

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

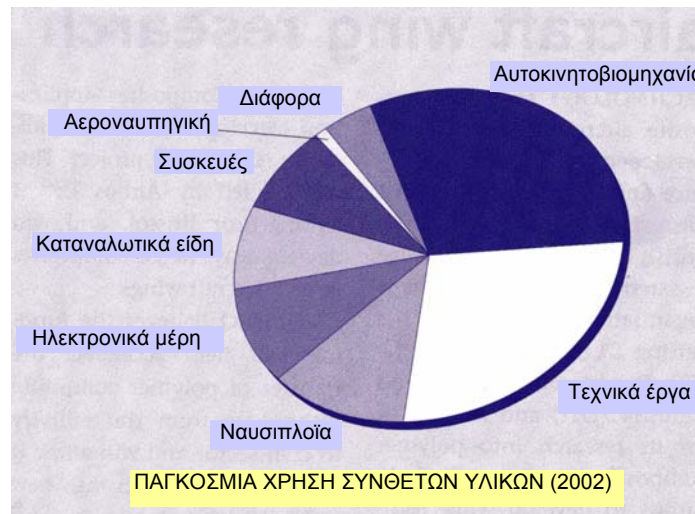
## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Γενικά

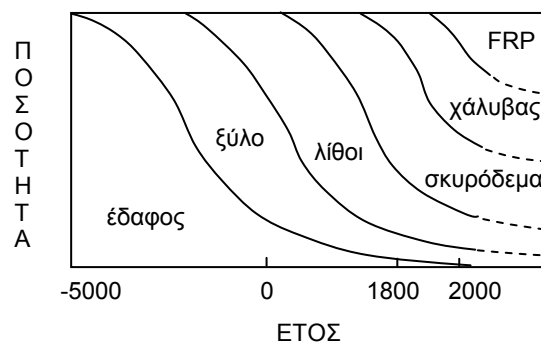
Το πεδίο των επισκευών και ενισχύσεων κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος και φέρουσας τοιχοποιίας έχει αρχίσει να απασχολεί σε σημαντικό βαθμό τον τεχνικό κόσμο της χώρας, για λόγους που σχετίζονται αφενός με τη μείωση της σεισμικής τρωτότητας και αφετέρου με την αναβάθμιση κατασκευών λόγω παλαιότητας, φθοράς, αλλαγής χρήσης κλπ. Τα τελευταία 15 χρόνια περίπου έχει αναπτυχθεί μία νέα τεχνική ενίσχυσης, η οποία βασίζεται στη χρήση προηγμένων υλικών που αποτελούνται από το συνδυασμό ινών (π.χ. άνθρακα, γυαλιού, αραμιδίου) σε μήτρα εποξειδικής ρητίνης. Τα υλικά αυτά, γνωστά ως **ινοπλισμένα πολυμερή** (Fibre Reinforced Polymers – FRP) ή απλώς **σύνθετα υλικά**, χαρακτηρίζονται από εξαιρετικές ιδιότητες, που κάνουν την εφαρμογή τους στα τεχνικά έργα, και ιδιαίτερα στο πεδίο των ενισχύσεων/επισκευών ιδιαίτερα ελκυστική. Η εφαρμογή τους ως οπλισμός ενίσχυσης στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος ή φέρουσας τοιχοποιίας συνίσταται στην μέσω εποξειδικών ρητινών επικόλλησή τους σε εξωτερικές επιφάνειες δομικών μελών, με προσανατολισμό ινών τέτοιο ώστε να παραλαμβάνουν εφελκυστικές δυνάμεις.

Τα σύνθετα υλικά έχουν τύχει ευρείας εφαρμογής κατά τις τελευταίες δεκαετίες στην παραγωγή τεράστιας ποικιλίας προϊόντων, που σχετίζονταν σε μεγάλο ποσοστό με την αυτοκινητοβιομηχανία, τη ναυσιπλοΐα, την αεροναυπηγική, τα είδη σπορ, μέρη ηλεκτρονικών συσκευών κλπ. Γι' αυτό και, παραδοσιακά, η μελέτη των συνθέτων υλικών αποτελούσε ένα από τα γνωστικά πεδία μηχανολόγων μηχανικών, αεροναυπηγών, χημικών μηχανικών, ηλεκτρολόγων κλπ. Η εικόνα αυτή έχει αλλάξει δραματικά τα τελευταία λίγα χρόνια, κατά τα οποία ένα μεγάλο τμήμα της παγκόσμιας παραγωγής συνθέτων υλικών (το 25% περίπου το έτος 2002, Σχ. 1.1) απορροφάται στο πεδίο των τεχνικών έργων. Οι αναλύσεις για την παγκόσμια αγορά των συνθέτων υλικών το 2005 δίνουν τιμές της τάξης των 45 δισεκατομμυρίων δολλαρίων, εκ των οποίων πάνω από 20% αφορούν στο πεδίο των ενισχύσεων, και αύξηση του όγκου των εφαρμογών στο εν λόγω πεδίο κατά 300% στην πενταετία 2005-2010 (Structural Plastics Institute 2005). Άλλες εκτιμήσεις για την παγκόσμια χρήση των συνθέτων υλικών στο πεδίο των τεχνικών έργων προβλέπουν ετήσιο ρυθμό αύξησης της τάξης του 3%, με την ετήσια κατανάλωση στο έτος 2007 να ξεπερνά τους 300.000 τόννους (Business Communications Co., Inc. 2002). Μάλιστα, ορισμένα από τα πιο αισιόδοξα (αλλά με σημαντική δόση υπερβολής,

κατά την απόψη του συγγραφέα) σενάρια προβλέπουν ότι η χρησιμοποιούμενες ποσότητες συνθέτων υλικών στα τεχνικά έργα θα είναι στο μακρινό μέλλον συγκρίσιμες με αυτές άλλων υλικών, όπως είναι ο χάλυβας και το σκυρόδεμα (Σχ. 1.2).



Σχ. 1.1 Η παγκόσμια χρήση συνθέτων υλικών το έτος 2002.



Σχ. 1.2 Μία ιδιαίτερα αισιόδοξη άποψη για το μέλλον των συνθέτων υλικών στο πεδίο των τεχνικών έργων.

Τα σύνθετα υλικά έχουν χρησιμοποιηθεί από 20ετίας περίπου για την παραγωγή ράβδων οπλισμού ή τενόντων προέντασης σκυροδέματος, αγκυρίων εδάφους, για την κατασκευή κτιρίων ειδικής χρήσης, ελαφρών γεφυρών, δεξαμενών, σιλό, και γενικά σε εφαρμογές όπου βασικό κριτήριο επιλογής υλικών είναι η ανθεκτικότητα σε διάρκεια, το χαμηλό βάρος και η υψηλή αντοχή (ή συνδυασμός αυτών). Το πεδίο όμως στο οποίο τα σύνθετα υλικά έχουν τύχει εξαιρετικά ευρείας χρήσης σε όλο τον κόσμο σήμερα είναι αυτό των ενισχύσεων (οι εφαρμογές ανά τον κόσμο αριθμούν ήδη πολλές δεκάδες χιλιάδες, ενώ στη χώρα μας ήταν πάνω από 1000 στην πενταετία 2000-2005).

Στο πεδίο αυτό, βασικά πλεονεκτήματα των συνθέτων υλικών είναι: η ανθεκτικότητα σε διάβρωση, το χαμηλό βάρος (περίπου 1/4 - 1/5 του χάλυβα), η εξαιρετικά υψηλή (εφελκυστική) αντοχή (πολλαπλάσια του κοινού χάλυβα), η διαθεσιμότητα των υλικών σε πολύ μεγάλα μήκη και η μεγάλη “ευκαμψία” τους, με αποτέλεσμα η αντίστοιχη τεχνική ενίσχυσης να χαρακτηρίζεται από εξαιρετική ευκολία και ταχύτητα εφαρμογής, ακόμα και σε τμήματα κατασκευών με δύσκολη πρόσβαση. Μειονεκτήματά τους είναι η πτωχή συμπεριφορά σε υψηλές θερμοκρασίες, το σχετικά υψηλό κόστος (το οποίο μειώνεται όμως δραματικά χρόνο με το χρόνο) και η έλλειψη πλαστιμότητας (όχι όμως και παραμορφωσιμότητας, αποτέλεσμα της οποίας είναι η σημαντική αύξηση της πλαστιμότητας στοιχείων σκυροδέματος ή τοιχοποιίας σε πολλές περιπτώσεις).

Βασικό μειονέκτημα επίσης σχετικά με την εφαρμογή των συνθέτων υλικών στο πεδίο των ενισχύσεων είναι η σημαντική (αλλά δικαιολογημένη) έλλειψη “παιδείας” που διακρίνει τον τεχνικό κόσμο της χώρας, λόγω της σχετικά πρόσφατης (και ραγδαίας) ανάπτυξης της συγκεκριμένης τεχνικής. Το γεγονός αυτό αποτέλεσε για τον συγγραφέα και το βασικό κίνητρο συγγραφής του παρόντος βιβλίου. Είναι γεγονός ότι η τεχνική της ενίσχυσης κατασκευών μέσω συνθέτων υλικών έτυχε εξαιρετικά ευρείας εφαρμογής στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια, κυρίως μετά το σεισμό των Αθηνών το 1999. Άποψη μάλιστα του συγγραφέα είναι ότι οι εφαρμογές της τεχνικής ήταν πολύ περισσότερες από αυτές που δικαιολογούσε η διαθέσιμη γνώση και εμπειρία, και σε κάποιες περιπτώσεις εσφαλμένες. Κλασικά σφάλματα εφαρμογής ήταν η χρήση μανδύα (όχι συνεχούς μέσω των κόμβων !) σε υποστυλώματα με στόχο την αύξηση της καμπτικής αντοχής, η καθολική εφαρμογή “υφασμάτων” με τις ίνες σε μη ευθύγραμμη διάταξη σε φέρουσες τοιχοποιίες κ.ά. Έτσι λοιπόν, το βιβλίο αυτό γράφτηκε με την ελπίδα να καλύψει σε σημαντικό βαθμό το κενό που υπάρχει σήμερα στο πεδίο της εφαρμογής των συνθέτων υλικών, παρουσιάζοντας τις βασικές αρχές διαστασιολόγησης ενισχύσεων σε συνδυασμό με απλά παραδείγματα. Παράλληλα, με την ευκαιρία αυτή ο συγγραφέας κρίνει σκόπιμο να τονίσει ότι η τεχνική των συνθέτων υλικών δεν αποτελεί πανάκεια: σίγουρα δίνει ενδιαφέρουσες λύσεις σε πληθώρα περιπτώσεων, σε κάποιες άλλες όμως δεν προσφέρεται ως η πλέον δόκιμη, και γι’ αυτό θα πρέπει να θεωρείται ως μία ακόμα τεχνική ενίσχυσης, η οποία συμπληρώνει τις υφιστάμενες, χωρίς να τις υποκαθιστά αδιακρίτως.

## 1.2 Οργάνωση του βιβλίου

Η καλυπτόμενη ύλη παρουσιάζεται συνοπτικά (αλλά περιεκτικά), με έμφαση σε αποδεκτές από την επιστημονική κοινότητα προσεγγίσεις των διαφόρων θεμάτων και όχι κατ’ ανάγκη στις πλέον σύγχρονες εξελίξεις της τεχνικής των συνθέτων υλικών. Αρχικά,

στο Κεφ. 2, παρουσιάζονται γενικές πληροφορίες για τα σύνθετα υλικά και τις τεχνικές εφαρμογής τους στο πεδίο των ενισχύσεων κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος και φέρουσας τοιχοποιίας. Στο Κεφ. 3 περιγράφονται οι βάσεις του “σχεδιασμού” (δηλαδή των υπολογισμών για τη διαστασιολόγηση) ενισχύσεων με σύνθετα υλικά. Στα επόμενα τρία κεφάλαια, 4, 5 και 6, δίνεται η διαδικασία των υπολογισμών για την ενίσχυση δομικών μελών από οπλισμένο σκυρόδεμα σε κάμψη, σε διάτμηση και μέσω περίσφιγξης, αντιστοίχως. Το Κεφ. 7 παραθέτει μία σειρά από κατασκευαστικές λεπτομέρειες και κανόνες εφαρμογής των συνθέτων υλικών σε κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος. Στο Κεφ. 8 δίνονται βασικές αρχές της εφαρμογής των συνθέτων υλικών σε φέρουσες τοιχοποιίες, ενώ στο Κεφ. 9 παρουσιάζεται η διαδικασία των υπολογισμών για την ενίσχυση τοιχοποιίας σε εντός ή εκτός επιπέδου κάμψη με αξονικό φορτίο, σε εντός επιπέδου τέμνουσα με αξονικό φορτίο και μέσω περίσφιγξης. Τέλος, στο Κεφ. 10 παρουσιάζονται βασικά στοιχεία που αφορούν στη μακροχρόνια συμπεριφορά των συνθέτων υλικών, δηλαδή στην ανθεκτικότητά τους έναντι διαφόρων επιδράσεων.