

ΤΕΥΧΟΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ
ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ – ΛΥΚΕΙΟΥ
ΑΓΙΟΥ ΚΗΡΥΚΟΥ ΙΚΑΡΙΑΣ

ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΗΛΙΑΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ MSc DIC

ΣΑΜΟΣ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2023

Περιεχόμενα

1	ΕΚΘΕΣΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	3
1.1	Εισαγωγή.....	3
1.2	Περιγραφή του Κτηρίου και Ιστορικό Κατασκευής και συντήρησης του.....	3
1.3	Έλεγχος υφιστάμενης κατάστασης.....	5
1.3.1	<i>Σύντομη Περιγραφή των Ελέγχων</i>	<i>5</i>
1.3.2	<i>Μακροσκοπική επισκόπηση υφιστάμενης κατασκευής</i>	<i>5</i>
1.3.3	<i>Κρουσιμέτρηση</i>	<i>6</i>
1.4	Αποτελέσματα Ελέγχων.....	11
1.4.1	<i>Μακροσκοπική επισκόπηση υφιστάμενης κατασκευής</i>	<i>11</i>
1.4.2	<i>Κρουσιμέτρηση – Μη λήψη πυρήνων σκυροδέματος</i>	<i>32</i>
1.5	Συμπέρασμα	39

1 ΕΚΘΕΣΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

1.1 Εισαγωγή

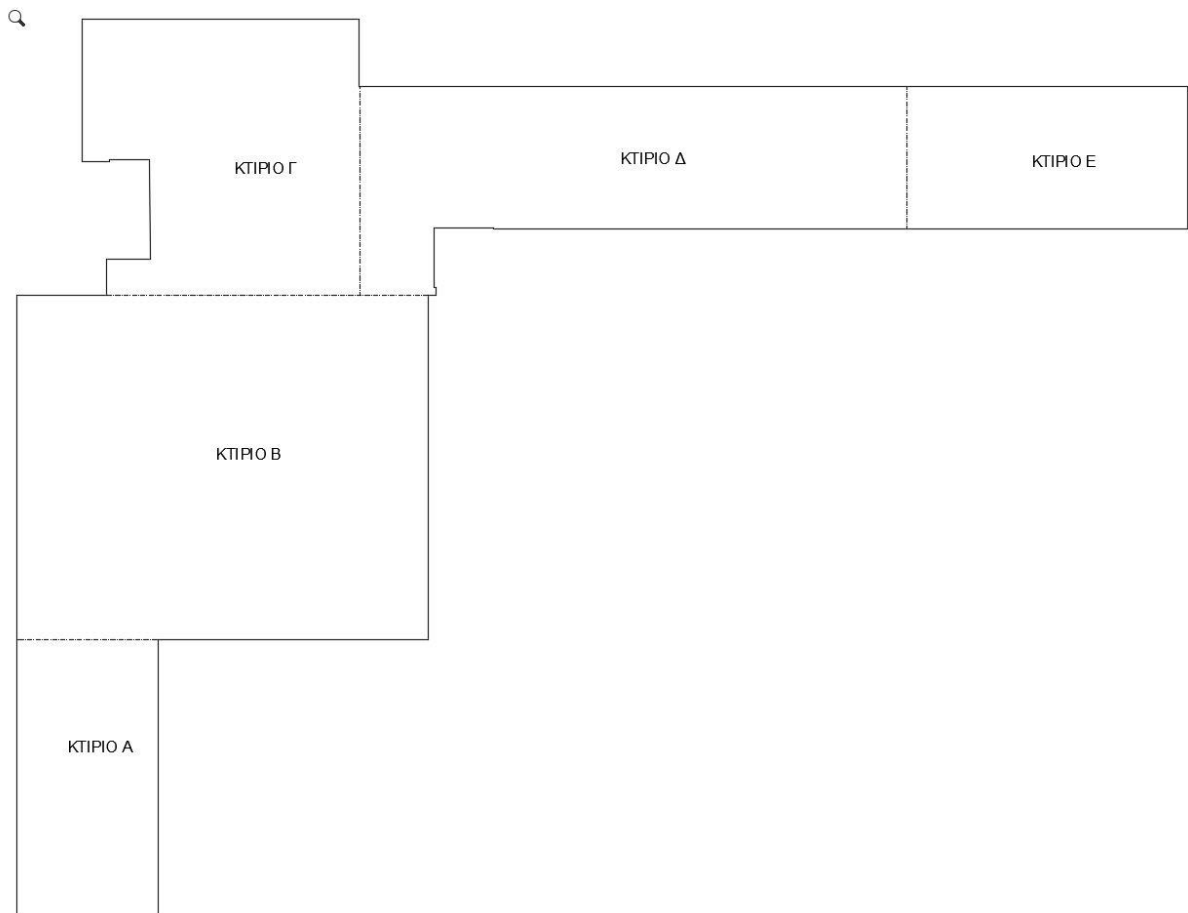
Η παρούσα τεχνική έκθεση αναφέρεται στις διερευνητικές εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στο κτιριακό συγκρότημα που στεγάζει το Γυμνάσιο και Λύκειο Ικαρίας στον Άγιο Κήρυκο Ικαρίας με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα. Περιλαμβάνει αποτελέσματα αυτοψίας και έρευνας μέσω μετρήσεων, για τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών, και τον εντοπισμό όπλισης και της διάταξης της όπλισης του φέροντος οργανισμού.

1.2 Περιγραφή του Κτηρίου και Ιστορικό Κατασκευής και συντήρησης του

Το κτιριακό συγκρότημα που στεγάζει το γυμνάσιο και λύκειο Αγίου Κηρύκου είναι κατασκευασμένο το έτος 1995 σύμφωνα με την υπ. Αριθμ 48/95 Οικοδομική Άδεια με σχέδια του ΟΣΚ του 1986, με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα, τοίχους πλήρωσης από οπτοπλινθοδομή και επικάλυψη με κεραμοσκεπή επί πλάκας οπλισμένου σκυροδέματος.

Η κατασκευή αποτελείται από τέσσερα στατικά ανεξάρτητα κτήρια (Κτήρια Α, Β, Γ και Δ), όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1. Τα τέσσερα κτήρια έχουν κοινή θεμελίωση και διαχωρίζονται με αρμούς στις υπόλοιπες στάθμες. Το κτήριο Α είναι διώροφο με υπόγειο επιφάνειας κάλυψης 130,00 τ.μ. και συνολικής δόμησης 260,00 τ.μ., το υπόγειο είναι επιφάνειας 130,00 τ.μ. και καταλαμβάνει ολόκληρη την κάτοψη του ισογείου. το δεύτερο – κτήριο Β– είναι διώροφο επιφάνειας κάλυψης 381,00 τ.μ. και συνολικής δόμησης 543,00 τ.μ., το τρίτο –κτήριο Γ– είναι διώροφο επιφάνειας κάλυψης 224,00 τ.μ. και συνολικής δόμησης 355,00 τ.μ. και το τέταρτο –κτήριο Δ– είναι διώροφο επιφάνειας κάλυψης 260,00 τ.μ. και δόμησης 520,00 τ.μ.

Το πέμπτο κτίριο – κτήριο Ε – είναι ισόγειο επιφάνειας κάλυψης και δόμησης 134,00 τ.μ. κατασκευασμένο μεταγενέστερα το 2005 με σχέδια που προέβλεπαν την κατασκευή διωρόφου κτίσματος προσθήκης κατ, επέκταση σύμφωνα με την υπ. Αριθμ 67/05 Οικοδομική Άδεια αναθεώρησης της υπ. Αριθμ 48/95 Οικοδομικής Άδειας λόγω προσθήκης κατ' επέκταση διωρόφου κτίσματος.



Σχήμα 1: Διάταξη ανεξάρτητων στατικά κτηρίων

Το 2019 μέσω της εργολαβίας με τίτλο: «Συντήρηση- επισκευή κτιρίου Γυμνασίου- Λυκείου Αγίου Κηρύκου Ικαρίας», προϋπολογισμού 200.000 ευρώ, στο κτιριακό συγκρότημα εκτελέστηκαν οι εξής εργασίες επισκευής και συντήρησης:

- μόνωση των αρμών στον προαύλιο χώρο του Α' ορόφου (κτίρια Β, Γ, Δ),
- στεγάνωση του δώματος πάνω από την αίθουσα του χημείου (κτίριο Β),
- αποκατάσταση των επιχρισμάτων στην όψη του κτιρίου τα οποία είχαν καθαιρεθεί από προηγούμενες εργασίες (κτίρια Β, Δ),
- αποκατάσταση των τοπικών βλαβών του σκυροδέματος και του οπλισμού λόγω τοπικής οξειδωσης του, κυρίως στον προαύλιο χώρο του Α' ορόφου (κτίρια Β, Γ), και στην δυτική όψη του κτιρίου Α
- την αντικατάσταση τμήματος των μεταλλικών κουφωμάτων του ισογείου και υπογείου με κουφώματα αλουμινίου (κτίριο Β, Δ) ,
- Ελαιοχρωματισμός των εξωτερικών μεταλλικών θυρών και των εξωτερικών κιγκλιδωμάτων των διαδρόμων,

- τοποθέτηση πλακιδίων ως τελική επιφάνεια των διαδρόμων διότι οι κλίσεις τους είχαν δοθεί προς το εσωτερικό του κτιρίου όπου οι παλιές υδρορροές είτε είχαν βουλώσει είτε είχαν σπάσει με αποτέλεσμα να πλημμυρίζουν οι αίθουσες κατά την διάρκεια των βροχοπτώσεων. Επιπλέον λόγω του ότι ήταν εγκιβωτισμένες στον φέροντα σκελετό του κτιρίου επιτάχυναν στη διάβρωση του σκελετού (κτίρια Β, Γ) ,
- αποκατάσταση μεγάλου μέρους των κάθετων και οριζόντιων υδρορροών,
- την αντικατάσταση και συντήρηση του δικτύου αποχέτευσης και τέλος
- την συντήρηση των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων του κτιρίου (Αντικατάσταση μέρους των φθαρμένων φωτιστικών, όλων των λαμπτήρων, των διακοπών και πριζών των αιθουσών. Συντήρηση των 4 ηλεκτρολογικών πινάκων με αντικατάσταση όλων των ασφαλειών παλαιού τύπου και επιπλέον τοποθέτηση ρελέ που δεν υπήρχε. Δημιουργία τριγωνικής γείωσης για την ενίσχυση της παρούσας.)

Ο φέρων οργανισμός της κατασκευής είναι κατασκευασμένος από οπλισμένο σκυρόδεμα και αποτελείται από υποστυλώματα, τοιχώματα, δοκούς, και συμπαγείς πλάκες πάχους 20 cm. Η θεμελίωση του κτηρίου αποτελείται από πέδιλα συνδεδεμένα μεταξύ τους με συνδετήριες δοκούς. Η κατακόρυφη επικοινωνία μεταξύ των ορόφων γίνεται μέσω κλιμακοστασίων τα οποία είναι κατασκευασμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Διατίθεται οι ξυλότυποι των ορόφων του κτηρίου, σύμφωνα με τους οποίους οι ποιότητες των υλικών του φέροντος οργανισμού είναι: (i) σκυρόδεμα κατηγορίας B225 και (ii) χάλυβας κυρίως οπλισμού και συνδετήρων ποιότητας StIII και StI αντίστοιχα.

Οι έλεγχοι πραγματοποιήθηκαν κατά κύριο λόγο στα κατακόρυφα φέροντα στοιχεία (υποστυλώματα) των κτηρίων Α, Β, Γ και Δ και επιλεκτικά σε κατακόρυφα φέροντα στοιχεία του ισόγειου μεταγενέστερα κατασκευασμένου κτηρίου Ε.

1.3 Έλεγχος υφιστάμενης κατάστασης

1.3.1 Σύντομη Περιγραφή των Ελέγχων

Ακολούθως αναφέρονται όλοι οι έλεγχοι που πραγματοποιήθηκαν στο φορέα με μεθόδους που καθορίζει ο ΚΑΝ.ΕΠΕ.

1.3.2 Μακροσκοπική επισκόπηση υφιστάμενης κατασκευής

Περιλαμβάνει:

- Επιβεβαίωση γεωμετρικών δεδομένων μελών του Φέροντος Οργανισμού.
- Εντοπισμό ενδείξεων για βλάβες του φέροντος οργανισμού (ρωγμές, αποφλοιώσεις οφειλόμενες απουσία επικάλυψης οπλισμών, υγρασιών, κακής σκυροδέτησης κ.λπ.)
- Εξέταση ποιότητας επιφανειών σκυροδέματος

- Έλεγχος εμφάνισης ή μη ράβδων οπλισμού στις παρειές των στοιχείων σκυροδέματος
- Εντοπισμό των σημείων που ενδείκνυνται για την πραγματοποίηση των δοκιμών.
- Φωτογραφική τεκμηρίωση των ευρημάτων.
- Συνολική αξιολόγηση των ευρημάτων. Εξαγωγή συμπερασμάτων και ένταξή τους στην Τεχνική Έκθεση.

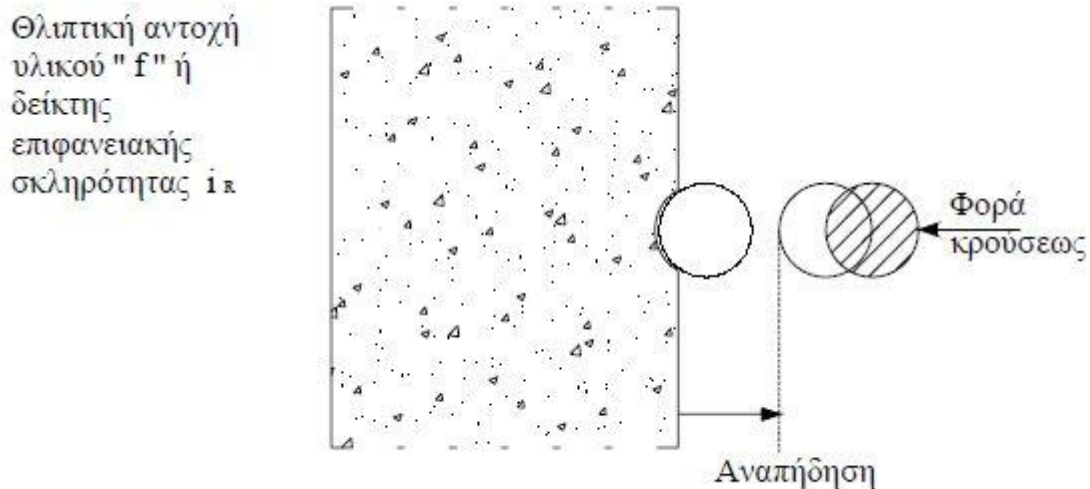
1.3.3 Κρουσιμέτρηση

Η μέθοδος του κρουσίμετρου (Σχήμα 2) αποτελεί μη καταστρεπτική μέθοδο εκτίμησης της αντοχής του σκυροδέματος, η οποία βασίζεται στη μέτρηση της επιφανειακής σκληρότητας των δομικών στοιχείων που εξετάζονται. Με την μέθοδο αυτή διαπιστώνεται η ποιότητα του σκυροδέματος της εξωτερικής επιφάνειας των κατασκευών και σε βάθος έως 30mm περίπου.



Σχήμα 2: Κρουσίμετρο

Η αρχή της μεθόδου φαίνεται στο Σχήμα 3. Μια μεταλλική μάζα προσκρούει στην επιφάνεια του εξεταζόμενου υλικού. Το ύψος αναπήδησής αυτής της μάζας εξαρτάται από την ελαστικότητα του υλικού και, επομένως, από την αντοχή του.



Σχήμα 3: Αρχή της μεθόδου

Πριν την εφαρμογή της μεθόδου απαιτείται απομάκρυνση των επιχρισμάτων και τοπική λείανση των δομικών στοιχείων στις θέσεις εφαρμογής. Απαιτούνται 9 τουλάχιστον κρουσίμετρήσεις σε κάθε θέση.

Εφαρμογές: Η μέθοδος του κρουσίμετρου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διαπίστωση της ομοιογένειας του σκυροδέματος των εξεταζόμενων δομικών στοιχείων, κυρίως πριν τον έλεγχό τους από άλλες μεθόδους όπως πυρηνοληψία και εξόλκευση ήλου.

Παράγοντες που επηρεάζουν την εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος με την μέθοδο του κρουσίμετρου.

Τύπος τσιμέντου: Γενικώς, οι διάφοροι τύποι τσιμέντου Portland δεν επηρεάζουν σημαντικά τις ενδείξεις του κρουσίμετρου (λιγότερο από 10%). Όμως, αν χρησιμοποιηθούν οι καμπύλες που έχουν προκύψει για σκυροδέματα από τσιμέντο Portland σε σκυροδέματα από high alumina cement μπορεί να προκύψουν πλασματικές αντοχές έως και 100% μεγαλύτερες. Ενώ αντιστοίχως για σκυροδέματα από supersulphated cement μπορεί να προκύψουν έως και 50% χαμηλότερες αντοχές. Πρέπει λοιπόν, να γίνεται βαθμονόμηση του οργάνου για τον κάθε τύπο τσιμέντου που πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε (RILEM NDT2, NDT3 1984, BSI 1881/202 1986). Η επίδραση της περιεκτικότητας του σκυροδέματος σε τσιμέντο δεν ξεπερνά το 10%. Αντίθετα χρειάζονται ξεχωριστές βαθμονομήσεις για σκληρά και για μαλακά αδρανή, καθότι τα αποτελέσματα που δίνουν παρουσιάζονται σημαντικά διαφοροποιημένα (RILEM NDT2, NDT3, 1984).

Τύπος και γεωμετρία των εξεταζόμενων δοκιμών: Οι επιφάνειες που δοκιμάζονται με την μέθοδο του κρουσίμετρου πρέπει να είναι απόλυτα λείες. Επιφάνειες οι οποίες προκύπτουν από καλούπια κατασκευασμένα από διάφορα υλικά (ξύλο, μέταλλο) ανταποκρίνονται διαφορετικά στη μέθοδο του κρουσίμετρου. Οι επιφάνειες που δημιουργούνται με την χρήση μυστριού είναι σκληρότερες από αυτές που προκύπτουν από καλούπι και οι τιμές του δείκτη επιφανειακής σκληρότητας παρουσιάζουν σημαντική διασπορά. Συμπερασματικά μπορεί να αναφερθεί ότι οι προς δοκιμή επιφάνειες θα πρέπει ή να προέρχονται από καλούπι ή να λειαινούνται αν είναι ανώμαλες, καθότι έχει παρατηρηθεί ότι οι ενδείξεις του κρουσίμετρου στις λείες επιφάνειες είναι αυξημένες σε σχέση με τις ενδείξεις στις ανώμαλες επιφάνειες ISO DIS 8045 (1982), RILEM NDT2, NDT3 (1984). Πρέπει να τονιστεί ακόμη ότι εκτός από τις ανώμαλες επιφάνειες, ακατάλληλες για δοκιμή είναι επίσης και οι επιφάνειες που προκύπτουν από κοπή (π.χ. με τροχό). Η γεωμετρία των δοκιμών (κύλινδρος ή κύβος) δεν επιφέρει πρακτικώς καμία μεταβολή στον μετρούμενο δείκτη επιφανειακής σκληρότητας (R).

Υγρασία: Η παρουσία υψηλού ποσοστού υγρασίας στο σκυρόδεμα του εξεταζόμενου στοιχείου έχει σαν αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση των ενδείξεων του κρουσίμετρου σε σχέση με τις μετρήσεις που παίρνουμε για ξηρά στοιχεία. Η μείωση αυτή του δείκτη επιφανειακής σκληρότητας, ανάλογα με το ποσοστό υγρασίας, μπορεί να φτάσει το 20% (RILEM NDT2, NDT3 1984, BSI 1881/202 1986).

Θερμοκρασία: Η θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά την διάρκεια των μετρήσεων πρέπει να είναι από 10oC έως 30oC. Μετρήσεις που γίνονται σε χαμηλές θερμοκρασίες (κοντά στους 0°C) δίνουν αυξημένες ενδείξεις κρουσίμετρου (ISO DIS 8045 1982), γι' αυτό καλό είναι να αποφεύγονται οι μετρήσεις σ' αυτές τις θερμοκρασίες.

Ενανθράκωση: Όταν τα δομικά στοιχεία είναι μεγάλης ηλικίας ή εκτίθενται σε περιβάλλον πλούσιο σε CO₂ αναπτύσσεται το φαινόμενο της ενανθρακώσεως. Το φαινόμενο αυτό, προκαλεί αύξηση των ενδείξεων του κρουσίμετρου έως και 50% (RILEM NDT2, NDT3 1984) για σταθερή συμβατική αντοχή σκυροδέματος f_c . Γίνεται εύκολα κατανοητό ότι για μεγάλα βάθη ενανθρακώσεως η διαφορά μεταξύ της συμβατικής αντοχής f_c και της $f_c(R)$ είναι τόσο μεγάλη, που μας επιτρέπει να πούμε ότι γι' αυτές τις τιμές του βάθους ενανθρακώσεως η μέθοδος του κρουσίμετρου παύει να είναι ένα αντικειμενικό κριτήριο για την εκτίμηση της αντοχής μιας κατασκευής. Σε πολλές περιπτώσεις όμως είμαστε υποχρεωμένοι να πάρουμε αποφάσεις για την φέρουσα ικανότητα μιας υπάρχουσας κατασκευής στηριζόμενοι σε μετρήσεις που κάνουμε πάνω σε ενανθρακωμένα στοιχεία σκυροδέματος. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού προτείνεται η αφαίρεση ενός στρώματος πάχους έως 5mm από την εξωτερική-τους επιφάνεια (ASTM C805 1985). Από την (Τρέζος et al 1994) έχει προκύψει η παρακάτω μεταβολή της αντοχής συναρτήσει του βάθους ενανθρακώσεως:

$$f_c(R)/f_c(\text{act})=1.0+0.04*x$$

όπου:

x : το βάθος ενανθρακώσεως σε mm

$f_c(R)$: η αντοχή του σκυροδέματος προσδιοριζόμενη με το κρουσίμετρο αγνοώντας την ενανθράκωση

$f_c(\text{act})$: η πραγματική αντοχή

Διεύθυνση κρουσιμετρήσεως: Η διεύθυνση κρουσιμετρήσεως επηρεάζει σημαντικά τον μετρούμενο δείκτη επιφανειακής σκληρότητας (R). Πρέπει να σημειωθεί ότι ανάλογα με την διεύθυνση κρουσιμετρήσεως (οριζόντια ή κατακόρυφη) θα πρέπει να γίνονται οι σχετικές διορθώσεις των μετρήσεων σύμφωνα με τις οδηγίες που δίνονται στο εγχειρίδιο του οργάνου (RILEM NDT2, NDT3 1984, BSI 1881/202 1986).

R	Διορθώσεις για γωνίες κλίσεως: (+ προς τα πάνω, - προς τα κάτω)			
	+90°	+45°	-45°	-90°
10			+2.4	+3.2
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.1	+1.6	+2.2
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7

Πίνακας 1: Επίδραση της διεύθυνσης κρουσιμετρήσεως στην ένδειξη του κρουσίμετρου.

Αριθμός και θέσεις δοκιμών: Στο εγχειρίδιο του κρουσίμετρου Schmidt, τύπου N, τονίζεται ότι ο αριθμός των κρουσιμετρήσεων θα πρέπει να είναι από 5 έως 10 ανά θέση. Η διάμετρος της περιοχής στην οποία γίνεται ένα σύνολο μετρήσεων (θέση), θα πρέπει να είναι μεταξύ 150 και 300 mm (Facaoaru 1976, ISO DIS 8045 1982, RILEM NDT2, NDT3 1984, BSI 1881/203 1986). Ως τελική τιμή της

μετρήσεως στην υπόψη θέση, θα λαμβάνεται ο μέσος όρος των κρουσιμετρήσεων της θέσεως αυτής. Αν μια κρουσιμέτρηση διαφέρει περισσότερο από 5 μονάδες απ' την μέση τιμή της θέσεως θεωρείται απορριπτέα. Το ASTM: C 805-85 (1985) αναφέρει ότι δεν λαμβάνεται σαν σωστό το σύνολο των κρουσιμετρήσεων μιας θέσεως όταν δύο μετρήσεις διαφέρουν από το μέσο όρο κατά 7 μονάδες. Πάνω στο ίδιο θέμα αναφέρεται από το ISO/DIS 8045 (1982) ότι ο αριθμός των κρουσιμετρήσεων ανά θέση θα πρέπει να είναι 9. Αν το 20% των μετρήσεων μιας θέσεως διαφέρει από τον μέσο όρο περισσότερο από 6 μονάδες, η μέτρηση της θέσεως θεωρείται αναξιόπιστη και επαναλαμβάνεται.

Σημεία που πρέπει να αποφεύγονται: Τα σημεία κρουσιμετρήσεως θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 30mm μακριά από τις ακμές ή τις απότομες ασυνέχειες του δοκιμίου. Περιοχές με σπλισμούς θα πρέπει, όσο είναι δυνατόν, να αποφεύγονται. Λεπτοί τοίχοι και πλάκες (με πάχος μικρότερο των 12cm) δίνουν μειωμένες ενδείξεις, λόγω της ταλαντώσεως που δημιουργείται απ' την κρουσιμέτρηση. Οι κανονισμοί δίνουν ότι το ελάχιστο πάχος, των δοκιμαζόμενων με την μέθοδο του κρουσίμετρου (R), μελών μιας κατασκευής πρέπει να είναι 100mm (ASTM C805 1985, ISO DIS 8045 1982). Στην βιβλιογραφία αναφέρεται ότι για κρουσιμετρήσεις σε πλάκες με μεγάλο λόγο l/h πρέπει να λαμβάνεται υπόψη διορθωτικός συντελεστής:

$\Delta R = +4*(0.05*l/h-1)$, για $l/h > 20$,
όπου l το άνοιγμα της πλάκας και h το πάχος της.

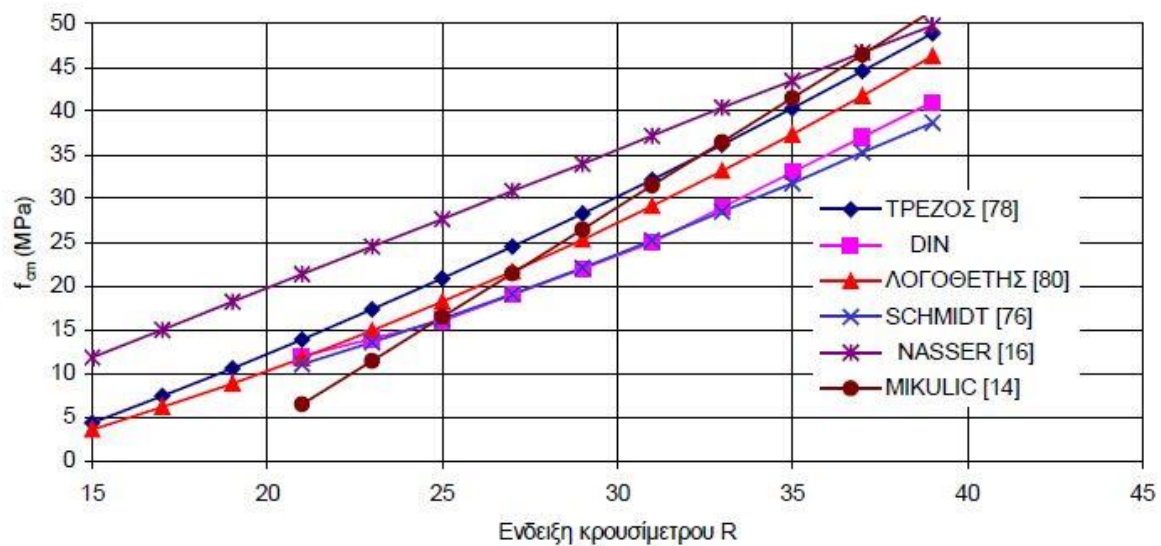
Συντελεστής μεταβλητότητας: Οι Murray A., Long A. (1987) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η μέση αντοχή, όπως υπολογίζεται με τις έμμεσες μεθόδους, είναι σχεδόν η ίδια με την μέση αντοχή των συμβατικών δοκιμών. Εκείνο που αυξάνεται κατά 50% σε σύγκριση με τα συμβατικά δοκίμια στις έμμεσες μεθόδους είναι η διασπορά. Στο ACI ο συντελεστής μεταβλητότητας C.O.V. της μεθόδου του κρουσίμετρου δίνεται ίσος με 10%, ενώ για την μέθοδο των υπερήχων κυμαίνεται από 0.4 έως 1.1%. Στα BSI1881/202 1986 αναφέρεται ότι ο συντελεστής μεταβλητότητας των μεμονωμένων μετρήσεων κάθε ομάδας μετρήσεων είναι συνήθως 10%. Μπορεί όμως να κυμανθεί μεταξύ του 2% και 15%. Ο συντελεστής μεταβλητότητας μειώνεται όσο αυξάνεται η αντοχή του σκυροδέματος και αυξάνεται όσο αυξάνεται το μέγεθος των αδρανών

Μέθοδος συσχέτισεως αντοχής συμβατικών δοκιμών και δείκτη επιφανειακής σκληρότητας: Στο Σχ. 4 που ακολουθεί (Τρέζος et al 1994) παρουσιάζονται συγκριτικά διάφορες καμπύλες που έχουν προταθεί στην διεθνή βιβλιογραφία και οι οποίες συσχετίζουν την ένδειξη του κρουσίμετρου με την μέση θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος. Πάντως σημειώνεται ότι τα αποτελέσματα παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά: το διάστημα εμπιστοσύνης 90% μπορεί να εκτείνεται μέχρι και $\pm 0.25f_{cm}$ εκατέρωθεν των μέσων καμπυλών. **Γ' αυτό δεν συνιστάται η άμεση εφαρμογή των καμπυλών αυτών χωρίς προηγούμενη βαθμονόμηση.** Η βαθμονόμηση μπορεί να γίνει με την παρασκευή ειδικών δοκιμών (με διαφορετικές αντοχές). Τα δοκίμια που θα χρησιμοποιηθούν (κυβικά ή κυλινδρικά) πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο μεγάλα, ούτως ώστε να εξαφανιστεί η επίδραση του μεγέθους από τα αποτελέσματα. Κύβιοι 15cm ή μεγαλύτεροι πρέπει να προτιμώνται. Ο πλέον ικανοποιητικός τρόπος μετρήσεως του δείκτη επιφανειακής σκληρότητας των κύβων είναι να τους τοποθετούμε στην μηχανή επιβολής θλιπτικού φορτίου και αφού τους επιβάλουμε θλιπτική τάση περίπου 1MPa να κάνουμε τις μετρήσεις σε δύο απ' τις πλευρές που προέκυψαν από καλούπι. Είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται δοκίμια με ξηρές επιφάνειες. Σε περίπτωση που έχουν συντηρηθεί σε υγρές συνθήκες θα πρέπει να μεταφέρονται για 2 ημέρες πριν τη δοκιμή σε συνθήκες

εργαστηρίου. Ο ελάχιστος αριθμός των μετρήσεων σε κάθε δοκίμιο πρέπει να είναι 9. Οι θέσεις δοκιμών θα πρέπει να απέχουν μεταξύ τους καθώς και απ' τις ακμές του δοκιμίου 30mm. Στην συνέχεια υπολογίζεται ο μέσος όρος και η διασπορά των μετρήσεων για κάθε ένα από τα 30 περίπου δοκίμια που απαιτούνται για να έχουμε μια καλή συσχέτιση συμβατικής αντοχής (f_c) και δείκτη επιφανειακής σκληρότητας (R). Στα αποτελέσματα προσαρμόζεται με παλινδρόμηση παραβολική ή εκθετική σχέση της μορφής:

$$f_c = av^2 + bv + c \quad \text{ή} \quad f_c = ae^{bv} \quad \text{αντιστοίχως.}$$

Μέση θλιπτική αντοχή σκυροδέματος συναρτήσει της ενδείξεως του κρουσίμετρου



Σχήμα 4: Καμπύλες συσχέτισεως μέσης θλιπτικής αντοχής και ενδείξεως του κρουσιμέτρου (Τρέζος et al 1996)

Στον πίνακα 2 δίνονται στοιχεία από την διεθνή βιβλιογραφία (A. Neville 1975 & Taywood Eng. Ltd 1986) για ποιοτική κατάταξη του σκυροδέματος αναλόγως των ενδείξεων του κρουσιμέτρου.

A/A	Δείκτης Κρουσιμετρήσεως R	Ποιότητα
1	> 45	Εξαιρετική
2	35 ÷ 45	Καλή
3	25 ÷ 35	Μέτρια
4	20 ÷ 25	Κακή
5	< 20	Απόμειξη, ρωγμές

Πίνακας 2: κατάταξη σκυροδέματος σύμφωνα με τις ενδείξεις του κρουσιμέτρου

1.4 Αποτελέσματα Ελέγχων

1.4.1 Μακροσκοπική επισκόπηση υφιστάμενης κατασκευής

Στα κτήρια εντοπίστηκαν τοπικές φθορές και βλάβες, λόγω ελλιπούς συντήρησης, εκτεθειμένος λόγω ανεπαρκούς επικάλυψης και διαβρωμένος οπλισμός, ρηγματώσεις – αποφλοιώσεις σκυροδέματος, γεγονότα που επηρεάζουν την τρωτότητα των δομικών στοιχείων του κτιρίου.

Συγκεκριμένα διαπιστώθηκαν:

ΚΤΙΡΙΟ Α: Εμφάνιση υγρασίας, πτώση επιχρισμάτων, έντονη διάβρωση οπλισμών στην πλάκα οροφής του υπογείου, στα υποστυλώματα και στα τοιχία υπογείου, αποφλοιώσεις σκυροδέματος.

Κτίριο Β: Υγρασίες στον αρμό και υγρασίες και έντονη διάβρωση οπλισμών στην πλάκα οροφής ισογείου – πρόσφατα μονωμένο βατό δώμα αίθουσας χημείου & στα υποστυλώματα της δυτικής όψης στις στάθμες ισογείου & ορόφου, αποφλοιώσεις σκυροδέματος και επιχρισμάτων.

Κτίριο Γ: Εμφάνιση έντονης υγρασίας στον αρμό και έντονη διάβρωση οπλισμών στην πλάκα οροφής ισογείου βιβλιοθήκης σε δοκούς & στα υποστυλώματα της δυτικής και βόρειας όψης στις στάθμες ισογείου & ορόφου.

Κτίριο Δ: Έντονη διάβρωση οπλισμών στα υποστυλώματα της βόρειας όψης στις στάθμες ισογείου & ορόφου, αποφλοιώσεις σκυροδέματος

Ακολούθως παρατίθενται ενδεικτικές φωτογραφίες από τις φθορές που εντοπίστηκαν.



Γενική άποψη κτιριακού συγκροτήματος, νοτιοανατολική όψη



Γενική άποψη κτιριακού συγκροτήματος, στον όροφο



Κτίριο Δ βόρεια όψη, εκτεταμένη ενανθράκωση σκυροδέματος και διάβρωση σιδηρού οπλισμού υποστυλωμάτων, αποφλοιώσεις σκυροδέματος



Κτίριο Δ βόρεια όψη στον αρμό επαφής με το κτίριο Ε, εκτεταμένη ενανθράκωση σκυροδέματος και διάβρωση σιδηρού οπλισμού υποστυλωμάτων, αποφλοιώσεις σκυροδέματος.



Κτίριο Γ βόρεια όψη



Κτίριο Γ βόρεια όψη



Κτίριο Γ δυτική όψη



Κτίριο Β δυτική όψη



Κτίριο Α δυτική όψη (στον αρμό επαφής με το κτίριο Β) επισκευασμένη όψη



εκτεταμένη ενανθράκωση σκυροδέματος και διάβρωση σιδηρού σπλισμού υποστυλωμάτων



εκτεταμένη ενανθράκωση σκυροδέματος και διάβρωση σιδηρού οπλισμού υποστυλωμάτων



εκτεταμένη ενανθράκωση σκυροδέματος και διάβρωση σιδηρού οπλισμού



εκτεταμένη ενανθράκωση σκυροδέματος και διάβρωση σιδηρού οπλισμού υποστυλωμάτων



εκτεταμένη ενανθράκωση σκυροδέματος και διάβρωση σιδηρού οπλισμού υποστυλωμάτων, αποφλοίωση σκυροδέματος



Κτίριο Β: υγρασίες και εκτεταμένη ενανθράκωση σκυροδέματος και διάβρωση οπλισμών στην πλάκα οροφής ισογείου



Κτίριο Β: υγρασίες και εκτεταμένη ενανθράκωση σκυροδέματος και διάβρωση οπλισμών στην πλάκα οροφής ισογείου



Κτίριο Γ: Ισόγειο, υγρασίες στον αρμό και υγρασίες και έντονη διάβρωση οπλισμών στην δοκό



Κτίριο Α έντονη ενανθράκωση σκυροδέματος και διάβρωση σπλισμών στην πλάκα οροφής του υπογείου, στα υποστυλώματα και στα τοιχία υπογείου, αποφλοιώσεις σκυροδέματος.



Κτίριο Α έντονη ενανθράκωση σκυροδέματος και διάβρωση οπλισμών στην πλάκα οροφής του υπογείου, στα υποστυλώματα και στα τοιχία υπογείου, αποφλοιώσεις σκυροδέματος.



Κτίριο Α έντονη ενανθράκωση σκυροδέματος και διάβρωση οπλισμών στην πλάκα οροφής του υπογείου, στα υποστυλώματα και στα τοιχία υπογείου, αποφλοιώσεις σκυροδέματος.



Κτίριο Α έντονη ενανθράκωση σκυροδέματος και διάβρωση οπλισμών, στα υποστυλώματα, αποφλοιώσεις σκυροδέματος.

ΕΝΑΝΘΡΑΚΩΣΗ ΤΟΥ ΜΠΕΤΟΝ ΚΑΙ ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΩΝ ΣΙΔΗΡΩΝ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

Το φαινόμενο της ενανθράκωσης οφείλει την ονομασία του στη μετατροπή του περιεχομένου στο σκυρόδεμα υδροξειδίου του ασβεστίου – Ca(OH)_2 – σε ανθρακικό ασβέστιο: CaCO_3 .

Η ύπαρξη του Ca(OH)_2 μαζί με αυτή άλλων υδροξειδίων που υπάρχουν σε μικρότερες ποσότητες εξασφαλίζουν στους οπλισμούς ένα προστατευτικό, έντονα αλκαλικό περιβάλλον ($\text{pH} \geq 12,5$). Σ' αυτό το περιβάλλον ένα λεπτό φιλμ οξειδίων και υπεροξειδίων προστατεύει το χάλυβα από τη διάβρωση. Το φιλμ αυτό δε σταματά τη διάβρωση, αλλά περιορίζει σημαντικά τους ρυθμούς εξέλιξής της.

Η μετατροπή όμως του Ca(OH)_2 σε ασβεστόλιθο με τη βοήθεια του ανθρακικού οξέος που προκύπτει από την ένωση του CaO με H_2O μειώνει σταδιακά την αλκαλικότητα στο περιβάλλον του οπλισμού μπετόν έως ότου τη ρίξει σε επίπεδα που η παθητική προστασία που παρέχει το επικαλυπτικό φιλμ αναιρείται.

Η ενανθράκωση δεν αποτελεί πρόβλημα για το σκυρόδεμα καθ' αυτό αφού η μετατροπή του υδροξειδίου του ασβεστίου σε ασβεστόλιθο δίνει ένα πιο πυκνό υλικό, χαμηλό πορώδες, με μεγαλύτερη θλιπτική αντοχή. Το πρόβλημα είναι σε σχέση με την προστασία του σιδηρού οπλισμού. Η ενανθράκωση αποτελεί την κύρια αιτία για τη διάβρωση των οπλισμών. Στις αστικές και βιομηχανικές περιοχές που έχουν υψηλά ποσοστά CO_2 η ενανθράκωση αποτελεί τον κυρίαρχο μηχανισμό απαξίωσης του οπλισμένου σκυροδέματος.

Εκεί όπου υπάρχουν και χλωριούχες ενώσεις όπως π.χ. σε παραθαλάσσιες περιοχές, η συνεργιστική δράση ενανθράκωσης και χλωριόντων μπορεί να είναι καταγιστική.

Παράγοντες που επηρεάζουν την εξέλιξη της ενανθράκωσης – Προληπτικά μέτρα κατά της ενανθράκωσης

1. Το περιβάλλον.

Περιβάλλοντα στα οποία υπάρχει αυξημένη περιεκτικότητα του αέρα σε CO_2 επιταχύνουν τις διαδικασίες ενανθράκωσης.

Τέτοια περιβάλλοντα είναι τα βιομηχανικά και τα αστικά. Στις αγροτικές περιοχές η ενανθράκωση εξελίσσεται με βραδύτερους ρυθμούς. Σε επίπεδο μικροπεριβάλλοντος, ιδιαίτερα επιβαρυμένα είναι τα πάρκινγκ αυτοκινήτων λόγω των αυξημένων εκπομπών σε CO_2 .

Για τον ίδιο λόγο, στα αστικά περιβάλλοντα οι χαμηλότεροι όροφοι είναι πάντα πιο επιβαρυμένοι από τους υψηλότερους.

2. Το πάχος και η ποιότητα επικάλυψης των οπλισμών.

Προφανώς μεγάλες επικαλύψεις προσφέρουν μακρόχρονη προστασία. Όσον αφορά την ποιότητα της επικάλυψης, αυτή βελτιώνεται:

* Με τη μείωση του υδατοσιμεντοσυντελεστή: μείωση πορώδους. Να κρατιέται σε επίπεδα μικρότερα του 0,50.

* Με την αύξηση της ποσότητας του τσιμέντου στις νέες κατασκευές: αυξάνεται η ποσότητα του προστατευτικού $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

* Με καλή συμπύκνωση και ωρίμανση του σκυροδέματος: μείωση κακοτεχνιών, φωλιών αδρανών, ρωγμών κλπ.

3. Σχετική υγρασία του σκυροδέματος.

Μια Σ.Υ. της τάξης του 50-60% θεωρείται η ως πιο επιβαρυντική για την εξέλιξη της ενανθράκωσης.

Όταν έχουμε Σ.Υ. $\leq 40\%$ η διαδικασία επιβραδύνεται, γιατί δεν μπορεί να υπάρξει διάλυση του CO_2 στο νερό και σχηματισμός H_2CO_3 .

Σε επίπεδα Σ.Υ. $\leq 20\%$ η ενανθράκωση πρακτικά μηδενίζεται.

Στο άλλο άκρο: όταν η σχετική υγρασία του μπετόν προσεγγίζει το 85-90%, το CO_2 δεν μπορεί να διεισδύσει επειδή οι πόροι του μπετόν είναι γεμάτοι με νερό.

4. Ύπαρξη ρωγμών.

Οι ρωγμές αποτελούν προτιμησιακά μονοπάτια για τη δίοδο του CO_2 .

Έλεγχος του αριθμού και του εύρους τους τόσο στο νωπό όσο και στο σκληρυμένο μπετόν οδηγεί σε καλύτερο έλεγχο της ενανθράκωσης.

Έλεγχος της ρηγμάτωσης στις νέες κατασκευές μπορεί να γίνει με μέτρα όπως: χρήση συνθετικών ινών στο σκυρόδεμα, προσεγγμένη συντήρηση, χάραξη αρμών διαστολής, επαρκή σπλισμό κλπ.

5. Φράγματα κατά της ενανθράκωσης.

Πρόκειται για βαφές, εμποτισμούς ή και λεπτά επιχρίσματα που λειτουργούν σαν φράγματα κατά της εισόδου του CO_2 .

Τα υλικά αυτά είναι συνήθως διαπερατά από τους υδρατμούς, γιατί το μόριο του H_2O είναι μικρότερο από αυτό του CO_2 .

ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

Όταν το μέτωπο της ενανθράκωσης φθάσει στην περιοχή του σπλισμού, η συνεπαγόμενη μείωση της αλκαλικότητας αδρανοποιεί την παθητική προστασία που προσφέρουν στους σπλισμούς τα επιφανειακά, σταθερά φιλμ από τα υδροξείδια του σιδήρου και του ασβεστίου και πλέον ο δρόμος είναι ανοικτός για την έναρξη της διαδικασίας διάβρωσης.

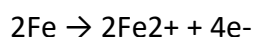
Η διάβρωση του σιδήρου είναι μια ηλεκτροχημική διαδικασία, γιατί εμπεριέχει ροή ηλεκτρονίων και ιόντων.

Το ρόλο της ανόδου και της καθόδου μπορούν να παίξουν ξεχωριστές περιοχές του ίδιου οπλισμού που έχουν διαφορετικά ενεργειακά επίπεδα για να εξασφαλίζεται και η απαραίτητη διαφορά δυναμικού.

Το ρόλο του ηλεκτρολύτη παίζει το περιβάλλον υγρό μπετόν. Ο ηλεκτρολύτης μεταφέρει στην κάθοδο τα κατιόντα που παράγονται στην άνοδο. Η διάβρωση επιταχύνεται όταν οι πόροι του μπετόν δεν περιέχουν μόνο καθαρό νερό αλλά και άλατα, κυρίως χλωριούχα. Το ρόλο της μεταλλικής σύνδεσης που μεταφέρει τα ηλεκτρόνια παίζει ο ίδιος οπλισμός. Οι διαδικασίες της διάβρωσης είναι πολύπλοκες όπως και τα παραγόμενα προϊόντα.

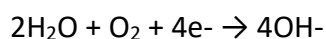
Μια τυπική εξέλιξη όμως είναι η εξής:

Στην άνοδο υπάρχει οξείδωση του σιδήρου κατά την αντίδραση:



Πρόκειται στην ουσία για «διάλυση» του μετάλλου στο νερό.

Κατιόντα σιδήρου φεύγουν από το μεταλλικό ιστό αφήνοντας πίσω τους ελεύθερα ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια που μένουν στη ράβδο κινούνται προς περιοχές που παίζουν το ρόλο της καθόδου. Εκεί ανάγουν το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο κατά την αντίδραση:



Τα προϊόντα που παρήχθησαν από τις παραπάνω αντιδράσεις αντιδρούν μεταξύ τους. Τα κατιόντα σιδήρου μέσω του ηλεκτρολύτη μεταφέρονται στην κάθοδο όπου αντιδρούν με τα υδροξύλια και παράγουν υδροξείδια του σιδήρου δηλ. σκουριά. Η σκουριά εναποτίθεται στη ράβδο στις περιοχές των καθόδων και επειδή είναι διαπερατή τόσο από το νερό όσο και από τα αέρια, η διαδικασία οξείδωσης συνεχίζεται. Νέα προϊόντα σκουριάς παράγονται με περαιτέρω αντιδράσεις με το διαλυμένο οξυγόνο. Ο όγκος των παραγόμενων προϊόντων σκουριάς διαρκώς αυξάνει κι οι συνοδευτικές αυξανόμενες εσωτερικές τάσεις προκαλούν ρηγματώσεις, αποτινάξεις και αποκολλήσεις ολόκληρων κομματιών από μπετόν.

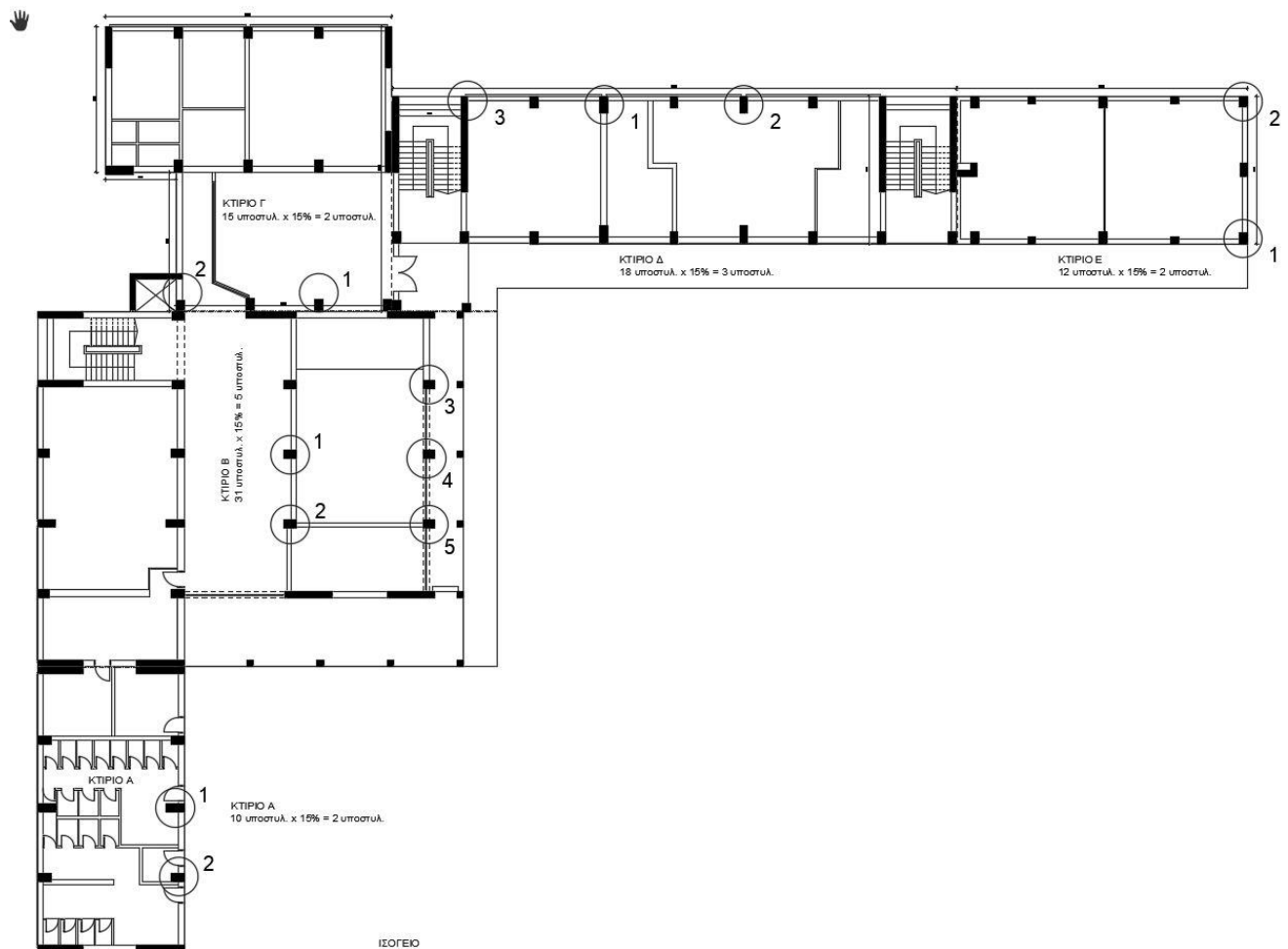
Οι διαδικασίες αυτές όπως προαναφέραμε μπορούν να επιταχυνθούν από την παρουσία χλωριούχων αλάτων σε παραθαλάσσιες περιοχές.

1.4.2 Κρουσιμέτρηση – Μη λήψη πυρήνων σκυροδέματος

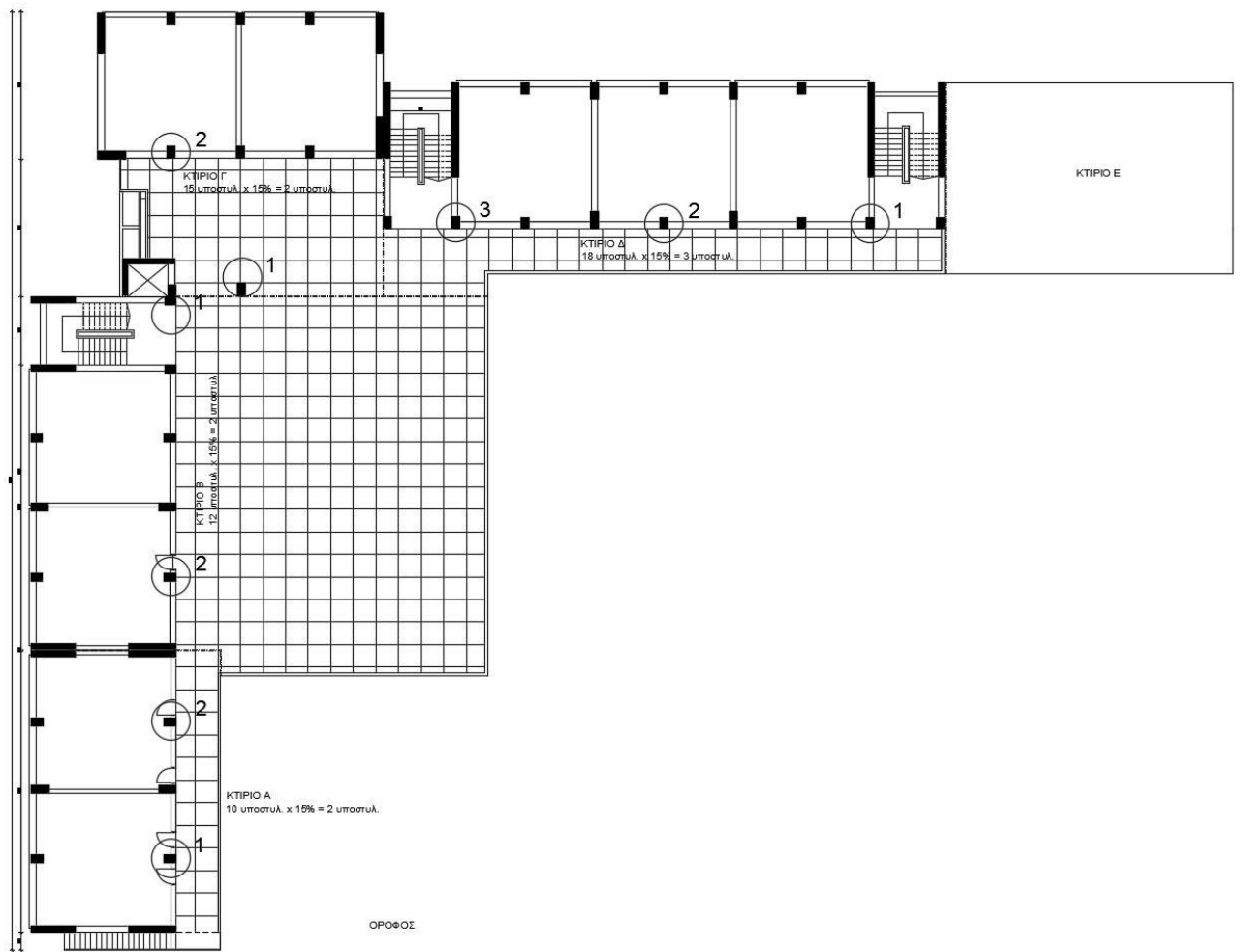
Παρατήρηση: Δεν πραγματοποιήθηκαν πυρηνοληψίες, καθόσον δεν δόθηκε άδεια για την πραγματοποίησή τους.

Πραγματοποιήθηκαν κρουσιμετρήσεις σε κατακόρυφα μέλη του Φέροντος Οργανισμού (υποστυλώματα). Τα αποτελέσματα των κρουσιμετρήσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Από τις εννέα μετρήσεις σε κάθε δομικό στοιχείο δε λαμβάνεται υπόψη η μικρότερη και η μεγαλύτερη μέτρηση (επισημαίνονται ως διαγραμμένες στους πίνακες).

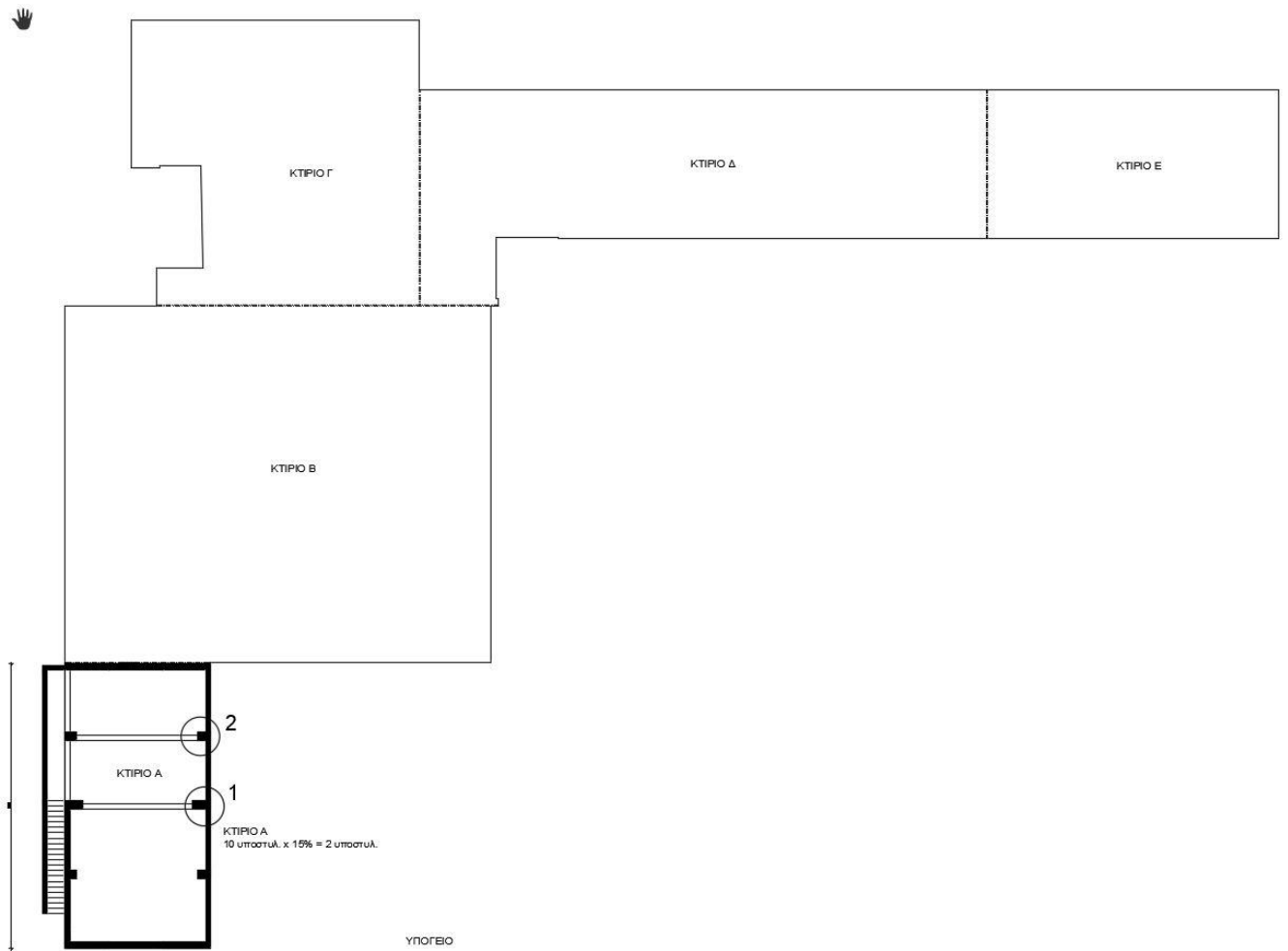
Οι ονομασίες των στοιχείων ακολουθούν την διατιθέμενη κάτοψη κάθε ορόφου των κτηρίων Α,Β,Γ,Δ,Ε που παρουσιάζεται στα Σχήματα 5,6 και 7 για τις στάθμες ισογείου, ορόφου και υπογείου αντίστοιχα.



Σχήμα 5: θέσεις κρουσιμετρήσεων στην στάθμη ισογείου



Σχήμα 6: Θέσεις κρουσιμετρήσεων στην στάθμη ορόφου



Σχήμα 7: θέσεις κρουσιμετρήσεων στην στάθμη υπογείου

ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΑ (γωνία κρούσης $\alpha=0^\circ$)							
A/A	Κτήριο / Θέση	Στοιχείο	Μέτρηση κρουσιμέτρου R			Μέσος Όρος (Μ.Ο.) μετρήσεων Rmi	** Μέση Αντοχή κύβου Wm 14-56 ημ ακμής 15 cm βάσει της καμπύλης κατασκευαστή του κρουσιμέτρου (MPa)
ΥΠΟΓΕΙΟ ΚΤΙΡΙΟ Α							
1	A /1	υποσύλωμα	27	25	27	25,14	16,3
			26	24	28		
			20	23	24		
2	A /2	υποσύλωμα	24	25	25	25,43	17,0
			23	28	25		
			40	25	26		
ΙΣΟΓΕΙΟ ΚΤΙΡΙΟ Α							
3	A /1	υποσύλωμα	24	29	24	26,43	18,4
			28	27	25		
			30	28	24		
4	A /2	υποσύλωμα	28	32	30	32,57	27,7
			40	35	31		
			38	24	34		
ΟΡΟΦΟΣ ΚΤΙΡΙΟ Α							
5	A /1	υποσύλωμα	33	33	38	32,14	26,9
			30	27	34		
			29	33	33		
6	A /2	υποσύλωμα	46	40	41	43,29	47,0
			42	47	45		
			46	42	41		
ΙΣΟΓΕΙΟ ΚΤΙΡΙΟ Β							
7	B /1	υποσύλωμα	29	36	36	35,14	31,8
			35	40	32		
			34	42	33		
8	B /2	υποσύλωμα	30	29	40	32,57	27,7
			32	33	32		
			41	32	30		
9	B /3	υποσύλωμα	46	42	42	43,00	46,0
			48	42	40		
			35	45	44		
10	B /4	υποσύλωμα	34	36	31	32,57	27,7
			32	34	30		
			31	34	32		
11	B /5	υποσύλωμα	36	38	44	36,71	34,4
			37	32	37		
			40	31	37		

A/A	Κτήριο	Στοιχείο	Μέτρηση κρουσιμέτρου R			Μέσος Όρος (Μ.Ο.) μετρήσεων R _{mi}	** Μέση Αντοχή κύβου W _m 14-56 ημ ακμής 15 cm βάσει της καμπύλης κατασκευαστή του κρουσιμέτρου (MPa)
ΟΡΟΦΟΣ ΚΤΙΡΙΟ Β							
12	B /1	υποσύλωμα	40	39	32	40,85	42,4
			41	43	44		
			46	37	42		
13	B /2	υποσύλωμα	34	37	33	31,86	26,9
			29	32	30		
			34	24	31		
ΙΣΟΓΕΙΟ ΚΤΙΡΙΟ Γ							
14	Γ /1	υποσύλωμα	30	32	39	30,14	23,6
			32	32	29		
			30	26	25		
15	Γ/2	υποσύλωμα	35	33	33	34,28	31,0
			34	30	39		
			38	33	34		
ΟΡΟΦΟΣ ΚΤΙΡΙΟ Γ							
16	Γ /1	υποσύλωμα	25	34	33	30,29	24,4
			27	32	32		
			26	30	32		
17	Γ /2	υποσύλωμα	26	31	33	29,86	23,6
			31	28	29		
			29	31	30		
ΙΣΟΓΕΙΟ ΚΤΙΡΙΟ Δ							
18	Δ /1	υποσύλωμα	37	36	39	36,71	34,4
			34	28	38		
			40	39	34		
19	Δ /2	υποσύλωμα	36	34	44	37,14	35,3
			43	34	36		
			38	34	39		
20	Δ /3	υποσύλωμα	38	34	36	36,00	33,5
			34	36	39		
			35	40	33		
ΟΡΟΦΟΣ ΚΤΙΡΙΟ Δ							
21	Δ /1	υποσύλωμα	40	38	36	40,43	42,4
			40	40	44		
			41	42	42		
22	Δ /2	υποσύλωμα	36	40	38	36,71	34,4
			41	33	33		
			38	39	32		

Α/Α	Κτήριο	Στοιχείο	Μέτρηση κρουσιμέτρου R			Μέσος Όρος (Μ.Ο.) μετρήσεων R _{mi}	** Μέση Αντοχή κύβου W _m 14-56 ημ ακμής 15 cm βάσει της καμπύλης κατασκευαστή του κρουσιμέτρου (MPa)
23	Δ /3	υποστώλωμα	40	40	38	39,85	40,5
			40	40	39		
			40	40	42		
ΙΣΟΓΕΙΟ ΚΤΙΡΙΟ Ε							
24	Ε /1	υποστώλωμα	30	36	33	35,00	31,8
			30	46	32		
			46	36	32		
25	Ε /2	υποστώλωμα	38	30	36	34,43	31,0
			32	44	36		
			31	35	33		

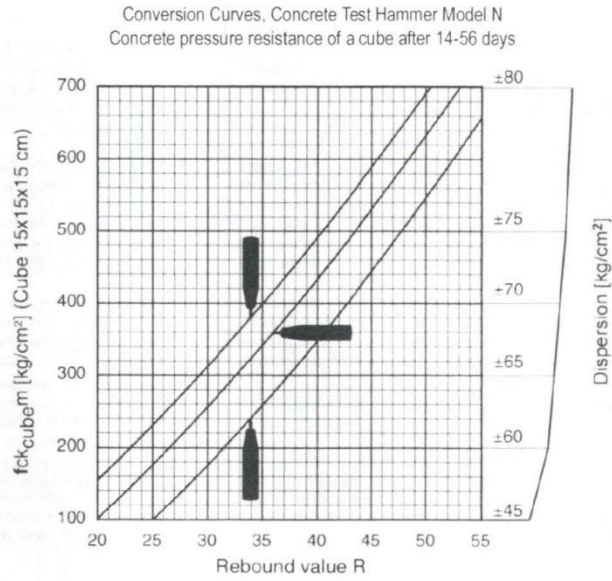
Πίνακας 3: Αποτελέσματα κρουσιμετρήσεων σε υποστώματα

****Παρατηρήσεις:**

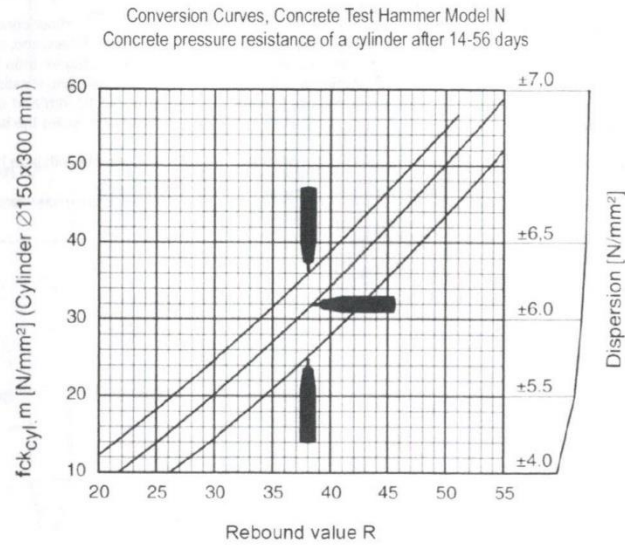
Η Μέση Αντοχή κύβου W_m 14-56 ημ ακμής 15 cm λαμβάνεται βάσει της καμπύλης κατασκευαστή του κρουσιμέτρου (MPa) Σχήμα 8

Η ορθή διαδικασία για τη συμπλήρωση αυτής της στήλης θα απαιτούσε βαθμονόμηση του κρουσιμέτρου βάσει πυρηνοληψίας.

Model N:
Conversion curves based on the average compressive strength of a cube and the rebound value R



Model N:
Conversion curves based on the average compressive strength of a cylinder and the rebound value R



Σχήμα 8 : Αντοχή κύβου Wm 14-56 ημ / κυλίνδρου Zm 14-56 ημ. σε συνάρτησης του αριθμού κρουσιμέτρησης R και της γωνίας κρούσης (α)

Ο μέσος όρος (Μ.Ο.) των παραπάνω n=25 μετρήσεων του κρουσιμέτρου είναι:

$$\overline{R_m} = \sum \frac{R_{mi}}{n}$$

$$\overline{R}_m = \frac{858,54}{25} = 34,34$$

και η τυπική τους απόκλιση s είναι:

$$s^2 = \frac{(R1-\overline{Rm})^2+(R2-\overline{Rm})^2+\dots+(Rn-\overline{Rm})^2}{n-1} \rightarrow s^2 = \frac{1}{n-1} \sum (Ri - \overline{Rm})^2 \rightarrow s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (Ri - \overline{Rm})^2}$$

$$\rightarrow s = \sqrt{\frac{1}{25-1} 594,38} = 4,97.$$

Η διαφορά του μέσου όρου από την τυπική απόκλιση είναι $34,34 - 4,97 = 29,37$.

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται στοιχεία από τη διεθνή βιβλιογραφία για ποιοτική κατάταξη του σκυροδέματος αναλόγως των μετρήσεων του κρουσιμέτρου.

A/A	Δείκτης Κρουσιμετρήσεως	Ποιότητα
1	>45	Εξαιρετική
2	35-45	Καλή
3	25-35	Μέτρια
4	20-25	Κακή
5	<20	Απομίξεις, ρωγμές

Πίνακας 4: Ποιοτική κατάταξη σκυροδέματος

Από το συνδυασμό των Πινάκων 3 και 4, προκύπτει ότι η ποιότητα του σκυροδέματος χαρακτηρίζεται ως **«μέτρια»**.

1.5 Συμπέρασμα

Με βάση τα αποτελέσματα των διερευνητικών ελέγχων κρουσιμετρήσεων σε συνδυασμό με τα νομογραφήματα του Σχήματος 8 εξάγεται το συμπέρασμα ότι η μέση θλιπτική και η χαρακτηριστική αντοχή του σκυροδέματος πρότυπου κύβου ακμής 15 cm αντίστοιχα εκτιμάται σε:

$$f_{cm,cube} = 31 \text{ MPa με τυπική απόκλιση } s = \pm 8,4 \text{ MPa}$$

$$f_{ck,cube} = f_{cm,cube} - s = 31 - 8,4 = 22,6 \text{ MPa}$$

ενώ οι αντίστοιχες του πρότυπου κυλίνδρου ($\div 1,25$) προκύπτουν:

$$f_{cm,cyl} = 24,8 \text{ MPa με τυπική απόκλιση } s = \pm 6,7 \text{ MPa}$$

$$f_{ck,cyl} = f_{cm,cyl} - s = 24,8 - 6,7 = 18,1 \text{ MPa}$$

Σύμφωνα με τον ΕΚΩΣ η ποιότητα αντιστοιχεί σε σκυρόδεμα κατηγορίας **C12/15**

$$(f_{ck,cube} = f_{cm,cube} - 1,6s = 31 - 1,6 \times 8,4 = 18,0 \text{ MPa} \leq 20 \text{ MPa}$$

Σύμφωνα με τον παλιό κανονισμό σκυροδέματος η ποιότητα αντιστοιχεί σε σκυρόδεμα κατηγορίας **B225** της αρχικής μελέτης.

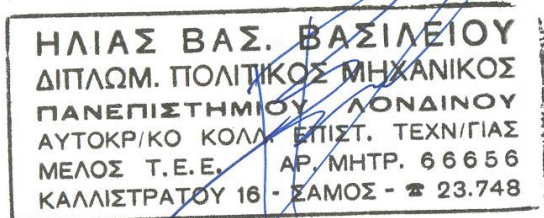
Η έντονη ενανθράκωση του σκυροδέματος και η διάβρωση του σιδηρού οπλισμού που παρατηρείται κατά κύριο λόγο στην βόρεια και δυτική όψη του κτιριακού συγκροτήματος οφείλεται στην δράση του CO₂ λόγω της εγγύτητας του εν λόγω κτιρίου με το εργοστάσιο της ΔΕΗ (βιομηχανική περιοχή) που βρίσκεται σε απόσταση 300 μ. και σε χαμηλότερο υψόμετρο, της εγγύτητας με την θάλασσα, στην μέτρια ποιότητα σκυροδέματος και τέλος στην μη επαρκή επικάλυψη του σιδηρού οπλισμού κατά την κατασκευή του έργου.

Το πρόβλημα εισροής υγρασίας και υδάτων στο ισόγειο των κτιρίων Β & Γ οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αστοχία της μόνωσης της πλάκας οροφής του ισογείου (βατού δώματος) και των αντισεισμικών αρμών μεταξύ των κτιρίων.

Η όπλιση των Φερόντων Στοιχείων συμφωνεί, σε ικανοποιητικό βαθμό, με αυτή των ξυλοτύπων της μελέτης. Συνεπώς, για τις αναλύσεις που θα πραγματοποιηθούν για τον έλεγχο της Στατικής Επάρκειας του κτηρίου θα θεωρηθεί ότι έχει εφαρμοστεί ο οπλισμός του διατιθέμενων ξυλοτύπων.

Σάμος, Μάρτιος 2023

Ο μηχανικός



Ηλίας Βασιλείου, Πολιτικός Μηχανικός MSc DIC