

ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ:



**ΔΗΜΟΣ ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΗΣ**  
**ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ**

ΑΝΑΔΟΧΟΣ:



Αγίας Λαύρας 8 | Ακταίο Ρίου | Πάτρα 265 04  
τ. 2610992318 / 2641021233 | φ. 2610990660  
e. info@eblecton.gr | s. www.eblecton.gr

ΤΙΤΛΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ:

**Μελέτη Στατικής Επάρκειας &  
Στατικής Ενίσχυσης  
2ου Λυκείου Δήμου Πετρούπολης**  
**ΦΑΣΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ**

**ΕΚΘΕΣΗ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ - ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ  
& ΕΚΘΕΣΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ - ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ**

**ΦΑΠ1 & 2**

Σύνταξη Στατικής Μελέτης

Βασίλειος Μπαρδάκης  
Πέτρος Μοσχολιός  
Δημήτριος Φρυγανάκης  
Αγγελική-Παρασκευή Παντελή  
Αικατερίνη-Χριστίνα Γεωργίου  
Ιωάννης Πρέντζας  
Λαμπρινή Ζωχιού  
Ασκούνη Παρασκευή

Σύνταξη Γεωτεχνικής Μελέτης

Αγγελική-Παρασκευή Παντελή  
Βασίλειος Μπαρδάκης

**ΠΕΤΡΟΥΠΟΛΗ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2020**

ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ:

**ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΜΠΑΡΔΑΚΗΣ**  
**Δρ Πολιτικός Μηχανικός**

ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ Η ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ:

**ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ**  
**Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός**

ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ Ο ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ Δ/σης Τεχνικών Υπηρεσιών:

**ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΣ**  
**Διπλ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός**

ΕΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	Εισαγωγή.....	1
2.	Περιγραφή του Κτιριακού Συγκροτήματος.....	1
2.1	Ιστορικό.....	2
3.	Αποτύπωση του Φέροντος Οργανισμού του Κτιρίου.....	3
4.	Διερευνητικές Εργασίες.....	3
4.1	Σκυρόδεμα.....	3
4.1.1	Πυρηνοληψίες.....	3
4.1.2	Κρουσιμετρήσεις.....	7
4.1.3	Ενανθράκωση.....	20
4.1.4	Συσχέτιση των μετρήσεων.....	27
4.2	Χαλύβδινι Οπλισμοί.....	34
4.2.1	Ανιχνεύσεις Χαλύβδινων Οπλισμών.....	34
4.2.2	Αποκαλύψεις Χαλύβδινων Οπλισμών.....	123
4.2.3.	Συσχέτιση των μετρήσεων.....	134
4.3	Υπέρυθρη Απεικόνιση.....	143

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα τεχνική έκθεση αφορά στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων των εργασιών διερεύνησης και τεκμηρίωσης του φέροντος οργανισμού του κτιριακού συγκροτήματος του 2ου Λυκείου Δήμου Πετρούπολης. Αναλυτικότερα, παρουσιάζονται, ταξινομούνται και βαθμονομούνται όλα τα διαθέσιμα στοιχεία με σκοπό την εκτίμηση της θλιπτικής αντοχής του υφιστάμενου σκυροδέματος και την ποσοτικοποίηση των χαλύβδινων οπλισμών των στοιχείων των κτιρίων.

Για τις ανάγκες της μελέτης πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις στο έργο, με σκοπό την αποτύπωση του κτιριακού συγκροτήματος και την διεξαγωγή των διερευνητικών εργασιών για την αποτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης των υλικών.

## 2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ

Στο σχολικό συγκρότημα στεγάζεται το 2ο Λύκειο Δήμου Πετρούπολης. Βρίσκεται επί της συμβολής των οδών 28<sup>ης</sup> Οκτωβρίου και Σκουφά και αποτελείται από 3 δομικά υποσυστήματα, τα οποία διαχωρίζονται μεταξύ τους μέσω σεισμικού αρμού (ανεπαρκούς εύρους) [βλ. διάταξη Σχήματος 2.1].

ΚΤΙΡΙΟ II	ΚΤΙΡΙΟ III	ΚΤΙΡΙΟ I
-----------	------------	----------

**Σχήμα 2.1.** Ονοματολογία κτιρίων 2ου Λυκείου Δήμου Πετρούπολης.

Το δομικό σύστημα είναι εξ οπλισμένου σκυροδέματος με τοιχοπληρώσεις και θεωρείται πλαισιακό κατά την εγκάρσια διεύθυνση, και μικτό (με ισχυρά τοιχία) κατά τη εγκάρσια διεύθυνση στα τμήματα II, III.

### 2.1. Ιστορικό

Για την ανέγερσή του είχε εκδοθεί η υπ' αριθμ. 3927/1978 οικοδομική άδεια, από τον Οργανισμό Σχολικών Κτιρίων. Στο αρχείο της Τεχνικής Υπηρεσίας του Δήμου Πετρούπολης διατίθενται τα εξής στοιχεία:

- Τεύχος στατικής μελέτης,
- Σχέδιο Σ1 «Ξυλότυπος – Θεμελίωσις – Αναπτuy. Δοκών»
- Σχέδιο Σ2 «Ξυλότυπος οροφής υπογείου - κουβουκλιου»
- Σχέδιο Α6 «ΤΟΜΑΙ α-α β-β γ-γ»

Στα κτίρια του συγκροτήματος προκλήθηκαν βλάβες από το σεισμό της 19<sup>ης</sup> Ιουλίου 2019. Βάσει του Δελτίου Α/θμιας Μετασεισμικής Αυτοψίας της εταιρείας «Κτιριακές Υποδομές Α.Ε.» το συγκρότημα χαρακτηρίστηκε ακατάλληλο για χρήση (κατηγορίας Γ). Προβλήματα εντοπίστηκαν στα υποστυλώματα των διαδρόμων των κτιρίων, στα οποία ο εγκάρσιος οπλισμός ήταν ελλιπής και πιθανολογήθηκαν ενδείξεις λυγισμού των διαμήκων ράβδων. Επιπλέον, στη βορινή πλευρά του συγκροτήματος εντοπίστηκε αποκόλληση της τοιχοποιίας από τα φέροντα στοιχεία.

Οι άμεσες ανάγκες στέγασης των μαθητών έκριναν επείγουσα την εκπόνηση μελετών:

- Στατικής αποτύπωσης
- Ελέγχου στατικής επάρκειας
- Στατικής ενίσχυσης και αποκατάστασης σε επίπεδο οριστικής μελέτης.

### **3. ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ**

Μέσω επιτόπου μετρήσεων (με τοπογραφικά και ηλεκτρονικά όργανα), συντάχθηκαν σχέδια αποτύπωσης με έμφαση στη στατική αποτύπωση, καθώς και εξαρτημένο τοπογραφικό διάγραμμα.

### **4. ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ**

Οι διερευνητικές εργασίες σκυροδέματος και χαλύβδινων οπλισμών πραγματοποιήθηκαν σε διάφορες θέσεις του φέροντος οργανισμού των κτιρίων, όπως παρουσιάζεται στα σχέδια που συνοδεύουν την παρούσα τεχνική έκθεση. Οι διερευνητικές εργασίες που εκτελέστηκαν περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους.

#### **4.1. Σκυρόδεμα**

Για την εκτίμηση της αντοχής του σκυροδέματος από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο φέροντας οργανισμός των κτιρίων του 2ου Λυκείου Δήμου Πετρούπολης ελήφθησαν πυρήνες, οι οποίοι υποβλήθηκαν σε δοκιμή μονοαξονικής θραύσης και εκτελέστηκαν επιτόπου δοκιμές κρουσιμέτρησης (σφύρα Schmidt) σε πολλές θέσεις.

Ακολουθεί περιγραφή των εκτελεσθέντων δοκιμών καθώς και του θεωρητικού υποβάθρου που χρησιμοποιήθηκε για την περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων.

#### 4.1.1. Πυρηνοληψίες



**Εικόνα 3.1.** Εφαρμογή της διαδικασίας λήψης πυρήνων σκυροδέματος.

Κατά τη διενέργεια την διερευνητικών εργασιών σκυροδέματος ελήφθησαν συνολικά 7 πυρήνες σκυροδέματος από επιλεγμένες θέσεις των κτιρίων: 3 πυρήνες στον κρίσιμο όροφο (ισόγειο), 3 πυρήνες ανά 2-ορόφους και 1 ακόμη προς καλύτερη συσχέτιση μεταξύ των υποσυστημάτων. Οι ακριβείς θέσεις πυρηνοληψίας απεικονίζονται στα Σχέδια Τεκμηρίωσης.

Οι εργαστηριακές δοκιμές θλίψης πυρήνων σκυροδέματος πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Μηχανικής & Τεχνολογίας Υλικών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών. Τα αποτελέσματα της θραύσης των πυρήνων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1.



**Εικόνα 3.2.** Εργαστηριακές δοκιμές θλίψης, Εργαστήριο Μηχανικής & Τεχνολογίας Υλικών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών.

**Πίνακας 3.1.** Αποτελέσματα θραύσης πυρήνων σκυροδέματος.

Πυρήνας	Θέση Δειγματοληψίας	Ύψος H (mm)	Διάμετρος D (mm)	Δύναμη Αστοχίας (kN)	Τάση Θραύσης (MPa)
Κτίριο I					
Π1	πρόβολος	100	94	225	32,4
Κτίριο II					
Π3	τοιχίο	102	94	114	16,4
Π5	τοιχίο	102		121	17,4
Π6	τοιχίο	100		139	20,0
Κτίριο III					
Π2	τοιχίο	101	94	115	16,6
Π4	τοιχίο	101		126	18,2
Π7	τοιχίο	101		146	21,0

Στον Πίνακα 3.2. παρουσιάζεται αναλυτικά η εκτίμηση της μέσης θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος, σύμφωνα με τη μεθοδολογία της Εγκυκλίου Ε7 του πρώην Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.

**Πίνακας 3.2.** Εκτίμηση μέσης θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος (Εγκύκλιος Ε7/1997).

Πυρήνας	Ύψος H (mm)	Διάμετρος D (mm)	H/D	L1	L2	L4	Τάση Θραύσης (MPa)	Αντοχή Κυλίνδρου 15 x 30 (MPa)
Κτίριο I								
Π1	100	94	1,06	0,865	0,96	1,030	32,4	27,6
Κτίριο II								
Π3	102	94	1,09	0,870	0,96	1,030	16,4	14,0
Π5	102		1,09	0,870	0,96	1,030	17,4	14,9
Π6	100		1,06	0,865	0,96	1,030	20,0	17,0
Κτίριο III								
Π2	101	94	1,07	0,868	0,96	1,030	16,6	14,2
Π4	101		1,07	0,868	0,96	1,030	18,2	15,5
Π7	101		1,07	0,868	0,96	1,030	21,0	17,9



#### 4.1.3. Κουσιμετρήσεις



(α)



(β)

**Εικόνα 3.3.** (α) Προετοιμασία επιφάνειας σκυροδέματος πριν την κουσιμέτρηση, (β) Εφαρμογή μεθόδου κουσιμέτρου.



Η μέθοδος του κρουσίμετρου είναι μία μη καταστρεπτική μέθοδος εκτίμησης της αντοχής του σκυροδέματος, η οποία βασίζεται στην μέτρηση της επιφανειακής σκληρότητας των δομικών στοιχείων που εξετάζονται. Η μέθοδος εφαρμόζεται για την αξιολόγηση της τοπικής ομοιομορφίας, σημειακής αντοχής και ποιότητας του σκυροδέματος με χρήση σφύρας Schimdt (κρουσίμετρο).

Πιο συγκεκριμένα, το κρουσίμετρο εφάπτεται της επιφάνειας του σκυροδέματος με μεταλλικό έμβολο και μία μάζα κατευθυνόμενη από ένα ελατήριο, προσβάλλει την άλλη πλευρά του εμβόλου και αναπηδά. Το ύψος αναπηδήσεως αυτής της μάζας εξαρτάται από την ελαστικότητα του υλικού και επομένως από την αντοχή του. Το ύψος αυτό αναγράφεται σε μία κλίμακα ενσωματωμένη στο όργανο και αποτελεί τον δείκτη αναπήδησης R.

Πριν την εφαρμογή της μεθόδου προηγήθηκε απομάκρυνση των επιχρισμάτων και τοπική λείανση των δομικών στοιχείων στις θέσεις εφαρμογής. Η δοκιμή έγινε με βάση τα διεθνή πρότυπα ASTM C805, RILEM NDT3. Για κάθε επιλεγμένη θέση πραγματοποιήθηκαν τουλάχιστον 10 κρουσιμετρήσεις. Από αυτές τις μετρήσεις εξαιρέθηκαν οι ακραίες τιμές και τελικώς προέκυψαν 8 τιμές, από τις οποίες εξήχθη ο μέσος όρος. Στις περιπτώσεις όπου η διεύθυνση της κρουσιμετρησης δεν ήταν οριζόντια, έγινε κατάλληλη διόρθωση της μέτρησης R του οργάνου με βάση τον Πίνακα 3.3.

**Πίνακας 3.3.** Επίδραση της διεύθυνσης κρουσιμετρήσεως στην ένδειξη του κρουσιμέτρου.

R	Διορθώσεις για γωνίες κλίσεως (+ προς τα πάνω, - προς τα κάτω)			
	+90	+45	-90	-45
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	-2.2	+1.6	+2.2
60	-2.7	-1.6	+1.3	+1.7

Τα αποτελέσματα των κρουσιμετρήσεων και η επεξεργασία των μετρήσεων σε κάθε κτίριο παρουσιάζονται παρακάτω.

ΚΤΙΡΙΟ Ι

ΙΣΟΓΕΙΟ		
	Στοιχείο	Στοιχείο
	<b>K15</b>	<b>K17</b>
	40	27
	39	35
	29	27
	32	28
	33	27
	29	34
	30	35
	35	42
	27	33
	31	39
<b>M.O.</b>	<b>32,25</b>	<b>32,25</b>
Διόρθωση Διεύθυνσης	-	-
<b>ΤΕΛΙΚΗ ΤΙΜΗ</b>	<b>32,25</b>	<b>32,25</b>

Α΄ ΟΡΟΦΟΣ					
	Στοιχείο	Στοιχείο	Στοιχείο	Στοιχείο	Στοιχείο
	K13	K14	K16	K17	K18
			32	30	23
			30	32	35
			31	33	35
			30	36	36
			31	35	31
			28	38	31
			31	27	27
			29	36	28
			29	29	32
			32	32	39
			32	30	23
<b>Μ.Ο.</b>			<b>30,38</b>	<b>32,88</b>	<b>31,88</b>
Διόρθωση Διεύθυνσης	-	-	-	-	-
<b>ΤΕΛΙΚΗ ΤΙΜΗ</b>			<b>30,38</b>	<b>32,88</b>	<b>31,88</b>

Β' ΟΡΟΦΟΣ				
	Στοιχείο	Στοιχείο	Στοιχείο	Στοιχείο
	K13	K14	K15	K17
	36		44	39
	35		38	42
	27		29	36
	40		33	38
	36		37	38
	36		35	38
	33		29	29
	34		33	31
	34		40	36
	36		34	43
	36		44	39
<b>M.O.</b>	<b>34,89</b>		<b>34,88</b>	<b>37,25</b>
Διόρθωση Διεύθυνσης	-	-	-	-
<b>ΤΕΛΙΚΗ ΤΙΜΗ</b>	<b>34,89</b>		<b>34,88</b>	<b>37,25</b>

## ΚΤΙΡΙΟ ΙΙ

ΙΣΟΓΕΙΟ				
	Στοιχείο	Στοιχείο	Στοιχείο	Στοιχείο
	K2	K4	K6	K7
	25	24	25	28
	28	31	30	32
	29	27	24	30
	34	30	22	28
	25	25	25	29
	23	23	18	30
	26	26	19	30
	31	23	26	30
	39	25	20	29
	30	25	26	26
<b>M.O.</b>	<b>28,50</b>	<b>25,63</b>	<b>23,38</b>	<b>29,25</b>
Διόρθωση Διεύθυνσης	-	-	-	-
<b>ΤΕΛΙΚΗ ΤΙΜΗ</b>	<b>28,50</b>	<b>25,63</b>	<b>23,38</b>	<b>29,25</b>

Α΄ ΟΡΟΦΟΣ		
	Στοιχείο	Στοιχείο
	K1	K5
	41	28
	27	23
	40	42
	38	34
	35	38
	34	37
	36	40
	34	25
	36	27
	35	29
M.O.	36,00	32,25
Διόρθωση Διεύθυνσης	-	-
<b>ΤΕΛΙΚΗ ΤΙΜΗ</b>	<b>36,00</b>	<b>32,25</b>

Β' ΟΡΟΦΟΣ			
	Στοιχείο	Στοιχείο	Στοιχείο
	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K4</b>
	36	35	29
	40	39	38
	30	38	22
	37	38	37
	34	33	38
	35	39	32
	36	40	39
	34	30	36
	37	37	33
	37	38	37
<b>Μ.Ο.</b>	<b>35,75</b>	<b>37,13</b>	<b>35,00</b>
Διόρθωση Διεύθυνσης	-	-	-
<b>ΤΕΛΙΚΗ ΤΙΜΗ</b>	<b>35,75</b>	<b>37,13</b>	<b>35,00</b>



ΚΤΙΡΙΟ ΙΙΙ

ΙΣΟΓΕΙΟ	
	Στοιχείο
	<b>K9</b>
	30
	28
	34
	36
	39
	35
	30
	36
	35
	30
<b>M.O.</b>	<b>33,25</b>
Διόρθωση Διεύθυνσης	-
<b>ΤΕΛΙΚΗ ΤΙΜΗ</b>	<b>33,25</b>

Α΄ ΟΡΟΦΟΣ		
	Στοιχείο	Στοιχείο
	K9	K11
	36	39
	34	36
	25	37
	34	37
	34	40
	25	42
	28	41
	36	40
	43	38
	33	39
M.O.	32,50	38,88
Διόρθωση Διεύθυνσης	-	-
<b>ΤΕΛΙΚΗ ΤΙΜΗ</b>	<b>32,50</b>	<b>38,88</b>

Β' ΟΡΟΦΟΣ		
	Στοιχείο	Στοιχείο
	K9	K10
		35
		35
		32
		31
		35
		32
		38
		33
		39
		38
M.O.		34,75
Διόρθωση Διεύθυνσης	-	-
ΤΕΛΙΚΗ ΤΙΜΗ		34,75

#### 4.1.4. Ενανθράκωση

Η μη καταστροφική μέθοδος της ενανθράκωσης βασίζεται στην μεταβολή του pH του σκυροδέματος δομικού στοιχείου από την παρουσία διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ). Η μέθοδος εφαρμόζεται με ψεκασμό διαλείμματος φαινολοφθαλεΐνης σε φρεσκοθραυσμένες επιφάνειες σκυροδέματος.

Οι ράβδοι οπλισμού προστατεύονται από την διάβρωση μέσω ενός πολύ λεπτού επιφανειακού στρώματος ένυδρου οξειδίου του σιδήρου, που δημιουργείται λόγω της υψηλής αλκαλικότητας του σκυροδέματος που τις περιβάλλει. Η αλκαλικότητα αυτή χαρακτηρίζεται από μία τιμή του pH γύρω στο 12.5, που αντιστοιχεί στην υπό συνήθη θερμοκρασία συγκέντρωση ισορροπίας του υδροξειδίου του ασβεστίου  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , στο νερό των πόρων. Το προστατευτικό στρώμα οξειδίου μπορεί να διατηρηθεί τοπικά από ιόντα χλωρίου ή να διαλυθεί γενικά, λόγω μείωσης της αλκαλικότητας του σκυροδέματος, σε τιμές του pH κάτω από το 9.0. Τότε ο χάλυβας οπλισμού αποπαθητικοποιείται, δηλαδή δεν απολαμβάνει πλέον την προστασία που του προσέφερε η αλκαλικότητα του σκυροδέματος.




Η μείωση του pH του σκυροδέματος σε τιμές κάτω του 9.0 οφείλεται στην χημική αντίδραση του  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  του νερού των πόρων με το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) της ατμόσφαιρας, που σταδιακά διαχέεται προς το εσωτερικό του σκυροδέματος μέσω της αέριας φάσης των πόρων. Η διαδικασία αυτή έχει σαν αποτέλεσμα τη μετατροπή του  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  σε ανθρακικό ασβέστιο ( $\text{CaCO}_3$ ) που ονομάζεται ενανθράκωση του σκυροδέματος. Στην ενανθρακωμένη περιοχή είναι δυνατή η γρήγορη διάβρωση του χαλύβδινου οπλισμού, όταν φυσικά συνυπάρχουν σε συγκεκριμένο ποσοστό νερό και οξυγόνο.

Η ενανθράκωση και η διείδυση χλωριόντων δεν είναι ανεξάρτητες διαδικασίες, καθότι η πρώτη επιταχύνει σημαντικά τη δεύτερη. Μετά την τοπική ή γενική απώλεια του επιφανειακού προστατευτικού οξειδίου, ο οπλισμός μπορεί να αρχίσει να οξειδώνεται.


Κατά τον ψεκασμό του δοκιμίου με διάλυμα φαινολοφθαλεΐνης το τμήμα του σκυροδέματος που έχει ενανθρακωθεί δεν παρουσιάζει αλλαγή χρώματος, ενώ το τμήμα που δεν έχει ενανθρακωθεί, αλλάζει χρώμα σε βυσσινί.

Το βάθος ενανθράκωσης σκυροδέματος με χρήση του διαλύματος φαινολοφθαλεΐνης μετρήθηκε σε διάφορες θέσεις στις οποίες πραγματοποιήθηκαν πυρηνοληψίες. Στον Πίνακα 3.4. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη χρήση του διαλύματος φαινολοφθαλεΐνης.

**Πίνακας 3.4.** Βάθος ενανθράκωσης στις θέσεις πυρηνοληψίας.

Πυρήνας	Θέση Δειγματοληψίας	Φωτογραφία	Βάθος Ενανθράκωσης (mm)	
Κτίριο I				
Π1	πρόβολος		-	-
Κτίριο II				
Π3	τοιχίο		-	-
Π5	τοιχίο		25	

Π6	τοιχίο		10	
<b>Κτίριο III</b>				
Π2	τοιχίο		10	
Π4	τοιχίο		40	

Π7	τοιχίο		10	
----	--------	--	----	--



#### 4.1.5. Συσχέτιση των μετρήσεων

Η μέθοδος του κρουσίμετρου μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα για την αντοχή ενός δομικού στοιχείου μόνο όταν συνδυαστεί και με άλλες καταστροφικές μεθόδους. Για να συσχετισθεί η ένδειξη R του κρουσιμέτρου με την αντοχή του σκυροδέματος έγινε κατάλληλη βαθμονόμηση των μετρήσεων του κρουσιμέτρου με βάση την αντοχή των πυρήνων και του βάθους ενανθράκωσης αυτών.

Από την (Τρέζος et al 1994) έχει προκύψει η παρακάτω σχέση που εκφράζει τη μεταβολή της αντοχής συναρτήσει του βάθους ενανθράκωσης:

$$\frac{f_c(R)}{f_c(act)} = 1 + 0,04x$$

όπου:

x : το βάθος ενανθράκωσης σε mm

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

$f_c(act)$  : η πραγματική αντοχή

Λόγω της μεγάλης διασποράς των μετρήσεων, η παραπάνω σχέση βαθμονομήθηκε με κατάλληλους συντελεστές και προέκυψε μια σχέση της μορφής:

$$f_c = \frac{a * K}{(1 + 0,04 * x) * c} + b$$

όπου:

x : το βάθος ενανθράκωσης σε mm

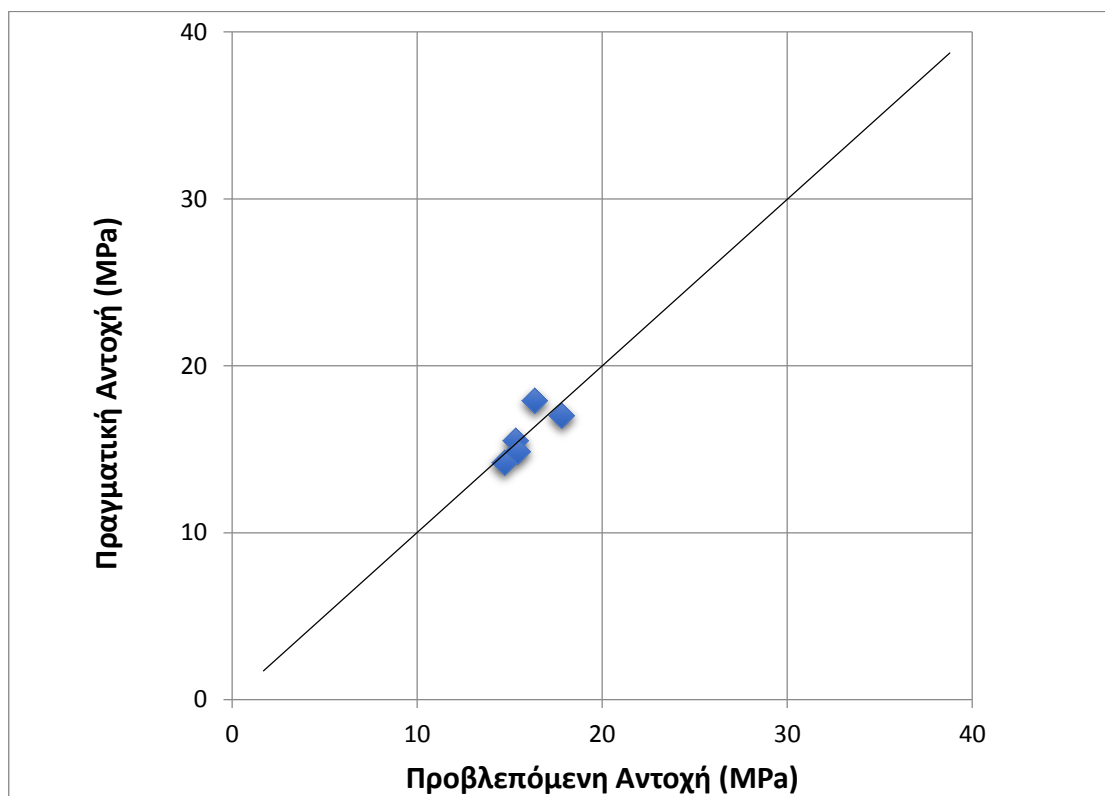
K : η ένδειξη του κρουσίμετρου

$f_c$  : η αντοχή του πυρήνα

a, b, c : κατάλληλοι συντελεστές βαθμονόμησης

Μέσω ενός αλγορίθμου βελτιστοποίησης προέκυψαν οι τιμές των συντελεστών a, b, και c και παράχθηκαν τα παρακάτω διαγράμματα συσχέτισης για κάθε κτίριο.

$$f_c = \frac{0,55 * K}{(1 + 0,04 * x) * 0,13} + 36,83$$



## 4.2. Χαλύβδινοι Οπλισμοί

Κατά τη διενέργεια την διερευνητικών εργασιών για τον προσδιορισμό του πλήθους και της θέσης των ράβδων οπλισμού των δομικών στοιχείων εκτελέστηκαν δοκιμές ανίχνευσης οπλισμών με χρήση μαγνητικών μεθόδων (Συσκευή Ferroskan PS200 της εταιρείας Hilti) και έγιναν αποκαλύψεις οπλισμών σε πολλές αντιπροσωπευτικές θέσεις.

### 4.2.1. Ανιχνεύσεις Χαλύβδινων Οπλισμών

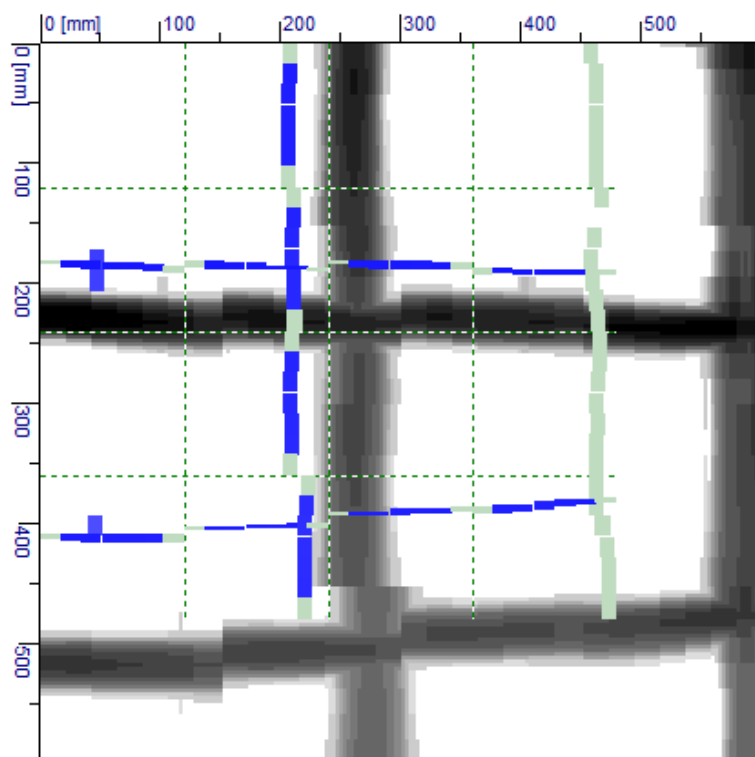
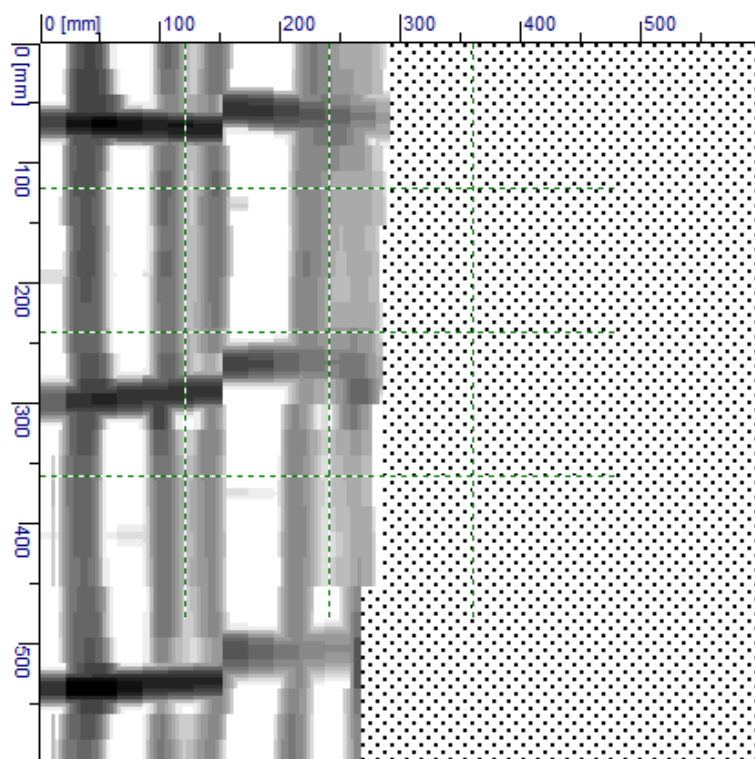


**Εικόνα 3.4.** Εφαρμογή μεθόδου ανίχνευσης οπλισμού με τη χρήση της συσκευής Ferroskan PS200 της εταιρείας Hilti.

Η μέθοδος ανίχνευσης οπλισμού βασίζεται στην αλληλεπίδραση των ράβδων του οπλισμού και ενός, χαμηλής συχνότητας, ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Ειδικότερα βασίζονται στην ηλεκτρομαγνητική επαγωγή (ένα εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο προκαλεί ηλεκτρικό δυναμικό σε ένα κύκλωμα). Κατά την ανίχνευση των οπλισμών με μαγνητικές μεθόδους πραγματοποιείται μόνο η αποτύπωση της πρώτης στρώσης χαλύβδινων οπλισμών.

Παρακάτω παρουσιάζεται ενδεικτικά το αποτέλεσμα μίας μαγνητικής απεικόνισης από τον Α' όροφο του Κτιρίου Ι. Το σύνολο των αποτελεσμάτων μαγνητικών απεικονήσεων εκτίθεται στα σχέδια τεκμηρίωσης.

ΚΤΙΡΙΟ Ι  
Α' όροφος



#### 4.2.2. Αποκαλύψεις Χαλύβδινων Οπλισμών

Για τον ακριβέστερο προσδιορισμό του πλήθους, της θέσης και της διάβρωσης των χαλύβδινων ράβδων οπλισμού πραγματοποιήθηκαν αποκαλύψεις του οπλισμού σε πολλές θέσεις. Παρακάτω παρουσιάζεται μία ενδεικτική εικόνα από σημείο αποκάλυψης οπλισμού που έλαβε χώρα στον Α' όροφο του Κτιρίου Ι. Το σύνολο των αποτελεσμάτων από σημεία αποκάλυψης οπλισμού εκτίθεται στα σχέδια τεκμηρίωσης.

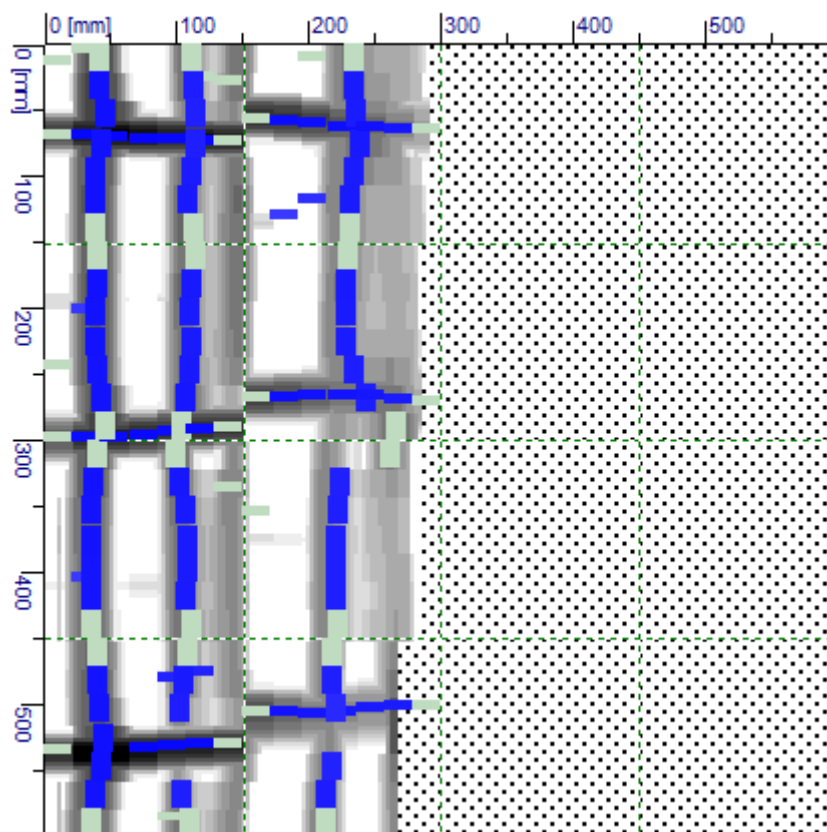
##### ΚΤΙΡΙΟ Ι Α' όροφος



#### 4.2.3. Συσχέτιση των μετρήσεων

Για την καλύτερη εκτίμηση της διαμέτρου των ράβδων οπλισμού, απαιτείται συσχέτιση των μαγνητικών ανιχνεύσεων με τις αποκαλύψεις χαλύβδινου οπλισμού που πραγματοποιήθηκαν στις αντίστοιχες θέσεις. Με βάση τις μετρήσεις που έγιναν στα σημεία όπου αποκαλύφθηκαν οι οπλισμοί, βαθμονομούνται κατάλληλα οι αντίστοιχες ανιχνεύσεις, με χρήση λογισμικού της εταιρίας Hilti.

Παρακάτω παρουσιάζεται ενδεικτικά η συσχέτιση που πραγματοποιήθηκαν για τις ράβδους οπλισμού σε μία θέση στον Α' όροφο του Κτιρίου Ι.



#### 4.3. Υπέρυθρη Απεικόνιση

Η μέθοδος της υπέρυθρης απεικόνισης δύναται να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό φθορών/βλαβών πίσω από μια ενιαία επιφάνεια (πχ εσωτερικές ανωμαλίες και κενά, ρωγμές σε επιφάνειες σκυροδέματος, η ύπαρξη υγρασίας στην θερμομόνωση, καθώς και μέτρηση της υγρασίας του σκυροδέματος).

Η υπέρυθρη φωτογράφιση δεν μετρά απ' ευθείας την θερμοκρασία μιας επιφάνειας αλλά την μεταβολή της επιφανειακής ακτινοβολίας. Ανιχνεύεται η εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας και παράγεται οπτική απεικόνιση του θερμικού αυτού σήματος (θερμογράφημα).

Η θερμογραφία βασίζεται σε δύο αρχές: η πρώτη είναι ότι κάθε επιφάνεια εκπέμπει ενέργεια υπό την μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Το μήκος κύματος εξαρτάται από την θερμοκρασία. Αυξανόμενης της θερμοκρασίας το μήκος κύματος γίνεται βραχύτερο μέχρι που σε πολύ μεγάλες θερμοκρασίες βρίσκεται στο ορατό φάσμα. Η ακτινοβολία ανιχνεύεται με κατάλληλους ανιχνευτές οι οποίοι παράγουν ηλεκτρικό σήμα ανάλογο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας το οποίο με κατάλληλη βαθμονόμηση μετατρέπεται σε θερμοκρασία. Η δεύτερη αρχή είναι ότι οι υποεπιφανειακές ανωμαλίες επηρεάζουν την ροή της θερμότητας. Αν οι ανωμαλίες (ή διαφοροποιήσεις υλικού) δεν είναι σε πολύ μεγάλο βάθος τότε η διαφοροποίηση της θερμικής ροής συνεπάγεται και διαφοροποιήσεις στην επιφανειακή θερμοκρασία.

Παρακάτω παρουσιάζονται χαρακτηριστικές απεικονίσεις υπέρυθρης αποτύπωσης.



