

Αναστήλωση κεντρικού κτιρίου Ατμοηλεκτρικού Σταθμού Ν. Φαλήρου

Δημήτριος Α. Δόγκας

Αρχιτέκτων Μηχανικός, Τομεάρχης ΔΕΗ Α.Ε./Διεύθυνση Υπηρεσιών Στέγασης

Βασιλική Ι. Μελισσάρη

Αρχιτέκτων Μηχανικός, Υποτομεάρχης Αρχιτεκτονικών Μελετών ΔΕΗ Α.Ε./ΔΥΣ

Λάμπρος Ι. Σταυρόπουλος

Πολιτικός Μηχανικός, Υποτομεάρχης Μελετών Έργων Πολιτικού Μηχανικού ΔΕΗ Α.Ε./ΔΥΣ

Δήμητρα Ε. Παραστατίδου

Αρχιτέκτων Μηχανικός, ΔΕΗ Α.Ε./ΔΥΣ

Γεωργία Κ. Φιλιπποπούλου

Αρχιτέκτων Μηχανικός – Χ.Μαραβέας και Συν. Ε.Ε. - Σύμβουλοι Μηχανικοί

Χρυσάνθος Δ. Μαραβέας

Πολιτικός Μηχανικός– Χ.Μαραβέας και Συν. Ε.Ε. - Σύμβουλοι Μηχανικοί

Στόχος της μελέτης είναι η διάσωση ενός από τα σημαντικότερα διατηρητέα μνημεία βιομηχανικής αρχιτεκτονικής της Αττικής, μέσω των παρεμβάσεων αποκατάστασης του κελύφους του κτιριακού συγκροτήματος, της άμεσης προστασίας του από τις καιρικές συνθήκες, και της διαφύλαξης της στατικής του επάρκειας.

1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

1.1 Θέση συγκροτήματος

Ο ΑΗΣ Φαλήρου αποτελεί τμήμα ενός ευρύτερου συγκροτήματος κτισμάτων ιδιοκτησίας ΔΕΗ Α.Ε., η οποία καταλαμβάνει εξ' ολοκλήρου το Ο.Τ. 28 του Ν. Φαλήρου.

Η υπογειοποίηση του Κηφισού το 2002 αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα έργα που άλλαξε ριζικά την τοπογραφία της ευρύτερης περιοχής. Το συγκρότημα βρίσκεται σε άμεση σχέση με τη βιομηχανική ζώνη της οδού Πειραιώς, που προβλέπεται ως ζώνη ανάπτυξης, βάσει του Γ.Π.Σ. του Δήμου Πειραιά, με ανάδειξη του δρόμου σε άξονα υπερτοπικού πόλου πολιτισμού, αναψυχής, εκπαίδευσης και πρασίνου σε συνδυασμό με παραγωγικές δραστηριότητες (εικ.1). Βάσει της παραπάνω μελέτης, επί της οδού Πειραιώς έχουν χαρακτηριστεί συνολικά ως διατηρητέα 88 κτίρια και 10 όψεις κτιρίων. Το Ο.Τ. 28 προορίζεται βάσει του Γ.Π.Σ. για πολιτιστικές λειτουργίες.

Το υπό μελέτη κτιριακό συγκρότημα του ΑΗΣ αποτελείται από 3 επιμήκη εφάπτόμενα κτίρια (κτίρια Α, Β και Γ), συνολικής επιφάνειας 4785,85μ² περίπου. Το συγκρότημα μαζί με το μηχανολογικό εξοπλισμό έχουν χαρακτηριστεί ως διατηρητέα. Επί του συγκροτήματος εφάπτονται προσθήκες οι οποίες έχουν αποχαρακτηριστεί.

1.2 Ο εξηλεκτρισμός της Αθήνας – Ο ρόλος του ΑΗΣ Φαλήρου

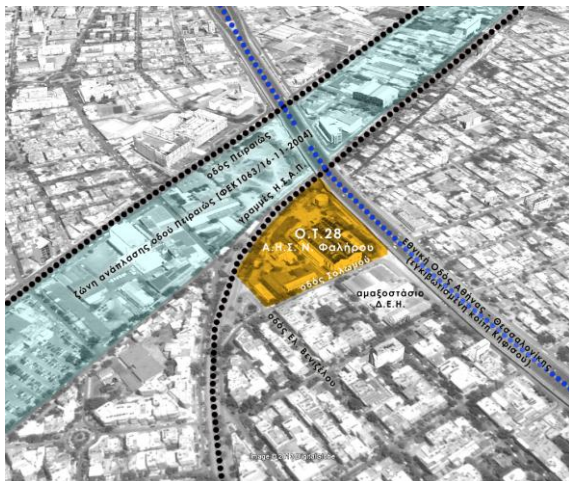
Ο μηχανικός Κ. Νικολαΐδης ως αντιπρόσωπος της γαλλικής εταιρείας «Thomson-Houston de la mediterranee», ιδρύει το 1899 την «Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρεία», προχωρά στην αγορά οικοπέδου για την κατασκευή νέου κεντρικού ηλεκτρικού σταθμού στο Φάληρο προκειμένου να τροφοδοτήσει την Αθήνα και τον Πειραιά, καθώς και τον σιδηρόδρομο Αθηνών - Πειραιώς. Έτσι ο κεντρικός σταθμός τοποθετείται μεταξύ Αθήνας-Πειραιά και σε θέση κοντά στη θάλασσα για δυο σημαντικούς

ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ (ΕΤΕΠΑΜ)

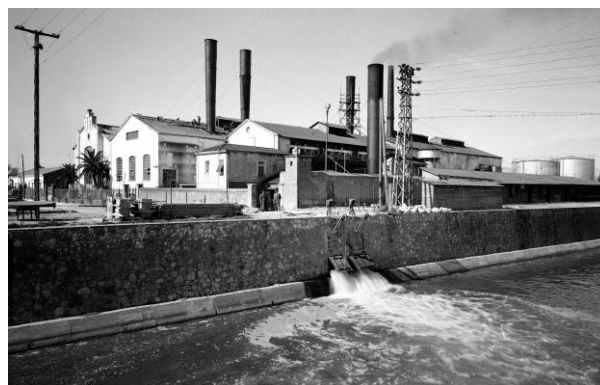
4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αναστηλώσεων, Πρακτικά
Θεσσαλονίκη, 26,27,28 Νοεμβρίου 2015

λόγους. Την οικονομική μεταφορά του άνθρακα και την προμήθεια απαραίτητης ποσότητας νερού για την ψύξη και την εύρυθμη λειτουργία των ατμομηχανών το οποίο στη συνέχεια, απομακρυνόταν πάλι στη θάλασσα μέσω του Κηφισού (εικ.2).

Ο σταθμός Ν. Φαλήρου λειτούργησε το 1903 και αποτέλεσε το πρώτο ατμοηλεκτρικό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 3.000kW (εικ.3).



εικ.1 Α.Η.Σ. Φαλήρου σε σχέση με κύριους οδικούς άξονες



εικ.2 Γενική εξωτερική άποψη από τον Κηφισό
Φωτογραφία: Αιμίλιος Σεράφης

Στα χρόνια που ακολουθούν οι Βαλκανικοί Πόλεμοι, ο Πρώτος Παγκόσμιος και η μικρασιατική καταστροφή θα δημιουργήσουν δυσκολίες στην αγορά. Έτσι, το 1925 μεταβιβάζονται τα δικαιώματα ηλεκτροδότησης στην αγγλική εταιρεία «Power & Traction». Με την περάτωση του Α.Η.Σ. Αγ. Γεωργίου το 1929, ο σταθμός Ν. Φαλήρου τέθηκε σε εφεδρεία.

Τα επόμενα έξι χρόνια η παραγωγή ρεύματος διπλασιάστηκε από 83 σε 156 εκατομμύρια kW με αποτέλεσμα ο σταθμός Φαλήρου να τεθεί πάλι σε λειτουργία. Οι εξελίξεις στο χώρο του ρεύματος και η μετατροπή του υφιστάμενου δικτύου από συνεχές σε εναλλασσόμενο ρεύμα οδηγούν σε νέο κύκλο αλλαγών του εξοπλισμού και το 1938 ο σταθμός τίθεται σε εφεδρεία.



εικ.3 Το νέο Φάληρο το 1902. Στο βάθος διακρίνεται ο Α.Η.Σ.

Το 1940 ο σταθμός λειτουργεί ξανά με χρήση λιγνίτη ενώ κατά τη διάρκεια της κατοχής και λόγω δυσκολίας εξεύρεσης καυσίμων διέκοψε εντελώς τη λειτουργία του. Το 1953 ιδρύεται η Δ.Ε.Η. η οποία εξαγοράζει τις διάσπαρτες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ανά τη χώρα με στόχο τη δημιουργία δικτύου εθνικής κλίμακας.

Το 1972 ο σταθμός θα διακόψει οριστικά τη λειτουργία του.

ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ (ΕΤΕΠΑΜ)

4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αναστηλώσεων , Πρακτικά
Θεσσαλονίκη, 26,27,28 Νοεμβρίου 2015

1.3 Νομικό καθεστώς προστασίας

Επί προεδρίας της Μελίνας Μερκούρη, το κτίριο κηρύχθηκε ως ιστορικό διατηρητέο μνημείο με βάση την υπ'αριθ. Γ/285/4357 απόφαση της Υπουργού Πολιτισμού. Ακολουθεί η με αριθ. οικ. 21745/1214 απόφαση του Υπουργού ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., βάσει της οποίας το συγκρότημα χαρακτηρίζεται ως διατηρητέο, μεταξύ 359 κτιρίων στο τμήμα της πόλης του Πειραιά.

1.4 Μεταγενέστερες χρήσεις και επεμβάσεις στο κτιριακό συγκρότημα

Το 1992 ο χώρος χρησιμοποιήθηκε ως πολιτιστικό κέντρο από το Δήμο Πειραιά. Το 1993 μια πυρκαγιά κατέστρεψε τμήμα της βόρειας όψης του κτιρίου Γ.

Η ύπαρξη εκτεταμένων ποσοτήτων αμιάντου στο χώρο του ακινήτου δημιούργησε προβλήματα στην αξιοποίησή του. Το 2006 πραγματοποιήθηκαν εργασίες για την απομάκρυνση του αμιάντου.

Κατά συνέπεια απομακρύνθηκαν τα φύλλα ελενίτ που κάλυπταν τη στέγη. Έκτοτε η πλήρης έκθεση του κτιρίου και του μηχανολογικού εξοπλισμού στα φυσικά φαινόμενα προκάλεσε τη γρήγορη καταστροφή του. Αποκολλήσεις επιχρισμάτων, σκουριές και υγρασίες συνθέτουν τη σημερινή εικόνα εγκατάλειψης (εικ.4).



εικ.4 Πανοραμική άποψη της Βόρειας όψης του σταθμού στη σημερινή του κατάσταση.

2. ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ

Το υπό μελέτη τμήμα του Σταθμού Παραγωγής Α.Η.Σ. Ν. Φαλήρου αποτελείται από τρία παράλληλα, εν επαφή, επιμήκη κτίρια διαφορετικού μήκους, που επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ανοιγμάτων στις εσωτερικές τους πλευρές (εικ.5 & 6).

Κτίριο Α

Το κτίριο Α έχει εσωτερικό μήκος 84.40μ. και πλάτος 19.45μ. Η είσοδος γινόταν μέσω της επιβλητικής μαρμαρίνης σκάλας. Στον ισόγειο χώρο του κτιρίου Α, βρίσκονταν όλες οι ατμομηχανές και οι μεγάλες ηλεκτρομηχανές. Οι μηχανές θεμελιώνονταν επί στερεού λίθινου κρηπιδώματος 3,30μ. πάνω από το έδαφος, ενώ κάτω από αυτό υπάρχουν διανοιγμένες πολύμορφες στοές και διάδρομοι. Σε ύψος 7.5.μ. από το δάπεδο φερόταν κυλιόμενη γέφυρα, η οποία σώζεται μέχρι σήμερα, που χρησίμευε για την τοποθέτηση των βαρειών μηχανών. Η κάθοδος στη στάθμη υπογείου πραγματοποιείται από μεταλλικές κλίμακες. Στο χώρο του υπογείου, κάτω από τις μηχανές, εδραζόταν άλλη πολύπλοκη εγκατάσταση ψυκτών και το πολύπλοκο δίκτυο των αγωγών, για την προσκόμιση του ατμού, καθώς και την προσαγωγή και απαγωγή του νερού.

ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΡΩΩΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ (ΕΤΕΠΑΜ)

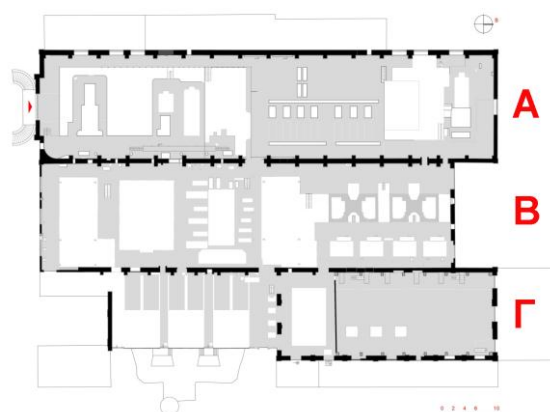
4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αναστηλώσεων , Πρακτικά
Θεσσαλονίκη, 26,27,28 Νοεμβρίου 2015

Κτίριο Β

Το κτίριο Β είναι 77.00μ. επί 19.50μ. και προοριζόταν αποκλειστικά για τους ατμολέβητες. Ο χώρος θεμελιώνεται επίσης επί κρηπιδώματος ύψους 3.30μ., κάτω από το οποίο διανοίχτηκαν σκοτεινές στοές και οχετοί για την απαγωγή του καπνού. Στο κέντρο του χώρου υπήρχε ευρεία δεξαμενή ζεστού νερού, που προερχόταν από την υγροποίηση του ατμού στα ψυγεία του κτιρίου Α.



εικ.5 Κάτοψη υπογείου



εικ.6 Κάτοψη ισογείου

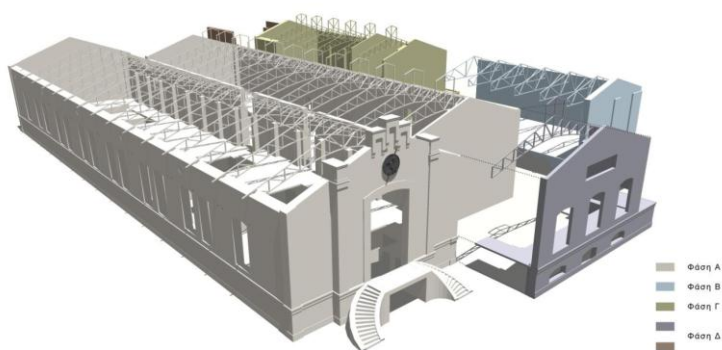
Κτίριο Γ

Το κτίριο Γ αποτελείται από δυο αίθουσες. Στην πρώτη, διαστάσεων 29.30μ. επί 15.64μ., υπάρχουν τρεις λέβητες ενώ η δεύτερη αίθουσα διαστάσεων 41.80μ. επί 14.00μ. είναι σήμερα κενή. Η πρόσβαση στο υπόγειο γίνεται επίσης με μεταλλικές κλίμακες.

3. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ – ΦΑΣΕΙΣ

3.1 Οικοδομικές φάσεις – Εξέλιξη εξοπλισμού

Ο ΑΗΣ Φαλήρου συντίθεται από οικοδομικά στοιχεία και τεχνολογίες διαφορετικών χρονικών περιόδων (εικ.7). Ο σχεδιασμός του ήταν αποτέλεσμα είτε της διαδικασίας παραγωγής, είτε της ήδη κεκτημένης ευρωπαϊκής τεχνογνωσίας, είτε του διαρκώς εξελισσόμενου εξοπλισμού. Εικάζεται ότι δημιουργοί του πρώτου τμήματος ήταν Ευρωπαίοι μηχανικοί και τα σχέδια Άγγλων μηχανικών.

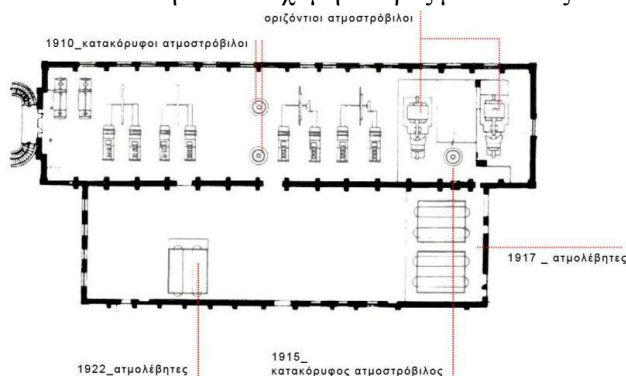


εικ.7 Τρισδιάστατη απεικόνιση - Αναπαράσταση των οικοδομικών φάσεων

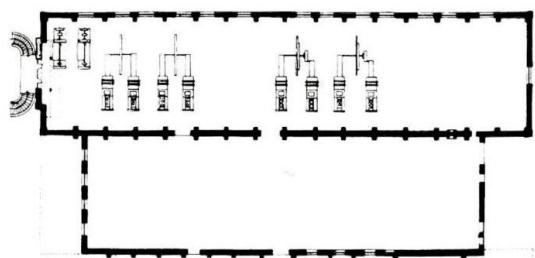
3.1.α Φάση Α

Στην πρώτη φάση (1902) ο σταθμός παραγωγής αποτελούνταν από δυο επιμήκεις αίθουσες σε παράθεση (κτίριο Α και τμήμα του σημερινού κτιρίου Β) και περιλάμβανε 7 μεγάλες ατμομηχανές και δυο βοηθητικές (εικ.8 & 9). Στο κτίριο Β ήταν εγκατεστημένοι οι λέβητες.

Εκατέρωθεν του κτιρίου Β, υπήρχαν κατά την πρώτη φάση δυο καμινάδες ύψους 65μ. η εξωτερική τους διάμετρος ήταν 7,06μ. ενώ η εσωτερική στη βάση 3,70μ. Για τη θεμελιώσή τους χρησιμοποιήθηκαν 100 πάσσαλοι σε βάθος 8μ. και θεμελιώθηκαν σε βάση από μπετόν επιφάνειας 100τ.μ. Ήταν από οπτοπλινθοδομή και στο τελείωμά τους υπήρχαν μεταλλικά στεφάνια. Το 1950 αντικαταστάθηκαν από χαμηλότερες μεταλλικές.



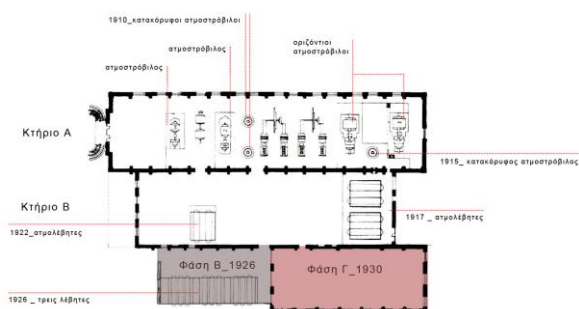
εικ.8 Μηχανολογικός εξοπλισμός 1903 - 1909.
Υπόβαθρο από "Ιστορικός βιομηχανικός
εξοπλισμός στην Ελλάδα" (1998):81.



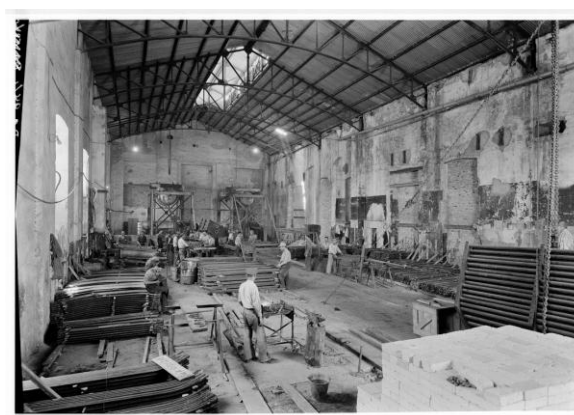
εικ.9 Μηχανολογικός εξοπλισμός 1910 - 1922.
Υπόβαθρο από "Ιστορικός βιομηχανικός
εξοπλισμός στην Ελλάδα" (1998):81.

3.1.β Φάσεις Β & Γ

Το 1926 ο σταθμός του Φαλήρου ενισχύθηκε με την προσθήκη του κτιρίου Γ που οικοδομήθηκε σε δύο φάσεις (εικ.10). Το μπροστινό τμήμα το 1926, προκειμένου να στεγάσει τρεις λέβητες Babcock & Wilcox και το δεύτερο τμήμα ολοκληρώθηκε το 1930 όταν και πραγματοποιήθηκαν αλλαγές στον εξοπλισμό (εικ.11). Κατά τη διάρκεια της κατοχής διεκόπη εντελώς η λειτουργία του σταθμού.



εικ.10 Μηχανολογικός εξοπλισμός 1909 - 1932.
Υπόβαθρο από "Ιστορικός βιομηχανικός
εξοπλισμός στην Ελλάδα" κ.α. (1998):81.



εικ.11 Εσωτερική άποψη του κτιρίου Γ από την
προσθήκη του 1930 από μεταγενέστερη
φωτογραφική αποτύπωση. Φωτογραφικό αρχείο
Δ.Ε.Η. 1950

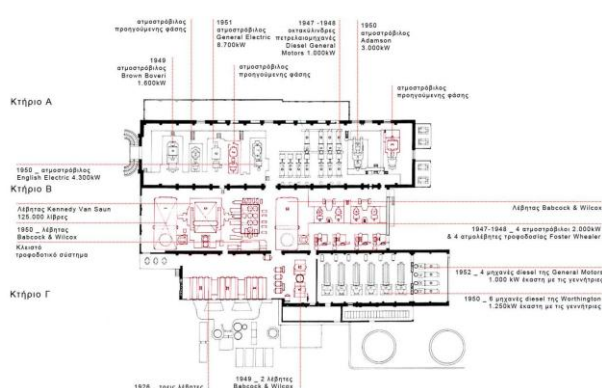
ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ (ΕΤΕΠΑΜ)

4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αναστηλώσεων, Πρακτικά
Θεσσαλονίκη, 26,27,28 Νοεμβρίου 2015

3.1.γ Φάση Δ

Το 1945, όταν επαναλειτούργησε ο σταθμός, η αναβάθμιση και ενίσχυση του εξοπλισμού αποτέλεσε επιτακτική ανάγκη. Το 1950 το κτίριο Β επεκτείνεται στο μπροστινό μέρος για να στεγάσει δυο λέβητες Babcock & Wilcox και ένα λέβητα υψηλής πίεσεως Kennedy Van Saun (εικ.12). Στο μέσο του κτιρίου Γ βρίσκονται δυο νέοι λέβητες Babcock & Wilcox και έξι μηχανές Diesel της Worthington. Με αυτές συνδέονται ισάριθμοι λέβητες καυσαερίων. Τέλος, το 1952 έγινε επέκταση στο πίσω τμήμα του κτιρίου και τοποθετήθηκαν τέσσερις ακόμη μηχανές Diesel της General Motors (εικ.13).

Η τοποθέτηση των παραπάνω μηχανημάτων απαιτούσε εκτεταμένες αλλαγές στο κέλυφος και στη βάση του κτιρίου, όπως την προσθήκη ελαφριών μεταλλικών κατασκευών (μεταλλικές κλίμακες και υπερυψωμένοι διάδρομοι).



εικ.12 Διάγραμμα κάτοψης με σχεδιασμένο το μηχανολογικό εξοπλισμό κατά την περίοδο 1942-1952. "Ιστορικός βιομηχανικός εξοπλισμός στην Ελλάδα" (1998):82.

εικ.13 Εσωτερική άποψη κτιρίου Β κατά τη διάρκεια των εργασιών επέκτασης. Φωτογραφικό Αρχείο Δ.Ε.Η. 1949-1950.

4. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Τα κτίρια του ΑΗΣ Φαλήρου διαθέτουν εμφανή μορφολογικά στοιχεία του νεοκλασικισμού αλλά και του εκλεκτικισμού.

Κύριο χαρακτηριστικό των κτισμάτων, είναι η ύπαρξη συμμετρίας τόσο στις όψεις, όσο και στην οργάνωση της κάτοψης σε κάναβο με επαναλαμβανόμενα ρυθμικά ανοίγματα και ενισχυτικούς πεσσούς. Στις όψεις παρατηρείται διαχωρισμός σε οριζόντιες ζώνες.

Οι γωνίες των κτιρίων Α και Γ, διαμορφώνονται εξωτερικά με αμφιπροέχουσες παραστάδες. Οι επιμήκειες όψεις του κτιρίου Α διατρέχονται στο ανώτερο τμήμα τους από μια σειρά όμοιων παραθύρων μεγάλου μεγέθους. Στις αντίστοιχες θέσεις του υπογείου υπάρχουν ορθογωνικά ανοίγματα με λαξευτά πλαίσια. Στο κτίριο Β τα ανοίγματα του υπογείου στη μεταγενέστερη κύρια όψη του είναι και αυτά τοξωτά. Στη διαμήκη όψη του, πριν καλυφθεί, διακρίνονται τοξωτά ανοίγματα πολύ μικρότερου ύψους. Στις πίσω όψεις των κτιρίων, όπως και στο κτίσμα Γ, τα ανοίγματα είναι ορθογώνια και όχι πάντα συμμετρικά.

Στο ανώτατο σημείο τους, οι επιμήκειες όψεις του κτιρίου Α περιτρέχονται από μια διακοσμητική ταινία με κατακόρυφες ραβδώσεις η οποία διακόπτεται από τα μεταλλικά στηρίγματα της στέγης, επίσης διακοσμημένα με καμπύλα μοτίβα. Στις διαμήκειες πλευρές η απόληξη της στέγης διακοσμείται με μια ζώνη από επαναλαμβανόμενα μεταλλικά τμήματα που απεικονίζουν ανάγλυφα φυτικά μοτίβα. Το κεντρικό τμήμα της κύριας όψης, βρίσκεται σε προεξοχή και ορίζεται πλευρικά από δύο παραστάδες που προεξέχουν της στέγης προσδίδοντας κατακορυφότητα, ενώ και το κεντρικό τμήμα

ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ (ΕΤΕΠΑΜ)

4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αναστηλώσεων , Πρακτικά
Θεσσαλονίκη, 26,27,28 Νοεμβρίου 2015

του αετώματος τοποθετείται ψηλότερα από τα πλάγια. Στο κέντρο της όψης υπάρχει η κύρια είσοδος, ένα μεγάλο ύψους αξονικά τοποθετημένο άνοιγμα, όμοιο με τα παλαιά παράθυρα, διακοσμημένο με μια φαρδιά κορνίζα στην οποία τονίζεται το κλειδί του τόξου.

Στην είσοδο οδηγεί ένα μνημειώδες κλιμακοστάσιο αποτελούμενο από δύο όμοιες καμπύλες κλίμακες, συμμετρικές ως προς τον άξονα του κτιρίου. Πάνω από το άνοιγμα της εισόδου, στο αέτωμα της στέγης, υπάρχει ένας στρογγυλός φεγγίτης, ο λεγόμενος "occhio di buie", ή αλλιώς "μάτι του βοδιού", στοιχείο που προέρχεται από την αρχιτεκτονική του Palladio. Αντίστοιχος φεγγίτης, πιο απλής μορφής, υπάρχει και στην όψη του κτιρίου Γ καθώς και στις πλάγιες όψεις του κτιρίου Α. Η απόληξη του τριγωνικού αετώματος της στέγης διαμορφώνεται με τρεις συμμετρικές ως προς τον άξονα του κτιρίου βαθμίδες οι οποίες προεξέχουν του επιπέδου της όψης, σχηματίζοντας εσοχές στο σχήμα τοξωτών ανοιγμάτων.

Τέλος, όλες οι στέγες είναι μεταλλικές δικλινείς, και έχουν κεντρική υπερύψωση με φωταγωγό, πλην του κτιρίου Α.

Στο σύνολό τους, στην ανώτερη στάθμη τους, τα κτίρια ήταν επιχρισμένα με ασβεστοκονίμαμα και βαμμένα σε ανοιχτές αποχρώσεις ώχρα. Στο εσωτερικό των κτιρίων διακρίνεται μια ζώνη στη βάση με σκουρότερο γκριζωπό χρώμα. Εξωτερικά είναι εμφανής η λιθοδομή, ενώ εσωτερικά το μεγαλύτερο μέρος της τοιχοποιίας παραμένει ανεπίχριστο.

Η μορφολογία παρουσιάζει παραδοσιακά στοιχεία και είναι επηρεασμένη από την αρχιτεκτονική της βιομηχανικής επανάστασης στη Μεγάλη Βρετανία και την ηπειρωτική Ευρώπη (εικ.14).

5. ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ

Το συγκρότημα από οικοδομικής και στατικής πλευράς παρουσιάζει πληθώρα προβλημάτων που οφείλονται κυρίως στα παρακάτω αίτια:

- Τη μακρόχρονη φθορά, ιδιαίτερα λόγω πολυετούς εγκατάλειψης και έλλειψης συντήρησης καθώς και τη γήρανση των υλικών.
- Την υγρασία κυρίως λόγω της αφαίρεσης της τελικής επικάλυψης της στέγης από το 2006 και των κατεστραμμένων εξωτερικών κουφωμάτων που επιτρέπουν την είσοδο στο εσωτερικό του κτιρίου ομβρίων υδάτων, καθώς και την ανερχόμενη υγρασία στην κατώτατη στάθμη που έχει ως αποτέλεσμα το ξέπλυμα των επιχρισμάτων και του συνδετικού κονιάματος της τοιχοποιίας.



εικ.14 Άποψη του κτιρίου στην αρχική του μορφή

Πηγή: Ο εν νέω Φαλήρω Κεντρικός Ηλεκτρικός Σταθμός και η μεταβίβασις της ηλεκτρικής ενέργειας εις Αθήνας και Πειραιά. Αθανασιάδη, Γ. (1902), Αθήνα: Εστία



εικ.15 Σύγχρονη εικόνα του κτίσματος και των προσθηκών Α1 - Α2.

ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ (ΕΤΕΠΑΜ)

4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αναστηλώσεων , Πρακτικά
Θεσσαλονίκη, 26,27,28 Νοεμβρίου 2015

- Τη γειτνίαση του μνημείου με τη θάλασσα που εκθέτει το κτιριακό συγκρότημα σε περιβάλλον με αυξημένα άλατα (χλωρίοντα). Τα άλατα που περιέχονται στο νερό επικάθονται στη λιθοδομή (φυσικό πέτρωμα), οδηγώντας σε φαινόμενα κρυστάλλωσης με την πτώση της θερμοκρασίας και έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των τάσεων και την εμφάνιση τοπικών ρηγματώσεων.
- Την πρόχειρη ή και κακή κατασκευή κυρίως των μεταγενέστερων προσθηκών και επεμβάσεων και την έλλειψη επιτυχούς δομικής σύνδεσης των προσθηκών με τα αρχικά κτήρια (εικ.15).
- Τις καταπονήσεις που έχει προκαλέσει ο μηχανολογικός εξοπλισμός, με το βάρος του και τις φθορές που έχουν δημιουργηθεί στο κέλυφος κατά την εγκατάσταση και λειτουργία του, καθώς και κατά την απομάκρυνσή του.
- Την οξείδωση των μεταλλικών στοιχείων στη στέγη, στα πατώματα και σε άλλα σημεία (πρέκια, κουφώματα, κλπ).
- Τις σεισμικές και στατικές δράσεις, σε συνδυασμό και με τα προηγούμενα αίτια ζημιών.

Η παθολογία του φέροντος οργανισμού περιγράφεται αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.

6. ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ - ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ - ΑΡΧΕΣ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η μελέτη εκπονήθηκε ακολουθώντας τις γενικές αρχές που διατυπώνονται στις διακηρύξεις για την προστασία της Βιομηχανικής κληρονομιάς και σε Διεθνείς συμβάσεις για τις αναστηλώσεις ιστορικών κτιρίων, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κτιριακού συγκροτήματος. Απώτερος στόχος υπήρξε ο προσδιορισμός των αναγκαίων επεμβάσεων προστασίας του κελύφους, μέσα από την κατανόηση της υφιστάμενης κατασκευαστικής του δομής και της μελλοντικής λειτουργικής χρήσης, με γνώμονα τη διαφύλαξη της αυθεντικότητας του μνημείου.

Αναλυτικότερα, για τη σύνταξη της μελέτης ελήφθησαν υπόψη :

- Η "Χάρτα του Nizhny Tagil" για τη Βιομηχανική Κληρονομιά
- Οι "Αρχές του Δουβλίνου για τη διατήρηση της Βιομηχανικής Κληρονομιάς ", ICOMOS- TICCHI, Δουβλίνο 2011
- Ο Ν.2039/1992 « Για την επικύρωση της Ευρωπαϊκής Σύμβασης για την προστασία της Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς»
- Ο Ν.3028/2002 «Για την Προστασία των Αρχαιοτήτων και εν γένει της Πολιτιστικής Κληρονομιάς».
- Οι Διεθνείς Αρχές Προστασίας (Χάρτης της Βενετίας -1964, Διακήρυξη του Άμστερνταμ – 1975, Διεθνής Χάρτης για την Προστασία των ιστορικών πόλεων – 1987) των Αρχιτεκτονικών Μνημείων και η αναθεωρημένη Σύμβαση για την προστασία της Αρχιτεκτονικής Κληρονομιάς της Ευρώπης
- Το Π.Δ. 99/1992 για την «Μελέτη και εκτέλεση αρχαιολογικών εν γένει έργων»
- Οι Υπουργικές αποφάσεις με τις οποίες κηρύχθηκε το συγκρότημα ως ιστορικό διατηρητέο μνημείο.

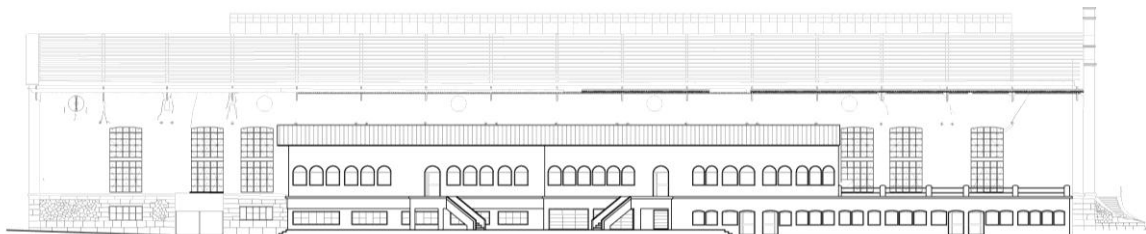
Πέρα από τις επεμβάσεις επί του φέροντος οργανισμού του κτιρίου (οι οποίες περιγράφονται σε επόμενο κεφάλαιο), η μελέτη προτείνει επεμβάσεις αποκατάστασης των φθορών των λοιπών δομικών στοιχείων, καθώς και επεμβάσεις επαναφοράς του κτιρίου στην αρχική του μορφή .

Οι επεμβάσεις που αποσκοπούν στην αποκατάσταση των φθορών αλλά και στον περιορισμό των αιτιών φθοράς συνοψίζονται σε:

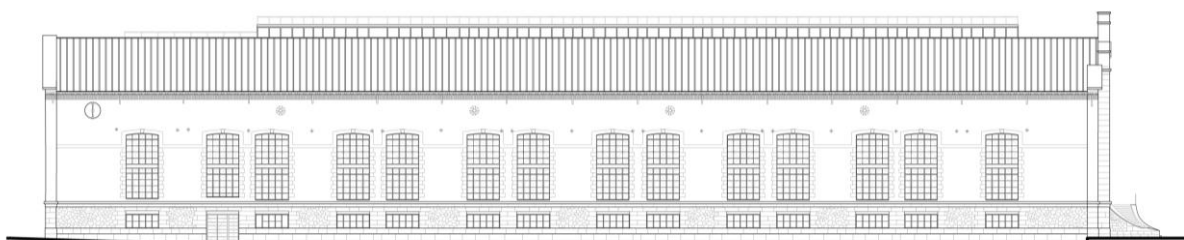
- α) Στεγανοποίηση των τοιχοποιιών με επιμελημένο αρμολόγημα και επίχριση των επιφανειών με συμβατά προς τα αυθεντικά κονιάματα
- β) Ανακατασκευή της στέγης με επικάλυψη από βιομηχανοποιημένα πάνελ σάντουιτς οροφής και κατασκευή νέων υδρορροών.
- γ) Κατασκευή περιμετρικού συστήματος αποστράγγισης (drainage).
- δ) Συντήρηση και επισκευή ή ανακατασκευή των κουφωμάτων.
- ε) Συντήρηση των εμφανών λίθινων στοιχείων.

Στις κύριες επεμβάσεις για την επαναφορά του κτιρίου στην αρχική του μορφή περιλαμβάνεται η απομάκρυνση των μεταγενέστερων προσθηκών (εικ.16) σε επαφή με τα κτίρια Α, Β, Γ (προσθήκες

A1, A2, Γ1, Γ2, Γ3, Γ4), και η επαναφορά των όψεων με εργασίες όπως η αποσφράγιση των τοιχισμένων ανοιγμάτων και η συμπλήρωση του αρχικού εξωτερικού διακόσμου με βάση τα υφιστάμενα ίχνη και το φωτογραφικό αρχείο (εικ.17).



εικ.16 Η Δυτική όψη του συγκροτήματος ως έχει σήμερα



εικ.17 Η Δυτική όψη του συγκροτήματος ως θα διαμορφωθεί μετά την καθαίρεση των προσθηκών A1 - A2

Ειδικότερα , σε ότι αφορά τις προσθήκες που προβλέπεται να καθαιρεθούν, επισημαίνονται τα εξής:

- κατασκευάστηκαν σε αρκετά μεταγενεστέρα περίοδο (1950) σε σχέση με την αρχική περίοδο λειτουργίας του σταθμού (1902), ως αποτέλεσμα διαδοχικών αποσπασματικών αγορών μηχανημάτων που διαμόρφωσαν στο σταθμό την εικόνα "συρραφής" ετερόκλητων στοιχείων,
- η ύπαρξή τους υποβαθμίζει σε πολύ μεγάλο βαθμό την συνολική ογκοπλαστική μορφή του κτιριακού συγκροτήματος, αλλοιώνοντας παράλληλα και τις όψεις του. Σε ότι αφορά ιδίως τη δυτική όψη επισημαίνεται ότι σε συνδυασμό με την νότια όψη αποτελούσαν μάλιστα τις πιο διακοσμημένες και μεγαλοπρεπείς όψεις.
- η πρόχειρη κατασκευή τους και η έλλειψη επιτυχούς δομικής σύνδεσής τους με τα αρχικά κτήρια, αποτέλεσε ένα από τα σημαντικότερα αίτια παθολογίας του υπό μελέτη συγκροτήματος
- φράσσουν τον υπαίθριο χώρο, υποβαθμίζοντας τη σχέση του κυρίως κτιρίου με τον περιβάλλοντα χώρο και αποτρέποντας οποιαδήποτε δυνατότητα αναδιαμόρφωσης και ανάδειξης του υπαίθριου αυτού χώρου, στα πλαίσια και της μελλοντικής λειτουργίας του ως μουσείο.
- συμβάλλουν στην αισθητή μείωση του άπλετου φυσικού φωτισμού που διέθετε, πριν την κατασκευή των προσθηκών, ο εσωτερικός χώρος.

7. ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

7.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΜΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Γεωμετρία - Μορφολογία φέροντος οργανισμού

Ο σταθμός παραγωγής, που αποτελεί και το υπό μελέτη κτηριακό συγκρότημα, σήμερα αποτελείται από τα 3, ανωτέρω αναφερόμενα, επιμήκη εφαιπόμενα κτήρια (κτήρια Α, Β και Γ) των οποίων ο στατικός φορέας είναι ενιαίος, συνολικής επιφάνειας περίπου 4786 μ². Τα κτήρια αποτελούνται από δύο στάθμες, το υπόγειο ±0.00 και το ισόγειο +3.20.

Ο φέρων οργανισμός των κτιρίων αποτελείται από το περιμετρικό κέλυφος, ένα υπερυψωμένο ισόγειο και την μεταλλική στέγη. Το κέλυφος είναι από φέρουσα αργολιθοδομή (εικ.18) με πλήρη απουσία διαζωμάτων και κάποια πλαίσια σκυροδέματος, έχει μεταβλητό πάχος στις διάφορες στάθμες (0.95μ έως 1.30μ στο υπόγειο, 0.75μ έως 0.90μ στο ισόγειο και 0.45μ έως 0.85μ στη στέγη των τοίχων) και

ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ (ΕΤΕΠΑΜ)

4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αναστηλώσεων, Πρακτικά
Θεσσαλονίκη, 26,27,28 Νοεμβρίου 2015

τοπικές ενισχύσεις του πάχους (αντηρίδες) στους άξονες έδρασης των ζευκτών ανά περίπου 5.30μ. Το συνολικό ύψος των τοίχων πάνω από τη στάθμη του εδάφους είναι 12.50μ. Τμήμα του κτιρίου Γ αποτελείται από μη φέρουσα οπτοπλινθοδομή, ενώ η οροφή στην πλευρά αυτού του τμήματος εδράζεται επί μεταλλικών κατασκευών.

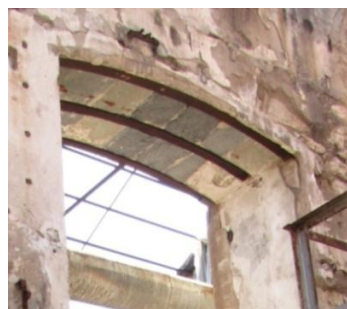
Η μόρφωση των περισσότερων ανοιγμάτων (διαστάσεων έως και 2.70μ πλάτος / 5.20μ ύψος) γίνεται με μεταλλικές δοκούς και συμπαγείς οπτόπλινθους ή σχιστολιθικές πλάκες (εικ.19). Κάποια ανοίγματα γεφυρώνονται με στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος ή μεταλλικά, ή/και με μορφή τόξου. Πολλά από τα ανοίγματα έχουν σήμερα σφραγιστεί με οπτόπλινθους.

Οι φορείς των δαπέδων του υπερυψωμένου ισογείου που συναντώνται ποικίλουν: α) οπλισμένο σκυρόδεμα, β) χάλυβας, γ) μεταλλικές δοκοί εγκιβωτισμένες σε σκυρόδεμα, δ) θολίσκοι με συμπαγή τούβλα (jack arch) και γενικά εδράζονται και επί του κελύφους, καθένα με διαφορετικό βαθμό διαφραγματικής λειτουργίας και ποικίλο βαθμό ισότροπης απόκρισης. Η μονολιθική σύνδεση με το κέλυφος έχει πραγματοποιηθεί με τη δημιουργία φωλιάς.

Η θεμελίωση της φέρουσας τοιχοποιίας αποτελείται από λιθοδομή, φτάνοντας σε βάθος 2 έως 3.5μ. Τα στοιχεία στο εσωτερικό των κτιρίων θεμελιώνονται είτε σε μεμονωμένα θεμέλια είτε σε πλάκες σκυροδέματος, ενώ πλαίσια σκυροδέματος του κτιρίου Β εδράζονται σε πεδίλοδοκούς.



εικ.18 Παρουσίαση της υφιστάμενης λιθοδομής



εικ.19 Παρουσίαση τυπικού υφιστάμενου ανωφλίου

Πρέπει να σημειωθεί ότι σε διάφορα στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος κατά τις ερευνητικές εργασίες βρέθηκαν αντί για ευθύγραμμοι οπλισμοί (συνήθεις οπλισμοί), ράβδοι με περιέλιξη, άλλως "Twin Twisted Bars", βάσει του βρετανικού κανονισμού τεχνολογίας χαλύβων, BS1144 (Cold Twisted Steel Bars for Concrete Reinforcement. British Standards Institution, London) του 1943 και είναι ράβδοι ίδιας ποιότητας με τις υπόλοιπες και συνήθων διαμέτρων οπλισμού που έχουν περιελχθεί μεταξύ τους εν ψυχρώ. Χρησιμοποιήθηκαν κυρίως σε στοιχεία με μεγαλύτερη απαίτηση οπλισμών ή για αύξηση της συνάφειας με το σκυρόδεμα.

Οι στέγες των κτιρίων είναι από μεταλλικά ζευκτά μορφής δικτύματος με παραβολική χάραξη του κάτω πέλματος και με πλήρη απουσία διαφραγματικής λειτουργίας. Το άνοιγμά τους είναι 17μ έως 20μ και το στατικό ύψος τους κυμαίνεται από 0.95μ έως 2.50μ. Οι διατομές των μεταλλικών ζευκτών μορφώνονται από διπλά γωνιακά που συνδέονται με παρεμβλήματα, ενώ εδράζονται στην φέρουσα λιθοδομή σε εσοχές που διαμορφώνονται στην στέγη του κτιρίου με απλή έδραση.

Παθολογία φέροντα οργανισμού

Βάσει των δεδομένων της αποτύπωσης του φέροντα οργανισμού καθώς και της ιστορικής τεκμηρίωσης του μνημείου, η καταγραφή της γενικής παθολογίας για τα δομικά στοιχεία της κατασκευής συνοψίζεται στα παρακάτω σημεία.

- Φέρουσα περιμετρική τοιχοποιία:

Τοπικές ρωγμές σε πεσσούς, υπέρθυρα, στις περιοχές στήριξης της στέγης ή των διαφορών μηχανημάτων (συγκεντρωμένων φορτίων) και στις θέσεις συναρμογής με μεταγενέστερα στοιχεία

ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ (ΕΤΕΠΑΜ)

4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αναστηλώσεων , Πρακτικά
Θεσσαλονίκη, 26,27,28 Νοεμβρίου 2015

προσθηκών/επεμβάσεων, κατακόρυφες και διαγώνιες ρωγμές, τοπικές αποκολλήσεις συνδετικού κονιάματος λίθων, αποκόλληση επιχρισμάτων, αποδιοργάνωση συνδετικού κονιάματος.

- Οπλισμένο σκυρόδεμα:

Απολέπιση και αποφλοίωση του σκυροδέματος, απογύμνωση οπλισμού, κατακόρυφες ρηγματώσεις, διάβρωση του οπλισμού σε μεγάλο βαθμό, ενανθράκωση του σκυροδέματος (εικ.20).

- Δομικός χάλυβας:

Μεγάλος βαθμός οξείδωσης όλων των μεταλλικών μελών, αστοχία και κατάρρευση ζευκτών της στέγης του κτιρίου Γ στο τμήμα των λεβήτων (εικ.21).



εικ.20 Παρουσίαση αποφλοιωμένης περιοχής οπλισμένου σκυροδέματος όπου αποκαλύπτονται ράβδοι διπλής περιέλιξης



εικ.21 Παρουσίαση υφιστάμενου μεταλλικού φορέα στέγης

- Δάπεδα με θολίσκους:

Τμήματα των θολίσκων από οπτοπλινθοδομή στο κτήριο Α έχουν έντονα αποδιοργανωθεί ή καταρρεύσει.

Αναλυτικότερα, οι λόγοι εμφάνισης των ρωγμών είναι:

- Κάμψη εκτός επιπέδου λόγω της έλλειψης διαφράγματος στην τοιχοποιία ή και στα σημεία σύνδεσης με τους εγκάρσιους τοίχους.
- Κάμψη εντός επιπέδου λόγω της χαμηλής εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας κυρίως γύρω από τα ανοίγματα όπου οι ζώνες αυτές είναι πιο εύκαμπτες.
- Διάτμηση (διαγώνιες ρωγμές από λοξό εφελκυσμό, εικ.22 & 23).



εικ.22 Παρουσίαση υφιστάμενης λιθοδομής με έντονη ρηγματώση σε περιοχή ανοίγματος



εικ.23 Παρουσίαση υφιστάμενης λιθοδομής με πλήρη αποδιοργάνωση

- Ανάπτυξη λοξού εφελκυσμού σε στοιχεία υπό μονοαξονική θλίψη (τοπικές ρωγμές από κατακόρυφα φορτία).

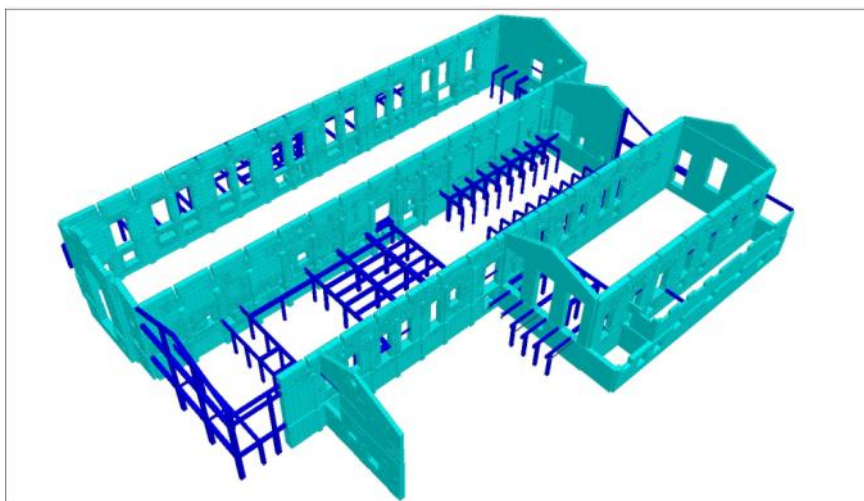
- Οξείδωση μεταλλικών στοιχείων ή υπερπίεσεων (τοπικές ρωγμές σε θέσεις ανάπτυξης τάσεων). Στην τοιχοποιία δεν παρατηρήθηκαν οριζόντια βέλη ούτε και αποκλίσεις από την κατακόρυφο που να επηρεάζουν την αντοχή και τη λειτουργικότητα του κτιρίου. Για την εκτίμηση των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές δοκιμές σε δοκίμια λιθοσωμάτων και σκυροδέματος, δείγματα κονιάματος, καθώς και δοκιμές εφελκυσμού και σκληρομέτρησης για τον χάλυβα σκυροδέματος και τον δομικό χάλυβα, αντίστοιχα. Έτσι, προέκυψαν οι μηχανικές ιδιότητες που επισυνάπτονται στον ακόλουθο πίνακα.

Λιθοδομή	Δομικός Χάλυβας/ Χάλυβας Ω.Σ.	Σκυρόδεμα
$f_b = 55 \text{ MPa}$	AISI 1010	C12/15
$f_m = 0.50 \text{ MPa}$	S 220	

7.2 ΣΤΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ - ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΟΡΕΑ

Δημιουργήθηκε καθολικό προσομοίωμα (εικ.24), το οποίο περιλαμβάνει το κέλυφος των κτηρίων και τις προσθήκες που το επηρεάζουν στατικά.

Η φέρουσα τοιχοποιία προσομοιώθηκε με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία πλακών, τα οποία εμπεριέχουν μεμβρανική και καμπτική λειτουργία και ενδείκνυνται για γραμμική ελαστική ανάλυση κελυφών, όπως στο υπό μελέτη έργο. Σημειώνεται ότι για την μόρφωση του προσομοιώματος ακολουθήθηκε η ακριβής γεωμετρία σύμφωνα με τα σχέδια της στατικής αποτύπωσης. Η διακριτοποίηση των πεπερασμένων στοιχείων πραγματοποιήθηκε έτσι ώστε να ληφθούν υπόψη εσοχές, οπές, αλλαγές παχών κτλ. με σκοπό να προσομοιωθεί με ρεαλιστικό τρόπο η γεωμετρία του φορέα. Επιπροσθέτως, πραγματοποιήθηκε πύκνωση του δικτύου σε θέσεις συγκεντρωμένων φορτίων. Επισημαίνεται ότι τα μεταλλικά στοιχεία που μορφώνουν τα ανοίγματα (ανώφλια) του φορέα προσομοιώθηκαν με γραμμικά μέλη με ισοδύναμη δυσκαμψία ανάλογα με το πλήθος τους στις θέσεις που υπάρχουν.



εικ.24 Απεικόνιση της προσομοίωσης του φορέα στο πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων

Στο καθολικό προσομοίωμα εφαρμόζονται όλα τα φορτία που ασκούνται στο κέλυφος, είτε άμεσα, είτε ως αντιδράσεις στήριξης στις θέσεις έδρασης των δαπέδων. Για τον έλεγχο επάρκειας σε σεισμό, πραγματοποιείται ισοδύναμη στατική ανάλυση.

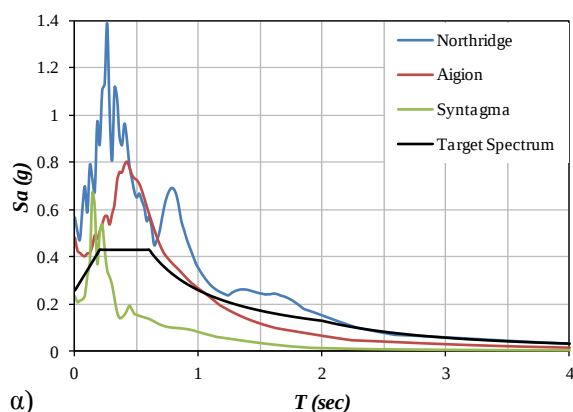
Ο μηχανολογικός εξοπλισμός συνδέεται στη λιθοδομή μέσω απλών στατικών φορέων (μεταλλικοί πρόβολοι με αντηρίδες), οι οποίοι επιλύονται ξεχωριστά με κλασικές μεθόδους στατικής (αναλυτικές μέθοδοι). Οι προκύπτουσες αντιδράσεις (σύμφωνα και με τα εκτιμώμενα φορτία) εισάγονται σαν

μόνιμα φορτία στο προσομοίωμα της λιθοδομής. Οι τοιχοποιίες πλήρωσης δεν συνεκτιμώνται στην ανάλυση δυνάμεων. Λαμβάνονται υπόψη μόνο ως μόνιμα φορτία.

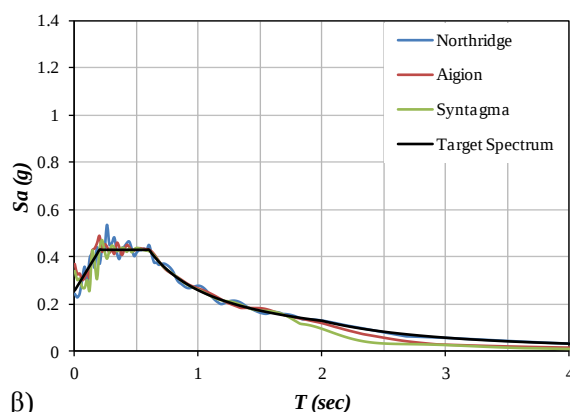
Για την εύρεση των εντατικών μεγεθών χρησιμοποιείται η μέθοδος άμεσης ακαμψίας. Ως δυσκαμψία των φερόντων στοιχείων της λιθοδομής λαμβάνεται αυτή της πλήρους γεωμετρικής διατομής για τις στατικές φορτίσεις και η μισή για τις σεισμικές φορτίσεις. Η προσομοίωση της λιθοδομής έγινε, όπως αναφέρθηκε, με πεπερασμένα στοιχεία πλάκας, τα αποτελέσματα των οποίων δεν αναφέρονται σε μεμονωμένα στοιχεία (πεσσούς/ανώφλια) και δεν μπορεί να γίνει απευθείας εφαρμογή των ελέγχων του EN1996-1 σε όρους δυνάμεων. Τα αποτελέσματα χρησιμοποιούνται καταρχήν ποιοτικά για την εκτίμηση των περιοχών με μεγάλη ένταση και σε συνέχεια στα κρίσιμα στοιχεία (ισοδύναμους πεσσούς/ανώφλια) πραγματοποιούνται οι έλεγχοι σε όρους δυνάμεων βάσει του κανονισμού μετά από ολοκλήρωση των τάσεων σε κάθε στοιχείο. Ο έλεγχος επάρκειας των μεταλλικών μελών σύμφωνα με τις διατάξεις του Ευρωκώδικα 3 πραγματοποιείται από το λογισμικό. Από την ανάλυση ελέγχονται ακόμα οι οριζόντιες και κατακόρυφες μετακινήσεις των φορέων.

Τέλος, επειδή η χρήση της στατικά ισοδύναμης μεθόδου γίνεται κατά παρέκκλιση των διατάξεων του EN1998-1 εκπονήθηκαν ακόμη επί του τελικού προσομοιώματος δυναμικές αναλύσεις χρονοϊστοριών και έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων των μεθόδων. Από την σύγκριση αυτή προέκυψε ότι τα αποτελέσματα της ισοδύναμης στατικής ανάλυσης είναι ασφαλή και συνεπώς αυτή επιλέγεται για τη διαστασιολόγηση.

Πιο συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν καταγραφές των σεισμικών συμβάντων: α) Αιγίου (1995), β) Συντάγματος (1999) και γ) Northridge (1994). Οι τροποποιήσεις έγιναν στο αντίστοιχο φάσμα του Ευρωκώδικα μέσω λογισμικού (SeismoMatch). Τα αντίστοιχα φάσματα των καταγραφών καθώς και τα τροποποιημένα φάσματα επισυνάπτονται στις εικόνες 25α και 25β.



εικ.25α Σύγκριση φασμάτων επιταχύνσεων επιλεγμένων σεισμών με EC8

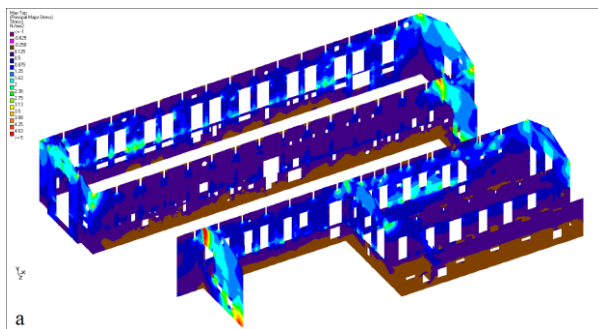


εικ.25β Σύγκριση τροποποιημένων φασμάτων επιταχύνσεων με EC8

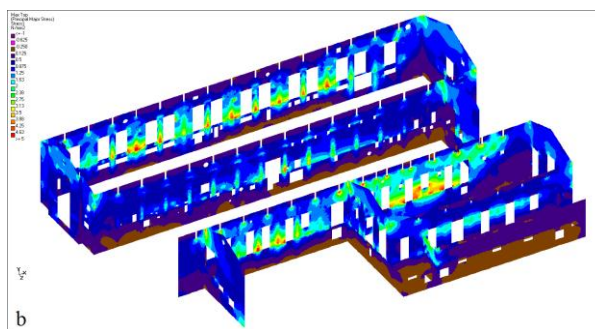
7.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

• Τοιχοποιία

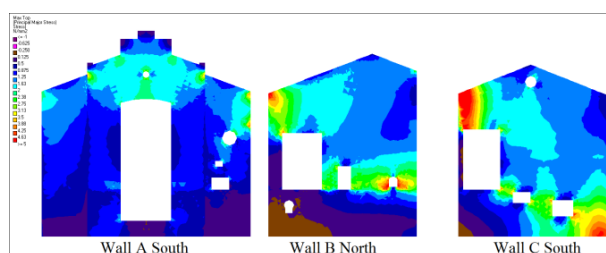
Σύμφωνα με τους υπολογισμούς προκύπτει ότι η τοιχοποιία δεν επαρκεί υπό σεισμική φόρτιση καθώς παρατηρούνται σημαντικές υπερβάσεις αντοχής, μέχρι και 400%, στην εκτός επιπέδου κάμψη τόσο για τους διαμήκεις τοίχους όσο και για τους εγκάρσιους (εικ.26α & 26β). Η αναπτυσσόμενη εκκεντρότητα υπερβαίνει κατά πολύ (3-4 φορές) το πάχος του στοιχείου και συνεπώς προκύπτει ότι ο υπάρχων φέρων οργανισμός δεν μπορεί να παραλάβει τα φορτία σχεδιασμού με ασφάλεια (εικ.27).



εικ.26α Απεικόνιση μέγιστων κύριων τάσεων για κυρίαρχη σεισμική φόρτιση στον άξονα X



εικ.26β Απεικόνιση μέγιστων κύριων τάσεων για κυρίαρχη σεισμική φόρτιση στον άξονα Z



εικ.27 Απεικόνιση μέγιστων κύριων τάσεων των εγκάρσιων τοίχων για κυρίαρχη σεισμική φόρτιση στον άξονα X

- Μεταλλικές Στέγες

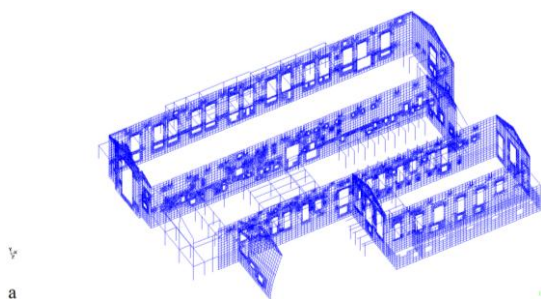
Ο φέρων οργανισμός των στεγών κρίνεται ανεπαρκής να παραλάβει τα φορτία που ορίζονται από τους ισχύοντες κανονισμούς. Ο έλεγχος λειτουργικότητας των στεγών σε οριζόντιες μετακινήσεις δεν ικανοποιείται λόγω της απουσίας στοιχείων που να εξασφαλίζουν διαφραγματική λειτουργία.

- Μεταλλικά δάπεδα

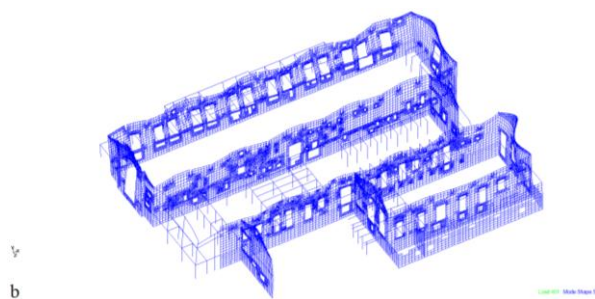
Ο φέρων οργανισμός μεταλλικών δαπέδων κρίνεται επαρκής να παραλάβει τα φορτία που ορίζονται από τους ισχύοντες κανονισμούς.

- Δάπεδα - στοιχεία από σκυρόδεμα

Ο φέρων οργανισμός των στοιχείων από σκυρόδεμα κρίνεται ανεπαρκής να παραλάβει τα φορτία του κανονισμού, γεγονός που οφείλεται κυρίως στην αλληλεπίδρασή τους με το κέλυφος.



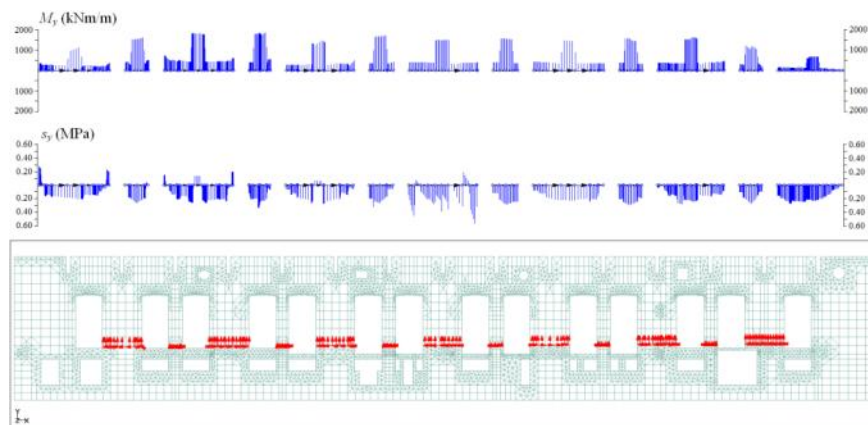
εικ.28α Απεικόνιση φασματικής απόκρισης για την 1η ιδιομορφή (1.01 sec)



εικ.28β Απεικόνιση φασματικής απόκρισης για την 56η ιδιομορφή (0.16 sec)

- Θεμελίωση

Με βάση τη στατική ανάλυση του φέροντα οργανισμού προκύπτει ότι τα μεταβιβαζόμενα φορτία ξεπερνούν τη φέρουσα ικανότητα της υφιστάμενης θεμελίωσης. Παρ' όλα αυτά, κατόπιν αξιολόγησης της παθολογίας του κτιρίου δεν παρατηρούνται ενδείξεις αστοχίας της θεμελίωσης (θραύση εδάφους πέριξ της θεμελίωσης, υπερβολικές μετατοπίσεις-στροφές ανωδομής) υπό τα υφιστάμενα μόνιμα φορτία (εικ.28α, 28β, 29).



εικ.29 Απεικόνιση των κατανομών εκτός επιπέδου ροπής (M_y) και τάσης (s_y) του δυτικού τοίχου για κυρίαρχη σεισμική φόρτιση στον άξονα Z

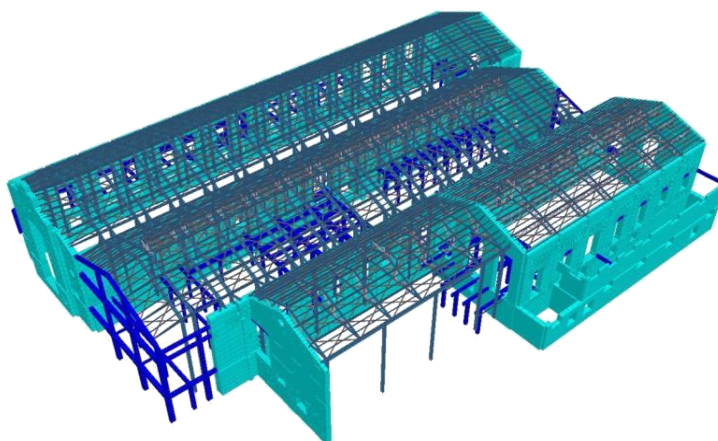
7.4. ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ

Στην παρούσα μελέτη το ζητούμενο είναι η πλήρης αποκατάσταση της στέγης με ταυτόχρονη ενίσχυση του κελύφους, έτσι ώστε το συγκρότημα, διατηρώντας την αρχική του μορφολογία και αισθητική, να είναι ασφαλές και σύμφωνο με τους ισχύοντες κανονισμούς.

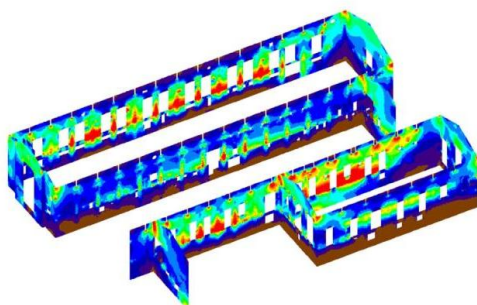
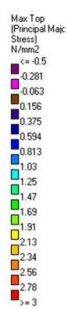
Το κυριότερο πρόβλημα που έπρεπε να αντιμετωπισθεί ήταν τα κατά πολύ άνω των ορίων εντατικά μεγέθη στην φέρουσα τοιχοποιία. Εκτιμήθηκε ότι η κυριότερη αιτία του προβλήματος είναι η απουσία οριζοντίου διαφράγματος το οποίο θα επέτρεπε στους τοίχους να συνεργάζονται και θα δέσμευε τις μετακινήσεις και παραμορφώσεις τους. Δεδομένου ότι στο κτήριο δεν μπορούν να υπάρξουν ενδιάμεσες στάθμες δαπέδων (εκτός από την υφιστάμενη οροφή ισογείου), το διάφραγμα μπορεί να επιτευχθεί μόνο στη στέγη. Από τη στιγμή που αγνοήθηκε η συνεισφορά του στην ανάλυση του υφιστάμενου φορέα, η στατική λειτουργία των τοίχων σε οριζόντιες φορτίσεις προσεγγίξε ουσιαστικά αυτήν του καμπτικού προβόλου.

Για την διερεύνηση της βέλτιστης λειτουργίας του μεταλλικού φορέα πραγματοποιήθηκε σειρά αναλύσεων με κριτήρια σύγκρισης τα εντατικά μεγέθη καθώς και την προκύπτουσα αντοχή της τοιχοποιίας σε χαρακτηριστικές θέσεις του φορέα (για παράδειγμα στη βάση πεσσών της άοπλης λιθοδομής, εικ.30, 31α, 31β).

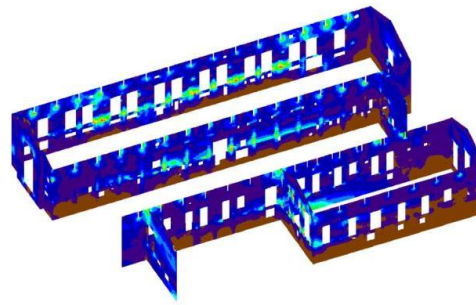
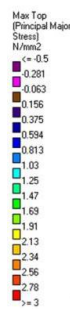
Παρά την αποκατάσταση της διαφραγματικής λειτουργίας, η απαίτηση αυξημένων σεισμικών φορτίων που προκύπτουν από τις ισχύουσες κανονιστικές διατάξεις και άρα η αυξημένη καταπόνηση της τοιχοποιίας, οδηγεί στη λήψη επιπρόσθετων μέτρων ενίσχυσης. Λύσεις που παραβίαζαν το κριτήριο μη αντιστρεψιμότητας των επεμβάσεων αλλά και της ασυμβατότητας των υλικών με αυτά του ιστορικού μνημείου αποκλείστηκαν. Έτσι, επιλέχθηκε η επιβολή προέντασης σε ποσοστό 25% περίπου της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας. Η εισαγωγή του επιπλέον αξονικού φορτίου αυξάνει το πλάτος της θλιβόμενης ζώνης και εξασφαλίζει με σαφή τρόπο ευστάθεια εκτός επιπέδου. Για τη σαφή μεταφορά των δυνάμεων στην τοιχοποιία, κατά την προένταση, κατασκευάζεται στη στέγη διάζωμα οπλισμένου σκυροδέματος. Συμπληρωματικά στους τοίχους όπου εμφανίζονται υπερβάσεις στη διατμητική κυρίως αντοχή τοποθετούνται ελάσματα ινοπλισμένων πολυμερών (ΙΟΠ).



εικ.30 Τρισδιάστατη απεικόνιση του ενισχυμένου φορέα στο πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων



εικ.31α Απεικόνιση μέγιστων κύριων τάσεων πριν τις επεμβάσεις



εικ.31β Απεικόνιση μέγιστων κύριων τάσεων μετά τις επεμβάσεις

Οι επεμβάσεις στον φέροντα οργανισμό που προκύπτουν με βάση την παρούσα μελέτη, συνοψίζονται ως εξής:

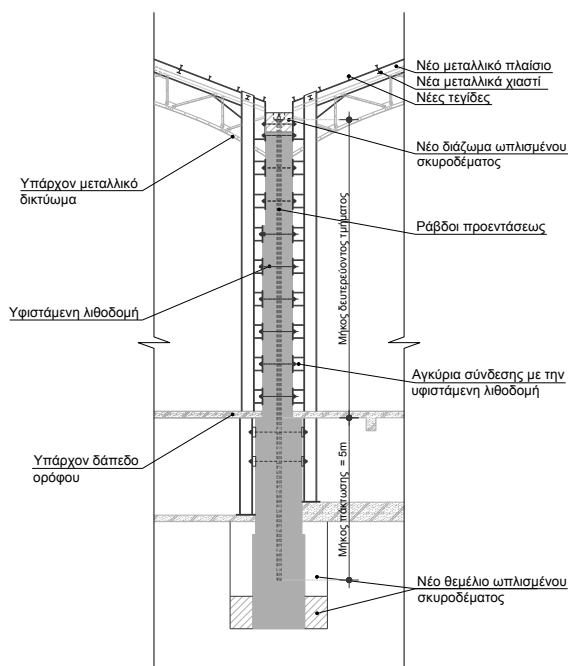
- Κατασκευή μεταλλικού φέροντος οργανισμού ικανού να μεταφέρει τα κατακόρυφα φορτία της στέγης και να εξασφαλίζει διαφραγματική λειτουργία (εικ.32).
- Ενίσχυση της φέρουσας τοιχοποιίας με προεντεταμένες ράβδους υψηλής αντοχής για περιορισμό των εκκεντροτήτων που προκύπτουν στη λιθοδομή (εικ.33).
- Ενίσχυση με ελάσματα ΙΟΠ της αντοχής κυρίως σε διάτμηση στους πεσσούς και σε διακριτές θέσεις (κυρίως ανώφλια).
- Τοποθέτηση πλέγματος υάλου δομητικής ενίσχυσης επικαλυμμένου με ανθεκτική σε αλκάλια επίστρωση και κονίαμα με χαμηλό μέτρο ελαστικότητας συμβατό με το υφιστάμενο. Τοποθετείται για την παραλαβή μικρών εφελκυστικών τάσεων για την εκτός επιπέδου κάμψη κάθετα με τους αρμούς καθώς και ως μέτρο ομογενοποίησης των παραμέτρων της λιθοδομής (λόγω της μεγάλης διασποράς στις τιμές ιδιοτήτων του υλικού).

Επιπρόσθετα λόγω της φθοράς που έχει υποστεί η λιθοδομή θα πρέπει να γίνουν εργασίες αρμολόγησης και ομογενοποίησης της μάζας με ενέματα σε όλη τη λιθοδομή εκτός των περιοχών των αντηρίδων όπου θα γίνει μόνο αρμολόγημα.

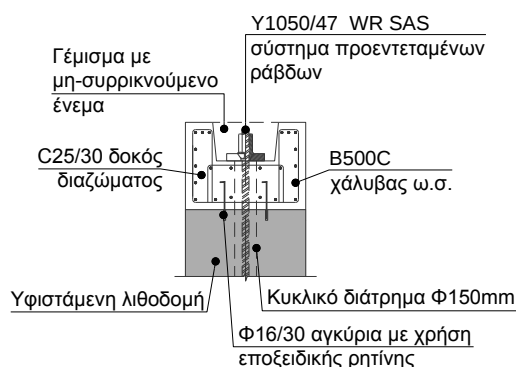
Αναφορικά με την θεμελίωση προτείνεται η ενίσχυση των θεμελίων εκατέρωθεν, κάτι το οποίο εκτός του ότι αυξάνει την επιφάνεια έδρασης είναι απαραίτητο και για την έδραση των νέων μεταλλικών υποστυλωμάτων, τα οποία θα εδράζονται αρθρωτά στη θεμελίωση, για την μεταφορά όσο το δυνατόν μικρότερων εντατικών μεγεθών.

ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ (ΕΤΕΠΑΜ)

4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αναστηλώσεων, Πρακτικά
Θεσσαλονίκη, 26,27,28 Νοεμβρίου 2015



εικ.32 Γενικό σκαρίφημα στατικών επεμβάσεων



εικ.33 Κατασκευαστική λεπτομέρεια προεντεταμένης τοιχοποιίας στη στέγη του τοίχου (διάζωμα οπλισμένου σκυροδέματος)

Οι μεταλλικοί φορείς προσομοιώθηκαν με τη χρήση ραβδωτών στοιχείων. Η μόρφωση της γεωμετρίας των προσομοιούμενων φορέων (διαστάσεις, στατικό ύψος ζευκτών, αποστάσεις τεγίδων κτλ.) πραγματοποιήθηκε με βάση τα σχέδια αποτύπωσης των υφιστάμενων στεγών, καθώς η διατήρηση της μορφής των στεγών αποτελεί προϋπόθεση της αρχιτεκτονικής μελέτης. Σημαντικό ρόλο στην ενίσχυση παίζει η συνεργασία της λιθοδομής με τους μεταλλικούς φορείς, η οποία επιτυγχάνεται με τη σύνδεσή τους καθ' ύψος με τη χρήση αγκυρίων σε κοντινές θέσεις.

8. ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΗΣ

Στα πλαίσια της δημιουργίας ενός πολιτιστικού-εκπαιδευτικού αλλά και ερευνητικού κέντρου, πολυχώρου μνήμης και γενικότερα της ανάδειξης του συγκροτήματος του ΑΗΣ και των όμορων οικοπέδων ιδιοκτησίας ΔΕΗ, προτείνεται η δημιουργία ενός Βιομηχανικού Μουσείου Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας, που θα παρέχει στον επισκέπτη τη δυνατότητα βιωματικής προσέγγισης της ιστορίας εξηλεκτρισμού και της διαδικασίας παραγωγής.

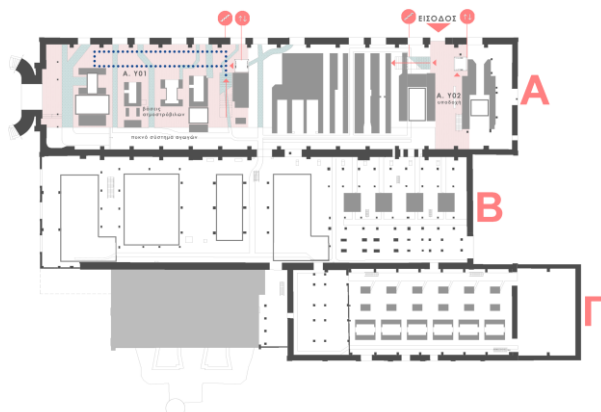
Σε ότι αφορά τον υφιστάμενο μηχανολογικό εξοπλισμό, επισημαίνεται ότι ο σεβασμός και η αξιοποίησή του, αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της ανάδειξης της φυσιογνωμίας του συγκροτήματος.

Βασικός στόχος της πρότασης είναι η διαμόρφωση μιας κύριας, συνεχούς και απλής –κατά το δυνατόν- διαδρομής στο εσωτερικό του κελύφους, σε συνδυασμό με τα αντίστοιχα, κάθε φορά, ερμηνευτικά μέσα (εποπτικό υλικό, βιντεοπροβολές, ψηφιακές διαδραστικές εφαρμογές κ.α.).

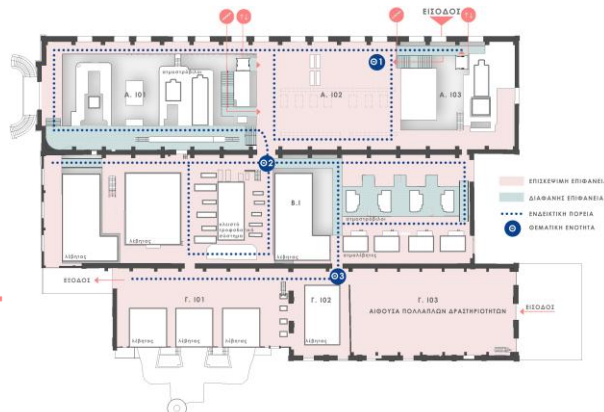
Η τοποθέτηση της κύριας εισόδου στη δυτική όψη του κτιρίου Α, λόγω της κεντροβαρικής της θέσης με τον περιβάλλοντα χώρο, δίνει τη δυνατότητα για τη διαμόρφωση ενός ικανού χώρου υποδοχής, που ενσωματώνει την αντίστοιχη κλίμακα ανόδου και τον ανελκυστήρα. Η έκθεση θα ξεκινά απευθείας από τη στάθμη +3,20μ, με τον επισκέπτη να κινείται από το χώρο Α.Ι02 προς το χώρο Α.Ι01 (εικ.34α, 34β).

ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΡΩΩΘΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΑΝΑΣΤΗΛΩΣΗΣ ΤΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ (ΕΤΕΠΑΜ)

4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αναστηλώσεων , Πρακτικά
Θεσσαλονίκη, 26,27,28 Νοεμβρίου 2015



εικ.34α Διαγραμματική κάτοψη οργάνωσης της κατώτερης στάθμης.



εικ.34β Διαγραμματική κάτοψη οργάνωσης της ανώτερης στάθμης.

Σε ότι αφορά το σύνολο των προσθηκών, αυτές κατασκευάστηκαν σε αρκετά μεταγενεστέρα περίοδο (μετά το 1950), ως αποτέλεσμα διαδοχικών αποσπασματικών αγορών μηχανημάτων που διαμόρφωσαν στο σταθμό την εικόνα "συρραφής" ετερόκλητων στοιχείων. Η ύπαρξή τους υποβαθμίζει σε πολύ μεγάλο βαθμό την συνολική ογκοπλαστική μορφή της κύριας πτέρυγας Α και αλλοιώνουν τη δυτική κύρια όψη του κτίσματος, που σε συνδυασμό με την νότια όψη της πτέρυγας αποτελούσαν τις πιο διακοσμημένες όψεις αυτού (εικ.35). Φράσσουν, επίσης, τον υπαίθριο χώρο υποβαθμίζοντας τη σχέση του κυρίως κτιρίου με τον περιβάλλοντα χώρο. Δεν κρίνονται, τέλος, απαραίτητες για τη λειτουργία του συγκροτήματος ως μουσείο.

Επιπλέον η σημερινή περιστασιακή λειτουργία τους ως αίθουσες διδασκαλίας, έχει ήδη αποφασισθεί από τη ΔΕΗ Α.Ε. να μεταφερθεί σε άλλο διαθέσιμο χώρο ιδιοκτησίας της επιχείρησης.

Κρίθηκε προτιμότερη η απομάκρυνση των προσθηκών, γεγονός που επιτρέπεται βάσει των αποφάσεων του ΥΠΠΟ και ΥΠΕΧΩΔΕ, όσο και την πρόσφατη απόφαση ΥΝΜΤΕΑΑΣΕΚ/4784 - 14/10/2015.



εικ.35 Διαγραμματική απεικόνιση της θέσης των μεταγενέστερων κτιριακών προσθηκών προς κατεδάφιση.

9. ΑΝΑΦΟΡΕΣ / ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αθανασιάδης, Γ. (1902). Ο εν νέω Φαλήρω Κεντρικός Ηλεκτρικός Σταθμός και η μεταβίβασις της ηλεκτρικής ενέργειας εις Αθήνας και Πειραιά. Αθήνα: Εστία
- Μπίρης, Κ. (1966). Αι Αθήναι : από του 19ου εις τον 20ον αιώνα. Αθήνα: Ίδρυμα Πολεοδομίας και Ιστορίας των Αθηνών
- Τριανταφυλλίδης, Α. (1951). Εικοσιπέντε χρόνια ηλεκτρισμού προόδου 1926 -1951. Ηλεκτρική Εταιρεία Αθηνών Πειραιώς Α.Ε.
- Δεμίρη, Κ. (1991). Η εξέλιξη της αρχιτεκτονικής των βιομηχανικών κτιρίων στην Ελλάδα από τα τέλη του 19ου αιώνα ως σήμερα. Αρχιτεκτονικά Θέματα
- Παντελάκης, Ν. (1991). Ο εξηλεκτρισμός στην Ελλάδα. Από την ιδιωτική πρωτοβουλία στο κρατικό μονοπώλιο (1889-1956). Αθήνα: Μ.Ι.Ε.Τ.
- Πολύζος, Γ., Παναγιωτόπουλος, Β., Αγριαντώνη, Χρ., Μπελαβίλας, Ν. (επιμ.) (1998) Ιστορικός βιομηχανικός εξοπλισμός στην Ελλάδα. Αθήνα: Οδυσσέας
- Σαμίου, Δ. (1998). Η εξαγορά των ηλεκτρικών επιχειρήσεων από τη Δ.Ε.Η. Αρχειακή τεκμηρίωση. Αθήνα: Κέντρο Νεοελληνικών Ερευνών Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών
- Maraveas, C., Tasiouli, K., Assessment and Restoration of the first Greek Power Plant - Registered Monument of Industrial Heritage, Case Studies in Structural Engineering, Vol. 3, 2015, pp 1-10.
- Maraveas, C., Tasiouli, K., Fasoulakis, Z., Assessment of the New Faliron Steam-Electric Station in Greece, 14th International Conference on Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture, A Coruña, Spain, 2015.
- Najif Ismail. Selected strengthening techniques for the seismic retrofit of unreinforced masonry buildings. Univeristy of Auckland, New Zealand; 2012.
- Md. Rashadul Islam. Inventory of FRP strengthening methods in masonry structures. Technical University of Catalonia, Barcelona; 2008.
- Miha Tomaževič, Matija Gams, Thierry Berset. Seismic strengthening of brick masonry walls with composites: an experimental study. Paper 307, Structural engineers world congress, Como, Italy; 2011.
- Paulay T., Priestley M.. Αντισεισμικός σχεδιασμός κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα και τοιχοποιία. Κλειδάριθμος, Αθήνα; 1999
- Bentley Systems Incorporated. STAAD.Pro V8i Structural Analysis and Design Software. California, U.S.A.; 2007.
- Vsl International Ltd. Post-tensioned masonry structures. Berne, Swtzerland; http://www.vsl.net/Portals/0/vsl_techreports/PT_Masonry_Structures.pdf, Assessed 10/2014.
- British Standard. BS 5628: Code of practice for the use of masonry, Part-2: Structural use of reinforced and prestressed masonry; 2000.
- European Committee for Standardization. Eurocode: Basis of structural design, European Standard EN 1990. Brussels, Belgium; 2002.
- European Committee for Standardization. Eurocode 1: Actions on structures, European Standard EN 1991. Brussels, Belgium; 2005.
- European Committee for Standardization. Eurocode 6: Design of masonry structures - Part-1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures, European Standard EN 1996-1-1. Brussels, Belgium; 2005.
- European Committee for Standardization. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance, European Standard EN 1998. Brussels, Belgium; 2005.

Reconstruction of the main building of Steam Power Station in N. Faliro, Attiki

Sector of Building Design & Construction at *P.P.C. S.A. / Facilities & Real Estate Services Department*

C. Maraveas & Associates Company - Consulting Engineers

1. INTRODUCTION

The Steam Power Station in N. Faliro, is part of a wide industrial complex that belongs to Public Power Corporation S.A. It exclusively occupies the city block no.28 in N. Faliro, Attiki of 22 acres and it is to be reserved for artistic and cultural functions. The building complex and its mechanical equipment, are designated as historical monuments of the country's electrification.

The “Hellenic Electricity Corporation” established in 1899 by K. Nikolaidis purchased the land for the construction of the new Steam Power Station in Faliro. The Station was located between the two main poles of electricity consumption, Athens and Piraeus, close to the train station and the port of Piraeus to ensure economic transport of coal and water. The construction started in 1901 and the station became operational in 1903. It was the first Steam Power Station in Greece. Due to the increasing demand for electricity, the station kept changing form and mechanical equipment during all phases of its operation. P.P.C. was established in 1953 and acquired the scattered and small scale Electric Stations throughout the country. The operation of the Station was terminated in 1972.

2. BUILDING ANALYSIS

The Steam Power Station in N. Faliro is a monumental industrial building with neoclassical and eclectic influences. It consists of simple rectangular forms, with “pierced” façades carrying repeated openings, mansard roofs with metal trusses with a total height of over 15m.

3. PATHOLOGY OF BUILDING AND DETERMINATION OF FAILURES

- Cracks in the masonry walls due to incompatible materials, inappropriate interventions, earthquake stresses as well as damage and wear due to the installation, operation and removal of the mechanical equipment.
- Plaster erosion, oxidation of metal components and weathering of the connective mortar because of humidity that were caused by the dismantling of the roof coat in 2006.
- Collapse or removal of the decorative elements, such as moldings and frames of the main opening.

4. INTERVENTIONS

The proposed interventions will be based on the structural analysis and calculations that were carried out, taking into account reversibility criteria.

4.1 Building interventions to recover its original form, according to available blue prints and photographic archives:

- Uncover of the sealed openings and maintenance, repair or reconstruction of window frames.
- Completion of the external decoration and moldings and coating of the exterior surfaces.
- Reconstruction of the roof using new coating panels. Construction of roof gutters and drain system. Maintenance of the visible stone elements.

4.2 Interventions in the bearing structure:

- Strengthening of the foundations to improve the load carrying capacity and global stability.
- Construction of new metal structure to effectively transfer the vertical loads of the metal roof.
- Reinforcement of the masonry walls using prestressed bars to achieve the total required strength.
- Grouting and homogenization throughout the masonry walls.