

**ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΑΘΛΗΤΙΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ
«ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΒΙΚΕΛΑΣ» - ΚΛΕΙΣΤΗ ΑΙΘΟΥΣΑ Β ΣΤΗΝ ΕΡΜΟΥΠΟΛΗ
ΣΥΡΟΥ**

Χρύσανθος Μαραβέας

X. ΜΑΡΑΒΕΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ Ι.Κ.Ε.- Σύμβουλοι Μηχανικοί

Πολιτικός Μηχανικός, MSc, MSc, DIC, PhD

Αθήνα, Ελλάδα

Fire Safety Unit, ArGenCo Dept.,

University of Liege, Belgium

e-mail: c.maraveas@maraveas.gr; c.maraveas@ulg.ac.be

Ζαχαρίας Φασουλάκης

Πολιτικός Μηχανικός, MSc, PhD Cand.

X. ΜΑΡΑΒΕΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ Ι.Κ.Ε.- Σύμβουλοι Μηχανικοί

Αθήνα, Ελλάδα

e-mail: fasoulakis-z@hotmail.com

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αθλητικό κέντρο «Δημήτριος Βικέλας» στη Σύρο, αποτελείται από δύο κτίρια. Η αίθουσα Β, έχει μεταλλικό φέροντα οργανισμό και κατασκευάστηκε πριν 35 χρόνια περίπου με αρχική χρήση στεγαστρου σκαφών, χωρίς να υφίσταται μελέτη. Τα υποστυλώματα έχουν κατασκευαστεί από μεταβλητής διατομής μεταλλικά στοιχεία και τα ανοίγματα γεφυρώνονται από δικτυώματα ή μεταλλικές δοκούς κατά περίπτωση. Οι συνδέσεις σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι συνήθους μορφής (έως δύσμορφες). Κατά την λειτουργία του Αθλητικού Κέντρου διαπιστώθηκαν αστοχίες από λυγισμό διαφόρων δομικών στοιχείων (δοκών και τεγίδων). Η εργασία παρουσιάζει την διερεύνηση που έγινε για τον προσδιορισμό της παθολογίας της κατασκευής και τις ενισχύσεις και λοιπές επεμβάσεις που προτάθηκαν ώστε η κατασκευή να είναι σύμφωνη με τους σύγχρονους κανονισμούς. Επίσης παρουσιάζονται στοιχεία των επεμβάσεων και συγκρίνονται τα δυναμικά χαρακτηριστικά της κατασκευής πριν και μετά τις επεμβάσεις.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως είναι γνωστό, δύο είναι οι βασικοί στόχοι κατά τη στατική εκτίμηση υφιστάμενων κατασκευών: η εξασφάλιση της δομικής συμπεριφοράς τους και επομένως της αξιοπιστίας τους καθώς και η ελαχιστοποίηση του κόστους [1]. Για την περίπτωση δε κατασκευών

σημαντικής σπουδαιότητας οι οποίες έχουν υποστεί φθορές στον φέροντα οργανισμό, οι επεμβάσεις κρίνονται απαραίτητες προκειμένου για την ασφαλή λειτουργία τους. Η παρούσα εργασία αφορά μία τέτοια περίπτωση μεταλλικής κατασκευής, την Αίθουσα Β του αθλητικού κέντρου «Δημήτριος Βικέλας», στην Ερμούπολη της Σύρου. Το κτήριο ανεγέρθηκε τη δεκαετία του 1970, σε απόσταση περίπου 30m από τη θάλασσα με αρχική χρήση στεγάστρου σκαφών, ενώ σήμερα χρησιμοποιείται ως κλειστό γήπεδο πετοσφαίρισης.



Εικ. 1: Γενικές όψεις του κτηρίου (αριστερά η δυτική, δεξιά η ανατολική).

Το μεταλλικό κτήριο έχει εμβαδόν 1228m^2 με διαστάσεις γενικής κάτοψης $33.0\text{m} \times 36.0\text{m}$ (μεταξύ των αξόνων των υπ/των) και ύψος από $+8.24\text{m}$ έως 12.12m του φέρονται οργανισμού από τη στάθμη του εδάφους. Ο φορέας αποτελείται από 7 παράλληλα πλαίσια που επαναλαμβάνονται σε αποστάσεις 6.0m στη διαμήκη διεύθυνση. Το κάθε πλαίσιο αποτελείται από 2 μέρη: το ένα (νότιο) περιλαμβάνει υπ/μα μεταβλητής διατομής διπλού ταν $560/170 \times 170$ (mm) και μεταλλικό δοκάρι διατομής IPE 270 (καθαρού ανοίγματος 7.21m), ενώ το δεύτερο μέρος (βόρειο) περιλαμβάνει υπ/τα μεταβλητής διατομής $690/190 \times 190$ και δικτύωμα από γωνιακά διπλής διατομής (κάτω και άνω πέλμα) και μονής διατομής (στοιχεία κορμού). Ακόμα, ο φορέας περιλαμβάνει συνδέσμους δυσκαμψίας στο κατακόρυφο και στο οριζόντιο επίπεδο (γωνιακής διατομής), όλοι μόνο στα ακραία ανοίγματα της διαμήκης έννοιας του κτηρίου. Ακόμα, υπάρχουν συνδετήριες δοκοί στη διαμήκη διεύθυνση μεταξύ των υπ/των (διατομής HEA 100, HEA 120 και HEA 140), ενώ τα δικτύωματα συνδέονται μεταξύ τους στο κάτω πέλμα με γωνιακά διατομής $L60 \times 60 \times 6$ (ανά 2.50m) και στο πάνω πέλμα μέσω των τεγίδων. Τέλος, υπάρχουν μεταλλικά κατακόρυφα στοιχεία στην ανατολική και δυτική όψη διατομών από IPE 200 έως IPE 330.

Πριν από τη στατική αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής έχει προηγηθεί η καταγραφή βλαβών του φέροντα οργανισμού (Α΄ Φάση Μελέτης), οι οποίες περιγραφικά αναφέρονται στην επόμενη παράγραφο.

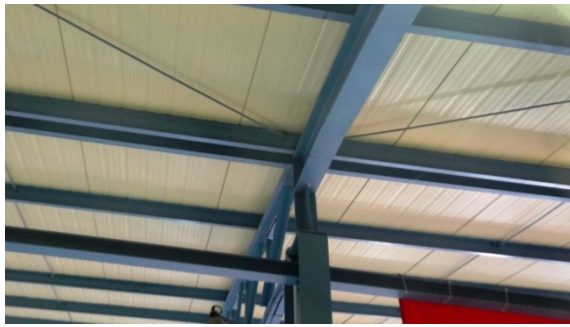
3. ΣΤΑΤΙΚΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Κατά τον επί τόπου έλεγχο που πραγματοποιήθηκε στον υφιστάμενο μεταλλικό φορέα, έγινε διερεύνηση της θεμελίωσης και καταγράφηκαν οι βλάβες της ανωδομής. Μεταξύ των πιο σημαντικών βλαβών αναφέρονται:

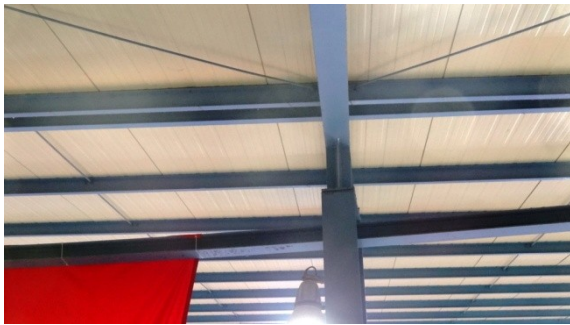
- α) Πολύ σημαντικές παραμορφώσεις λυγισμού συνδέσμου τύπου Λ στη νότια όψη του φορέα, καθώς και συνδετήριων δοκών διατομής HEA 100 στον άξονα της μεσαίας σειράς υποστυλωμάτων στη στάθμη $+8.70\text{m}$ (Εικ. 6).
- β) Πλάκες έδρασης υπ/των με σημαντική διάβρωση και ανεπαρκές πάχος ελασμάτων.
- γ) Έντονες ρηγματώσεις σε ορισμένες θέσεις του περιμετρικού τοιχείου (Εικ. 7β).
- δ) Σημαντική και πολύ σημαντική διάβρωση σε μεταλλικά στοιχεία (Εικ. 6β και 7α).



Εικ. 2: Σύνδεση με χαλαρή κοχλίωση.



Εικ. 3: Ανεπαρκής σύνδεση δοκού-υπ/τος.



Εικ. 4: Μεταλλικά στοιχεία με σημαντικές παραμορφώσεις 2ας τάξεως.



Εικ. 5: Μεταλλικό δικτύωμα οροφής.



Εικ. 6: Μεταλλικός σύνδεσμος με οξείδωση και πολύ σημαντικές παραμορφώσεις 2ας τάξεως. Αριστερά ο έτερος σύνδεσμος του ίδιου συστήματος τύπου Λ (νότια όψη).



(α)



(β)

Εικ. 7: (α) Βάση υπ/τος με σημαντική οξείδωση και (β) τοιχείο πλινθοδομής με έντονη ρηγματώση.

ε) Χαλάρωση κοχλιώσεων σε σημαντικά στοιχεία (λχ κατακόρυφοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας) καθώς και στοιχείων ντίζας στη στέγη (Εικ. 2).

στ) Σημαντική στρεπτική παραμόρφωση σε κατακόρυφα στοιχεία με ασήμαντη στρεπτική δυσκαμψία (στέγη - Εικ. 3 και 4).

Σχετικά με τα φορτία, ενδεικτικά αναφέρεται η μεγαλύτερη πίεση ανέμου που προκύπτει για τη στάθμη +12.0m σύμφωνα με τα πρότυπα του Ευρωκώδικα 1 [3], $q_p = 2.1\text{kN/m}^2$,

ενώ οι συνολικές προκύπτουσες δυνάμεις για τον άνεμο με διεύθυνση παράλληλα στη διαμήκη έννοια της κατασκευής υπολογίζονται 700 kN και 2100 kN (οριζόντια και κατακόρυφη δράση αντιστοίχως).

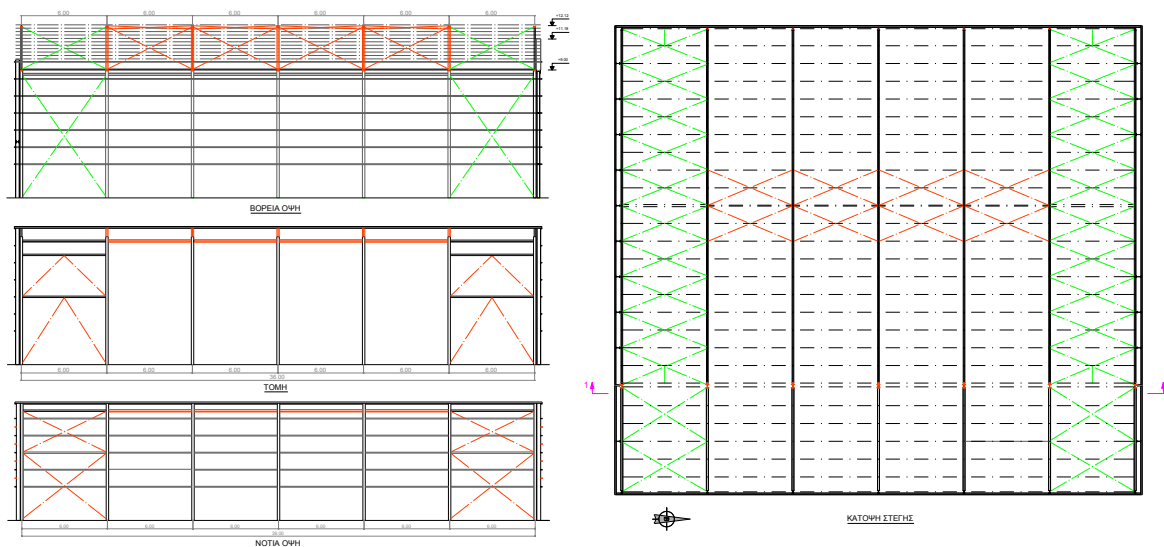
Η ανάλυση του φορέα και ο έλεγχος των μεταλλικών στοιχείων έγιναν σε λογισμικό του εμπορίου [7]. Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν τη σημαντικότητα του προβλήματος: 610 από τα 1324 στοιχεία του φέροντος οργανισμού δεν ικανοποιούν τους ελέγχους των Ευρωπαϊκών Κανονισμών [2-6], εκ των οποίων μόνο οι 39 περιπτώσεις αστοχούν σε σεισμικούς συνδυασμούς. Σημαντικές υπερβάσεις -εκτός από τους συνδέσμους δυσκαμψίας- παρατηρήθηκαν και στα άνω και κάτω πέλματα των δικτυωτών φορέων. Για τους τελευταίους, ελήφθη υπόψη η αξονική λειτουργία των μελών κατά την ανάλυση.

Επιπλέον, η Αίθουσα Β περιέχει μεταλλικούς φορείς -ανεξάρτητους από τον φέροντα οργανισμό του στεγάστρου- που φιλοξενούν τις κερκίδες και οι οποίοι κατασκευάστηκαν πολύ πιο πρόσφατα. Για αυτούς δεν παρατηρήθηκαν αστοχίες, σύμφωνα με την επίσκεψη και τους υπολογισμούς της στατικής μελέτης.

4. ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

Μεταξύ των επεμβάσεων που επιλέγονται για τον μεταλλικό φορέα σύμφωνα με τη Μελέτη, αναφέρονται τα βασικά ακολούθως. Μερικές από αυτές απεικονίζονται στο Σχ. 1.

- α) Προσθήκη οριζόντιων συνδέσμων δυσκαμψίας σε φατώματα κοντά στον κορφιά.
- β) Προσθήκη στοιχείων στο κατακόρυφο επίπεδο μεταξύ των δικτυωμάτων προς πλευρική εξασφάλιση των τελευταίων.
- γ) Αντικατάσταση μελών με πολύ σοβαρές βλάβες (παραμορφώσεις από φαινόμενα δευτέρας τάξεως).
- δ) Αντικατάσταση συνδέσμων δυσκαμψίας που αστοχούν (βόρεια-νότια όψη και τομή).
- ε) Αντικατάσταση κατακόρυφων στοιχείων των απολήξεων (ανώτερη στάθμη) των υπ/των της τομής.
- στ) Ενίσχυση γωνιακών στέγης (άνω και κάτω πέλμα) με λεπτότοιχες δοκούς κοίλης διατομής και επιλεγμένων γωνιακών κορμού δικτυώματος στέγης με δοκούς γωνιακών.
- η) Αντικατάσταση τεγίδων και πύκνωση ή αντικατάσταση μηκίδων.

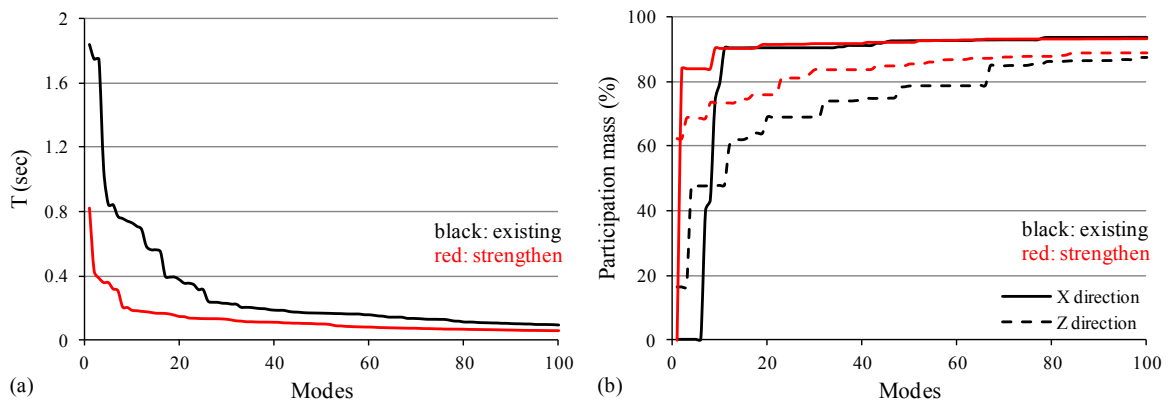


Σχ. 1: Σχηματική απεικόνιση επεμβάσεων (πράσινο: υφιστάμενοι σύνδεσμοι δυσκαμψίας, κόκκινο: επεμβάσεις).

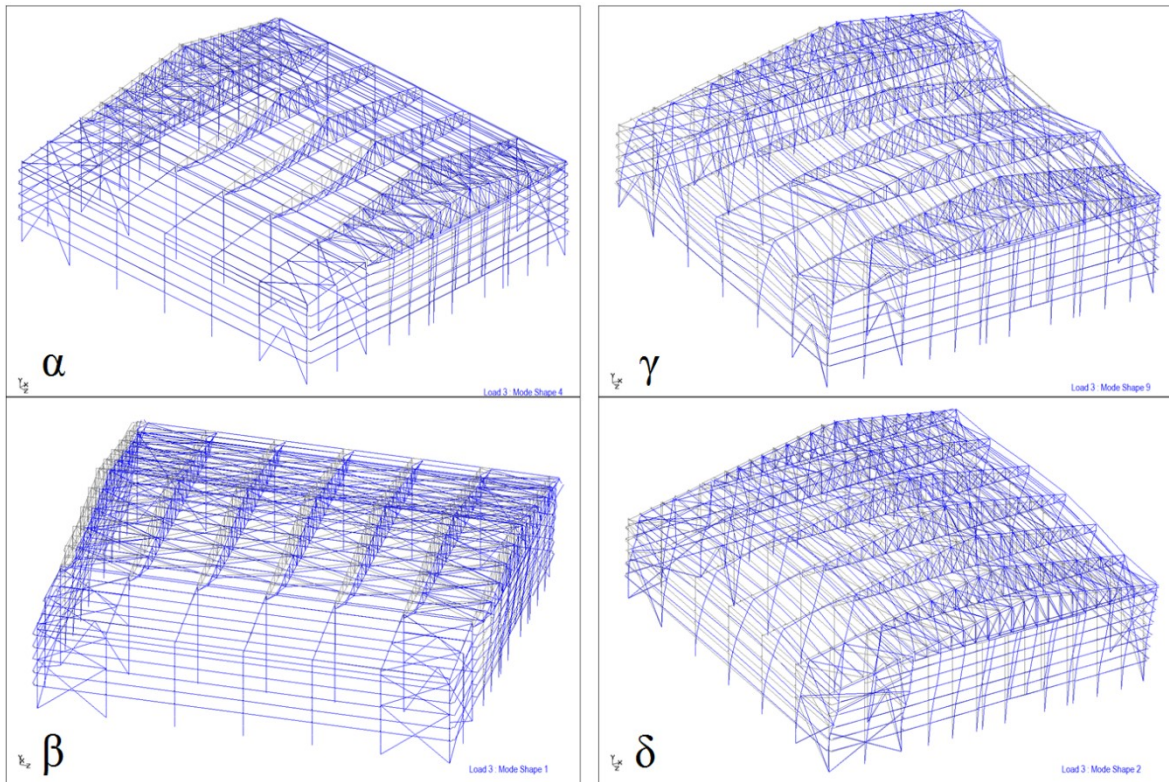
Ακόμα, θα πρέπει να γίνουν εργασίες αποκατάστασης του υφιστάμενου φορέα, όπως σύσφιξη κοχλιών και στοιχείων ντίζας, επεξεργασία και αποκατάσταση επιφανειών μεταλλικών στοιχείων με φαινόμενα διάβρωσης καθώς και ενίσχυση της θεμελίωσης σε σημεία όπου κρίνεται απαραίτητο (με πρόβλεψη για συγκεκριμένες φάσεις κατασκευής).

5. ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΤΟΥ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΦΟΡΕΑ

Από την ανάλυση και τον έλεγχο του νέου φορέα, όλα τα κριτήρια σχεδιασμού ικανοποιούνται στις καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας. Πιο συγκεκριμένα, οι κατακόρυφες μετακινήσεις της στέγης περιορίζονται σε 37 mm (από 69 mm του υφιστάμενου φορέα) για συνδυασμό λειτουργικότητας με κυρίαρχη φόρτιση τον άνεμο.



Σχ. 2: Σύγκριση δυναμικών ιδιοτήτων υφιστάμενου (μαύρο) και ενισχυμένου (κόκκινο) φορέα (συνεχής γραμμή: δ/νση X, διακεκομμένη: δ/νση Z).



Σχ. 3: Σχηματική απεικόνιση ιδιομορφών υφιστάμενου (επάνω) και ενισχυμένου (κάτω) φορέα.

Σε όρους οριζόντιων μετακινήσεων στην περίπτωση σεισμικής δράσης, για τους υψηλότερους κόμβους υποστυλωμάτων οι μετακινήσεις περιορίζονται από 75mm σε 30mm. Για λόγους σύγκρισης της δυναμικής απόκρισης του φορέα πριν και μετά τις επεμβάσεις, έγιναν ιδιομορφικές αναλύσεις, οι ιδιότητες των οποίων φαίνονται στο Σχ. 2, ενώ βασικές ιδιομορφές απεικονίζονται στο Σχ. 3. Παρατηρείται η σημαντική βελτίωση των δυναμικών χαρακτηριστικών της κατασκευής. Πιο συγκεκριμένα, οι ιδιοπερίοδοι για ιδιομορφές με σημαντική συμμετοχή μαζών εντοπίζονται για τη διαμήκη έννοια (δ/νση Z) σε 1.07s πριν (31% συμμετοχή μάζας) και 0.82s μετά την ενίσχυση (62% συμμετοχή μάζας). Αντίστοιχα για τη δ/νση X σημειώνονται οι ιδιοπερίοδοι 0.74s πριν (31% συμμετοχή μαζών) πριν και 0.43s μετά την ενίσχυση (84% συμμετοχή μαζών). Τα προηγούμενα μεγέθη αφορούν τις ιδιομορφές του Σχ. 3α-δ, με τη σειρά που αναφέρθηκαν.

Για τις επεμβάσεις αξίζει να σημειωθεί ότι συνολικά προβλέπονται 14.9 tn δομικού χάλυβα κατηγορίας S275, που αφορούν τον φέροντα οργανισμό καθώς και περίπου 22.8 tn που αφορούν τα στοιχεία τεγίδων-μηκίδων.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Η ακριβής καταγραφή και προσομοίωση της κατάστασης υφιστάμενων κατασκευών επισημαίνεται στην παρούσα εργασία, με αφορμή τη Μελέτη στατικής επάρκειας και επεμβάσεων στο μεταλλικό στέγαστρο του αθλητικού κέντρου Ερμούπουλης «Δημήτριος Βικέλας». Αφού προηγήθηκε η οπτική καταγραφή βλαβών της υφιστάμενης κατασκευής, έγιναν οι απαραίτητες στατικές επιλύσεις του φορέα. Τα αποτελέσματα της Μελέτης ανέδειξαν το μέγεθος του προβλήματος καθώς και την αναγκαιότητα των επεμβάσεων στον μεταλλικό φορέα και σε σημεία της θεμελίωσης. Στον παρόν κείμενο επισημαίνονται οι βασικές προτάσεις ενίσχυσης της φέρουσας ικανότητας, ενώ ακολουθεί σύγκριση των δυναμικών χαρακτηριστικών της υφιστάμενης και της ενισχυμένης κατάστασης.

Το ενδιαφέρον του προβλήματος μάς επιτρέπει σκέψεις για μελλοντική έρευνα. Ανάμεσα σε αυτές μπορεί να είναι λεπτομερέστερες αναλύσεις χρονοσειρών ανέμου, μέσω αξιοποίησης ανεμολογικών δεδομένων και στη συνέχεια από στατιστική επεξεργασία θα προκύπτει η εκτίμηση της απόκρισης του φορέα [8]. Με αυτόν τον τρόπο, λιγότερο συντηρητικά σενάρια σχεδιασμού θα προβλέπουν οικονομικότερο σχεδιασμό.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] SAMCO, Guideline for the assessment of existing structures. Final Report, 2006.
- [2] EN 1990, Eurocode – Basis of structural design. CEN, Brussels, 2002.
- [3] EN 1991, Eurocode 1 – Actions on structures. CEN, Brussels, 2002.
- [4] EN 1993-1-1, Eurocode 3 – Design of steel structures - Part 1-1: general rules and rules for buildings. CEN, Brussels, 2005.
- [5] EN 1998-1-1, Eurocode 8 – Design of structures for earthquake resistance - Part 1: general rules, seismic actions and rules for buildings. CEN, Brussels, 2003.
- [6] BS 5950-1, Structural use of steelwork in building. Part 1. Code of practice for design in simple and continuous construction: hot rolled sections, BSI, 1990.
- [7] STAAD.Pro V8i Technical Reference Manual, Bentley Sustaining Infrastructure, 2012.
- [8] J.V. Retief, C. Barnardo-Viljoen, and M. Holický, Probabilistic models for design of structures against wind loads. Research and Application in Structural Engineering, Mechanics and Computation, 2013.

**STRENGTHENING AND RESTORATION OF "DIMITRIOS VIKELAS"
ATHLETIC CENTER - B BUILDING IN HERMOUPOLIS, SYROS**

Chrysanthos Maraveas

Civil Engineer, MSc, MSc, DIC, PhD,
C. MARAVEAS PARTNERSHIP - Consulting Engineers
Athens, Greece
Fire Safety Unit, ArGenCo Dept.,
University of Liege, Belgium
e-mail: c.maraveas@maraveas.gr; c.maraveas@ulg.ac.be

Zacharias Fasoulakis

Civil Engineer, MSc, PhD Cand.
C. MARAVEAS PARTNERSHIP - Consulting Engineers
Athens, Greece
e-mail: fasoulakis-z@hotmail.com

SUMMARY

"Dimitrios Vikelas" athletic center in Ermoupolis of Syros, consists of two buildings. Building B has a steel superstructure constructed approximately 35 years ago, initially used as a boat shelter with the lack of any design calculations. The basic steel columns have varying web height, while the spans are bridged through trusses or I-beams (where applicable). Significant geometrical inconsistencies are noted for the existing steel connections, whereas during the service life of the athletic center major failures have been obtained, as a result of buckling phenomena taking place in several beams or stiffeners. The paper presents the investigation followed for the pathology determination and the proposed strengthening and intervention measures, which improve the load-carrying capacity of the structure in order to comply with the current design codes. Moreover, the dynamic properties enhancement of the strengthened structure is demonstrated through modal analyses.