	0,00
έναρξη	49	2898,50	-0,02	-0,06
προξήρανσης	50	2892,27	0,20	0,80
	51	2887,94	0,35	1,40

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 33 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	2954,45	0,00	0,00
έναρξη	49	2955,20	-0,03	-0,10
προξήρανσης	50	2948,82	0,19	0,77
	51	2943,62	0,37	1,47

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 46 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	3034,97	0,00	0,00
	2	3011,63	0,77	3,09
	4	3003,11	1,05	4,22
	6	2997,81	1,22	4,92
έναρξη	48	2989,40	1,50	6,03
προξήρανσης	49	2982,09	1,74	7,00

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 47 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	3035,60	0,00	0,00
	2	3015,69	0,66	2,63
	4	3005,54	0,99	3,98
	6	3001,23	1,13	4,55
έναρξη	48	2996,50	1,29	5,17
προξήρανσης	49	2989,71	1,51	6,07

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 48 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	3095,77	0,00	0,00
	2	3076,04	0,64	2,56
	4	3067,24	0,92	3,70
	6	3062,31	1,08	4,34
έναρξη	48	3051,80	1,42	5,70
προξήρανσης	49	3044,20	1,67	6,69

(συνέχεια Ανάμιγμα Β)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 59 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

έναρξη
προξήρανσης

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	3082,96	0,00	0,00
2	3050,13	1,06	4,28
4	3045,52	1,21	4,88
6	3043,69	1,27	5,12
48	3031,10	1,68	6,76
49	3023,84	1,92	7,70

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 60 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

έναρξη
προξήρανσης

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	3115,50	0,00	0,00
2	3080,52	1,12	4,51
4	3075,61	1,28	5,14
6	3074,20	1,33	5,32
48	3061,80	1,72	6,92
49	3054,00	1,97	7,93

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 61 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

έναρξη
προξήρανσης

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	3035,75	0,00	0,00
2	3002,37	1,10	4,42
4	2997,35	1,26	5,08
6	2995,58	1,32	5,31
48	2981,20	1,80	7,22
49	2973,41	2,05	8,25

ΣΥΝΘΕΣΗ Γ

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΒΑΡΟΥΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ

ΕΩΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΡΟΞΗΡΑΝΣΗ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ (για δοκιμή ενανθράκωσης)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 83 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	3200,00	0,00	0,00
έναρξη	42	3215,00	-0,47	-2,03
προξήρανσης	43	3211,30	-0,35	-1,53

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 84 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	3144,00	0,00	0,00
έναρξη	42	3157,60	-0,43	-1,87
προξήρανσης	43	3153,20	-0,29	-1,27

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 85 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	3145,00	0,00	0,00
έναρξη	41	3160,00	-0,48	-2,07
προξήρανσης	42	3154,96	-0,32	-1,37

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 107 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	3114,00	0,00	0,00
	2	3099,56	0,46	2,01
	4	3084,58	0,94	4,09
	6	3084,58	0,94	4,09
έναρξη	41	3084,30	0,95	4,13
προξήρανσης	42	3080,50	1,08	4,66

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 108 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	3054,36	0,00	0,00
	2	3041,63	0,42	1,81
	4	3026,44	0,91	3,96
	6	3026,10	0,93	4,01
έναρξη	41	3025,30	0,95	4,12
προξήρανσης	42	3021,51	1,08	4,66

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 109 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

	ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
	1	3220,00	0,00	0,00
	2	3204,00	0,50	2,15
	4	3195,70	0,75	3,27
	6	3195,50	0,76	3,30
έναρξη	41	3194,50	0,79	3,43
προξήρανσης	42	3190,89	0,90	3,92

(συνέχεια Σύνθεσης Γ)

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 95 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

έναρξη
προξήρανσης

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	3031,78	0,00	0,00
2	3001,20	1,01	4,37
4	2998,64	1,09	4,73
6	2996,90	1,15	4,98
43	2993,50	1,26	5,47
44	2988,00	1,44	6,25

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 96 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

έναρξη
προξήρανσης

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	3011,69	0,00	0,00
2	2979,97	1,05	4,56
4	2977,21	1,14	4,96
6	2975,28	1,21	5,24
43	2971,10	1,35	5,84
44	2965,58	1,53	6,63

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 97 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ

έναρξη
προξήρανσης

ΧΡΟΝΟΣ (μέρες)	ΒΑΡΟΣ (gr)	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (κ.β. τσιμεντοπολτού)
1	3161,50	0,00	0,00
2	3155,00	0,21	0,89
4	3153,50	0,25	1,10
6	3150,20	0,36	1,55
41	3150,00	0,36	1,58
42	3144,80	0,53	2,29

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IIα

ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΘΕ 24 ΩΡΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΟΥ W75

ΣΥΝΘΕΣΗ Α

27-Μαί	Θερμοκρ. 20,9°C, RH : 74%	2-Ιουν	Θερμοκρ. 23,5°C, RH : 74%
ΒΑΡΟΣ	583,36 gr	ΒΑΡΟΣ	576,17 gr
28-Μαί	Θερμοκρ. 22,3°C, RH : 74%	3-Ιουν	Θερμοκρ. 23,6°C, RH : 75%
(προσθήκη N ₂)		ΒΑΡΟΣ	575,51 gr
ΒΑΡΟΣ	580,45 gr		
29-Μαί	Θερμοκρ. 23,1°C, RH : 82%	4-Ιουν	Θερμοκρ. 23,5°C, RH : 74%
ΒΑΡΟΣ	545,39 gr	ΒΑΡΟΣ	575,48 gr
30-Μαί	Θερμοκρ. 23,7°C, RH : 82%	5-Ιουν	Θερμοκρ. 23,5°C, RH : 74%
ΒΑΡΟΣ	577,08 gr	ΒΑΡΟΣ	575,28 gr
31-Μαί	Θερμοκρ. 23,7°C, RH : 74-82%	6-Ιουν	Θερμοκρ. 23,9°C, RH : 74%
ΒΑΡΟΣ	570,60 gr	ΒΑΡΟΣ	575,15 gr
1-Ιουν	Θερμοκρ. 23,4°C, RH : 74%		
ΒΑΡΟΣ	569,57 gr		

ΣΗΜΕΙΩΣΗ : Οι μετρήσεις που είναι τονισμένες με κίτρινο είναι λανθασμένες

ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΘΕ 24 ΩΡΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΟΥ W75

ΣΥΝΘΕΣΗ Β

27-Μαΐ Θερμοκρ. 20,9°C RH : 74%

ΒΑΡΟΣ 707,79 gr

28-Μαΐ Θερμοκρ. 22,3°C RH : 74%

(προσθήκη N₂)

ΒΑΡΟΣ 705,94 gr

29-Μαΐ Θερμοκρ. 23,1°C RH : 82%

ΒΑΡΟΣ 703,97 gr

30-Μαΐ Θερμοκρ. 23,7°C RH : 82%

ΒΑΡΟΣ 703,11 gr

31-Μαΐ Θερμοκρ. 23,7°C RH : 74-82%

ΒΑΡΟΣ 702,36 gr

1-Ιουν Θερμοκρ. 23,4°C RH : 74%

ΒΑΡΟΣ 630,69 gr

2-Ιουν Θερμοκρ. 23,5°C RH : 74%

ΒΑΡΟΣ 568,35 gr

3-Ιουν Θερμοκρ. 23,6°C RH : 75%

ΒΑΡΟΣ 701,00 gr

4-Ιουν Θερμοκρ. 23,5°C RH : 74%

ΒΑΡΟΣ 700,95 gr

5-Ιουν Θερμοκρ. 23,5°C RH : 74%

ΒΑΡΟΣ 700,60 gr

6-Ιουν Θερμοκρ. 23,9°C RH : 74%

ΒΑΡΟΣ 700,56 gr

ΣΗΜΕΙΩΣΗ : Οι μετρήσεις που είναι τονισμένες με κίτρινο είναι λανθασμένες

ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΘΕ 24 ΩΡΕΣ
ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΟΥ W75

ΣΥΝΘΕΣΗ Γ

27-Μαί Θερμοκρ RH 74%

ΒΑΡΟΣ 598,28 gr

28-Μαί Θερμοκρ RH 74%

(προσθήκη N₂)

ΒΑΡΟΣ 597,44 gr

29-Μαί Θερμοκρ RH 82%

ΒΑΡΟΣ 596,63 gr

30-Μαί Θερμοκρ RH 82%

ΒΑΡΟΣ 595,97 gr

31-Μαί Θερμοκρ RH 74-82%

ΒΑΡΟΣ 595,60 gr

1-Ιουν Θερμοκρ RH 74%

ΒΑΡΟΣ 595,40 gr

2-Ιουν Θερμοκρ RH 74%

ΒΑΡΟΣ 595,37 gr

3-Ιουν Θερμοκρ RH 75%

ΒΑΡΟΣ 594,74 gr

4-Ιουν Θερμοκρ RH 74%

ΒΑΡΟΣ 594,70 gr

5-Ιουν Θερμοκρ RH 74%

ΒΑΡΟΣ 594,60 gr

6-Ιουν Θερμοκρ RH 74%

ΒΑΡΟΣ 594,51 gr

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙβ

ΠΡΟΞΗΡΑΝΣΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΣΤΟΥΣ 50° C
(d = 115 mm & h = 50 mm)

α/α	ΒΑΡΟΣ			Δm_{obs}	Δm_{calc}	$\Delta m_{obs} - \Delta m_{calc} / \Delta m_{calc} < 0,05$
	14-ΙΟΥΝ	15-ΙΟΥΝ	16-ΙΟΥΝ			
7	1307,6	1299		8,56	8,21	0,043
8	1306,9	1298,7		8,18	8,21	-0,004
9	1389,7	1381,9		7,84	8,21	-0,045
28	1398,7	1393,1	1390,9	7,87	7,23	0,089
29	1335,6	1329,4	1328,2	7,36	7,23	0,018
30	1376,5	1370,5	1368,9	7,61	7,23	0,053
80	1457,9	1454,1		3,82	3,77	0,013
81	1570,6	1566,7		3,91	3,77	0,037
82	1509	1505,1		3,87	3,77	0,027
92	1412	1406,1		5,88	3,77	0,560
93	1388	1382,24		5,78	3,77	0,533
94	1352,6	1347,5		5,08	3,77	0,347
104	1418,5	1414,6		3,88	3,77	0,029
105	1463,7	1460,5		3,2	3,77	-0,151
106	1428,9	1425		3,89	3,77	0,032

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

ΠΑΡΤΙΔΑ 7,8,9 : ΑΝΑΜΙΓΜΑ Α, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ 49 ΗΜΕΡΩΝ

ΠΑΡΤΙΔΑ 28,29,30 : ΑΝΑΜΙΓΜΑ Β, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ 47 ΗΜΕΡΩΝ

ΠΑΡΤΙΔΑ 80,81,82 : ΑΝΑΜΙΓΜΑ Γ, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ 41 ΗΜΕΡΩΝ

ΠΑΡΤΙΔΑ 92,93,94 : ΑΝΑΜΙΓΜΑ Γ, ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ
ΗΛΙΚΙΑ 41 ΗΜΕΡΩΝ

ΠΑΡΤΙΔΑ 104,105,106 : ΑΝΑΜΙΓΜΑ Γ, ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ
ΗΛΙΚΙΑ 37 ΗΜΕΡΩΝ

ΠΡΟΞΗΡΑΝΣΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΣΤΟΥΣ 50° C
(d = 115 mm & h = 115 mm)

α/α	ΒΑΡΟΣ					Δm_{obs}	Δm_{calc}	$\Delta m_{obs} - \Delta m_{calc} / \Delta m_{calc}$ (< 0,05)	
	14-λουv	15-λουv	16-λουv	17-λουv	18-λουv				
10	2885,01	2875,3				9,71	8,21		0,183
11	2992,01	2981,8				10,21	8,21		0,244
12	2941,32	2931,4				9,92	8,21		0,208
31			3035,7	3029,97	3025,16	10,58	7,23		0,463
32			2898,5	2892,27	2887,94	10,6	7,23		0,466
33			2955,2	2948,82	2943,62	11,62	7,23		0,607
46			2989,4	2982,09		7,34	7,23		0,015
47			2996,5	2989,71		6,79	7,23		-0,061
48			3051,8	3044,2		7,56	7,23		0,046
59			3031,1	3023,84		7,26	7,23		0,004
60			3061,8	3054		7,76	7,23		0,073
61			2981,2	2973,41		7,78	7,23		0,076
83			3215	3211,3		3,70	3,77		-0,019
84			3157,6	3153,2		4,40	3,77		0,167
85			3160	3154,96		5,04	3,77		0,337
95			2993,5	2988		5,51	3,77		0,462
96			2971,1	2965,58		5,48	3,77		0,454
97			3150	3144,8		5,20	3,77		0,379
107			3084,3	3080,5		3,80	3,77		0,008
108			3025,3	3021,51		3,79	3,77		0,005
109			3194,5	3190,89		3,61	3,77		-0,042

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

ΠΑΡΤΙΔΑ 10,11,12 : ΑΝΑΜΙΓΜΑ Α, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ 49 ΗΜΕΡΩΝ

ΠΑΡΤΙΔΑ 31,32,33 : ΑΝΑΜΙΓΜΑ Β, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ 47 ΗΜΕΡΩΝ

ΠΑΡΤΙΔΑ 46,47,48 : ΑΝΑΜΙΓΜΑ Β, ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ
ΗΛΙΚΙΑ 49 ΗΜΕΡΩΝ

ΠΑΡΤΙΔΑ 59,60,61 : ΑΝΑΜΙΓΜΑ Β, ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ
ΗΛΙΚΙΑ 49 ΗΜΕΡΩΝ

ΠΑΡΤΙΔΑ 83,84,85 : ΑΝΑΜΙΓΜΑ Γ, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΓΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ
ΗΛΙΚΙΑ 41 ΗΜΕΡΩΝ

ΠΑΡΤΙΔΑ 95,96,97 : ΑΝΑΜΙΓΜΑ Γ, ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ
ΗΛΙΚΙΑ 41 ΗΜΕΡΩΝ

ΠΑΡΤΙΔΑ 107,108,109 : ΑΝΑΜΙΓΜΑ Γ, ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ
ΗΛΙΚΙΑ 37 ΗΜΕΡΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 7 (N/T=0,56)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 18 ΙΟΥΝΙΟΥ 1999, ΩΡΑ 14:05

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 19 ΙΟΥΝΙΟΥ 1999, ΩΡΑ 14:05

ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ : 53 ΗΜΕΡΩΝ

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45)	: 399,19 kg/m ³
ΝΕΡΟ	: 221,49 kg/m ³
ΑΜΜΟ	: 816,06 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	: 205,52 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)	: 690,17 kg/m ³

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΣΕ ΥΓΡΟ ΘΑΛΑΜΟ ΓΙΑ 47 ΗΜΕΡΕΣ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ακρίβεια 0,1 mm): 114,9mm

ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 50 mm

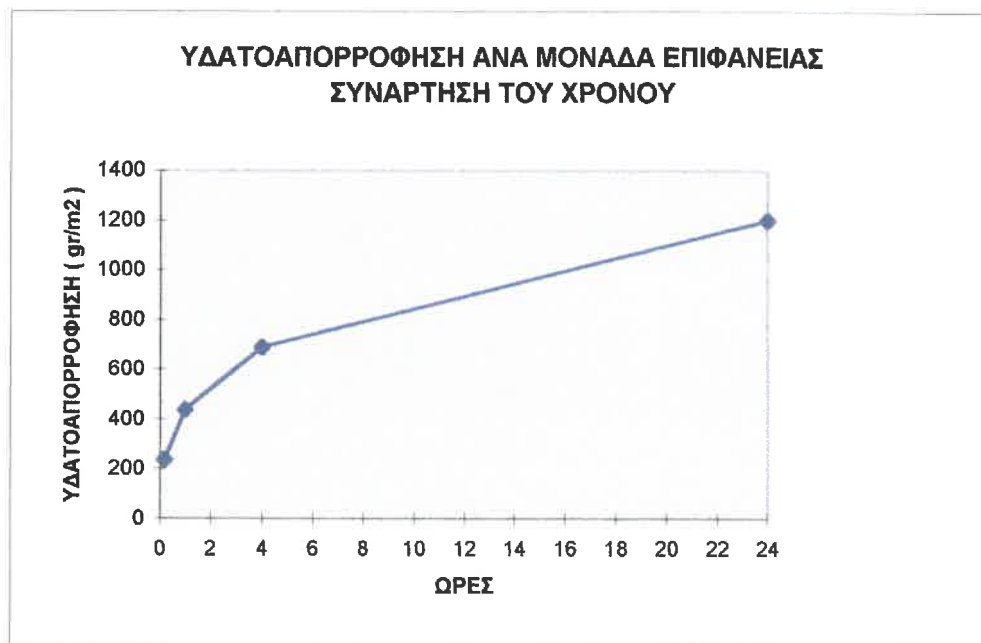
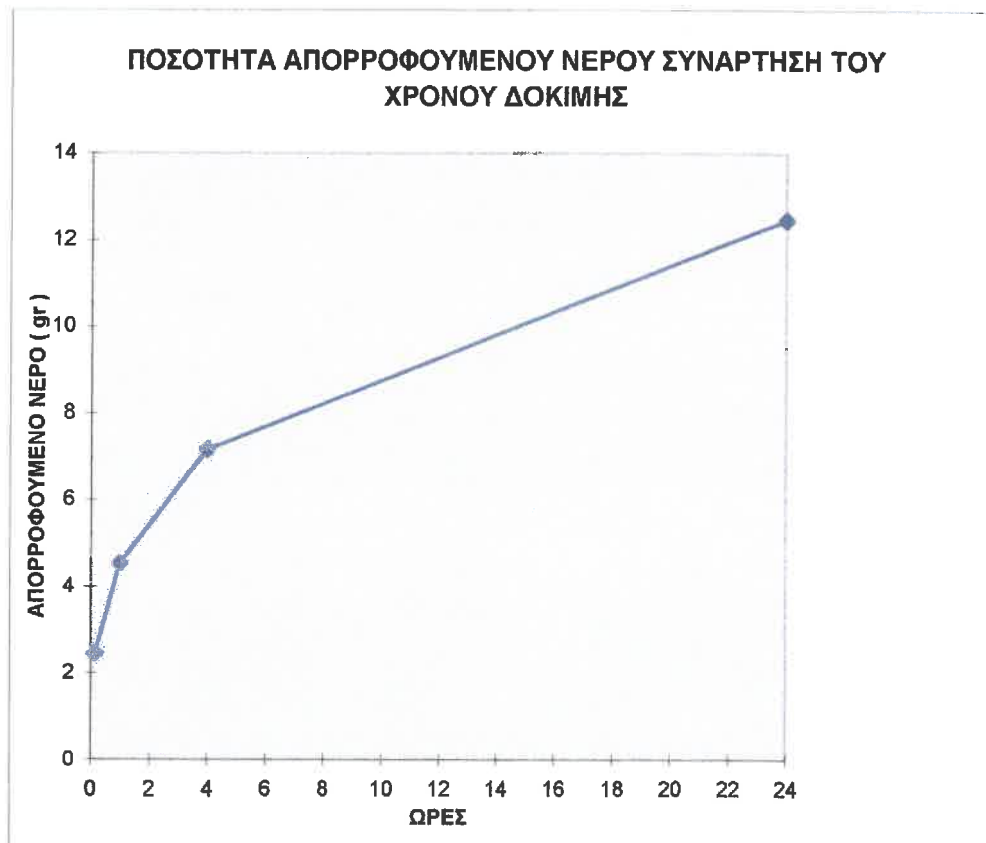
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

m ₀ (gr)	10 min (gr)	1 hr (gr)	4 hrs (gr)	24 hrs (gr)
1294,54	1297	1299,08	1301,7	1307

$$\text{ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ} = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot (0,1149)^2 / 4 = 0,01037 \text{ m}^2$$

m(t)-m ₀ (gr)	χρόνος t	Υδατοαπορρόφηση ανά μονάδα επιφανείας (gr / m ²)
2,46	10 min	237,223
4,54	1hr	437,801
7,16	4hr	690,453
12,46	24 hr	1201,54

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 7 (N/T=0,56)



ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 8 (N/T=0,56)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 18 ΙΟΥΝΙΟΥ 1999, ΩΡΑ 14:05

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 19 ΙΟΥΝΙΟΥ 1999, ΩΡΑ 14:05

ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ : 53 ΗΜΕΡΩΝ

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45)	: 399,19 kg/m ³
ΝΕΡΟ	: 221,49 kg/m ³
ΑΜΜΟ	: 816,06 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	: 205,52 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)	: 690,17 kg/m ³

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΣΕ ΥΓΡΟ ΘΑΛΑΜΟ ΓΙΑ 47 ΗΜΕΡΕΣ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ακρίβεια 0,1 mm): 113,8mm

ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 50 mm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

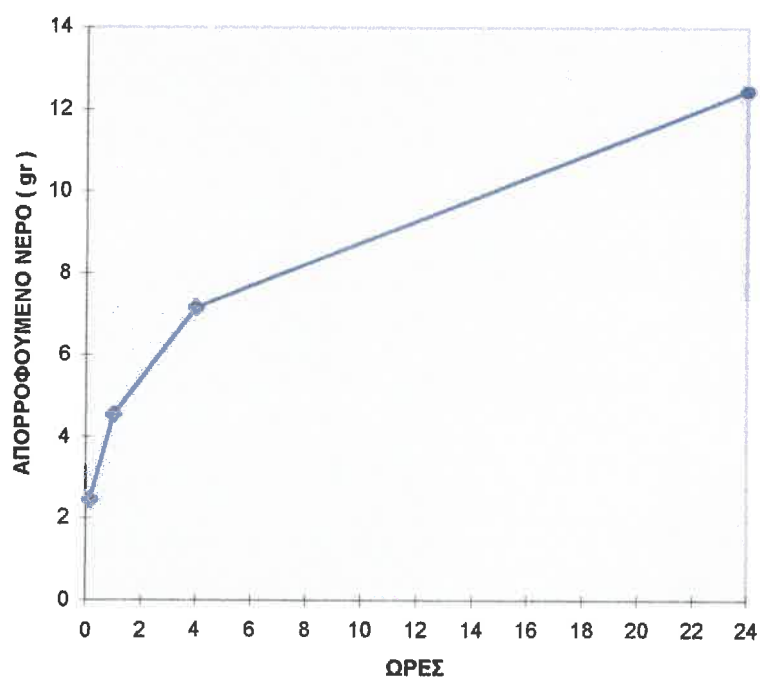
m ₀ (gr)	10 min (gr)	1 hr (gr)	4 hrs (gr)	24 hrs (gr)
1293,93	1295,59	1297,36	1299,64	1303,58

$$\text{ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ} = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot (0,1138)^2 / 4 = 0,01017 \text{ m}^2$$

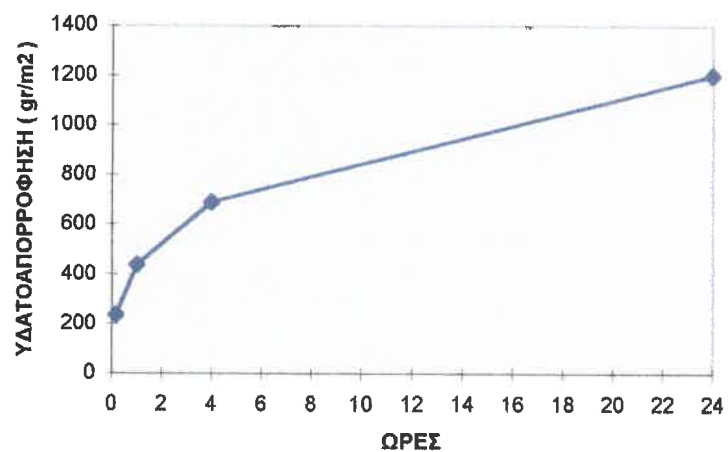
m(t)-m ₀ (gr)	χρόνος t	Υδατοαπορρόφηση ανά μονάδα επιφανείας (gr / m ²)
1,66	10 min	163,225
3,43	1hr	337,266
5,71	4hr	561,455
9,65	24 hr	948,869

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 8 (N/T=0,56)

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΔΟΚΙΜΗΣ



ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ



ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 9 (N/T=0,56)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 18 ΙΟΥΝΙΟΥ 1999, ΩΡΑ 14:05

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 19 ΙΟΥΝΙΟΥ 1999, ΩΡΑ 14:05

ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ : 53 ΗΜΕΡΩΝ

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:	ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45)	: 399,19 kg/m ³
	ΝΕΡΟ	: 221,49 kg/m ³
	ΑΜΜΟ	: 816,06 kg/m ³
	ΓΑΡΜΠΙΛΙ	: 205,52 kg/m ³
	ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)	: 690,17 kg/m ³

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΣΕ ΥΓΡΟ ΘΑΛΑΜΟ ΓΙΑ 47 ΗΜΕΡΕΣ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ακρίβεια 0,1 mm): 113,35mm

ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 50 mm

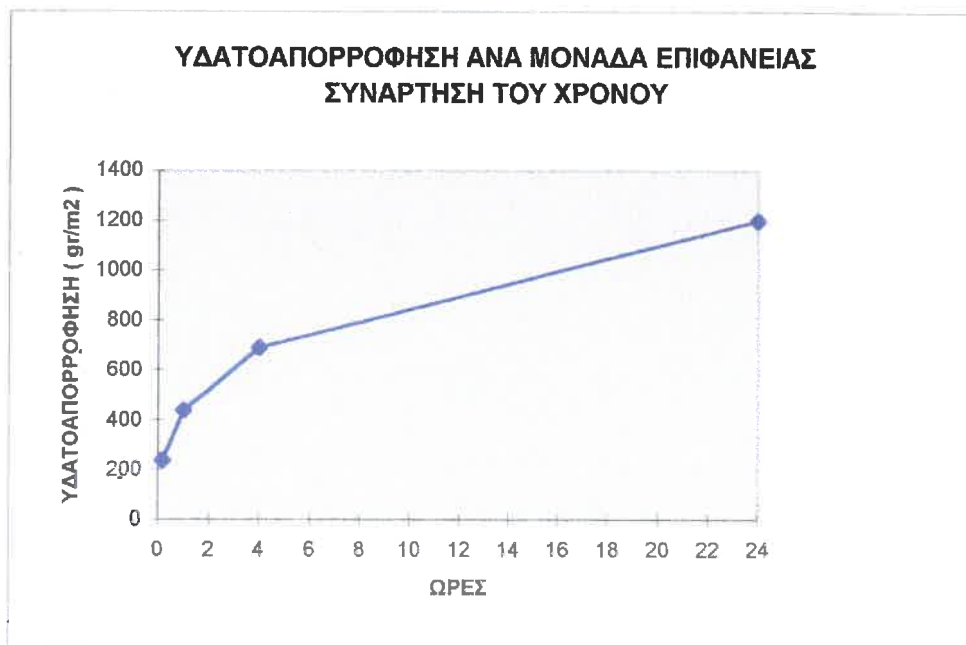
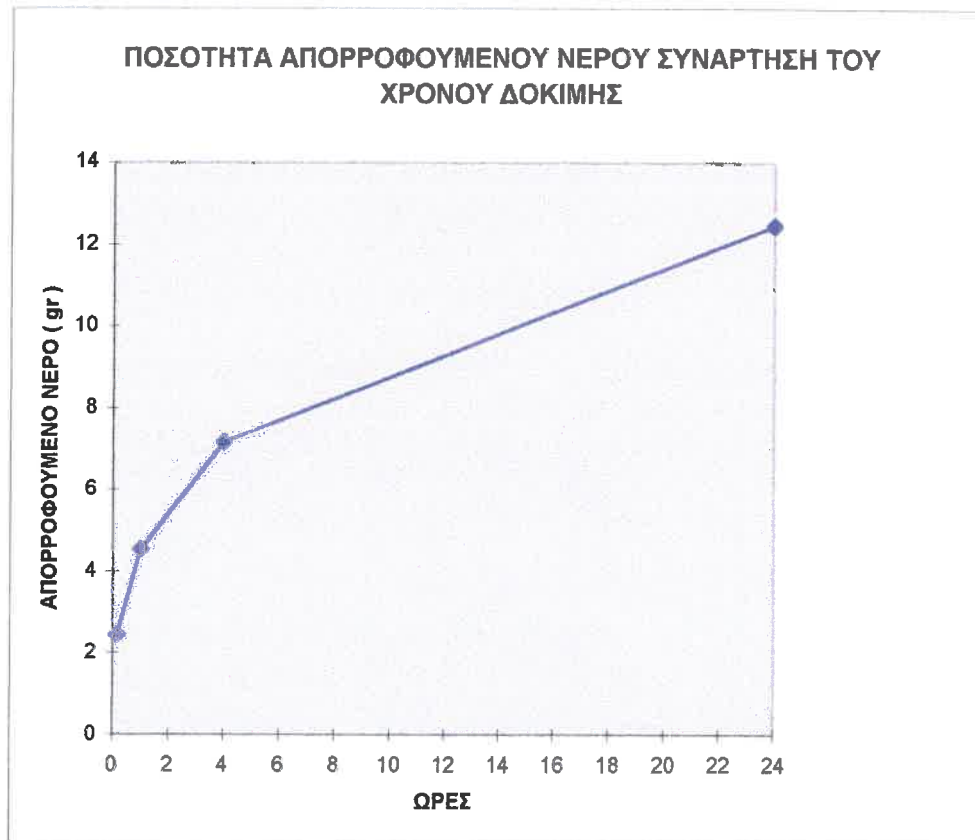
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

m ₀ (gr)	10 min (gr)	1 hr (gr)	4 hrs (gr)	24 hrs (gr)
1377,5	1379,42	1380,45	1382,71	1387,47

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ= $\pi \cdot d^2/4 = \pi \cdot (0,11335)^2/4 = 0,01009 \text{ m}^2$

m(t)-m ₀ (gr)	χρόνος t	Υδατοαπορρόφηση ανά μονάδα επιφανείας (gr / m ²)
1,92	10 min	190,287
2,95	1hr	292,369
5,21	4hr	516,353
9,97	24 hr	988,107

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 9 (N/T=0,56)



ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 28 (N/T=0,48)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (κυλινδρικό)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 18 ΙΟΥΝΙΟΥ 1999, ΩΡΑ 14:05

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 19 ΙΟΥΝΙΟΥ 1999, ΩΡΑ 14:05

ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ : 51 ΗΜΕΡΩΝ

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45)	: 400,00 kg/m ³
ΝΕΡΟ	: 192,00 kg/m ³
ΑΜΜΟ	: 849,239 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	: 213,900 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)	: 718,302 kg/m ³
ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Rheobuild)	: 4 kg/m ³

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΣΕ ΥΓΡΟ ΘΑΛΑΜΟ ΓΙΑ 47 ΗΜΕΡΕΣ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ακρίβεια 0,1 mm) : 114,05mm

ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 50 mm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

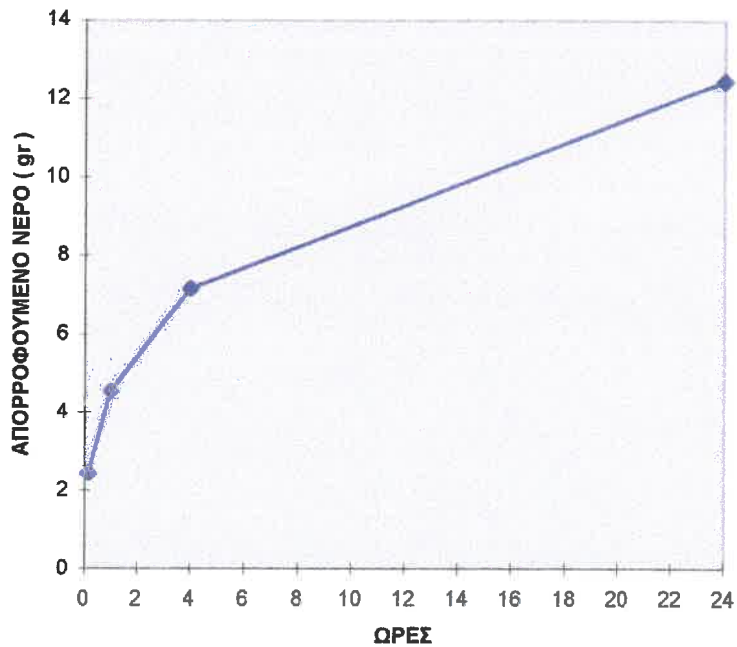
m ₀ (gr)	10 min (gr)	1 hr (gr)	4 hrs (gr)	24 hrs (gr)
1390,85	1392,82	1393,88	1394,79	1396,41

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ= $\pi \cdot d^2/4 = \pi \cdot (0,11405)^2/4 = 0,01021 \text{ m}^2$

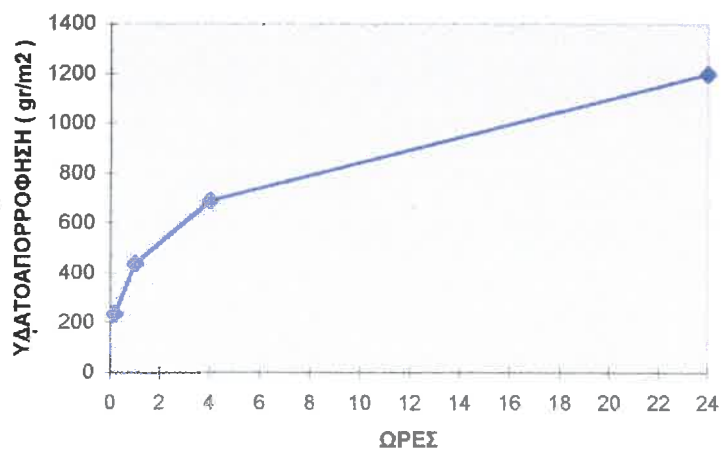
m(t)-m ₀ (gr)	χρόνος t	Υδατοαπορρόφηση ανά μονάδα επιφανείας (gr / m ²)
1,97	10 min	192,948
3,03	1hr	296,768
3,94	4hrs	385,896
5,56	24 hr	544,564

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 28 ($N/T=0,48$)

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΔΟΚΙΜΗΣ



ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ



ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 29 (N/T=0,48)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (κυλινδρικό)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 18 ΙΟΥΝΙΟΥ 1999, ΩΡΑ 14:05

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 19 ΙΟΥΝΙΟΥ 1999, ΩΡΑ 14:05

ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ : 51 ΗΜΕΡΩΝ

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:	ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45)	: 400,00 kg/m ³
	ΝΕΡΟ	: 192,00 kg/m ³
	ΑΜΜΟ	: 849,239 kg/m ³
	ΓΑΡΜΠΙΛΙ	: 213,900 kg/m ³
	ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)	: 718,302 kg/m ³
	ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Rheobuild)	: 4 kg/m ³

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΣΕ ΥΓΡΟ ΘΑΛΑΜΟ ΓΙΑ 47 ΗΜΕΡΕΣ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ακρίβεια 0,1 mm): 114,00mm

ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 50 mm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

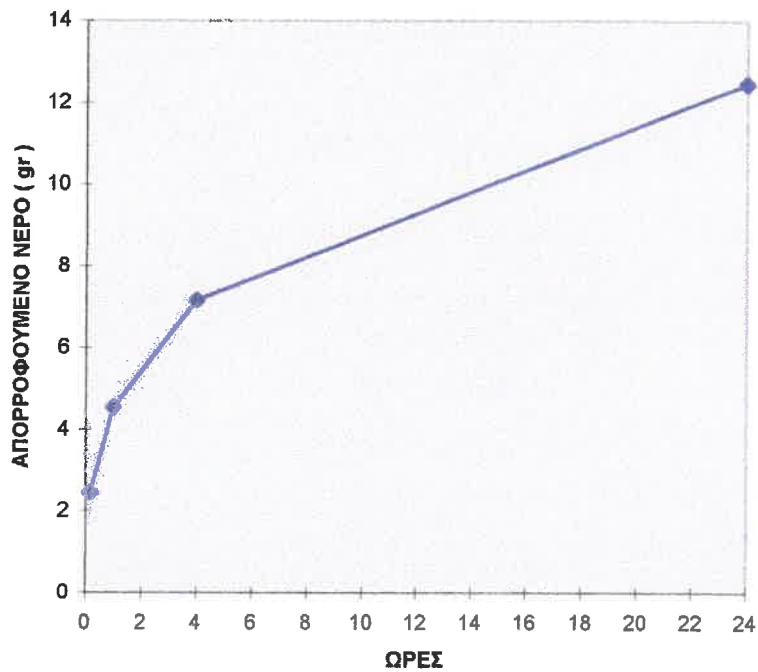
m ₀ (gr)	10 min (gr)	1 hr (gr)	4 hrs (gr)	24 hrs (gr)
1326,82	1328,87	1329,98	1331,14	1332,77

$$\text{ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ} = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot (0,11400)^2 / 4 = 0,01021 \text{ m}^2$$

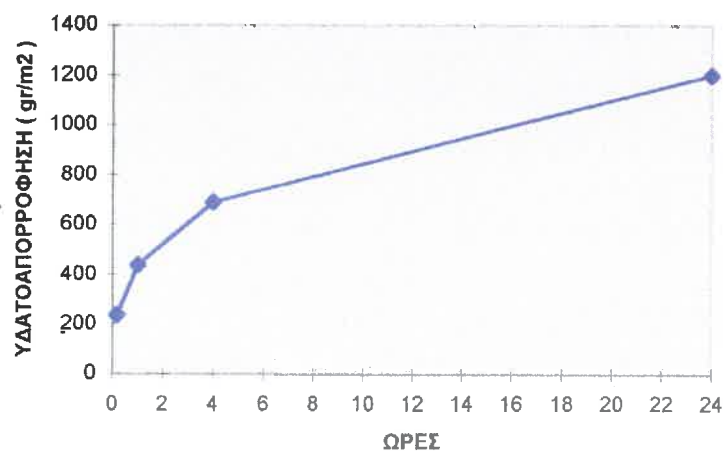
m(t)-m ₀ (gr)	χρόνος t	Υδατοαπορρόφηση ανά μονάδα επιφανείας (gr / m ²)
2,05	10 min	200,784
3,16	1hr	309,5
4,32	4hr	423,115
5,95	24 hr	582,762

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 29 (N/T=0,48)

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΔΟΚΙΜΗΣ



ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ



ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 30 (N/T=0,48)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (κυλινδρικό)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 18 ΙΟΥΝΙΟΥ 1999, ΩΡΑ 14:05

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 19 ΙΟΥΝΙΟΥ 1999, ΩΡΑ 14:05

ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ : 51 ΗΜΕΡΩΝ

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45)	: 400,00 kg/m ³
ΝΕΡΟ	: 192,00 kg/m ³
ΑΜΜΟ	: 849,239 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	: 213,900 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)	: 718,302 kg/m ³
ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Rheobuild)	: 4 kg/m ³

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΣΕ ΥΓΡΟ ΘΑΛΑΜΟ ΓΙΑ 47 ΗΜΕΡΕΣ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ακρίβεια 0,1 mm) : 113,90mm

ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 50 mm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

m _o (gr)	10 min (gr)	1 hr (gr)	4 hrs (gr)	24 hrs (gr)
1367,85	1369,87	1370,93	1371,87	1373,61

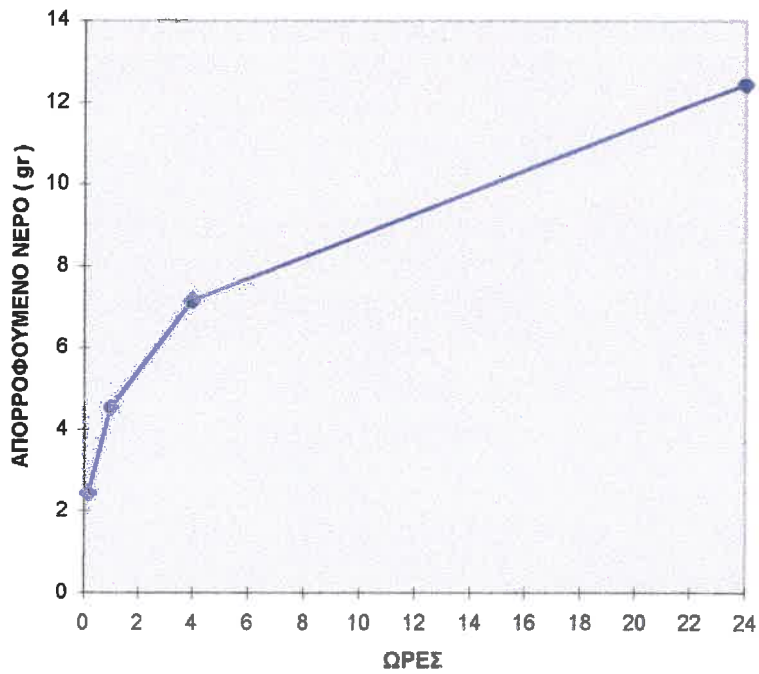
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΩΜΑΤΙΟΥ : 18°C - 24°C

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ= $\pi \cdot d^2/4 = \pi \cdot (0,11390)^2/4 = 0,01019 \text{ m}^2$

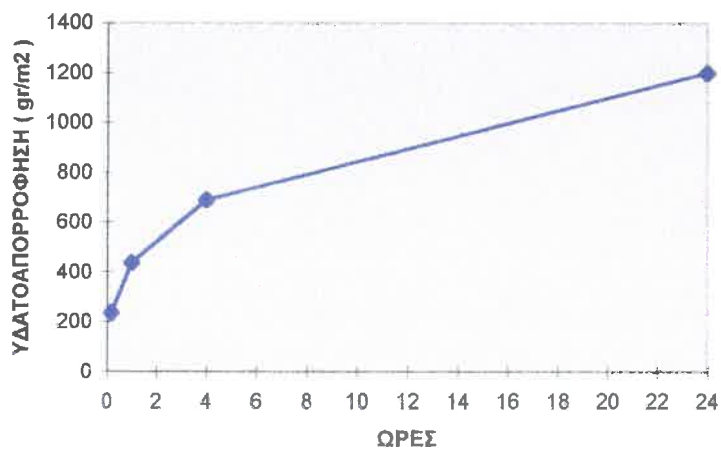
m(t)-m _o (gr)	χρόνος t	Υδατοαπορρόφηση ανά μονάδα επιφανείας (gr / m ²)
2,02	10 min	198,234
3,08	1hr	302,257
4,02	4hr	394,504
5,76	24 hr	565,26

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 30 (N/T=0,48)

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΔΟΚΙΜΗΣ



ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ



ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 80 (N/T=0,40)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (κυλινδρικό)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 18 ΙΟΥΝΙΟΥ 1999, ΩΡΑ 14:05

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 19 ΙΟΥΝΙΟΥ 1999, ΩΡΑ 14:05

ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ : 46 ΗΜΕΡΩΝ

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45)	: 399,60 kg/m ³
ΝΕΡΟ	: 161,63 kg/m ³
ΑΜΜΟ	: 890,33 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	: 224,33 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)	: 752,45 kg/m ³
ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Glenium 51)	: 1,996 kg/m ³

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΣΕ ΥΓΡΟ ΘΑΛΑΜΟ ΓΙΑ 47 ΗΜΕΡΕΣ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ακρίβεια 0,1 mm) : 113,40mm

ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 50 mm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

m ₀ (gr)	10 min (gr)	1 hr (gr)	4 hrs (gr)	24 hrs (gr)
1452,02	1452,68	1453,32	1453,98	1454,95

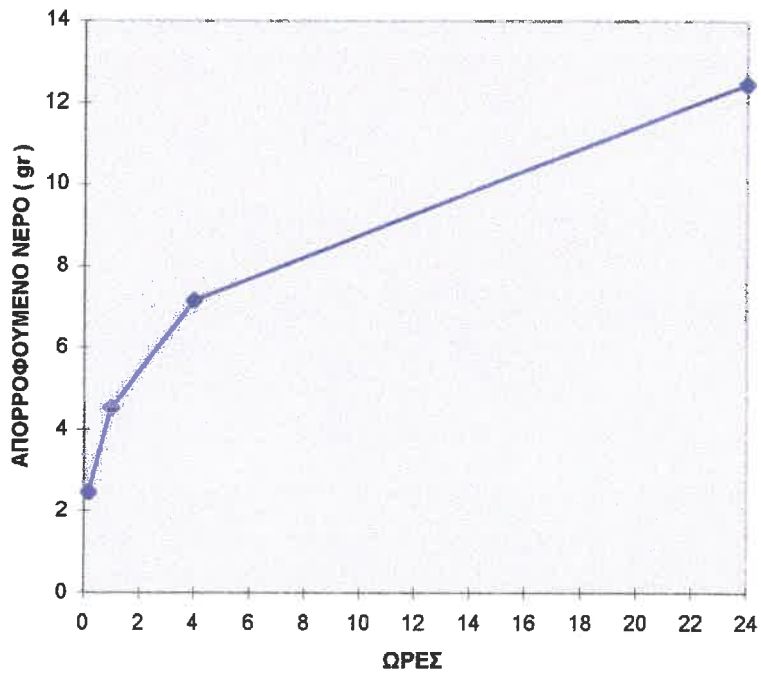
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΩΜΑΤΙΟΥ : 18°C - 24°C

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ= $\pi \cdot d^2/4 = \pi \cdot (0,11340)^2/4 = 0,01010 \text{ m}^2$

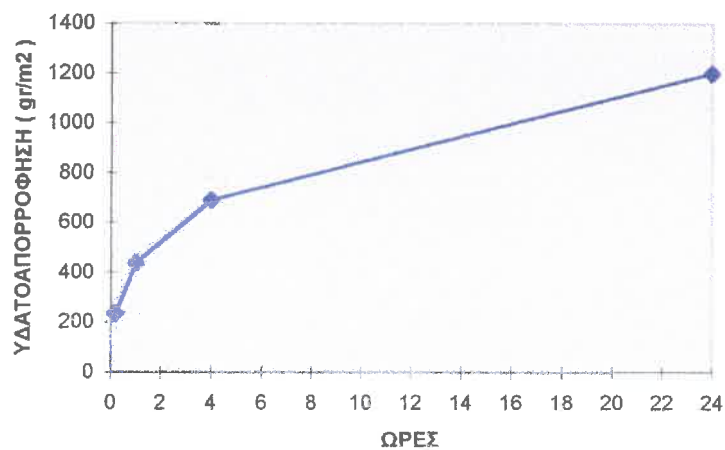
m(t)-m ₀ (gr)	χρόνος t	Υδατοαπορρόφηση ανά μονάδα επιφανείας (gr / m ²)
0,66	10 min	65,3465
1,3	1hr	128,713
1,96	4hr	194,059
2,93	24 hr	290,099

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 80 (N/T=0,40)

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΔΟΚΙΜΗΣ



ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ



ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 81 (N/T=0,40)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (κυλινδρικό)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 18 ΙΟΥΝΙΟΥ 1999, ΩΡΑ 14:05

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 19 ΙΟΥΝΙΟΥ 1999, ΩΡΑ 14:05

ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ : 46 ΗΜΕΡΩΝ

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45)	: 399,60 kg/m ³
ΝΕΡΟ	: 161,63 kg/m ³
ΑΜΜΟ	: 890,33 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	: 224,33 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)	: 752,45 kg/m ³
ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Glenium 51)	: 1,996 kg/m ³

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΣΕ ΥΓΡΟ ΘΑΛΑΜΟ ΓΙΑ 47 ΗΜΕΡΕΣ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ακρίβεια 0,1 mm): 115,00mm

ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 50 mm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

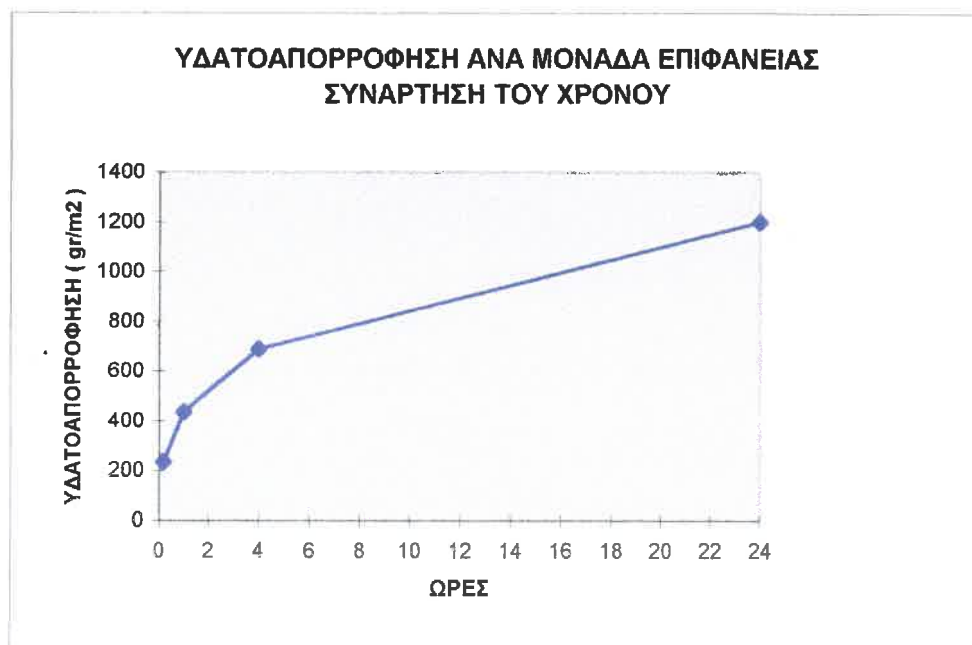
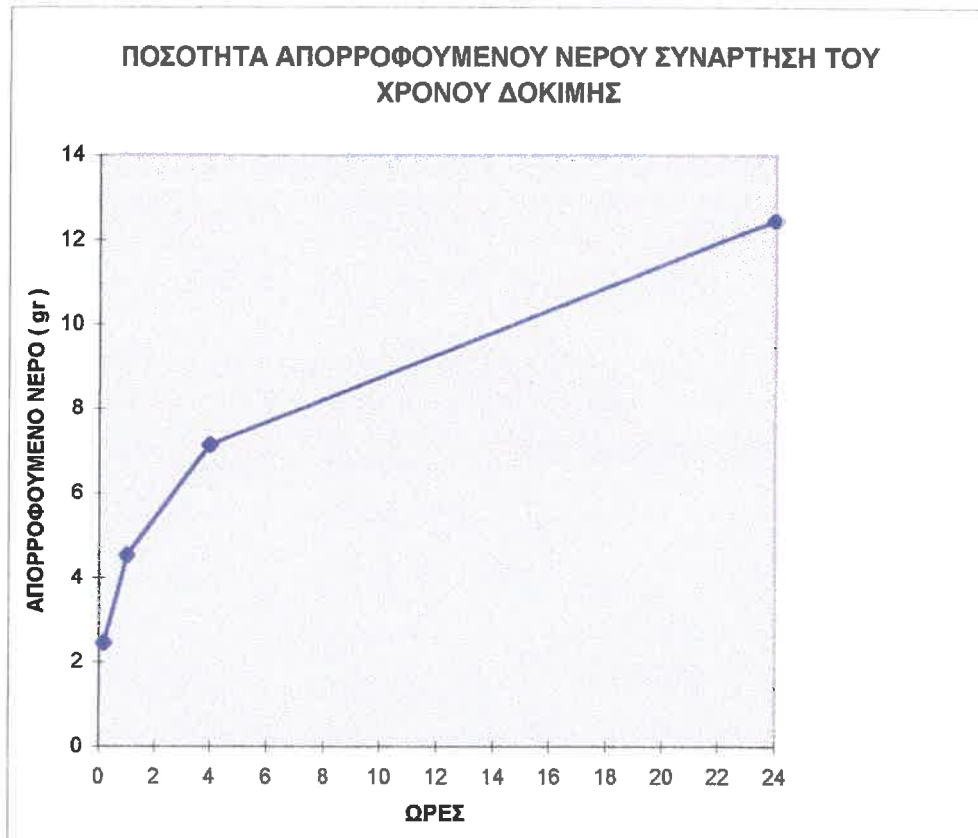
m ₀ (gr)	10 min (gr)	1 hr (gr)	4 hrs (gr)	24 hrs (gr)
1564,88	1565,48	1566,08	1566,49	1567,15

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΩΜΑΤΙΟΥ : 18°C - 24°C

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ= $\pi \cdot d^2/4 = \pi \cdot (0,11500)^2/4 = 0,01039 \text{ m}^2$

m(t)-m ₀ (gr)	χρόνος t	Υδατοαπορρόφηση ανά μονάδα επιφανείας (gr / m ²)
0,6	10 min	57,7478
1,20	1hr	115,496
1,61	4hr	154,957
2,27	24 hr	218,479

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 81 (N/T=0,40)



ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 82 (N/T=0,40)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (κυλινδρικό)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 18 ΙΟΥΝΙΟΥ 1999, ΩΡΑ 14:05

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 19 ΙΟΥΝΙΟΥ 1999, ΩΡΑ 14:05

ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ : 46 ΗΜΕΡΩΝ

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45)	: 399,60 kg/m ³
ΝΕΡΟ	: 161,63 kg/m ³
ΑΜΜΟ	: 890,33 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	: 224,33 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)	: 752,45 kg/m ³
ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Glenium 51)	: 1,996 kg/m ³

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΣΕ ΥΓΡΟ ΘΑΛΑΜΟ ΓΙΑ 47 ΗΜΕΡΕΣ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ακρίβεια 0,1 mm): 114,35mm

ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 50 mm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

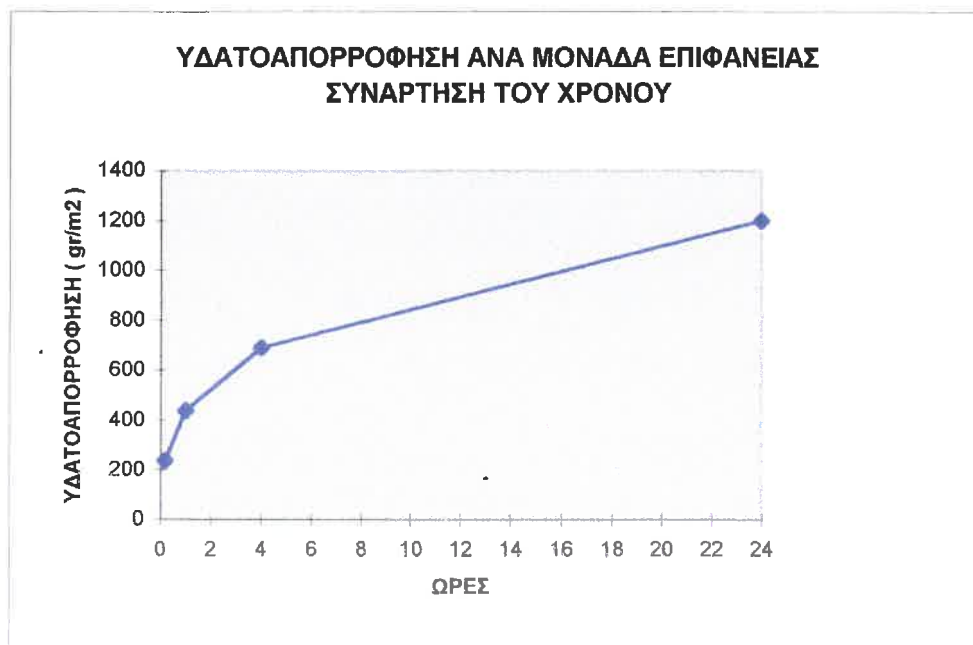
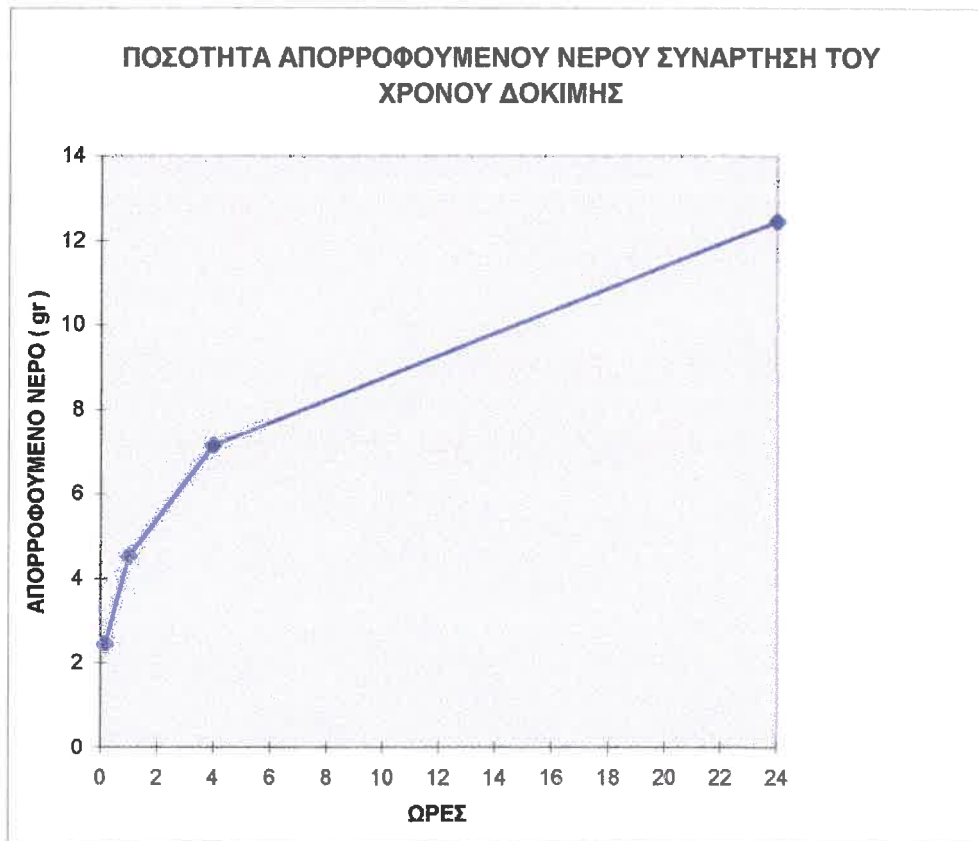
m ₀ (gr)	10 min (gr)	1 hr (gr)	4 hrs (gr)	24 hrs (gr)
1503,60	1503,77	1504,28	1504,74	1505,33

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΩΜΑΤΙΟΥ : 18°C - 24°C

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ= $\pi \cdot d^2/4 = \pi \cdot (0,11500)^2/4 = 0,01027 \text{ m}^2$

m(t)-m ₀ (gr)	χρόνος t	Υδατοαπορρόφηση ανά μονάδα επιφανείας (gr / m ²)
0,17	10 min	16,5531
0,68	1hr	66,2123
1,14	4hr	111,003
1,73	24 hr	168,452

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 82 (N/T=0,40)



ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 92 (N/T=0,40)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (κυλινδρικό)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 19/6/1999, ΩΡΑ 14:05, 23⁰C

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 20/6/1999, ΩΡΑ 14:05, 24⁰ C

ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ : 46 ΗΜΕΡΩΝ

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45)	: 399,60 kg/m ³
ΝΕΡΟ	: 161,63 kg/m ³
ΑΜΜΟ	: 890,33 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	: 224,33 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)	: 752,45 kg/m ³
ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Glenium 51)	: 1,996 kg/m ³

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΣΤΟΝ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ ΓΙΑ 6 ΗΜΕΡΕΣ & ΣΤΗΝ ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΣΤΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ακρίβεια 0,1 mm): 115,1mm

ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 50 mm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

m ₀ (gr)	10 min (gr)	1 hr (gr)	4 hrs (gr)	24 hrs (gr)
1404,84	1408,69	1412,76	1416,01	1420,6

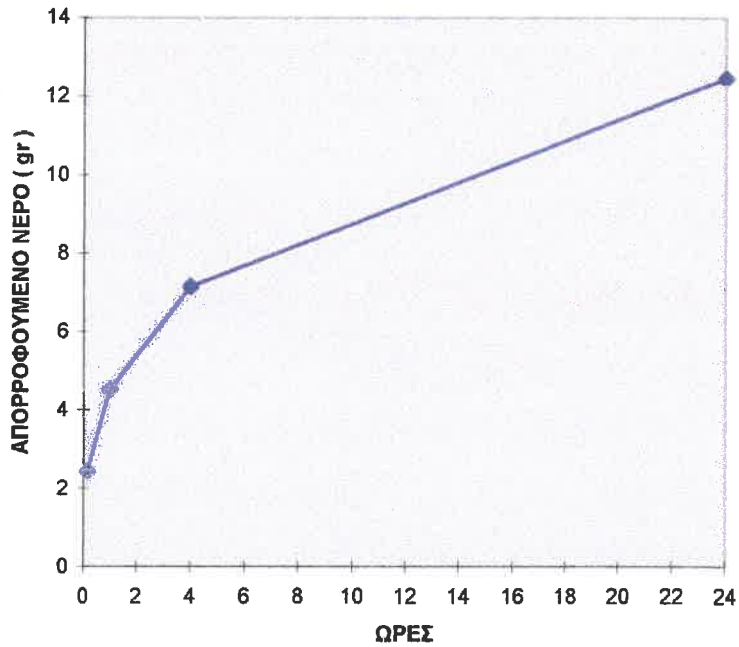
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΩΜΑΤΙΟΥ : 18⁰C - 24⁰C

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ= $\pi \cdot d^2/4 = \pi \cdot (0,11501)^2/4 = 0,01039 \text{ m}^2$

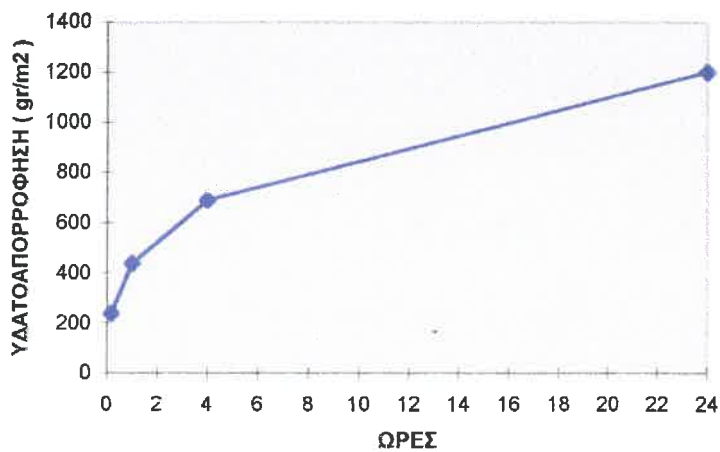
m(t)-m ₀ (gr)	χρόνος t	Υδατοαπορρόφηση ανά μονάδα επιφάνειας (gr / m ²)
3,85	10 min	370,549
7,92	1hr	762,271
11,17	4hr	1075,07
15,76	24 hr	1516,84

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 92 (N/T=0,40)

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΔΟΚΙΜΗΣ



ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ



ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 93 (N/T=0,40)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (κυλινδρικό)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 19/6/1999, ΩΡΑ 14:05, 23⁰ C

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 20/6/1999, ΩΡΑ 14:05, 24⁰ C

ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ : 46 ΗΜΕΡΩΝ

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45)	: 399,60 kg/m ³
ΝΕΡΟ	: 161,63 kg/m ³
ΑΜΜΟ	: 890,33 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	: 224,33 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)	: 752,45 kg/m ³
ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Glenium 51)	: 1,996 kg/m ³

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΣΤΟΝ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ ΓΙΑ 6 ΗΜΕΡΕΣ & ΣΤΗΝ ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΣΤΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ακρίβεια 0,1 mm): 115,95mm

ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 50 mm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

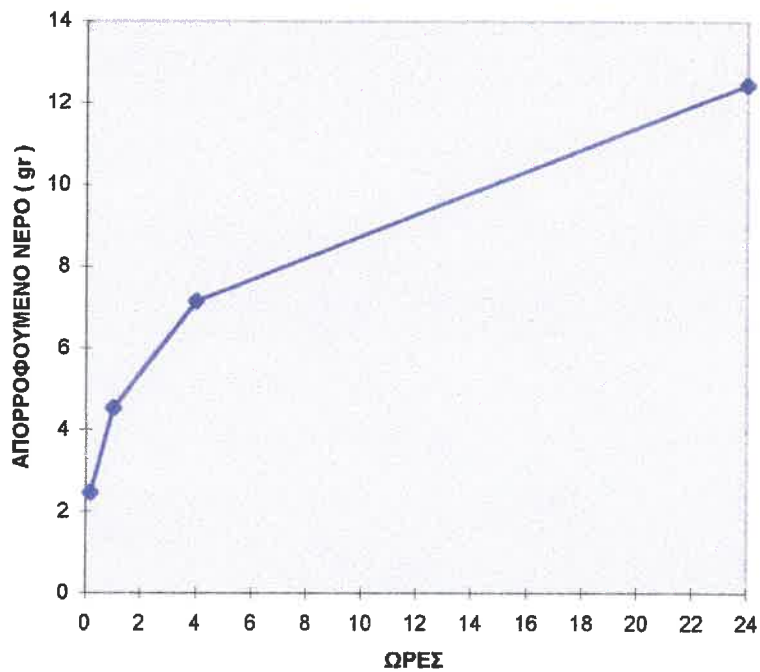
m ₀ (gr)	10 min (gr)	1 hr (gr)	4 hrs (gr)	24 hrs (gr)
1380,63	1384,93	1389,03	1392,43	1397,78

$$\text{ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ} = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot (0,11595)^2 / 4 = 0,01056 \text{ m}^2$$

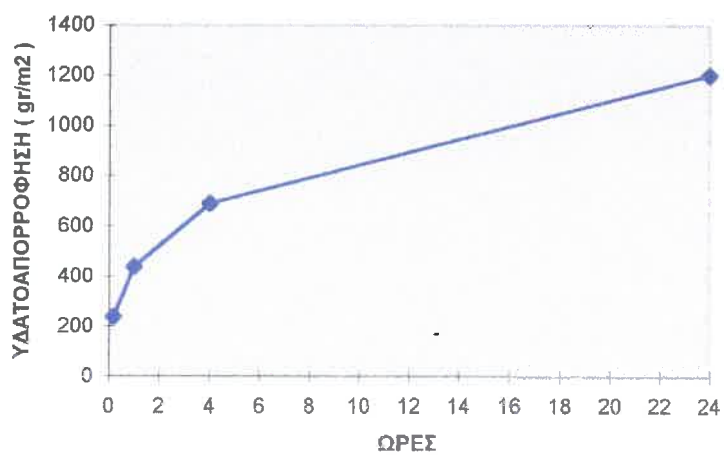
m(t)-m ₀ (gr)	χρόνος t	Υδατοαπορρόφηση ανά μονάδα επιφανείας (gr / m ²)
4,3	10 min	407,197
8,40	1hr	795,455
11,80	4hr	1117,42
17,15	24 hr	1624,05

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 93 ($N/T=0,40$)

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΔΟΚΙΜΗΣ



ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ



ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 94 (N/T=0,40)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (κυλινδρικό)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 19/6/1999, ΩΡΑ 14:05, 23⁰ C

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 20/6/1999, ΩΡΑ 14:05, 24⁰ C

ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ : 46 ΗΜΕΡΩΝ

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45)	: 399,60 kg/m ³
ΝΕΡΟ	: 161,63 kg/m ³
ΑΜΜΟ	: 890,33 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	: 224,33 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)	: 752,45 kg/m ³
ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Glenium 51)	: 1,996 kg/m ³

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΣΤΟΝ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ ΓΙΑ 6 ΗΜΕΡΕΣ & ΣΤΗΝ ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΣΤΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ακρίβεια 0,1 mm): 115,1mm

ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 50 mm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

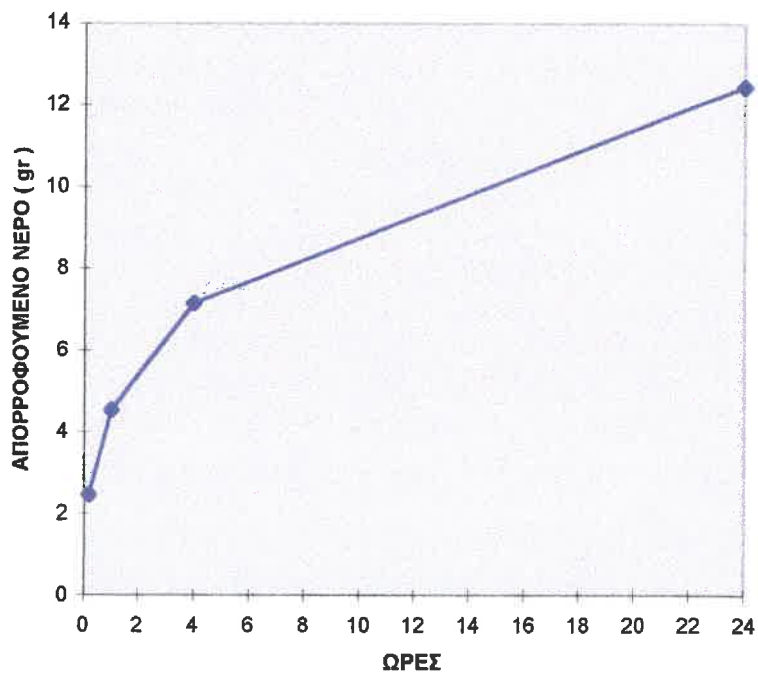
m ₀ (gr)	10 min (gr)	1 hr (gr)	4 hrs (gr)	24 hrs (gr)
1345,75	1349,6	1353,06	1356,12	1361,28

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ= $\pi \cdot d^2/4 = \pi \cdot (0,11510)^2/4 = 0,01041 \text{ m}^2$

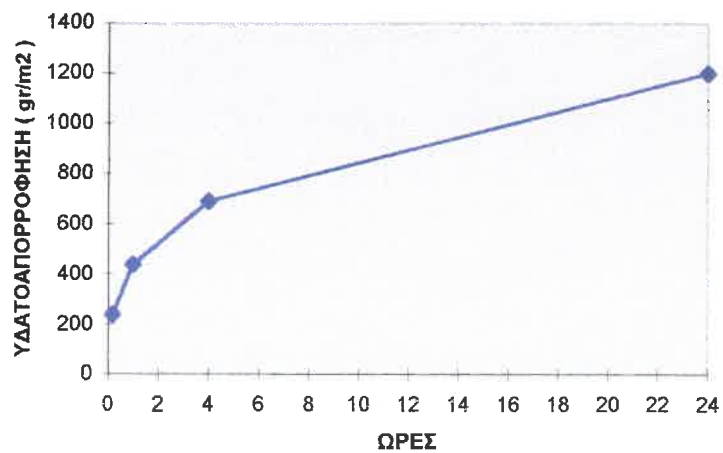
m(t)-m ₀ (gr)	χρόνος t	Υδατοαπορρόφηση ανά μονάδα επιφανείας (gr / m ²)
3,85	10 min	369,837
7,31	1hr	702,209
10,37	4hr	996,158
15,53	24 hr	1491,83

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 94 (N/T=0,40)

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΔΟΚΙΜΗΣ



ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ



ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 104 (N/T=0,40)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (κυλινδρικό)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 19/6/1999, ΩΡΑ 14:05, 23⁰C

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 20/6/1999, ΩΡΑ 14:05, 24⁰ C

ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ : 46 ΗΜΕΡΩΝ

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ:

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45)	: 399,60 kg/m ³
ΝΕΡΟ	: 161,63 kg/m ³
ΑΜΜΟ	: 890,33 kg/m ³
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	: 224,33 kg/m ³
ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)	: 752,45 kg/m ³
ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Glenium 51)	: 1,996 kg/m ³

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΔΑΤΟΔΙΑΛΥΤΟ ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ακρίβεια 0,1 mm): 115,1mm
ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 50 mm

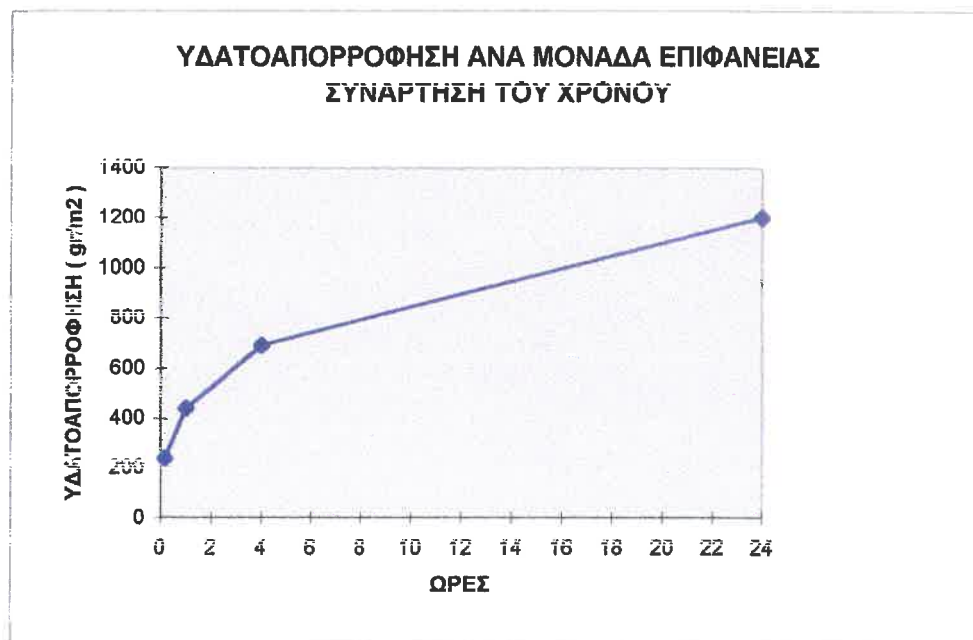
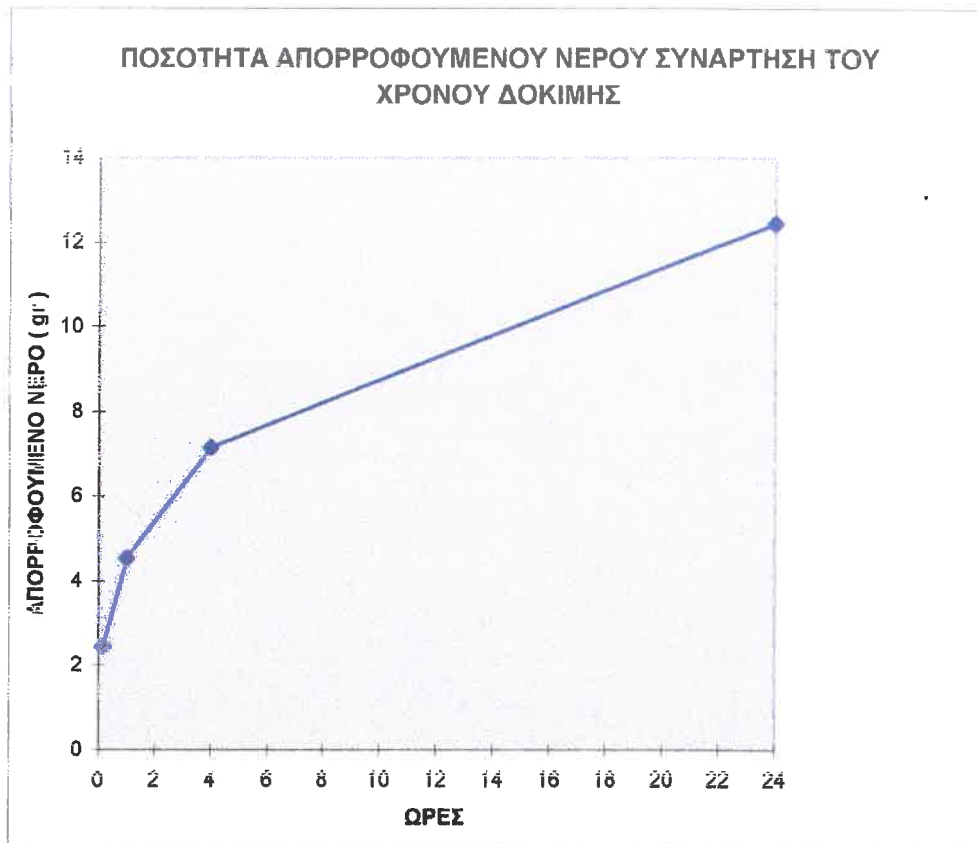
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

m ₀ (gr)	10 min (gr)	1 hr (gr)	4 hrs (gr)	24 hrs (gr)
1413,93	1414,77	1417,41	1417,96	1416,65

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ= $\pi \cdot d^2/4 = \pi \cdot (0,11510)^2/4 = 0,01041 \text{ m}^2$

m(t)-m ₀ (gr)	χρόνος t	Υδατοαπορρόφηση ανά μονάδα επιφάνειας (gr / m ²)
0,81	10 min	80,6916
3,46	1hr	334,294
4,03	4hr	387,126
4,92	24 hr	472,622

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 104 (N/T=0,40)



ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 105 (N/T=0,40)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (κυλινδρικό)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 19/6/1999, ΩΡΑ 14:05, 23⁰ C

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 20/6/1999, ΩΡΑ 14:05, 24⁰ C

ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ : 46 ΗΜΕΡΩΝ

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ.	ΤΣΙΜΕΝΤΟ (1/45)	: 399,60 kg/m ³
	ΝΕΡΟ	: 161,63 kg/m ³
	ΑΜΜΟ	: 890,33 kg/m ³
	ΓΑΡΜΠΙΑ	: 224,33 kg/m ³
	ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)	: 752,45 kg/m ³
	ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Glenium 51)	: 1,996 kg/m ³

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΔΑΤΟΔΙΑΛΥΤΟ ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ακρίβεια 0,1 mm): 115,85mm
ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 50 mm

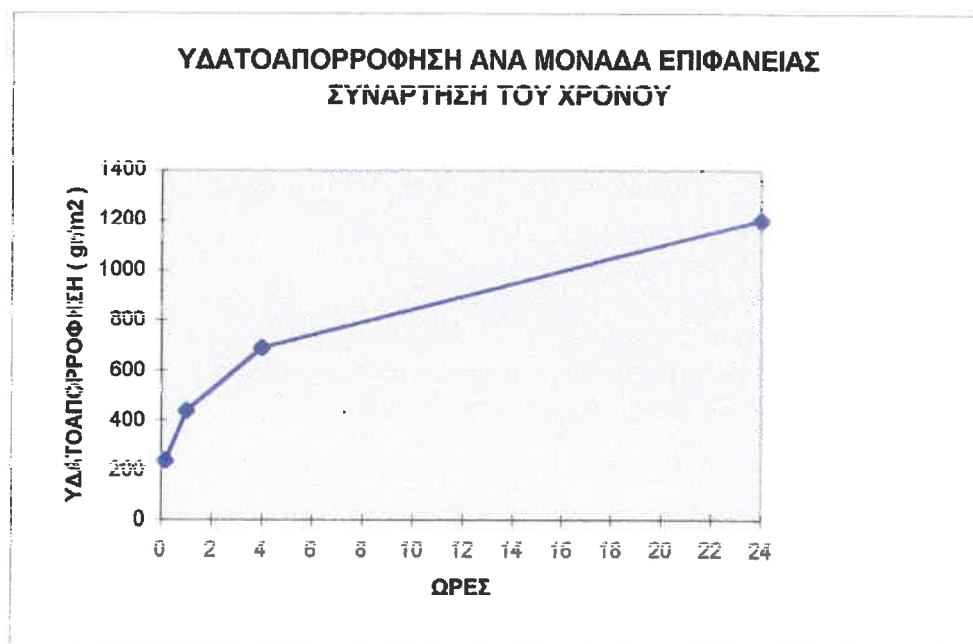
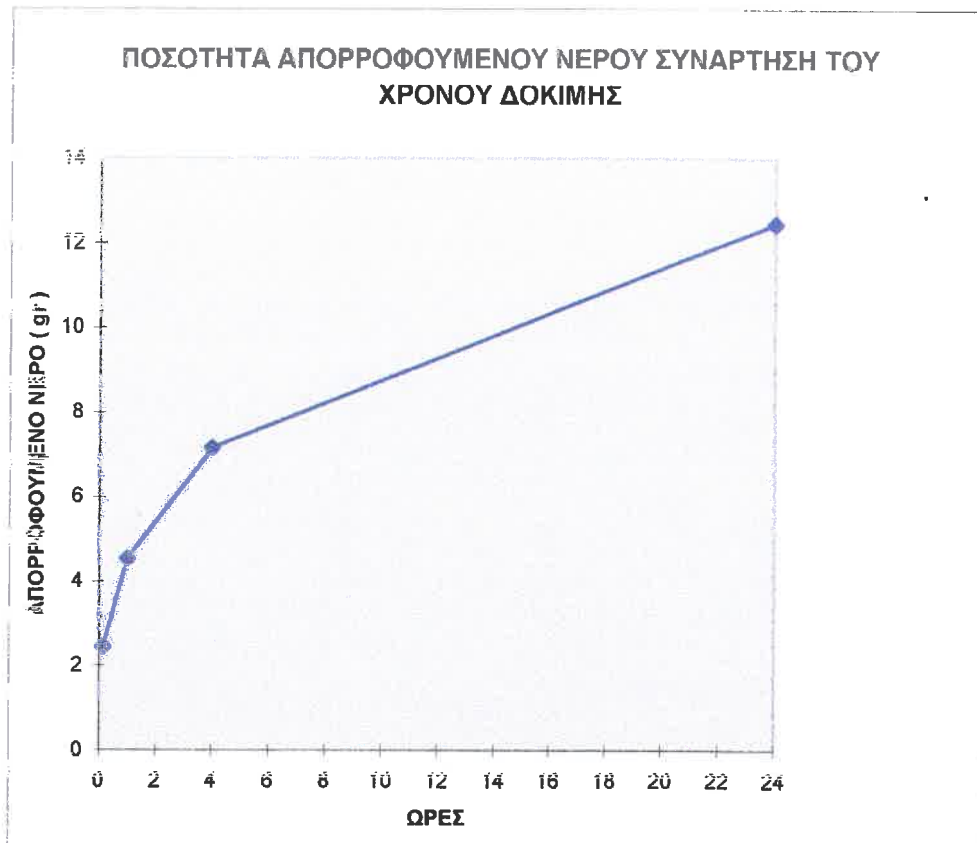
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

m ₀ (gr)	10 min (gr)	1 hr (gr)	4 hrs (gr)	24 hrs (gr)
1459,90	1460,82	1462,2	1463,62	1464,06

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ= $\pi \cdot d^2/4 = \pi \cdot (0,11510)^2/4 = 0,01054 \text{ m}^2$

m(t)-m ₀ (gr)	χρόνος t	Υδατοαπορρόφηση ανά μονάδα επιφανείας (gr / m ²)
0,92	10 min	88,3766
2,30	1hr	220,941
3,72	4hr	357,349
4,16	24 hr	399,616

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 105 (N/T=0,40)



ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 106 (N/T=0,40)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (κυλινδρικό)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΝΑΡΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 19/6/1999, ΩΡΑ 14:05, 23⁰ C

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΛΗΞΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ : 20/6/1999, ΩΡΑ 14:05, 24⁰ C

ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ : 46 ΗΜΕΡΩΝ

ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΑ ΚΥΒΙΚΟ.	ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45)	: 399,60 kg/m ³
	ΝΕΡΟ	: 161,63 kg/m ³
	ΑΜΜΟ	: 890,33 kg/m ³
	ΓΑΡΜΠΙΑ	: 224,33 kg/m ³
	ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm)	: 752,45 kg/m ³
	ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Glenium 51)	: 1,996 kg/m ³

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΥΔΑΤΟΔΙΑΛΥΤΟ ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (ακρίβεια 0,1 mm): 115,2mm

ΥΨΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ: 50 mm

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΡΙΧΟΕΙΔΟΥΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

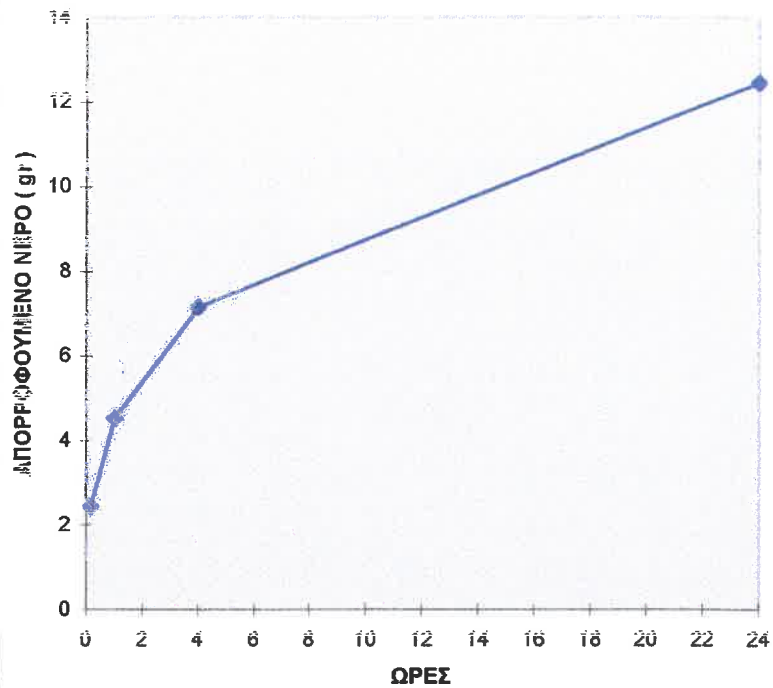
m ₀ (gr)	10 min (gr)	1 hr (gr)	4 hrs (gr)	24 hrs (gr)
1424,64	1425,53	1427,32	1427,6	1429,19

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ= $\pi \cdot d^2/4 = \pi \cdot (0,11520)^2/4 = 0,01042 \text{ m}^2$

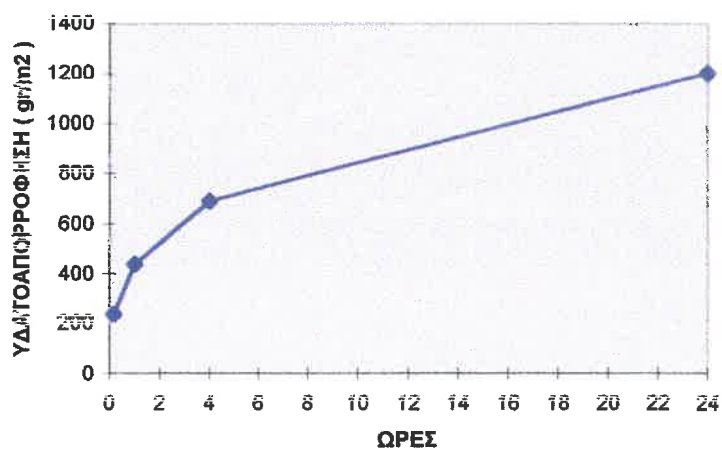
m(t)-m ₀ (gr)	χρόνος t	Υδατοαπορρόφηση ανά μονάδα επιφανείας (gr / m ²)
0,89	10 min	85,1917
2,68	1hr	257,445
3,16	4hr	303,554
4,55	24 hr	437,08

ΔΟΚΙΜΙΟ Νο 106 (N/T=0,40)

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΔΟΚΙΜΗΣ



ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ



ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΓΙΑ ΔΟΚΙΜΗ ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

(Απαιτηση Σχεδίου Rilem TC 116-PCD σε ακρίβεια = 0,1mm)

ΔΟΚ Α/Α	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ 1 (mm)	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ 2 (mm)	ΜΕΣΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ
7	115,8	114,0	114,9
8	114,1	113,5	113,8
9	114,5	112,2	113,35
28	114,5	113,6	114,05
29	114,5	113,5	114
30	113,4	114,4	113,9
80	114,2	112,6	113,4
81	115,2	114,8	115
82	114,2	114,5	114,35
92	115,0	115,2	115,1
93	116,0	115,9	115,95
94	115,6	114,6	115,1
104	116,0	115,6	115,8
105	115,7	116,0	115,85
106	115,4	115,0	115,2

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΒΑΘΟΥΣ ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗΣ

ΕΝΑΡΞΗ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΕ CO₂ : 21 ΙΟΥΝΙΟΥ

ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΕΚΘΕΣΗΣ : 15 ΜΕΡΕΣ (5 ΙΟΥΛΙΟΥ)

ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ ΔΟΚΙΜΙΑ : D=115cm, H=115cm

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ : $\pi (D^2/4)$ 0,010381625 m²

ΣΥΝΘΕΣΗ Α

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45) : 399,19 kg/m³

ΝΕΡΟ : 221,49 kg/m³

ΑΜΜΟ : 816,06 kg/m³

ΓΑΡΜΠΙΛΙ : 205,52 kg/m³

ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm) : 690,17 kg/m³

N/T =0,56

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΣΕ ΥΓΡΟ ΘΑΛΑΜΟ ΓΙΑ 47 ΗΜΕΡΕΣ

ΔΟΚ Α/Α	ΗΛΙΚΙΑ ημέρες	ΒΑΘΟΣ ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗΣ(mm) μ.ο. επιφάνειας μ.ο. πυθμένα	ΔΙΑΦΟΡΑ μ.ο. επιφ-μ.ο. πυθμ.	Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
10	56	4 0	4	
11	56	4,5 0	4,5	
12	56	4,3 0,5	3,8	2,22

ΣΥΝΘΕΣΗ Β

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45) : 400,00 kg/m³

ΝΕΡΟ : 192,00 kg/m³

ΑΜΜΟ : 849,239 kg/m³

ΓΑΡΜΠΙΛΙ : 213,900 kg/m³

ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm) : 718,302 kg/m³

ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Rheobuild) : 4 kg/m³

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΣΕ ΥΓΡΟ ΘΑΛΑΜΟ ΓΙΑ 47 ΗΜΕΡΕΣ

ΔΟΚ Α/Α	ΗΛΙΚΙΑ ημέρες	ΒΑΘΟΣ ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗΣ(mm) μ.ο. επιφάνειας μ.ο. πυθμένα	ΔΙΑΦΟΡΑ μ.ο. επιφ-μ.ο. πυθμ.	Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
31	54	1 0	1	
32	54	2,75 1,2	1,55	
33	54	1 0,5	0,5	1,08

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΜΕ ΕΠΑΛΕΙΦΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

ΔΟΚ Α/Α	ΗΛΙΚΙΑ ημέρες	ΒΑΘΟΣ ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗΣ(mm) μ.ο. επιφάνειας μ.ο. πυθμένα	ΔΙΑΦΟΡΑ μ.ο. επιφ-μ.ο. πυθμ.	Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
46	53	4,75 3	1,75	
47	53	6 1,5	4,5	
48	53	5,05 1,25	3,8	3,59

(σύνθεση Β συνέχεια)

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : 6 ΜΕΡΕΣ ΣΤΟΝ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ & ΣΤΗΝ ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΣΤΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

ΔΟΚ Α/Α	ΗΛΙΚΙΑ ημέρες	ΒΑΘΟΣ ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗΣ(mm) μ.ο. επιφάνειας μ.ο. πυθμένα		ΔΙΑΦΟΡΑ μ.ο. επιφ-μ.ο. πυθμ.	Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
59	53	5,05	4,75	0,3	
60	53	6	5	1	
61	53	5,75	5	0,75	5,26

ΣΥΝΘΕΣΗ Γ

ΤΣΙΜΕΝΤΟ (I/45) : 399,60 kg/m³

ΝΕΡΟ : 161,63 kg/m³

ΑΜΜΟ : 890,33 kg/m³

ΓΑΡΜΠΙΛΙ : 224,33 kg/m³

ΧΑΛΙΚΙ (max 19mm) : 752,45 kg/m³

ΠΡΟΣΘΕΤΟ(Glenium 51) : 1,996 kg/m³

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΣΕ ΥΓΡΟ ΘΑΛΑΜΟ ΓΙΑ 41 ΗΜΕΡΕΣ

ΔΟΚ Α/Α	ΗΛΙΚΙΑ ημέρες	ΒΑΘΟΣ ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗΣ(mm) μ.ο. επιφάνειας μ.ο. πυθμένα		ΔΙΑΦΟΡΑ μ.ο. επιφ-μ.ο. πυθμ.	Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
83	49	0	0	0	
84	49	0	0	0	
85	49	0	0	0	0,00

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : ΜΕ ΕΠΑΛΕΙΦΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ

ΔΟΚ Α/Α	ΗΛΙΚΙΑ ημέρες	ΒΑΘΟΣ ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗΣ(mm) μ.ο. επιφάνειας μ.ο. πυθμένα		ΔΙΑΦΟΡΑ μ.ο. επιφ-μ.ο. πυθμ.	Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
107	46	4,25	0,5	3,75	
108	46	4	0,25	3,75	
109	46	5	0	5	2,33

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ : 6 ΜΕΡΕΣ ΣΤΟΝ ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑ & ΣΤΗΝ ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΣΤΙΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

ΔΟΚ Α/Α	ΗΛΙΚΙΑ ημέρες	ΒΑΘΟΣ ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗΣ(mm) μ.ο. επιφάνειας μ.ο. πυθμένα		ΔΙΑΦΟΡΑ μ.ο. επιφ-μ.ο. πυθμ.	Μ.Ο. ΔΟΚΙΜΙΩΝ
95	49	5,5	4,75	0,75	
96	49	5,5	5	0,5	
97	49	5	0,5	4,5	4,38

**ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΗΚΟΥΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ
ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΟΥΣ ΣΕ ΔΙΑΡΡΗΞΗ**

ΔΟΚ Α/Α	ΜΗΚΟΣ 1 (mm)	ΜΗΚΟΣ 2 (mm)	ΜΕΣΟ ΜΗΚΟΣ
10	110,5	111,5	111
11	114,46	113,4	113,93
12	111,6	113,4	112,5
83	115,8	115	115,4
84	116	114,1	115,05
85	116,4	114,6	115,5
95	110,9	111,5	111,2
96	110,6	110,6	110,6
97	114,6	114,8	114,7
107	113,9	113,6	113,75
108	115,6	114,4	115
109	115,4	116,2	115,8
31	113,4	113,6	113,5
32	111,6	110,8	111,2
33	109,2	110,5	109,85
59	114,1	115,6	114,85
60	113,4	118,8	116,1
61	113,7	111,5	112,6
46	114,9	114,3	114,6
47	115,8	113	114,4
48	114,6	115,1	114,85

**ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΠΟΥ
ΕΚΤΕΘΗΚΑΝ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΕ CO₂**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΙΑΡΡΗΞΗΣ : 5 ΙΟΥΛΙΟΥ 1999

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ : 115mm

ΔΟΚ Α/Α	ΗΛΙΚΙΑ ημέρες	Μ.ΜΗΚΟΣ (mm)	ΦΟΡΤΙΟ (KN)	ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ $\sigma=2P/\pi dl$ (MPa)	ΛΟΓΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΘΛΙΨΗ/ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ	
					<i>M.O</i>	
10	70	111	77,4	3,86		
11	70	113,93	79,3	3,86		
12	70	112,5	44,38	2,18	3,30	12,50
83	63	115,4	113,46	5,45		
84	63	115,05	108,35	5,22		
85	63	115,5	104,76	5,02	5,23	16,89
95	63	111,2	95,35	4,75		
96	63	110,6	85,38	4,28		
97	63	114,7	107,38	5,19	4,74	14,57
107	59	113,75	97,36	4,74		
108	59	115	91,97	4,43		
109	59	115,8	93,27	4,46	4,54	17,75
31	68	113,5	88,2	4,30		
32	68	111,2	78,28	3,90		
33	68	109,85	89,5	4,51	4,24	14,12
59	67	114,85	79,05	3,81		
60	67	116,1	77,61	3,70		
61	67	112,6	95,28	4,69	4,07	11,88
46	67	114,6	71,25	3,44		
47	67	114,4	75,73	3,67		
48	67	114,85	88,25	4,26	3,79	14,3404

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΧΡΙΣΤΟΥ ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ, "Τεχνολογία του σκυροδέματος", Εκδόσεις Art of Text, 2^η έκδοση.
- [2] Ν. ΜΑΡΣΕΛΛΟΣ, " Νέος Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΚΤΣ-97)", Εκδόσεις π-systems, Νοέμβριος 1997.
- [3] A.M. NEVILLE, " Properties of Concrete " , Longman Scientific & Technical , 3rd Edition.
- [4] Θ.Π.ΤΑΣΣΙΟΣ & Κ.ΑΛΙΓΙΖΑΚΗ, " Ανθεκτικότητα ωπλισμένου σκυροδέματος", Εκδόσεις Φοίβος , Αθήνα 1993
- [5] A.M.NEVILLE & J.J.BROOKS, " Concrete technology " , Revised, Longman Scientific & Technical.
- [6] High Performance Concretes & Applications, S P SHAH & AHMAD
- [7] J.H.BUNGEY, " The testing of concrete in structures " , Second Edition.
- [8] Σ.ΚΟΛΙΑΣ, Σημειώσεις μαθήματος " Προχωρημένη Τεχνολογία Σκυροδέματος ".
- [9] Σ.ΚΟΛΙΑΣ, Σημειώσεις μαθήματος " Έλεγχος & Διασφάλιση Ποιότητας ".
- [10] ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΤΣΙΜΕΝΤΩΝ ΠΔ 244/29-2-80, "Κανονισμός τσιμέντων για τα έργα από σκυρόδεμα , ΦΕΚ Α'69/28-3-80.
- [11] Ν.ΜΟΥΤΑΦΗΣ, Σημειώσεις μαθήματος " Υδραυλικές Κατασκευές Φράγματα ".
- [12] ΕΛΟΤ 408 "Θραυστά Αδρανή για Συνήθη Σκυροδέματα".
- [13] RILEM TC 116-PCD:Permeability of Concrete as a Criterion of its Durability.
- [14] ΑΡΑΒΑΝΤΙΝΟΥ & ΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΣ, Διπλωματική εργασία "Διερεύνηση παραγόντων που επηρεάζουν την διαπερατότητα του σκυροδέματος ", Μάρτιος 1999
- [15] W.H. TAYLOR, " Concrete technology and practice " , 2nd Edition Angus & Robertson.
- [16] TROXELL, DAVIS, KELLY, "Composition and properties of concrete " , 2nd Edition , MC Graw-Hill.
- [17] S. CHATTERJI, " Cement and Concrete Research " , 8, 647-650, 1978 .
- [18] JENSEN & CHATTERJI, " Sartryck ur Nordisk Betong", 5, 1-2, 1975.
- [19] MONOSI, ALVERA & COLLEPARDI, Chemical attack of calcium chloride on the Portland cement paste ", in prints on IL Cemento, (1989).

- [20] GHOSH & MALHOTRA, " Use of superplasticizers as water reducers".
- [21] R.KHURANA & I. TORRESAN, " Evaluation of FC polymers" Research & Development Project, MBT- Italy.